

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО ПОЛЕСЬЯ

Книга 2. УКРАИНСКОЕ ПОЛЕСЬЕ

Том 2

Под общей научной редакцией

доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ю. А. Мажайского,
доктора технических наук, профессора А. Н. Рокочинского,
доктора географических наук, профессора А. А. Волчека,
кандидата технических наук, доцента О. П. Мешика
доктора технических наук, профессора Е. Езнаха

БЕЛАРУСЬ – УКРАИНА – ПОЛЬША – РОССИЯ

Брест – Ровно – Варшава – Рязань

2018

УДК 631.62(438.42)

ББК 40.6

П77

Под общей научной редакцией:

Ю. А. Мажайского, доктора сельскохозяйственных наук, профессора (Россия);

А. Н. Рокочинского, доктора технических наук, профессора (Украина);

А. А. Волчека, доктора географических наук, профессора (Беларусь);

О. П. Мешика, кандидата технических наук, доцента (Беларусь);

Е. Езнаха, доктора технических наук, профессора (Польша).

Составители:

кандидат технических наук *Р. Н. Коптюк*,
кандидат сельскохозяйственных наук *Л. А. Волкова*,
кандидат технических наук *Н. В. Приходько*

Рецензенты:

В. Г. Кургак – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий отделом кормопроизводства и луговодства (Национальный учебный центр «Институт земледелия НААН Украины»);

С. И. Рогачко – доктор технических наук, профессор, кафедра энергетического и водохозяйственного строительства (Одесская государственная академия строительства и архитектуры);

Т. П. Галушкина – доктор экономических наук, профессор, заслуженный экономист Украины (Институт проблем рынка и экономико-экологических исследований НАН Украины)

П77 **Природообустройство Полесья** : монография : в 4 кн. / под общ. науч. ред. Ю. А. Мажайского, А. Н. Рокочинского, А. А. Волчека, О. П. Мешика, Е. Езнаха. – Рязань : Мещер. ф-л ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2018. – Кн. 2 : Украинское Полесье. – Т. 2. – 804 с.

ISBN

Монография подготовлена на основе обобщения результатов многолетних исследований и производственного опыта ведущих ученых и специалистов водохозяйственно-мелиоративного профиля о природных, исторических, социально-экономических, конструктивных, режимно-технологических, экологических, экономических и других аспектах мелиорации и обустройства зоны Полесья Беларуси, Украины, Польши и России.

Том 2 книги посвящен почвенным, режимно-технологическим, гидрологическим и экологическим аспектам мелиораций, а также обустройству, использованию природно-ресурсного потенциала и оценке эколого-экономической эффективности мелиорации Украинского Полесья.

Предназначается для специалистов в области почвоведения, охраны природы, водного хозяйства, аграрного производства, научных работников, аспирантов и студентов соответствующих специальностей, землепользователей всех форм собственности.

Ответственность за содержание и достоверность представленных материалов несут авторы.

УДК 631.62(438.42)

ББК 40.6

© Авторы разделов, указанные в оглавлении тома 2
книги 2 монографии, 2018

© Брестский государственный технический университет
(Республика Беларусь), 2018

© Национальный университет водного хозяйства
и природопользования (Ровно, Украина), 2018

© ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова (Российская Федерация), 2018

© Главная школа сельского хозяйства Варшавского университета
естественных наук (Республика Польша), 2018

INTERNATIONAL SCIENTIFIC PUBLICATION

**ENVIRONMENTAL ENGINEERING
IN POLESYE**

Book 2. UKRAINIAN POLESYE

Volume 2

Edited by

Yury Mazhayskiy, Doctor of Science in Agriculture, Professor
Anatoliy Rokochynskiy, Doctor of Engineering Science, Professor
Aliaksandr Volchak, Doctor of Science in Geography, Professor
Aleh Meshyk, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor
Jerzy Jeznach, Doctor of Engineering Science, Professor

BELARUS – UKRAINE – POLAND – RUSSIA

Brest – Rovno – Warsaw – Ryazan

2018

UDC 631.62(438.42)
BBC 40.6
E58

Edited by

Yury Mazhayskiy, Doctor of Science in Agriculture, Professor (Russia);
Anatoliy Rokochynskiy, Doctor of Engineering Science, Professor (Ukraine);
Aliaksandr Volchak, Doctor of Science in Geography, Professor (Belarus);
Aleh Meshyk, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor (Belarus);
Jerzy Jeznach, Doctor of Engineering Science, Professor (Poland).

Reviewers:

V. Kurgak– Dr.Sc. in Agriculture, Professor, Head of Department of Forage Production and Grassland Studies (National scientific center Institute of agriculture of NAAS);
S. Rogachko – Doctor of Engineering Science, Professor, Department of Construction of Energy Engineering and Water Engineering Structures (Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture);
T. Galushkina – Doctor of Science in Economics, Professor, honored Economist of Ukraine (Institute for Market Problems and Economic-and-Ecological Research of NASU)

E58 **Environmental Engineering in Polesye** : monograph : in 4 books / edited by Yu. Mazhayskiy, A. Rokochynskiy, A. Volchak, A. Meshyk, J. Jeznach. – Ryazan: Meshchersk office of VNIIGiM of A. N. Kostiakov, 2018. – Book 2: Ukrainian Polesye – V. 2 . – 804 p.
ISBN

The monograph summarizes the results of long-term research and experience of leading scientists and experts in the area of land reclamation and water management in Belarus, Ukraine, Poland, and Russia. It presents such aspects of land reclamation and natural resource management in Polesye region as natural, historical, social, economic, constructional, technological, environmental, etc.

Volume 2 of Book 2 focuses on an assessment of natural resources potential of Ukrainian Polesye in terms of environmental engineering and solving current problems in sensible environmental management of the region.

The book might be of interest for scientists, undergraduate students, Master's Degree and Ph.D. students and other experts in the areas of ecology, environmental management, land reclamation, water management, and agriculture.

It is only the authors, who are responsible for the contents, adequacy and quality of the data used.

UDC 631.62(438.42)
BBC 40.6

© Authors of the chapters named in Volume 2
of Book 2 of the monograph, 2018
© Brest State Technical University (Belarus), 2018
© National University of Water and Environmental Engineering
(Rovno, Ukraine), 2018
© VNIIGiM of A. N. Kostiakov (Russia), 2018
© Warsaw University of Life Sciences – SGGW (Poland), 2018

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

Полесье – это уникальный природно-территориальный комплекс, который находится на территории четырех государств: Беларуси (южные районы Брестской и Гомельской областей), Украины (Правобережное и Левобережное Полесье, иногда используются топонимы Западное и Восточное или Припятское и Наддеснянское; в зависимости от административного деления различают пять физико-географических областей: Волынское, Ровенское, Житомирское, Киевское, Черниговское и Сумское), России (Брянско-Жиздринское Полесье) и Полесье Польши (некоторые регионы Люблинского воеводства: долина Буга в районе Воли-Ургуской и Ленчицко-Влодавское поозерье, известные как Люблинское, или Западное, Полесье). Общая площадь Полесья составляет около 130 тыс. км².

Сегодня человечество стоит перед проблемой решения целого ряда неотложных проблем. Среди приоритетных – это изменения водных, энергетических и продовольственных ресурсов, в условиях изменения климатических условий, которые происходят в целом на всей планете. Актуальной остается проблема не просто обеспечения населения и отраслей экономики водой, а в необходимом ее количестве и хорошего качества.

Проблема продовольствия существовала всегда и остается актуальной сегодня. Ее решение относится к категории межгосударственных проблем и обусловлено экологическим состоянием территории, энергетическими, водными, почвенными ресурсами в условиях изменения климата.

Основным лимитирующим показателем сельскохозяйственного производства этой зоны, в первую очередь, является избыточное увлажнение. Обеспечение гарантированных урожаев возможно только при условии целенаправленного, научно обоснованного улучшения свойств природно-территориальных комплексов с целью оптимального использования потенциала почв, вод, климата, рельефа и растительности, а это может быть реализовано только при проведении мелиораций.

Мелиоративные системы, как и любые другие технические системы, не всегда положительно влияют на окружающую среду. Как показывает опыт многих стран, это вызвано тем, что при проектировании и строительстве систем предполагалось обязательное соблюдение условий их эксплуатации. Но сегодня мы встали перед тем фактом, что нередко мелиоративные системы в результате раздела земель не всегда принадлежат одному землепользователю, а условия их эксплуатации значительно нарушаются. Проблема состоит в том, что построенные гидромелиоративные системы нередко брошены на произвол судьбы.

Учитывая результаты многолетних научных исследований и практического опыта ученых и практиков разных стран, можно сказать: мелиорации были, есть и остаются главным условием обеспечения развития и дальнейшего процветания сельскохозяйственных угодий, в том числе и зоны Полесья.

В данной монографии представлены разноплановые и разнородные по своему содержанию исследования, касающиеся мелиорации как неотъемлемой составляющей природообустройства Полесья. И нетрудно убедиться: все они объединены тем, что в них красной нитью проходит вопрос возрождения мелиоративных систем, управления водно-воздушным режимом путем проведения комплекса организационно-хозяйственных, агротехнических, мелиоративных, гидротехнических мероприятий, которое гарантирует получение высоких урожаев сельскохозяйственной продукции.

Академик Национальной академии наук Беларуси, доктор географических наук, профессор **В. Ф. Логинов** (Республика Беларусь)

Академик Национальной академии аграрных наук Украины, член Российской академии сельскохозяйственных наук и Итальянской аграрной академии Geogofili, доктор технических наук, профессор **П. И. Коваленко** (Украина)

Член Комитета агрономических наук Польской академии наук, доктор технических наук, профессор **Е. Езнах** (Республика Польша)

Член Комитета агрономических наук Польской академии наук, доктор технических наук, профессор **Д. Мосий** (Республика Польша)

Академик Российской академии наук, академик Нью-Йоркской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор **И. П. Кружилин** (Российская Федерация)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации, будучи чрезвычайно действенным фактором интенсификации аграрного производства, вместе с его химизацией и механизацией, меняют социально-экономические условия проживания населения и целых стран в силу своей масштабности и интенсивности вторжения человека как в малый, так и большой круговороты воды и веществ, может кардинально влиять на окружающую среду, чему есть очень много как положительных, так и отрицательных примеров. Не является исключением в этом отношении и мелиорация Полесья, в том числе его украинская составляющая.

В первой части «ПОЧВЕННЫЕ, РЕЖИМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЛИОРАЦИЙ» 2-го тома коллективной научной монографии «Мелиорация Полесья. Книга 2. Украинское Полесье» показано влияние осушительных мелиораций и сельскохозяйственного использования на трансформацию органогенных почв, исследованы способы использования и удобрения осушаемых почв, оптимизации водного и питательного режимов и деградации мелиорированных почв, дана экологическая оценка гидротермического режима торфяных почв, применения органических удобрений и биопрепаратов как факторов формирования питательного режима дерново-слабоподзолистой почвы, исследованы изменения агрофизических свойств и деградация осушаемых почв, указано на необходимость рационального использования осушаемых торфяных почв, оптимизации водного и питательного режимов осушаемого грунта, повышения общей эффективности их использования, проведения мониторинга осушаемых земель и совершенствования методов управления их производительностью и экологической устойчивостью по данным мониторинга, рассмотрены осушительные системы как факторы барьерной устойчивости на радиоактивно загрязненных водосборах, дана оценка медико-экологическому риску территории Полесья.

Во второй части «ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЛИОРАЦИЙ» 2-го тома данного издания также рассмотрены вопросы трансформации водосборов полесских рек под влиянием осушительных мелиораций, оцененный водоресурсный потенциал территории, влияние мелиоративной нагрузки на бассейны малых рек, дана экологическая оценка качества поверхностных вод, экологического состояния бассейнов отдельных рек, усовершенствован мониторинг состояния их бассейнов на основе информационно-аналитической системы, рассмотрена экологизация осушения болот для добычи торфа, опасность торфяных пожаров и пути ее минимизации на осушительных системах в бассейнах рек Украинского Полесья.

В третьей части «ОБУСТРОЙСТВО, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕЛИОРАЦИИ ПОЛЕСЬЯ» 2-го тома данного издания авторами дана оценка природных ресурсов Полесья, рассмотрены вопросы использования полезных ископаемых, оценки состояния и перспектив развития минерально-сырьевой базы региона, рационального использования водных ресурсов и их гидроэнергетического потенциала, использования природных ресурсов Полесья для мелиоративного, промышленного и гражданского строительства, интенсификации работы систем водоснабжения, развития рекреационно-туристического комплекса и туризма в Полесском крае.

Здесь также определены стратегические приоритеты управления ресурсами Полесского региона, рассмотрены современные научно-методические подходы к оптимизации и оценке инвестиционной эффективности водохозяйственно-мелиоративных проектов, а также экологически-экономическое обеспечение баланса интересов в зоне Полесья как зоне полифункционального назначения.

Таким образом, просматривая данную монографию, в которой представлены такие разноплановые и разнородные по своему содержанию исследования, вопросы, аспекты мелиорации, нетрудно убедиться в том, что все они объединены тем, что через все разделы красной нитью проходит вопрос возрождения мелиоративных систем, необходимости управления водно-воздушным режимом путем проведения комплекса организационно-хозяйственных, агротехнических, мелиоративных, гидротехнических мероприятий, которое гарантирует получение высоких урожаев сельскохозяйственной продукции.

Иными словами, мелиорации были, есть и остаются главным условием обеспечения развития и дальнейшего процветания Украинского Полесья.

Считаем, что ознакомление с материалами, изложенными в данном издании, будет способствовать углублению мелиоративных и экологических знаний, станет чрезвычайно полезным для специалистов в родственных областях науки и производства в водном хозяйстве, охране природы, аграрном секторе, научных работников, аспирантов и студентов соответствующих специальностей, землепользователей всех форм собственности, а также повышению эффективности производства, высокопроизводительного и природоохранного использования мелиорированных земель и агроресурсного потенциала Полесья Украины в целом.

Редакционная группа

Часть 1. ПОЧВЕННЫЕ, РЕЖИМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЛИОРАЦИЙ

Глава 1. ВЛИЯНИЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ОРГАНОГЕННЫХ ПОЧВ

1.1. Природные условия торфообразования, объекты исследований и их краткая характеристика

Научный подход к решению проблем мелиорации болот требует всестороннего их изучения, поскольку по характеру растительного покрова, строению торфяников и свойствам торфа составляют мнение о важных местных природных ресурсах. Сначала торф использовался преимущественно как топливо, ведь не зря, по признанию А. Д. Брудастова, торф представляет собой топливо из плотно слежавшихся болотных растений, корни и мха [1].

Главным условием сельскохозяйственного освоения болот, как известно, является их осушение. И вполне понятно, что уже под влиянием только одного осушения происходят значительные изменения основных свойств почвы. В верхних ее слоях под влиянием осушения значительно повышается аэрация, начинают свою деятельность аэробные микроорганизмы, меняется питательный режим для растений, а вместе с ними и состав растительности.

По данным многих исследователей [2, 3, 4], в условиях лугово-полевого использования торфяников ежегодно и бесповоротно минерализируется в среднем 7–9 т/га торфа. В результате за последние три десятилетия произошло уменьшение торфяных ресурсов в Украине на 120–150 млн т. Кроме того, для различных нужд, и прежде всего на удобрение, здесь ежегодно добывают до 20 млн т торфа [5].

Таким образом, продолжается бессистемное использование ценных энергетических торфяных ресурсов, что в недалекой перспективе может привести к их полному исчезновению. Все это требует срочных мер и перехода на экологически выверенную систему рационального использования торфяников.

Уплотнение осушаемых торфяных почв является объективным природным явлением, и оно будет продолжаться. Но его темпы можно и нужно максимально замедлять, а сам процесс направлять к постепенному формированию биохимически устойчивых перегнойных почв. Поэтому главной целью регулируемого почвообразования на осушаемых торфяниках является максимальное усиление процессов гумификации торфяной массы, растительных остатков и формирования устойчивого органо-минерального почвенного комплекса.

Многими исследователями [6, 7] установлена тесная корреляционная связь осадки торфяной массы с понижением уровня грунтовых вод (УГВ). Значительные потери торфа наблюдаются также от ветровой эрозии. В среднем под пропашными культурами они составляют 2–3 т/га, под зерновыми – 1 т/га, а под многолетними травами ветровой эрозии не наблюдается [8]. По данным М. Цюпы [4], ежегодная минерализация торфа под пропашными культурами (картофель, кормовая свекла) составляет 14–16 т/га, а под многолетними травами – в пределах 3–4 т/га в год.

Итак, под травами тоже проходит минерализация торфа, но они по сравнению с другими культурами почти половину разрушенного торфа компенсируют пожнивными и корневыми остатками. Вызывают беспокойство также непроизводительные потери минерального азота в процессе минерализации торфа через вынесение его дренажными водами и в виде газообразных потерь. Складывается противоречивая ситуация, при которой, с одной стороны, происходит интенсивное использование торфяных почв, а с другой – острая экологическая необходимость их сохранения как компонента биосферы играет существенную защитную функцию в сохранении ее равновесия.

Исходя из этого возникла необходимость создания системы агроэкологического мониторинга прогнозирования и управления экологическим состоянием и производительностью осушаемых торфяных почв Украины. Целью исследований было изучение действия осушения и сельскохозяйственного освоения в разном временном цикле на трансформацию торфа, изменение плодородия и производительность торфяных почв. Для проведения исследований нами были выбраны наиболее характер-

ные для зоны Полесья и Лесостепи торфяные почвы. Это мелиоративные системы «Зурно» и «Ольшанка» в Западном Полесье Ровенской области и болото Замглай в Левобережном низменном Полесье Черниговской области. В лесостепной зоне исследования проводили на осушаемых торфяниках в пойме р. Ромен Сумской области (Левобережная высокая Лесостепь) и в пойме р. Супой Киевской области.

Осушаемые земли на мелиоративных системах «Зурно» и «Ольшанка» являются болотами низинного типа, до начала освоения они были покрыты кустарником различной густоты, кочками и перегнившими пнями. Травяной покров состоял преимущественно из разнотравно-осоковой растительности, из разнотравья, в котором около 20 % приходилось на хвощ болотный, подмаренник болотный, осоку и лютик ползучий. Злаковая растительность состояла из полевицы, овсяницы красной и мятлика болотного. Осоки в травостое было до 40–50 %. Значительная часть площади была покрыта гипновым мхом. Данные о свойствах торфа приведены в таблице 1.1.

Строительство системы «Зурно» на площади 4870 га закончено в 1957 г. Осушение проведено сеткой открытых каналов с расстоянием между ними 300 м. Водоприемником системы служит р. Случ. Торф на этой системе осоковый с переходом на глубине 0,5 м в осоково-тростниковый, слаборазложившийся. Степень разложения торфа составляет 20–25 %, зольность – от 5,2 до 8,1 %. У торфа значительно меньше по сравнению с минеральными почвами плотность твердой фазы и очень малая плотность сложения массы. Реакция почвенного раствора слабокислая (рН 5,3–5,7 %). Глубина торфа 3–4 м, а непосредственно под опытными участками 3,1 м.

Строительство мелиоративной системы «Ольшанка» закончено в 1959 г. (осушение открытыми каналами с расстоянием между ними 300 м). Общая площадь осушаемых болот составляет 940 га, водоприемником также служит р. Случ.

Как показывает анализ агрохимических показателей, мелиоративные системы «Зурно» и «Ольшанка» близки между собой по основным свойствам торфяников и типичны для болот Украинского Полесья.

Таблица 1.1

Основные агрохимические свойства торфяных почв мелиоративных систем «Зурно» и «Ольшанка» на начало освоения, 1962 г.

Слой почвы, см	рН солевой	Зольность, %	Степень разложения торфа, %	Органическое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
<i>Мелиоративная система «Зурно»</i>									
0-20	5,5	6,47	20	98,5	3,51	0,37	0,09	3,27	0,11
20-40	5,4	8,12	25	91,9	3,24	0,85	0,10	3,13	0,07
40-60	5,6	5,25	25	94,8	3,07	1,24	0,04	2,86	0,09
<i>Мелиоративная система «Ольшанка»</i>									
0-20	5,3	13,81	20	86,2	3,42	0,54	0,11	2,20	0,14
20-40	5,6	9,05	25	90,9	3,12	1,14	0,03	2,42	0,13
40-60	5,7	6,56	25-30	93,4	2,97	0,93	0,06	2,14	0,19

Причинами заболачивания их, как и большинства болот этой зоны, были:

- неглубокое залегание водоупорных пород и грунтовых вод;
- очень незначительный поверхностный сток в связи со специфическим рельефом местности, неблагоприятным для естественного стока;
- избыточное количество атмосферных осадков.

В течение 1961–1964 гг. на мелиоративных системах «Зурно» и «Ольшанка» проводили полевые и лабораторные опыты по изучению различных способов уничтожения кустарников и первичной обработки, а также изучали систему удобрений в первые годы освоения [9].

Климат района исследований умеренно теплый и влажный, среднегодовая температура воздуха составляет около + 7 °С, зимний период продолжается почти 3,5 месяца, он сравнительно мягкий со среднемесячной температурой от –2,5 до –5 °С. Средняя годовая сумма осадков составляет 634 мм. Больше всего их выпадает в летние месяцы. Наблюдаются весенние и осенние заморозки, что не дает возможности культивировать теплолюбивые культуры.

До осушения и проведения мелиоративных работ болота «Зурно» и «Ольшанка» использовались преимущественно как пастбища в летний период. Урожайность сена низкого качества не превышала 15 ц/га. После осушения торфяные почвы начали интенсивно использовать под различные сельскохозяйственные культуры на фоне внесения фосфорно-калийных удобрений.

На опытных участках, где изучались различные способы уничтожения кустарника и первичной обработки на разных фонах фосфорно-калийных удобрений, выращивали сахарную свеклу, картофель, кукурузу на силос, кормовую свеклу, овес и злаковые многолетние травы.

В зависимости от способов подготовки почвы и фонов удобрения урожайность с 1 га составляла: сахарной свеклы 32–34 т, кормовой свеклы 24–36, картофеля 30–34, кукурузы на зеленую массу 30–32, зерна овса 1,7–2,2 и сена многолетних трав 5,3–6,7 т/га.

Болото Замглай, по классификации академика Д. К. Зерова, относится к эвтрофным болотам района моренного Полесья, долинного происхождения. С юга оно прилегает к р. Десне, а с севера – к р. Сож. Естественные минеральные повышения и песчаные холмы делят болото Замглай на три основные части: Южный Замглай площадью 3340 га, Центральный Замглай – 5878 га и Северный Замглай – 8500 га. Общая площадь болота – 17 718 га. Оно низинного типа, торф осокового происхождения. Средняя толщина торфа 2,5–3,0 м, в отдельных местах 9 м. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной, зольность около 20 %. Болото осушено открытыми каналами в 1928–1930 гг. В 1949 г. проведено углубление главного канала на 0,6 м. Болото часто затапливалось весенними водами, преимущественно в апреле, на 15–20 дней.

В качестве объекта исследований на болоте Замглай нами было выбрано Буровское опытное поле, которое существует с осени 1926 г., сначала как филиал Рудня-Радовельской исследовательской болотной станции, а с 1932 г. в качестве самостоятельного пункта, с 1935 г. филиал преобразован в опытное поле. Расположено оно на южной части Центрального Замглая Черниговской области.

Болото низинного типа, травяно-осоковое. В 1930 г. 50 % его площади было покрыто кустарником березы и ивы, а иногда ольхи. В основном встречались кочки, преимущественно растительного происхождения. Торф среднеразложившийся, без остатков древесины, с зольностью 11, реакция почвенного раствора слабощелочная (рН 7,4). Болото не заливное и питается исключительно атмосферными и исходными водами, с юга возле с. Брусилы прилегает к р. Десне, а с севера – к р. Сож, притоку р. Днепр. В 1949 г. при реконструкции осушительной системы было проведено почвенное обследование болота.

В зоне Лесостепи объектом исследований является болото Ромен в пойме р. Ромен Сумской области, где расположено Сульское опытное поле Института гидротехники и мелиорации УААН. Болото Ромен имеет площадь 12000 га. Берега реки в районе его расположения крутые, с глубокими балками и оврагами. Дно болота – глинистое, имеются послетретичные наслоения. Средняя толщина торфа 2,5–3,0 м, максимальная – 7,1 м. Зольность высокая, более 20 %, много примеси ракушек. Торф слабо-разложившийся. Болото низинное, травянисто-осоковое. Из растительности преобладают осоки, в отдельных местах – заросли камыша и зеленых мхов. Среднее количество атмосферных осадков – 510 мм. Кроме того, болото питается богатыми исходными водами, что является характерной особенностью почти всех болот Лесостепи.

Сульское опытное поле было организовано как опорный болотный пункт на базе Рудня-Радовельской болотной опытной станции весной 1932 г. Его работа была сосредоточена на исследовании щелочных почв, тогда еще малоизученных. Расположено опытное поле на болоте р. Ромен, притока р. Сулы возле с. Медвежье, в юго-восточной части Сумской области.

На опытном поле есть участки, на которых осушение и освоение проводили в 1932–1934, 1948 и 1954 гг. Имеется также торфяное болото возле с. Медвежье, которое осушено, но не освоено.

Панфильское опытное поле (позже опытная станция) было организовано в 1936 г. в пойме р. Супой лесостепной зоны Киевской области. Торф карбонатный различной мощности подстилается легким суглинком, который богат питательными веществами. Здесь действует осушительно-увлажняющая мелиоративная система, которая периодически реконструировалась. Болото не заливное и питается исключительно атмосферными и исходными водами.

На всех этих участках в свое время были проведены поисковые работы и по архивным данным (в основном это научные отчеты исследовательских станций) есть возможность установить растительный покров, мощность, плотность торфа, валовые и подвижные формы питательных веществ, зольность, степень разложения торфа до осушения и в первые годы его сельскохозяйственного использования.

1.2. Изменение водно-физических свойств органогенных почв под действием антропогенных факторов

Как уже отмечалось, мелиоративные системы «Зурно» и «Ольшанка» построены в 1957–1959 гг. системой открытых каналов с расстоянием между ними 300 м. В 1978–1979 гг. провели углубление магистральных каналов и очистки боковой сети, которое до 1992 г. выполнялось регулярно согласно

плану ремонтно-эксплуатационных работ управления эксплуатации. На опытных участках, заложенных в 1962 г., постоянно вели наблюдение за уровнем грунтовых вод и изучением способов их сельскохозяйственного использования. До 1986 г. на болоте, где размещены опытные участки, придерживались кормового севооборота с таким набором культур 1–4 – многолетние травы, 5 – корнеплоды (кормовая свекла, картофель), 6 – озимая рожь, 7 – кукуруза на силос, 8 – ячмень после летне-осеннего сева многолетних трав. В дальнейшем осушаемые земли в системе «Ольшанка» использовались бессистемно, а на системе «Зурно» – преимущественно под многолетние сенокосы и пастбища.

Уровни грунтовых вод на системах зависели преимущественно от метеорологических условий и колебались в довольно широких пределах: от 38 до 78 см весной и от 110 до 142 см в летний период на осушительных станциях: на болоте Зурно 34–69 и до 116 см на болоте Ольшанка.

Анализ исследований показал (табл. 1.2), что коэффициент фильтрации осушаемых торфяников в 0–30 см слое на системе «Зурно» к началу освоения был в пределах 2,1 м/сут., а под влиянием осушения и сельскохозяйственного использования заметно уменьшился. Уже через 8 лет после освоения он составлял 1,6, а через 27 лет – 1,3 м/сут. То же наблюдалось и на осушительной системе «Ольшанка», где коэффициент фильтрации уменьшился с 1,9 м/сут. в 1962 г. до 0,8 м/сут. в 2002 г.

В слое почвы 40–60 см коэффициент фильтрации за это время изменился довольно мало. К началу освоения он был на системе «Зурно» 1,9, а на системе «Ольшанка» – 1,8 м/сут. Через 40 лет после освоения торфяников он составляет 1,4 м/сут. на системе «Зурно» и 1,1 м/сут. – на системе «Ольшанка».

Обращает на себя внимание также заметное увеличение плотности и уменьшение полной влагоемкости торфяников под влиянием осушения и сельскохозяйственного использования. Плотность торфяного грунта на осушительной системе «Зурно» к освоению в слое 0–30 см была в пределах 0,138–0,166 г/см³, а полная влагоемкость – 656–572 %.

Таблица 1.2

Изменение водно-физических свойств болотно-торфяной почвы в процессе освоения и сельскохозяйственного использования

Слой почвы, см	Мелиоративная система									
	«Зурно»					«Ольшанка»				
	плотность, г/см ³		влагоемкость		КФ	плотность, г/см ³		влагоемкость		КФ
	твердой фазы	слоения почвы	ПВ, %	НВ, % от ПВ		твердой фазы	слоения почвы	ПВ, %	НВ, % от ПВ	
<i>К началу освоения, 1962 г.</i>										
0-10	1,44	0,166	572	71,8	2,2	1,47	0,170	530	75,6	2,1
10-20	1,40	0,149	605	73,8	2,1	1,43	0,165	545	78,4	1,9
20-30	1,40	0,188	656	85,0	1,9	1,41	0,146	618	86,0	1,7
40-60	1,38	0,120	755	93,3	1,9	1,40	0,138	656	91,1	1,8
<i>Через 8 лет после освоения, 1970 г.</i>										
0-10	1,51	0,198	455	62,6	1,6	1,53	0,212	416	69,7	1,4
10-20	1,46	0,189	478	66,4	1,5	1,50	0,204	438	71,3	1,2
20-30	1,44	0,151	596	79,8	1,7	1,47	0,172	524	81,3	1,5
40-60	1,40	0,129	706	67,2	1,9	1,43	0,144	627	89,1	1,7
<i>Через 27 лет после освоения, 1989 г.</i>										
0-10	1,55	0,229	373	54,7	1,2	1,56	0,246	349	58,2	1,1
10-20	1,50	0,221	412	58,9	1,1	1,52	0,238	358	68,4	1,0
20-30	1,47	0,182	495	74,5	1,4	1,48	0,191	478	74,5	1,3
40-60	1,42	0,131	695	81,4	1,6	1,44	0,149	606	86,6	1,5
<i>Через 40 лет после освоения, 2002 г.</i>										
0-10	1,61	0,247	348	52,1	0,9	1,60	0,273	312	54,9	0,8
10-20	1,55	0,234	364	54,2	0,8	1,56	0,265	328	57,2	0,7
20-30	1,48	0,194	465	64,9	1,1	1,53	0,231	369	73,4	0,9
40-60	1,45	0,137	662	95,3	1,4	1,47	0,152	592	80,1	1,7

Примечание: КФ – коэффициент фильтрации, м/сек.

Через 8 лет после освоения плотность здесь составляла 0,151–0,198 г/см³, а полная влагоемкость – 596–455 %. На мелиоративной системе «Ольшанка» эти показатели соответственно составляли 0,146–0,170 г/см³ и 618–530 %, а через восемь лет освоения – 0,172–0,212 г/см³ и 524–416 %. И так, за первые 8 лет плотность торфа в слое 0–30 см увеличилась на 0,032–0,013 г/см³ на системе «Зурно» и на 0,042–0,026 г/см³ на системе «Ольшанка». В слое торфа 40–60 см такие изменения были менее заметными. На системе «Зурно» плотность торфа увеличилась от 0,120 до 0,129 г/см³, а на системе

«Ольшанка» – от 0,138 до 0,144 г/см³. Полная влагоемкость в этом слое на начало освоения составляла 755 % в системе «Зурно» и 656 % в системе «Ольшанка», а через 8 лет после освоения стала соответственно 706 и 626 %. Подобную зависимость наблюдали и в пойме р. Супой на карбонатных торфяниках [9].

В течение последующих лет использования осушаемых торфяников темпы их уплотнения несколько снизились. В слое почвы 0–30 см на болоте Зурно через 27 лет плотность составляла 0,182–0,229 г/м³ и на болоте Ольшанка 0,191–0,246 г/см³, а через 39 лет – соответственно 0,194–0,247 и 0,231–0,273 г/см³.

В нижнем слое 40–60 см плотность торфяного грунта увеличилась мало, всего на 0,017 г/см³ на системе «Зурно» и на 0,014 г/см³ на системе «Ольшанка».

За 40 лет сельскохозяйственного использования достаточно заметно уменьшилась полная влагоемкость торфяников. По сравнению с ее величиной до начала освоения она составляла в горизонте 0–30 см на системе «Зурно» 465–348 % и на системе «Ольшанка» 369–312 %, что на 191–224 и 218–249 % меньше. В слое торфяника 40–60 см эта разница составляет лишь 44 % на системе «Зурно» и 64 % на системе «Ольшанка».

Итак, если рассматривать изменения плотности и полной влагоемкости в разном временном цикле, то видно, что за первые 8 лет плотность торфа на системе «Зурно» в слое 0–10 см увеличилась на 18,5 %, 10–20 см – на 26,8 % и в слое 20–30 см – на 9,4 %, а на системе «Ольшанка» – соответственно по этим самым слоям торфа на 24,7, 23,6 и 17,8 %.

В слое торфа 40–60 см плотность его возросла на 7,5 % на болоте «Зурно» и на 4,3 % на болоте «Ольшанка». Через 27 лет после освоения плотность торфа по сравнению с предыдущим периодом на системе «Зурно» была больше лишь на 15,6–16,9 %, а в слое 0–30 см только на 2 %. После 40 лет сельскохозяйственного использования уплотнение торфа на системе «Зурно» достигало 7,8–6,6 % в слое 0–30 см и 4,5 % в слое 40–60 см.

Аналогичная зависимость наблюдается на мелиоративной системе «Ольшанка». Здесь плотность почвы через 27 лет после освоения увеличилась в слое 0–20 см на 31–47 %, а через 40 лет – на 58,6–60,6 %, в слое 40–60 см – соответственно на 89 % через 27 лет и на 10,1 % после 40 лет по сравнению с плотностью до начала осушения.

Такие же изменения произошли и в отношении полной влагоемкости торфа, которая уменьшилась в слое 0–30 см за 49 лет на 218–245 % в системе «Ольшанка». Рост плотности торфа, который проходит под влиянием осушения, является основным фактором, от которого зависит уменьшение полной влагоемкости и удельной водоотдачи. Но именно осушение может быть разным, от понижения УГВ на 20–30 см и до нескольких метров. И различные способы осушения создают неравные условия увлажнения, аэрации, нитрификации и т. д., от чего зависит величина урожайности сельскохозяйственных культур.

Относительно глубины осушения торфяников можно отметить, что абсолютное большинство ученых [9, 10, 11] предпочитают умеренное поддержание уровней грунтовых вод в соответствии с периодом роста и развития сельскохозяйственных культур [8, 19].

Регулирование водного режима торфяных болот является очень важным и сложным процессом. Главная его цель – создать оптимальные условия водно-воздушного режима для выращивания сельскохозяйственных культур. Как уже было отмечено, болото «Замглай» осушалось в 1926–1930 гг. системой открытых каналов при расстоянии между ними 60 м. Исследователь И. М. Доценко (1952, научный отчет исследовательского поля) приводит данные о некоторых водно-физических свойствах торфяного грунта Буровского опытного поля (табл. 1.3). Глубина торфяного слоя составляет 2,3 м, плотность почвы в слое 0–20 см – 0,240 г/см³, полная влагоемкость – 35,5 %, а в слое 20–40 см – соответственно 0,178 г/см³ и 506 %.

Через 30 лет (1982 г.) на Буровском опытном поле проводилась реконструкция осушительной системы и почвенное обследование, при котором установлено, что в слое торфа 0–20 см плотность равна 0,268 г/см³, полная влагоемкость – 318 %, плотность твердой фазы – 1,85 г/см³, в слое 20–40 см – соответственно 0,216 г/см³; 408 % и 1,46 г/см³.

Последняя мощность его за 49 лет уменьшилась на 56 см, или на 24,3 % исходной толщины – 2,3 м. Если экстраполировать в будущее процесс срабатывания торфа по этим цифрам, то потеря торфа в год достигает 1,14 см, соответственно слоя торфа 230 см хватит более чем на 200 лет.

Конечно, такой расчет упрощенный, но он характеризует ориентировочно темпы износа торфяного слоя. В ходе минерализации органическая (основная) часть торфяной массы полностью разлагается, остаточная масса органического вещества приобретает большую минерализацию, степень разложения и плотность. Однако плотность твердой фазы с 1982–2002 гг. в пахотном слое практически не изменилась, а в слое 20–40 см заметно возросла. Плотность почвы за 50 лет значительно возросла

и в пахотном, и в подпахотном слоях. Наряду с минерализацией потерю массы торфа вызывают процессы эрозии и дефляции.

В 2001–2002 гг. было проведено почвенно-мелиоративное, геоботаническое и культуртехническое обследование болота Ромен в пределах Сульского опытного поля. В точках заложены и описаны грунтовые разрезы, отобраны образцы почвы для анализа и определены водно-физические свойства по слоям 10 см до глубины 80 см.

Анализ проведенных исследований показывает, что наибольшая плотность почвы в верхнем (в освоенных почвах – в пахотном) слое. С глубиной ее величина уменьшается и в низших – плотность наименьшая; довольно значительное ее повышение наблюдается на участке, который находился в культуре с 1932 г.

Таблица 1.3

Изменение основных водно-физических свойств торфяных почв Буровского опытного поля

Слой торфа, см	1952 г.			1982 г.			2002 г.			
	мощность торфа, г.	плотность, г/см ³	ПВ, %	плотность, г/см ³		ПВ, %	мощность торфа, г.	плотность, г/см ³		ПВ, %
				d	D			d	D	
0-20	2,3	0,240	355	0,268	1,85	318	1,74	0,321	1,88	261
20-40	-	0,178	506	0,216	1,46	408	-	0,284	1,71	301
40-60	-	-	-	-	-	-	-	0,233	1,35	366
60-80	-	-	-	-	-	-	-	0,192	1,31	470

Примечание. ПВ – полная влагоемкость; D – плотность твердой фазы; d – плотность почвы.

Влагоемкость почвы на освоенных участках в пахотном слое значительно ниже по сравнению с участками осушенными, но не освоенными. В более глубоких слоях эта разница несколько нивелируется.

Таким образом, срок и интенсивность освоения торфяных почв влияют на изменение их водно-физических свойств: с увеличением сроков использования возрастает степень разложения, зольность, плотность, уменьшается полная влагоемкость. Необходимо отметить тот факт, что даже на неосвоенном, но осушенном участке со временем происходят заметные изменения водно-физических свойств.

Глубина торфа на этом участке в 1956 г. колебалась в пределах 181–197 см, в среднем 189 см. Обследование, проведенное в 2002 г., показало, что средняя мощность пахотного слоя составляет 141 см. Это значит, что даже на неосвоенном болоте толщина торфа за 45 лет уменьшилась на 48 см, что связано, в первую очередь, с уплотнением торфа, а также с его минерализацией. Плотность почвы заметно повысилась как в пахотном, так и в подпахотном слое. Наблюдается существенное уменьшение полной влагоемкости (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Влияние продолжительности и интенсивности освоения на плотность и полную влагоемкость торфяной почвы, Сульское опытное поле (2002 г.)

Слой торфа, см	Осушен, но не освоен		Осушен и освоен					
			в 1932–1934 гг.		в 1949 г.		в 1954 г.	
	D, г/см ³	ПВ, %	D, г/см ³	ПВ, %	D, г/см ³	ПВ, %	D, г/см ³	ПВ, %
0-10	0,248	347	0,351	237	0,342	243	0,233	250
10-20	0,221	397	0,316	264	0,324	258	0,301	279
20-30	0,202	444	0,291	294	0,293	291	0,273	312
30-40	0,196	460	0,280	305	0,269	217	0,241	354
40-50	0,127	717	0,208	426	0,198	455	0,185	488
50-60	0,119	765	0,149	605	0,166	542	0,176	512
60-70	-	-	0,126	722	0,137	662	0,149	605

Из архивных материалов об участке, осушенном в 1932–1934 гг., известно, что к моменту осушения он был покрыт травянистой растительностью, в которой доминировали осока, камыш, хвощ, водяная лилия, водяные травы, болотные злаки, зеленые гипновые мхи и отдельные низкорослые деревья (ольха). Глубина торфа колебалась в пределах 2,3–1,4 м, плотность глубокого торфяника в слое 0–25 см – 0,188 г/см, полная влагоемкость – 497 %, а в неглубоком торфянике эти показатели соответственно составляли 0,196 и 481.

В 1946 г. Н. И. Среда и Л. Д. Чаус, в 1956 г. Х. Т. Шкляр, в 1958 г. Ю. Т. Коробченко проводили почвенное обследование болота в пойме р. Ромен (Сульское опытное поле). Обследование на этих же точках и анализ полученных нами показателей свидетельствуют (табл. 1.5), что за 68 лет использования торфяных почв произошли значительные изменения в их водно-физических свойствах. Плот-

ность торфа выросла почти вдвое, соответственно уменьшилась полная влагоемкость. На участке, который осушен и начал осваиваться с 1949 г., проводили стационарные полевые опыты с изучением влияния способов сельскохозяйственного освоения высокозольных торфяных почв на изменение их плодородия, производительность севооборотов и общие потери органической массы.

Таблица 1.5

Влияние сельскохозяйственного использования торфяных почв на изменение его свойств, Сульское опытное поле (пойма р. Ромен)

Слой торфа, см	На начало освоения, 1933 г.		1956 г.		2002 г.	
	плотность, г/см ³	полная влагоемкость, %	плотность, г/см ³	полная влагоемкость, %	плотность, г/см ³	полная влагоемкость, %
0-25	0,188	497	0,305	0,278	0,348	238
25-50	-	-	0,156	0,850	0,319	261
50-75	-	-	0,145	0,623	0,292	292
75-100	-	-	-	0,284	0,301	-

В опытах изучали 6 семипольных севооборотов с таким набором культур:

- 1) пропашная: картофель – кормовая свекла – кукуруза;
- 2) кормовая: 3 поля многолетних трав – картофель – кормовая свекла, кукуруза – однолетние травы;
- 3) кормовая: 4 поля многолетних трав – картофель – кормовые свекла – однолетние травы;
- 4) кормовая 5 полей многолетних трав – картофель – однолетние травы;
- 5) кормовая 6 полей многолетних трав – однолетние травы;
- 6) бессменное выращивание многолетних трав, 7 полей.

Перед закладкой опытов в каждом севообороте был проведен детальный замер глубины торфа методом зондирования. Как видно из проведенных исследований (табл. 1.6), на осушаемых пойменных торфяных почвах Лесостепи при систематическом использовании их под посевами пропашных культур мощность торфа ежегодно уменьшалась на 1,4 см, при этом потери органической массы составили 13 т/га.

Таблица 1.6

Влияние продолжительности использования торфяников и типа севооборота на срабатывание торфа (участок осушен в 1949 г.), Сульское опытное поле (пойма р. Ромен)

Севооборот	Мощность торфа, см			В интервале лет уменьшение мощности торфа, см			Годовая потеря органической массы, т/га	Продуктивность севооборота, ц/га к.ед.
	1969	1984	2002	15	18	за весь период (33 г.)		
Полевая	107-111	81-85	61-67	26	19	45	13,0	75,8
	109	83	64					
Кормовая с четырьмя полями многолетних трав	102-106	86-84	66-76	19	14	33	9,5	70,7
	104	85	71					
Кормовая с шестью полями многолетних трав	123-127	111-113	96-102	13	13	26	4,7	72,3
	125	112	99					
Бессменное выращивание многолетних трав	124-126	113-117	101-107	10	11	21	3,8	70,1
	125	115	104					

Примечание. Над чертой – пределы колебания, под чертой – среднее.

В кормовых севооборотах с 4–6 полями многолетних трав мощность торфа уменьшалась соответственно на 1,03 и 0,8 см за год. Потери органического вещества соответственно составляли 9,5 и 4,7 т/га в год.

В секторе бессменного выращивания многолетних трав ежегодное уменьшение глубины торфа составило 0,65 и потери органической массы – 3,8 т/га в год. Следует обратить внимание на тот факт, что по продуктивности полевые севообороты не имеют существенного преимущества перед кормовыми.

Анализ проведенных наблюдений за изменением физических и агрохимических свойств торфяной почвы (табл. 1.7) на участке, осушенном в 1949 г., показал, что за первые 19 лет после осушения и в процессе сельскохозяйственного использования плотность торфа в пахотном слое выросла с 0,210 до 0,293 г/см³, а за последующие 14 лет – до 0,352 г/см³. Дальнейший процесс уплотнения почвы замедлялся, за 10 лет (1963–1992) плотность торфа выросла всего до 0,372 г/см³, и, наконец, за последние 10 лет (1993–2002) достигла значения 0,384 г/см³.

Данные о плотности торфа в подпахотном слое за 1950 г. отсутствуют, однако за период с 1969 по 1983 год она выросла в слое 30–50 см с 0,215 до 0,234 и 0,241 в 1993 г. и до 0,249 г/см³ в 2002 г.

Участок осушен и освоен в 1954 г., почва представлена мало- и среднемощным торфяником. Средняя глубина торфа в 1954 г. составляла 86 см, в 1973 – 55 и в 2002 г. – 51 см. Итак, за первые 19 лет глубина торфа уменьшилась на 31 см (1,63 см за год), за следующие 28 лет – на 4 см (0,14 см за год).

Таблица 1.7

Влияние осушения и сельскохозяйственного использования на физические и агрохимические свойства торфа, Сульское опытное поле

Слой торфа, см	Плотность почвы, г/см ³	Зольность, %	Подвижные формы, мг / 100 г почвы		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1950					
0-25	0,210	36,2	32,7	12,0	31,0
1969					
0-30	0,293	39,7	30,2	22,4	37,9
30-50	0,215	27,1	17,4	18,3	24,2
1983					
0-30	0,352	50,9	32,1	25,4	39,1
30-50	0,234	30,4	17,4	17,2	19,4
1993					
0-20	0,372	42,2	28,2	20,4	11,0
20-40	0,241	32,1	17,3	8,2	11,0
2002					
0-20	0,379	46,4	24,6	21,7	12,3
20-40	0,249	135,5	18,4	10,3	9,4

Данные об изменении мощности торфа показывают, что в полевом севообороте, насыщенном пропашными культурами, глубина торфа за 32 года уменьшилась на 45 см, а в кормовых севооборотах с 4 и 6 полями и бессменным выращиванием многолетних трав – соответственно на 33, 26 и 21 см.

1.3. Изменение агрохимических характеристик торфяных почв в процессе их освоения и сельскохозяйственного использования

Чтобы дать полную агрохимическую характеристику торфяных почв, необходимо рассмотреть их по отдельности, так как показатели агрохимического состояния зависят от многих сочетаний целого ряда факторов. Но для них можно найти и общий показатель, а именно: все торфяные почвы богаты азотом и очень бедны калием, а некоторые также фосфором и микроэлементами, в частности медью [14, 15].

Проведенный нами анализ агрохимических показателей осушаемых торфяников за многие годы показывает (табл. 1.8), что в торфяных почвах болот Зурно и Ольшанка на начало освоения в слое 0–20 см валовое содержание азота составляло 3,42–3,51 %, фосфора – 0,37–0,54, калия – 0,09–0,10 %, в слое 20–40 см – соответственно азота 3,12–3,24 %, фосфора – 0,35–1,14 %, калия – 0,03–0,110 %, а в слое 40–60 см было очень мало калия (0,04–0,06 %). Содержание азота был почти одинаково по всему профилю почвы.

Обращает на себя внимание сравнительно высокое содержание валового фосфора в почве. На мелиоративной системе «Зурно» достаточно заметный рост содержания фосфора по профилю вниз (0,37, 0,85 и 1,24 % по указанным слоям). Примерно такая же характеристика почвы на системе «Ольшанка» (0,54–1,14–0,93 % по тем же горизонтам). Как видим, почвы исследуемых мелиоративных систем лесостепной зоны обеспечены фосфором больше средних величин для торфяных почв Полесья. Подобную характеристику имели карбонатные торфяники, размещенные в Центральной Лесостепи поймы р. Супий (Панфильская опытная станция), где содержание валовых форм фосфора в пахотном слое может достигать до 0,92 %, а в подпахотном – 0,44 % на сухую навеску [15]. Проведенные на названных системах исследования по изучению темы удобрения в первые годы освоения показали, что внесение фосфорных удобрений под различные сельскохозяйственные культуры в за-

висимости от доз внесения и способов подготовки почвы повышало урожай в среднем на 27–51 %, а калийные удобрения – в 2,1–2,4 раза. Нами установлено (табл. 1.8), что сельскохозяйственное использование торфяников в течение первых 8 лет обусловило увеличение зольности торфа от 5,47 до 8,6 % в слое 0–20 см и от 8,12 до 9,3 % в слое 20–40 см. Увеличилась степень разложения торфа, уменьшилось количество органического вещества, почти не изменилась реакция почвенного раствора. Заметные изменения торфяной почвы произошли через 27 лет после начала сельскохозяйственного использования. Несколько возросла кислотность почвы, оставаясь в пределах слабой (рН уменьшилось от 5,4 до 5,1 в слое 0–20 см и от 5,3 до 5,2 в слое 20–40 см). Зольность выросла вдвое по сравнению с 1970 г. и в три раза по сравнению с началом освоения (1962). Увеличилось также разложение торфа и содержание органического вещества.

Таблица 1.8

Основные агрохимические показатели торфяников болот Зурно и Ольшанка и их изменение в процессе освоения, Сульское опытное поле

Слой почвы, см	рН	Степень разложения, %	Зольность, %	Органическое вещество	% от массы абсолютно сухой почвы				
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
<i>Болото Зурно, 1970 г., 8 лет после освоения</i>									
0-20	5,4		8,6	79,9	3,84	0,39	0,14	2,81	1,32
20-40	5,3	26	9,3	82,7	3,49	0,87	0,18	3,44	2,44
40-60	5,6	25	6,1	90,6	3,19	1,12	0,09	3,08	2,16
<i>Болото Ольшанка, 1970</i>									
0-20	5,2	25	14,8	79,4	3,97	0,84	0,17	2,04	1,72
20-40	5,4	25	12,4	83,0	3,52	0,93	0,06	2,55	1,87
40-60	5,7	32	6,6	89,7	3,12	12,16	0,09	2,47	3,16
<i>Болото Зурно, 1989 г.</i>									
0-20	5,3	32	13,3	74,6	3,81	0,91	0,21	2,75	1,21
20-40	5,3	30	11,7	78,5	3,76	0,96	0,1-0	3,56	2,56
40-60	5,5	26	8,9	88,1	3,57	1,22	0,08	3,27	2,44
<i>Болото Ольшанка, 1989 г.</i>									
0-20	5,1	33	18,8	72,1	3,86	1,11	0,19	1,87	1,57
20-40	5,2	27	16,2	75,6	3,80	0,95	0,08	2,64	1,92
40-60	5,6	32	10,7	86,4	3,49	1,31	0,11	2,43	2,11
<i>Болото Зурно, 2002 г.</i>									
0-20	5,2	34	21,4	73,2	3,92	0,96	0,27	2,31	0,41
20-40	5,2	32	18,5	75,8	3,24	1,11	0,223	4,15	0,54
40-60	5,6	28	12,3	86,3	3,76	1,23	0,09	2,10	0,73
<i>Болото Ольшанка, 2002 г.</i>									
0-20	5,2	37	27,1	71,3	3,97	1,13	0,28	1,87	0,32
20-40	5,0	34	23,2	74,5	3,92	0,94	0,20	1,66	0,26
40-60	5,6	34	16,1	86,1	3,87	1,26	0,11	2,16	0,37

Если рассматривать изменение основных агрохимических свойств торфа отдельно по мелиоративным системам «Зурно» и «Ольшанка», то видно, что торфяник Ольшанки больше реагирует на осушение и сельскохозяйственное освоение. Так, в слое 0–20 см на системе «Зурно» содержание азота за первые восемь лет выросло с 3,42 до 3,97 %; в слое 20–40 см валовое содержание азота выросло на 0,25 %, а на системе «Ольшанка» – на 0,42 %.

Итак, если проследить за изменениями основных агрохимических свойств торфа на указанных мелиоративных системах при их использовании после осушения через 8, 27 и 40 лет, то видно, что в слое 0–40 см зольность выросла почти втрое, а кислотность и степень разложения несколько меньше.

Минерализация органического вещества торфа и внесение минеральных удобрений достаточно заметно способствовали увеличению содержания валового фосфора. На системе «Зурно» в слое 0–20 см в начале освоения содержание валового фосфора составило 0,37 %, в 1970 г. – 0,84, в 1989 – 0,91, а в 2002 г. – 0,96 %, то есть в 2,1 и 2,6 раза больше, чем в начале освоения. В нижних слоях торфа такое увеличение содержания валового фосфора было менее выраженным.

На мелиоративной системе «Ольшанка» на время освоения в слое 0–20 см содержание валового фосфора составляло 0,54 %, через 8 лет – 0,84, через 27 лет – 1,11 % и через 40 лет – 1,13, то есть увеличилось в 1,5 раза. Содержание валового калия в слое 0–20 см за время освоения и сельскохозяйственного использования удваивалось, а в нижних горизонтах такого роста не наблюдали.

С целью выявления агроэкологических изменений торфяных почв под действием сельскохозяйственного использования в различных временных циклах летом 2001 г. нами на Буровском опытном

поле был заложен почвенный разрез. Он расположен между каналами 2 и 3 на расстоянии 1340 м от дороги, на том месте, где отбирали начальные образцы почвы для анализа в 1949 г. (М. Н. Шевченко), в 1952 г. (И. М. Доценко) и в 1982 г. во время реконструкции системы и после в 1990 г. [3, 16].

В условиях вегетационного периода 2001 г. поле было под многолетними злаковыми травами четвертого года использования. Глубина торфяного слоя составляла 174 см, уровень грунтовых вод 90 см.

Морфологическое строение торфяной почвы было следующим:

- Тс1 – 0–4 см – дернина неплотная;
- ТН – 4–27 см – торфяно-перегнойный, темно-серый, сильно разложен, свежий, среднеуплотненный, пронизанный корнями растений, переход заметный;
- Тн – 27–56 см – торф среднеразложенный, буровато-серый, слегка уплотненный, влажный, встречается корни, переход постепенный;
- Тз – 56–101 см и ниже – торф средне- и слабо разложенный, буровато-серый, неплотный, сырой, до 89 см – водонасыщенный, мокрый, остатки осок, тростника и гипновых мхов.

Агрохимические показатели торфяных почв с годами заметно меняются. Реакция почвенного раствора в 1932 г. была нейтрально-слабощелочной (рН водное 7,2), а в 2001 г. – слабокислой – 6,2. В результате минерализации органического вещества и ежегодного внесения минеральных удобрений значительно возросло содержание подвижных форм фосфора и калия. В 1949 г. в слое 0–20 см находилось 8 мг подвижного P_2O_5 и 6,4 мг/100 г – K_2O ; в 1982 г. их содержание увеличилось соответственно до 15,5 и 11,1, а в 2001 г. – до 33,6 и 19,4 мг/100 г почвы.

Ценные результаты почвенного обследования торфяников на Буровском опытном поле были получены различными исследованиями. Проведенная нами оценка этих наблюдений за много лет показывает, что агрохимические показатели как по валовому содержанию питательных веществ, так и подвижных форм существенно менялись независимо от способа освоения торфяников.

Описанные Н. Н. Шевченко почвы Буровского опытного поля (табл. 1.9) в 1949 г. имели следующие показатели: глубина торфяного слоя составляла 3,2 м, рН водной вытяжки 7,2; верхний слой почвы (0–27 см) желто-коричневого цвета, пылевидный, хорошо разложен, в сыром состоянии очень мазался, а при сжатии из него выделялась жидкость бурого цвета, остатков растений торфообразователями невооруженным глазом почти не было видно.

Таблица 1.9

Агрохимическая характеристика пахотного слоя (0-20 см) торфяного грунта Буровского опытного поля (1949 г., Н. Н. Шевченко)

Валовое содержание, %							Подвижные формы, мг/100 г почвы		
N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	Al_2O_3	Na_2O	N	P_2O_5	K_2O
3,84	0,37	0,21	15,1	1,19	0,13	0,25	9,8	8,3	6,8

Слой торфа 27–32 см сохранял свое естественное состояние, не нарушенный обработкой; в нем заметны остатки осоки, гипнового мха и тростника. На глубине 32–36 см залегал слой малоразложенного торфа, состоящий из гипнового мха с большим количеством тростника. Гипновый слой лежит на осоковом слое толщиной 3 см, светло-серого цвета, средней степени разложения с большой примесью ракушек. На глубине 39–35 см залегал малоразложенный гипново-тростниково-осоковый слой торфа темно-коричневого цвета, который имел достаточно рыхлую структуру. Ниже 95 см залегал слой гипново-осоково-тростникового неразложенного торфа светло-бурого цвета с красноватым оттенком.

Подстиляется торф темно-сизой глиной, а ниже на 10–15 см залегал сизо-серый известково-мергелисто-суглинистый горизонт, который сильно закипал от $HC1$.

В 1952 г. некоторые агрохимические свойства этой почвы исследовал И. М. Доценко, а через 30 лет на Буровском опытном поле проводили реконструкцию осушительной системы и почвенное обследование (табл. 1.10).

Таблица 32.10

Агрохимическая характеристика торфяного грунта на Буровском опытном поле, подвижные формы питательных почвы, мг / 100 г сухой почвы

Слой торфа, см	1952 г. (И. М. Доценко)				1982 г. (почвенное обследование экспедицией)				
	зольность, %	N	P_2O_5	K_2O	зольность, %	N	P_2O_5	K_2O	P_2O_3
0-20	18,7	22,4	8,7	6,4	31,7	26,8	15,5	11,1	1,39
20-40	12,4	18,7	8,2	4,5	16,4	21,1	13,2	8,2	1,29

Если сравнить данные таблиц 1.10 и 1.11, то видно, что по валовым запасам установить определенную зависимость трудно. Но по сравнению с 1949 г., когда в слое 0–20 см содержание азота составило 3,84 мг/100 г, а в 2001 г. (табл. 1.11) – 2,43 мг/100 г почвы, что свидетельствует об уменьшении запасов азота, содержание подвижных форм азота, наоборот, увеличилось (19,8 – 22,4 – 26,8 – 56,8 мг/100 г соответственно в 1949, 1952, 1982 и 2001 гг.). То же наблюдалось в слое 20–40 см (в 1952 г. – 12,7; 1982 г. – 21,1; 2001 г. – 39,2 мг/100 г) по сравнению с 1949 г. в слое почвы 0–20 см содержание фосфора и калия в 2001 г. было в три и в два раза больше.

Таблица 1.11

Агрохимическая характеристика торфяных почв Буровского опытного поля (2001 г.)

Слой торфа, см	Валовое содержание, %			Подвижные формы, мг/100 г			рН КСl	Зольность, %	Степень разложения, %
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
0-20	2,43	0,31	0,24	56,8	26,7	14,8	6,2	37,5	27,2
20-40	2,27	0,29	0,21	39,2	20,4	24,5	6,1	39,4	25,8
40-60	1,86	0,25	0,18	22,4	10,1	11,1	6,2	22,7	17,9
60-80	1,81	0,17	0,09	13,2	17,4	8,4	6,4	20,1	-

Кроме агрохимических анализов почвы, нами летом 2001 г. было проведено почвенно-мелиоративное, геоботаническое и культуртехническое обследование болота Ромен в пределах Сульского исследовательского поля. Были заложены и описаны грунтовые разрезы, отобраны образцы для анализов по слоям 20 см до глубины 80 см, а также образцы ненарушенного строения для определения водно-физических свойств почвы. Ниже приведены описания четырех грунтовых разрезов.

Разрез 1: Болото осушено и не освоено; растительный покров – осоки, камыш, разнотравье и сорняки.

Tc1 – 0–6 см – дернина хорошо развита; T – 7–25 см – торфяной среднеразложенный, темно-коричневый, свежий, слабоуплотненный, густо переплетенный корнями, переход заметный;

T2 – 27–58 см – торфяной средне- и вниз слаборазложенный; темно-коричневый, сырой, слаборазложенные остатки осоки и камыша, слабоуплотненный, переход постепенный;

T3 – 59–100 см – торфяной слаборазложенный, буровато-коричневый, мокрый.

Грунтовые воды на глубине 52 см. Глубина торфа – 121 см, закипает от НС1 с поверхности. Название почвы – торфа низинный, среднеразложенный, среднemocный.

Разрез 2: Заложено на болоте, осушенное и осваивается с 1932 г.

Tc1 – 0–3 см – дернина, неплотная;

TН – 4–42 см – торфяно-перегнойный, темно-коричневый, свежий, хорошо разложен, слабоуплотненный, переход заметный;

T – 43–78 см – торф средне- и слаборазложенный, осоково-тростниковый, буровато-коричневый.

Грунтовые воды находятся на глубине 78 см, закипание от НС1 с поверхности, глубина торфа 123 см. Название почвы – торф, низинный, сильно разложенный, среднemocный.

Разрез 3: Заложено на болоте, которое осушено и осваивается с 1949 г. Участок используется под сенокос. Травостой образуется из тимopheевки луговой, овсяницы луговой и ежи сборной.

Tc1 – 0–5 см – дернина плотная;

TН – 6–29 см – торфяно-перегнойный, хорошо разложен, темно-коричневый, свежий, переплетенный корнями растений, переход заметный;

T2 – 30–69 см – сырой, буровато-серый, среднеразложенный, среднеуплотненный, переход постепенный;

T3 – 70–84 см – сырой к мокрому, буровато-серый, слаборазложенный, переход ясный;

рН 1 – 85–92 см – мокрый, коричнево-серый с сизым оттенком, аллювиальный суглинок.

Мощность торфа – 82 см, закипание от НС1 бурное с поверхности. Грунтовые воды на глубине 125 см. Название почвы – торфяник, низинный, сильно разложен, неглубокий.

Разрез 4: заложено на болоте, осушенном и освоенном в 1954 г. Используется под сенокос, травостой, состоит из тимopheевки луговой.

Tc1 – 0–6 см – хорошо развитая дернина;

T1 – 7–30 см – торф среднеразложенный, темно-коричневый, свежий, переплетенный корнями, с включениями ракушек, слабоуплотненный, переход постепенный;

T2 – 31–58 см – темно-коричневый, сырой, корни растений до 38 см, уплотненный, переход постепенный;

T3 – 59–76 см – суглинок, серо-сизый с ржавыми пятнами, с включением неразложившихся тростника, плотный, мокрый;

T4 – 77–84 см – серовато-сизый суглинок, мокрый, остатки тростника, ржавые пятна.

Грунтовые воды на глубине 130 см, глубина торфа – 95 см. Название почвы – торфяник, низинный, среднеразложенный, неглубокий.

Сравнивая агрохимические характеристики участков разного срока и интенсивности освоения (табл. 1.12), следует отметить, что все они хорошо обеспечены азотом валовые формы которого колеблются в пределах 2,5–3,5 % в зависимости от слоя почвы. Несколько большее содержание азота в пахотном слое участков 2 и 3, осушенных и освоенных в более ранние периоды. Валовых подвижных форм фосфора и калия значительно меньше на участке 1, осушенного и не освоенного вследствие медленного процесса минерализации. Не вносятся здесь и минеральные удобрения, на других участках прослеживается четкая закономерность, что чем раньше осушена и освоена площадь, тем больше растут запасы фосфора и калия.

Таблица 1.12

Агрохимическая характеристика почвы опытных участков Сульского опытного поля (июнь 2002 г.)

№ разреза, год освоения	Слой почвы, см	Валовое содержание, % от массы сухого вещества			Подвижные формы, мг/100 г сухой почвы			рН КСІ	Зольность, %
		С	Р	К	А	В	В		
1, 1932–1936	0-20	2,40	0,33	0,22	4,34	5,8	3,3	6,9	30,1
	20-40	2,31	0,18	0,17	2,15	2,4	7,2	6,4	20,3
	40-60	2,52	0,14	0,08	1,67	2,6	3,5	6,5	18,6
	60-80	3,10	0,09	0,05	-	-	-	-	-
2, 1949	0-20	2,62	0,36	0,44	4,47	11,9	10,3	6,4	42,9
	20-40	2,41	0,39	0,39	3,09	10,7	8,9	6,7	39,6
	40-60	2,71	0,18	0,16	2,46	6,8	8,8	6,2	20,3
	60-80	3,61	0,12	0,09	2,14	10,1	5,6	6,7	16,8
3, 1954	0-20	2,55	0,32	0,35	2,96	9,7	10,3	6,7	43,1
	20-40	2,34	0,29	0,28	3,31	9,2	П, 4	6,9	31,4
	40-60	2,69	0,19	0,14	2,82	4,5	9,5	6,4	16,8
	60-80	3,32	0,14	0,12	3,16	5,0	9,1	6,6	21,6
4, 1954	0-20	2,46	0,31	0,33	2,93	6,8	7,3	6,5	32,7
	20-40	2,33	0,24	0,19	2,04	5,3	11,4	6,9	25,8
	40-60	2,52	0,15	0,13	1,54	6,0	7,1	6,7	14,3
	60-80	3,21	0,10	0,10	0,86	4,4	6,1	6,6	15,4

Зольность торфяных почв опытных участков в его верхних слоях самая большая, и с глубиной ее величина резко уменьшается. Очевидно, это связано с тем, что поверхностные воды откладывали минеральные частицы почвы на пойме во время разлива р. Ромен, и с интенсивной минерализацией торфа в верхних слоях.

Наибольшая зольность была в слое 0–20 см и 20–40 см на участке, осушенном и освоенном в 1932–1934 гг., а наименьшая – на болоте, осушенном и не освоенном. Два других участка занимают промежуточное положение. Аналогичное явление наблюдается и по степени разложения торфа.

Реакция почвенного раствора колеблется в пределах рН 6,5–6,8. На первом участке показатель рН верхних слоев ближе к нейтральному 6,8, а на втором – слабокислому – рН 6,5. Очевидно, это связано с ежегодным внесением минеральных удобрений, которые подкисляют почвенный раствор.

Итак, срок и интенсивность использования торфяных почв влияют на изменение как агрохимических, так и водно-физических свойств. С увеличением срока использования осушаемых торфяных почв в них повышаются содержание питательных веществ, степень разложения, зольность, плотность и уменьшается полная влагоемкость.

Проведенные обследования торфяных почв в 1956 и 1993 гг. показало, что первый участок имеет глубокий торфяник осокового состава, который подстилается аллювиальными глеевыми суглинками.

Анализ длительных наблюдений (табл. 1.13) показывает, что в настоящее время в почве выявлено больше валовых форм азота, фосфора и калия, но подвижных, наоборот, даже уменьшилось против содержания на начало освоения пойм.

Второй участок, который осушен в 1932–1934 гг. и к освоению был покрыт преимущественно осокой и камышом, имеет глубину торфа 2,3–1,4 м, зольность 31,3–49,0 %, степень разложения торфа 25–35 %. Агрохимическая характеристика участка (по данным Ю. Т. Коробченко в 1958 г.) приведена в таблице 1.14. Исследованиями установлено (табл. 1.15), что за 60 и 68 лет использования торфяных почв произошли значительные изменения их агрохимических свойств. Зольность торфа в верхнем слое 0–20 см увеличилась почти в 1,5 раза, степень разложения – на 12,7 %. Увеличились запасы валовых форм азота, фосфора и калия в результате внесения минеральных удобрений и минерализации органического вещества торфа.

Таблица 1.13

**Влияние осушения торфяной почвы на его агрохимические свойства, участок осушен и не осушен,
Сульское опытное поле**

Слой торфа, см	Зольность, %	рН водное	Валовое содержание, %			Подвижные формы, мг 100 г почвы		
			N	P	K	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>1956г.</i>								
0-25	27,9	7,3	2,26	0,26	0,14	18,0	8,1	5,3
25-50	16,1	7,2	2,17	0,34	0,11	10,2	6,9	4,7
50-75	17,7	7,2	2,93	0,31	0,06	4,8	5,3	4,3
<i>1993г.</i>								
0-25	29,6	6,8	2,43	0,29	0,23	4,21	5,6	3,1
25-50	19,7	6,5	2,28	0,20	0,16	2,07	2,0	6,5
50-75	18,2	6,5	2,56	0,12	0,09	1,51	2,7	4,0
<i>2001г.</i>								
0-25	30,4	6,7	2,54	0,29	0,27	5,16	5,4	3,6
25-50	21,2	6,5	2,37	0,27	0,14	3,02	3,7	5,7
50-75	18,6	6,5	2,55	0,19	0,11	0,98	1,8	5,0

Таблица 1.14

**Агрохимическая характеристика торфа Сульского исследовательского поля, осушенного в 1932-1934 гг.
(И. Т. Коробченко, 1958 г.)**

Почва	Слой торфа, см	рН водн.	Состав почвы, %			Валовые формы, %			Подвижные формы, мг/100 г почвы		
			перегной	растительные остатки	минеральные доли	N	P	K	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Торф глубокий высокозольный	0-15	7,6	50,5	17,5	32,6	2,19	0,37	0,16	35,0	7,9	5,1
	15-30	7,6	51,0	18,0	32,0	2,15	0,43	0,14	24,0	8,2	4,1
Целина	30-40	7,6	59,5	18,9	21,6	2,20	0,40	0,02	18,3	8,6	5,2
	40-60	7,6	77,5	17,0	5,5	3,15	0,33	0,08	6,8	5,7	6,2
Торф глубокий высокозольный (13 лет в культуре)	0-10	7,5	54,0	8,5	37,5	2,56	0,26	0,20	69,3	8,2	8,7
	10-20	7,5	59,0	8,5	32,0	2,10	0,31	0,15	53,6	8,5	2,5
	20-30	7,6	58,0	7,0	35,5	2,23	0,30	0,15	50,3	7,9	3,1
	31-61	7,6	77,0	19,0	4,0	3,09	0,05	0,05	38,4	10,0	-
	61-100	7,6	77,5	19,0	11,5	3,23	0,03	0,03	8,6	6,6	3,4

Таблица 1.15

Изменения основных агрохимических свойств торфяных почв в процессе освоения

Слой торфа, см	Зольность, %	Степень разложения, %	рН	Валовое содержание,			Подвижные формы, мг/100 г сухой почвы		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>1933 г.</i>									
0-25	31,3	25,0	8,2	2,58	0,21	0,10	21,0	6,3	3,2
<i>1956 г.</i>									
0-25	32,6	31,1	7,5	2,19	0,37	0,16	35,0	7,9	5,1
25-50	20,9	20,9	7,2	2,15	0,43	0,14	24,0	8,2	4,1
50-75	15,5	14,3	6,5	2,20	0,40	0,02	18,3	8,0	6,2
<i>1993 г.</i>									
0-20	44,6	37,2	6,5	2,67	0,39	0,47	4,23	11,0	8,0
20-40	37,9	-	6,5	2,37	0,37	0,35	4,08	9,1	8,0
40-60	-	-	6,4	2,76	0,20	0,15	1,77	5,9	6,7
60-80	-	-	6,4	3,58	0,10	0,10	2,63	8,8	6,7
<i>2001 г.</i>									
0-20	46,3	37,7	6,5	2,64	0,38	0,32	5,06	10,6	6,6
20-40	38,5	29,4	6,4	2,47	0,44	0,39	3,4	9,7	6,2
40-60	21,1	-	6,6	-	0,27	0,19	2,1	5,8	5,1

Реакция почвенного раствора со щелочной изменилась в слабокислую. Содержание микроэлементов в этих торфах, по данным И. М. Красильникова и М. П. Подоляки (отчет исследовательского

поля), составил (в процентах на абсолютно сухую навеску: Са – не более 0,00094; СаСО₃ – 4,5–18,7; SO₄ – не более 0,065; Cl – 0,009–0,150; SiO₂ – 12,8–85,5 % от золы.

На участке, который использовался под стационарный полевой опыт, установлено, что зольность торфа в слое 0–20 см выросла с 36,2 % в 1950 г. до 46,4 % в 2001 г., а в слое почвы 20–40 см соответственно от 27,1 % в 1969 г. до 35,5 % в 2001 г. В отношении подвижных форм NPK четкой закономерности по годам освоения не наблюдается, но количество фосфора и калия заметно возрастало с 1950 по 1983 год. Наличие общего азота в 2001 г. существенно уменьшилось по сравнению с 1950 г. Подобную зависимость наблюдали и на участке 4, где поле было осушено в 1954 г. (табл. 1.16).

Таблица 1.16

Влияние продолжительности использования осушаемых торфяников на его агрохимические показатели, опытный участок болота Сульского опытного поля

Слой торфа, см	Зольность, %	рН	Валовое содержание,			Подвижные формы,		
			%			мг на 100 г почвы		
			N	P	K	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>1954 г.</i>								
0-25	20,7	7,3	2,86	0,18	0,16	18,4	9,1	6,0
25-50	16,2	7,2	2,71	0,11	0,07	9,2	7,8	4,7
<i>1993 г.</i>								
0-20	32,3	6,6	2,48	0,30	0,35	2,81	6,9	5,0
20-40	27,0	6,8	2,30	0,22	0,20	1,13	4,9	12,5
<i>2001 г.</i>								
0-20	33,0	6,5	2,41	0,32	0,30	2,76	7,4	6,1
20-40	29,7	6,8	2,34	0,20	0,22	2,11	5,7	9,8

Содержание основных элементов питания растений заметно изменилось. Если в 1954 г. валового азота в слое торфа 0–20 см было 2,86 %, а в слое 25–50 см – 2,71 %, то через 39 лет использования (в 1993 г.) содержание его соответственно составило 2,48 и 2,30, а в 2001 г. – 2,41 и 2,34 %. Почти вдвое увеличилось содержание валового фосфора и калия, но значительно уменьшилось содержание подвижных форм азота, в частности его нитратной формы – NO₃. Если в 1954 г. его содержание составляло 18,4 и 9,2 мг, то в 1993 и 2001 гг. соответственно 2,81–1,13 мг и 2,76–2,11 мг/100 г почвы.

В целом торфяники бедны калием. Наблюдения показывают, что даже на старопахотных участках, несмотря на ежегодное внесение высоких доз калийных удобрений, эффективность их применения остается достаточно высокой, что имеет разное объяснение [24]. По данным Б. Б. Бельского и И. М. Кулаковской, подвижные формы калия на торфяных почвах составляют 40–80 % валового запаса и в целом характеризуют состояние калийного режима [17, 18].

Проведенные нами наблюдения за динамикой различных форм калия в зависимости от продолжительности и интенсивности сельскохозяйственного использования осушаемых торфяных почв показали (табл. 1.17), что содержание калия в исследуемых образцах достаточно низкое и колеблется в пределах 25,6–56,5 мг на 100 г почвы. Больше всего его в почве, которая в культуре более 40 лет. Это объясняется высокими дозами внесения калийных удобрений, а также интенсивной степенью минерализации органического вещества торфа.

Наименьшее количество водорастворимого калия отмечено на участке в начале освоения после осушения, а наибольшее – в почве после сорокалетнего сельскохозяйственного использования.

Такая же закономерность наблюдается и для обменной формы калия. В то же время необменная форма калия является наименьшей на участке продолжительного сельскохозяйственного использования, а на не освоенном и использованном в культуре девять лет – наибольшая. Если на долю обменного калия на участке длительного использования приходится 9 %, то на начало освоения – 54 %, неосвоенной области – 56 %. Это говорит о том, что минерализация торфа (его оземление) не способствует закреплению калия коллоидным комплексом в необменную (недоступную) для растений форму, а наоборот, способствует освобождению его из растений-торфообразователей и перевода в подвижные формы, которые становятся легкодоступными для выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Процент доступной формы калия в почве на участке долгосрочного использования достигает 71 %, а на участках в первые годы освоения и под травами со слабой минерализацией торфа подвижные формы калия почти достигают 25–26 %.

Таким образом, интенсивность сельскохозяйственного использования не ухудшает калийного режима торфяных почв, и при научно обоснованных дозах внесения минеральных удобрений можно получать высокие и устойчивые урожаи. Конечно, природные грунтовые запасы калия не могут обес-

печить получение ожидаемых высоких урожаев, поэтому необходимо усиленное калийное удобрение. На фоне внесения $K_{120-150}$ можно получать более 10 т/га сена, или 25–30 т/га картофеля.

На слабокультурных площадях под естественными сенокосами и пастбищами калия в 2–3 раза меньше, чем под пропашными культурами. В противовес подвижным формам фосфора, сезонная динамика калия достаточно заметна и составляет от 7,3 до 67,4 мг/100 г почвы. Отмечено его снижение в течение вегетации с весны до осени. Гидротермические условия вегетационного периода также влияют на содержание калия в почве. При систематическом внесении калийных удобрений (более K_{50}) несколько улучшается калийный режим торфяной почвы.

Таблица 1.17

Влияние продолжительности сельскохозяйственного использования на групповой состав калия в торфяных почвах (осушительная система «Зурно»)

Продолжительность освоения	Слой почвы, см	Содержание калия, мг на 100 почвы				% доступного калия от валового	Запасы калия, кг/га
		водорастворимый	обменный	Необменная	всего		
1961 г. (начало освоения)	0-30	1,8	6,2	17,6	25,6	25	36
	40-60	4,1	15,9	12,5	32,7	18	42
1970 г. (9 лет в культуре)	0-30	4,6	11,2	20,6	36,4	32	112
	40-60	3,0	8,7	28,1	39,8	24	43
2001 г. (40 лет в культуре)	0-30	9,1	39,4	8,0	56,5	69	389
	40-60	8,7	32,3	3,5	44,5	72	137
Осушен, но не освоен	0-30	2,1	7,7	18,2	28,0	26	69
	40-60	4,4	19,6	12,0	36,0	44	86

Осушение болот и минеральных периодически переувлажненных земель, их освоение и длительное сельскохозяйственное использование в определенной степени влияют также на реакцию почвенного раствора. Но это влияние не имеет соответствующей закономерности. В одних случаях изменение реакции почти незаметно в течение длительного времени сельскохозяйственного использования; в других случаях происходит изменение преимущественно от слабощелочной реакции в сторону кислой. Из данных динамики реакции почвы на осушительных системах «Зурно» и «Ольшанка» видно, что на начало освоения кислотность в слое почвы 0–20 см равнялась 5,5–5,3, а в более глубоких – 5,4–5,6. Через 8 и 27 лет после освоения кислотность торфяной почвы почти не изменилась и оставалась в тех же интервалах, в пределах слабой степени кислотности.

Больше менялась реакция в щелочных торфяниках Лесостепи. Как видно из таблицы 1.15, на начало освоения торфяного болота Сульского опытного поля в пойме р. Роменко в 1933 г. реакция почвы в слое 0–25 см составила 8,2, через 23 года (в 1956 г.), уменьшилась до 7,5, через 60 лет (в 1993 г.), – до 6,5 и через 70 лет (в 2003 г.) – до 6,5. В слое 25–50 см реакция торфяной почвы изменилась от 7,2 (в 1956 г.) до 6,5 (в 1993 г.) и до 6,5 в 2003 г. Еще глубже (50–75, 60–80 см) реакция торфа почти не менялась, оставаясь щелочной, что обусловлено карбонатностью и составом грунтовых вод.

Определенный сдвиг почвенного раствора пахотного слоя в сторону подкисления в процессе его освоения и сельскохозяйственного использования вызван двумя причинами: промывкой пахотного слоя атмосферными осадками и выносом кальция и других оснований с дренажными водами и внесением физиологически кислых минеральных удобрений в форме хлоридов и сульфатов.

Обращает на себя внимание тот факт, что даже на участке, который осушен и не осваивался (табл. 1.13), реакция почвенного раствора тоже изменилась от щелочной к слабокислой. Если в 1956 г. в слое 0–25 см рН равнялась 7,3, то в 1993 г. этот показатель уменьшился до 6,8, в 2001 г. – до 6,7, в слое 25–50 см – соответственно от 7,2 в 1956 г. до 6,5 в 1993 г.

1.4. Биологическая активность осушаемых торфяных почв в зависимости от интенсивности их использования

Исследование биологических процессов, которые происходят в торфяных почвах, является одним из главных методов диагностики их агроэкологического состояния, важным для оценки эффективности системы земледелия и отдельных агротехнических мероприятий при выращивании сельскохозяйственных культур.

Суммарную биологическую активность почвы определяли методом аппликаций из льняной ткани, которую закладывали на определенную глубину, с экспозицией 30 и 60 дней. Суть этого метода заключается в количественном определении интенсивности разложения целлюлозы, которая находится в почве в течение определенного времени. Метод дает сравнительно хорошие результаты при оценке интенсивности минерализации при различных технологических приемах, применяемых

при выращивании сельскохозяйственных культур (способы обработки, удобрения, регулирование водного режима и др.).

Существуют различные варианты описанного метода, но лучшим можно считать полевой, который позволяет изучать разложение целлюлозы по грунтовым профилям без копания шурфа. Как видно из данных, приведенных в таблице 1.17, на интенсивность биологических процессов большое влияние оказывает обработка почвы.

Скорость разложения целлюлозы по вспашке по сравнению с дискованием больше. Если по вспашке под озимой рожью процент разложения льняной ткани через месяц после закладки составлял 21,6 %, то по дискованию – 19,1 %, а через два месяца – соответственно 28,3 и 23,5 %. Такое же явление наблюдается и через 60 дней после закладки льняной ткани.

Достаточно заметна разница интенсивности разложения целлюлозы при различных обработках торфяной почвы под кукурузой. Здесь через месяц степень разложения ткани с пахоты достигала 59,3 %, а через два месяца – 64,8 %; по поверхностной обработке – соответственно 45,5 % через месяц и 60,1 % через два месяца.

Если анализировать результаты микробиологических процессов под разными сельскохозяйственными культурами, то наиболее замедленный их темп отмечен на участке бессменного выращивания многолетних трав (13,7 % – за месяц и 15,9 % – за два месяца). Под многолетними травами 4-го года использования соответствующие показатели составляли 14,7 и 21,6 %, они зависели также от способов подготовки почвы под многолетние травы.

Это свидетельствует о том, что введение в севооборот многолетних трав уменьшает темпы разрушения целлюлозы (табл. 1.18) и скорость минерализации органического вещества торфа. Те же показатели с озимой рожью составляли 19,6–21,6 % и под травами 4-го года использования – 14,7 – 18,9 %. Приведенные данные подтверждают, что с увеличением в севообороте доли многолетних трав темпы разрушения целлюлозы замедляются, а при выращивании пропашных культур ускоряются.

Таблица 1.18

Темпы разрушения целлюлозы под различными сельскохозяйственными культурами в пахотном слое 0-30 см торфяного грунта (Сарненская исследовательская станция, 2003 г.)

Сельскохозяйственные культуры	Потеря массы ткани, %			
	1 месяц		2 месяца	
	вспашка	дискование	вспашка	дискование
Озимая рожь	21,6	19,1	28,3	23,5
Ячмень	23,2	18,4	39,0	25,4
Кукуруза на силос	59,3	45,5	64,8	60,1
Многолетние травы 4-го года использования	18,9	14,7	21,6	18,7
Монокультура многолетних трав	13,7	13,7	15,9	15,9

Однако при использовании методов аппликации следует иметь в виду, что они дают результаты в отношении не темпов минерализации органического вещества торфа, а только о разрушении целлюлозы в почве. В составе органического вещества торфа преобладают более устойчивые, чем целлюлоза, компоненты – гумусовые кислоты, лигнин, остатки, не подвергающиеся гидролизу, в том числе гуминовые, и др. В числе органических веществ, которые формируют гумус, специфические вещества – гумусовые кислоты и их органо-минеральные производные. Они лежат в основе общих характеристик гумусового состояния фунтов.

Исследованиями установлено, что использование торфяных почв в севообороте усиливает процесс их окультуривания. Изменяется соотношение основных составляющих гуминовых веществ в сторону увеличения – гуминовых и ульминовых кислот. Наибольшее количество их отмечено под травами длительного срока использования (бессменное выращивание трав) в севооборотах с полевыми культурами их содержание снижается на 3–8 %.

Количественной мерой типа гумуса служит отношение содержания углерода гуминовых кислот к содержанию углерода фульвокислот (Сгк : Сфк). Из этого видно, что все типы гумуса окультуренных торфяников относят к фульватно-гуматному типу (Сгк : Сфк в пределах 0,8–1,2). Интересно, что в пахотном слое 0–30 см этот показатель несколько уменьшается по сравнению с подпахотным, что объясняется повышенной аэрацией первого. Для сравнения можно указать, что в черноземах типичный показатель (Сгк : Сфк) также снижен в пахотном слое почвы по сравнению с необработываемыми подпахотными.

Итак, для торфяных почв, используемых только под многолетними травами, количественное выражение типа гумуса ниже, чем для севооборотов, где с травами выращиваются пропашные и зерновые культуры.

1.5. Миграция биогенных элементов в зависимости от геохимических условий, осушения и использования

По результатам исследований научных учреждений [3, 19] фоновой гидрохимической ситуации в пределах гумидных зон Украины можно отметить, что как поверхностные, так и пресные подземные воды имеют минерализацию более низкую, чем 1 г/л, причем соли в них преимущественно являются гидрокарбонатно-кальциевыми. Но в зависимости от геоструктурных и геоморфологических особенностей территории могут иметь определенные различия гидрохимического состава.

Например, в Черниговском Полесье в составе воды вторым анионом является преимущественно хлор, а в Волынском Полесье – как хлор, так и сульфат-ион поровну. Среди катионов содержатся натрий и кальций тоже поровну, а в Волынском Полесье преобладают кальций и магний. В Житомирском Полесье в составе воды преобладают кальций и гидрокарбонат-ион, а сульфат-ионы и хлориды, как и натрий с магнием, находятся в малом количестве.

Среди биогенных элементов в водах Полесья меньше содержится калия – до 0,5 мг-экв/л. Соединения азота присутствуют не всегда и не систематически, и, как и фосфор, содержатся ниже предельно допустимых концентраций (ПДК).

Анализируя состав воды дренажного и поверхностного стоков на основных массивах, можно отметить, что только за отдельные периоды с некоторых участков выносятся нормированные вещества в концентрациях, превышающих ПДК [25].

На Сульском опытном поле вода дренажного стока отбиралась на высоко- и среднезольных торфяных почвах под пропашными культурами и многолетними травами с магистрального канала, р. Ромен весной, летом и осенью. Исследования показали (табл. 1.19), что в торфяных почвах под пропашными культурами в дренажной воде содержится от 135 до 207 мг/л растворенных веществ. Из почвы под многолетними травами выносятся заметно меньше – 99–114 мг/л. Следует отметить, что подобную закономерность мы наблюдали и в пойме р. Супий (Лесостепь), но со значительно большими показателями [3].

Таблица 1.19

Гидрохимический состав дренажных вод и вод магистрального канала (торфяные почвы Сульского опытного поля), 2003 г.

Место отбора	Период отбора	Содержание, мг/л													
		pH водн.	NH ₄	NO ₃	P ₂ O ₅	K	Na	Ca	Mg	Fe	SO	Cl	HCO	SiO	Сумма
Кормовая свекла	весна	7,3	9,52	0,91	0,25	2,87	3,05	28,01	4,21	0,17	11,82	19,8	112,0	14,51	207,18
	лето	7,2	1,40	0,06	0,14	1,16	2,96	18,73	3,52	0,07	9,41	15,9	75,68	4,33	133,36
	осень	7,3	1,82	0,23	0,10	3,37	4,50	19,01	5,22	0,06	18,11	28,7	80,57	4,51	166,21
Многолетние травы	весна	7,04	0,96	0,08	0,08	1,72	3,45	13,50	4,48	0,18	13,18	9,21	56,70	4,40	168,06
	лето	7,4	0,50	0,04	0,04	0,23	2,17	11,15	4,07	0,12	12,92	8,50	57,14	2,16	99,17
	осень	7,1	1,30	0,06	0,06	0,61	4,40	14,71	3,65	0,14	17,95	8,52	62,12	1,28	114,85
Магистральный канал	весна	7,2	0,06	0,09	0,32	1,47	3,05	26,07	3,64	0,07	12,21	8,49	112,0	0,38	167,85
	лето	7,4	0,74	0,04	0,35	2,0	3,60	22,66	1,65	0,29	14,62	9,06	82,71	1,70	138,80
	осень	7,7	0,17	0,02	0,23	1,60	2,50	26,07	1,21	0,09	15,20	7,49	32,90	3,25	141,16

По составу компонентов в дренажной воде и воде магистрального канала преобладает ион гидрокарбоната, кальций, хлор и сульфат-ионы, в меньшей степени магний, натрий, калий, азот и фосфаты. Необходимо обратить внимание на то, что количество фосфатов как в поверхностных, так и в дренажных водах магистрального канала небольшое. Это объясняется их слабой растворимостью, с одной стороны, и значительным поглощением фосфора органико-минеральными коллоидами – с другой. Важно отметить, что вода, которую отобрали из магистрального канала на 500 м ниже впадения дренажных вод с участка, занятой многолетними травами, и на 150 м ниже участка, занятой кормовой свеклой, по своему химизму более устойчива – 167,8 мг/л солей весной, 138,8 – летом и 141,2 мг/л – осенью.

Как уже было рассмотрено ранее, объектом исследований являются также торфяные почвы как осушенные, так и осушенные, но не освоенные, наравне с почвами, которые осушены и длительное время находятся в сельскохозяйственном использовании. Такие участки находятся в хозяйствах, расположенных рядом с землями Сульского опытного поля.

Проведенные наблюдения показали (табл. 1.20), что в наибольшей степени вымываются водой гидрокарбонат (HCO_3) кальция, фосфаты, хлориды, азот. Но интересен тот факт, что именно осушение не сильно влияет на увеличение содержания солей в воде и их миграцию. Суммарное количество солей в дренажной воде осушенного и не освоенного болота возрастает по сравнению с неосушенным на 23,1–30,2 % в зависимости от времени года. При этом увеличение наблюдается по всем компонентам, которые определялись. Однако наибольшее влияние на повышение минерализации дренажных вод имеет сельскохозяйственное освоение – вспашка, внесение удобрений, усиленное разложение торфа.

Таблица 1.20

Химический состав грунтовых вод и торфяных почв при различной интенсивности их освоения, Сульское опытное поле, 2003 г.

Период отбора	Содержание, мг / л воды										
	Ca	Mg	K	Na	NH_4	NO_3	HCO_3	SO_4	Cl	PO_4	Сумма
<i>Неосушенное торфяное болото</i>											
Весна	18,1	1,3	0,2	2,0	1,2	0,3	59,9	7,7	3,1	0,11	93,8
Лето	16,2	1,9	0,3	1,5	1,х	0,6	37,4	11,2	2,6	0,07	73,8
Осень	21,6	1,6	0,5	1,8	1,5	0,4	40,1	9,2	3,5	0,06	79,3
<i>Осушенное и неосвоенное торфяное болото</i>											
Весна	23,8	2,2	0,5	2,4	2,7	0,4	67,9	13,8	4,7	0,08	115,5
Лето	21,7	1,9	0,5	2,5	1,7	1,6	35,2	22,7	8,2	0,07	96,1
Осень	21,8	1,8	0,5	2,0	0,5	0,2	40,4	9,8	3,5	0,08	-
<i>Осушенный и освоенный торфяник</i>											
Весна	31,2	4,5	7,4	4,4	4,5	2,7	88,5	24,1	14,9	0,16	182,4
Лето	41,4	3,9	3,5	4,9	3,2	0,5	67,8	27,7	22,6	0,10	174,7
Осень	72,3	3,5	2,8		1,1	1,6	74,3	28,8	12,9	0,09	173,3

Дренажная вода с участка, находящегося длительное время в сельскохозяйственном использовании, по содержанию химических компонентов заметно отличается от воды, взятой из неосушенного болота и осушенного, но не освоенного.

Общее содержание солей в дренажной воде из освоенного болота было на 94,4–136,7 % больше, чем на неосушенном участке, и на 23,1–30,3 % больше, чем на осушенном и неосвоенном. Это значит, что пополнение солей в поверхностных и дренажных водах происходит благодаря сельскохозяйственному освоению и использованию, и в первую очередь за счет внесения минеральных удобрений и интенсивности использования.

Как уже отмечалось, на торфяниках, занятых многолетними травами, содержание химических элементов в дренажной воде заметно меньше, чем на участке, занятом кормовой свеклой. Полученные данные хорошо согласуются с данными белорусских ученых [20, 21, 22]. Они установили, что количество солей в воде неосушенного болота уменьшается весной до 65 мг/л, осушенного – до 115 мг/л, осушенного и освоенного – до 177 мг/л, а осенью их содержание соответственно составляет 78, 91 и 165 мг/л.

Итак, на основе проведенных исследований, наблюдений, а также анализа литературных источников и архивных материалов можно сделать следующие выводы:

1. В результате осушения и сельскохозяйственного использования торфяников в них активизируется почвообразующий процесс, который сопровождается изменением их качественных и количественных свойств: растут степень разложения, зольность, плотность, валовые запасы NPK, а водопоглощающая и водоудерживающая способность уменьшается.

Характер и интенсивность изменений свойств торфяных почв зависит от срока пребывания в культуре и способов их использования.

2. Наиболее интенсивно уплотнение торфа (33 % от начального) и срабатывание органической массы (13,1 т/га в год) происходит под пропашными культурами и меньше – под многолетними травами – соответственно 12 % и 3,9 т/га в год. Промежуточное место среди этих показателей занимает торфяная почва, использовавшаяся в севооборотах с одним или двумя полями пропашных, одним полем однолетних и 4–5 полями многолетних трав (20 % и 4,9 т/га в год).

3. Регулирование почвенных процессов мелиоративными и агротехническими приемами с целью сохранения торфяных почв и повышения их плодородия должно стать основой их рационального использования. Изменение агрохимических свойств органогенных почв под влиянием сельскохозяйственного использования интенсивнее в зоне Лесостепи, чем в Полесье.

Литература

1. Брудастов А. Д. Осушение минеральных и болотных земель. – М.: Сельхозиздат, 1955. – 422 с.
2. Вознюк С. Т. Агротелиоративная характеристика торфяных почв Полесья и лесостепи Украины // Земледелие на осушаемых землях. – Киев: Урожай, 1974. – С. 31.
3. Рыжук С. М., Слюсар И. Т., Вергунов В. А. Агроэкологические особенности высокоэффективного использования осушенных торфяных почв Полесья и Лесостепи. – М.: Аграр. наука, 2002. – 136 с.
4. Цюпа Н. Г. Минерализации и баланс азота в торфяных почвах лесостепи УССР при сельскохозяйственном использовании // Земледелие. – 1986. – Вып. 61. – С. 33–37.
5. Стариков Х. М., Мостовой М. М. Выращивание сельскохозяйственных культур на осушенных землях. – Киев: Урожай, 1969. – 160 с.
6. Зубец В. М., Мурашко А. И., Шебеко В. Ф. Мелиорация земель, строительство и эксплуатация осушительно-увлажнительных систем // Проблемы Полесья. – 1978. – Вып. 5. – С. 37–44.
7. Маслов Б. С. Справочник. – М.: Агропромиздат, 1985. – 44 с.
8. Цюпа П. И., Быстрицкий В. С., Слюсар И. Т. Земледелие на осушенных землях. – Киев: Урожай, 1990. – 183 с.
9. Гимбаржевский В. Р. Культуртехнические работы на осушенных землях // Вестн. сельскохозяйственной науки. – 1971. – № 8. – С. 28–32.
10. Стариков Х. Н. Увлажнение осушаемых торфяников. – М.: Колос, 1977. – 295 с.
11. Янголь А. М. Двухстороннее регулирование влажности при осушении. – М.: Колос, 1970. – 136 с.
12. Коваленко П. И., Яцык Л. Оптимизация урвненных режимов грунтовых вод по системам с двухсторонним регулированием водного режима почв // Повышение эффективности осушительно-увлажнительных систем. – М., 1985. – С. 8–17.
13. Барановский В. А. Украина: загрязнение природной среды. – М.: Укргеодежкартография, ВПП «Техника», 1966. – С. 30–39.
14. Троицкий А. В., Проскура С. С. Пути сельскохозяйственного освоения поймы р. Супий. – М.: Держсильгоспвидав УССР, 1959. – С. 24–27.
15. Шейко М. К. Характеристика торфяных почв // Осушение и освоение пойменных земель Лесостепи УССР. – Киев: Урожай, 1964. – С. 6–8.
16. Шматок В. И. Качественные изменения органического вещества сушеных торфоболотных почв под действием сельскохозяйственного использования // Мелиорация и водное хозяйство. – 1994. – Вып. 80. – С. 39–40.
17. Бельский Б. Б. Эффективность минеральных удобрений в зависимости от условий водного режима // Регулирование водного режима торфяных почв. – Минск: Ураджай, 1964. – С. 143–155.
18. Кулаковская И. Н. К вопросу о снижении водного режима на осушение торфяники и о влиянии из того режима на развитие растительности // Повышение плодородия почв и продуктивности сельского хозяйства при интенсивной химизации. – М., 1983. – С. 124–141.
19. Сенокосы и пастбища на осушаемых землях / И. Т. Слюсар, О. П. Соляник, В. О. Сербенюк [и др.]. – Киев: Компринт, 2017. – 258 с.
20. Повышение плодородия и охрана осушенных земель : справочник / Б. С. Пристер, Р. С. Трускавецкий, М. М. Мостовой [и др.]. – Киев: Урожай, 1993. – 136 с.
21. Скоропанова С. Г. Освоение и использование торфяно-болотных почв. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961. – 198 с.
22. Зубец В. М., Афанасик Г. И. Теоретические исследования регулирования водного режима на осушенных торфяно-болотных почвах // Мелиорация переувлажненных земель : тр. БелНИИ МИВХ. – Минск: Ураджай, 1973. – Т. 21. – С. 9–11.
23. Вердников Г. В. Сельскохозяйственное освоение и использование пойменных осушаемых минеральных земель Левобережной Лесостепи Украины : автореф. дис. ... канд. сельхоз. наук. – М., 1987. – 19 с.
24. Слюсар И. Т., Штакал М. И., Царевич М. К. Корма с осушенного гектара. – М.: Аграрная наука, 1998. – 163 с.
25. Слюсар И. Т. Концептуальные основы природоохранного использования земельных и водных ресурсов гумидных зон Полесья // Адаптивные системы земледелия и современные технологии – основа рационального землепользования сохранения и воспроизводства почв / под ред. В. Ф. Каминского. – М.: ИП Эдельвейс, 2013. – С. 132–142.

Глава 2. СПОСОБЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ГУМИДНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

2.1. Структура посевных площадей в севооборотах

Одной из важных задач в создании севооборотов является включение в них сельскохозяйственных культур, выращивание которых способствовало бы регулированию минерализации органического вещества и высвобождению подвижных форм азота. Наиболее интенсивно эти процессы протекают на посевах пропашных культур. Но если в севооборот на торфяниках вводить много пропашных культур, можем иметь другую крайность – при интенсивном разложении органического вещества образуется значительное количество минерального азота, которое часто превышает потребность в нем культур. Избыток азотного питания приводит к полеганию зерновых культур, растрескиванию корнеплодов, снижению их качества, замедлению темпов прохождения фенологических фаз растений и т. п. В связи с этим в севооборотах пропашные культуры должны находиться в определенном соотношении с многолетними культурами. В посевах многолетних трав на втором и третьем годах жизни постепенно замедляются процессы минерализации органического вещества и уменьшается высвобождение избыточного количества азота.

Неодинаковы требования различных видов растений и к водному, и воздушному режимам почвы. Так, транспирационный коэффициент в отдельных культурах колеблется в пределах 250–900 и даже больше. При бесменном выращивании одной и той же культуры на одном поле в почве накапливается значительное количество возбудителей болезней и вредителей именно этой культуры, а также размножаются сорняки, приспособленные к ней. Поэтому сельскохозяйственные культуры могут дать высокие урожаи при выращивании их в севообороте.

Для разработки структуры посевных площадей на осушаемых почвах необходимо учитывать также направление и специализацию хозяйства, часть осушаемых почв в общем землепользовании, тип почвы, ее окультуренность, тепловые свойства, мелиоративное состояние, специфичность поймы, обеспеченность животноводства кормами и тому подобное.

На хорошо осушаемых органогенных почвах создаются благоприятные условия для выращивания кормовых культур (многолетние травосмеси, кормовые корнеплоды, кукуруза и ее смеси на силос, капустные культуры, рожь озимая на зеленый корм).

Одна из особенностей, которую нужно учитывать при создании севооборотов на торфяных почвах, – это специфические тепловые свойства, поскольку на болотных угодьях весной заморозки заканчиваются позже, а осенью наступают раньше, чем на прилегающих полевых землях, что обусловлено низкой теплопроводностью. В связи с высокой теплоемкостью и значительной влагоиспарительной способностью органогенные почвы недостаточно прогреваются, поэтому и сроки сева сельскохозяйственных культур наступают позже, а сроки уборки – раньше, чем на минеральных почвах. Это приводит к тому, что вегетационный период культур уменьшается на 10–12 дней, а иногда и больше. Вместе с тем созревание большинства сельскохозяйственных культур на торфяных почвах значительно запаздывает, появление всходов зерновых задерживается на 3–8 дней, а картофеля и корнеплодов – на 6–15 дней. Запаздывает и созревание других культур или ухудшается качество урожая. В связи с этим при подборе культур учитывают свойства: холодостойкость, скороспелость, теплолюбивость и др. На торфяных почвах больше, чем на минеральных, развиваются болезни сельскохозяйственных культур: головня, мучнистая роса, ржавчина, фитофтора картофеля, черная гниль моркови столовой и т. д. Между тем такие болезни, как парша, вирусные болезни картофеля, ризоктония, «черная ножка», на торфяниках распространены значительно меньше. Это нужно помнить при подборе культур и составлении севооборотов.

Для формирования структуры посевных площадей на органогенных почвах необходимо учитывать процесс минерализации, темпы которого зависят от интенсивности использования земли. Выращивание однолетних культур с набором пропашных культур усиливает разложение органического вещества, в результате чего в почве накапливается избыточное количество азота, часть которого может попадать в грунтовые воды, реки и водоемы.

Выращивание многолетних трав способствует уменьшению минерализации органического вещества. К тому же в почве накапливается много корневых и послеуборочных остатков. Ежегодно под пропашными культурами минерализуется 13–15 т на 1 га органических веществ, компенсируется не более 10 %, а под многолетними травами – соответственно 7–8 т в 1 га и более 60 %. К тому же выращивание многолетних трав в севообороте является эффективной мерой в борьбе с сорняками. Однако в случае слишком длительного использования многолетних трав их посевы изреживаются и создаются условия для развития сорняков, особенно многолетних.

На осушаемых болотах важно выращивать культуры, которые высевают и собирают в разные сроки, это выгодно в организационно-хозяйственном отношении. В связи с этим и необходимостью введения длительного лугового периода севооборота на органогенных почвах, как правило, имеют не менее 8–9 полей трав. Промежуточные культуры в севооборотах играют важную санитарную роль, защищая торфяной грунт от избыточной минерализации органического вещества и потерь питательных веществ, повышают общую производительность почвы, обеспечивая получение дополнительно 30,0–35,0 т на 1 га высококачественного корма. Среди основных мероприятий, обеспечивающих эффективное использование земли и повышение плодородия почвы, особое значение имеют научно обоснованные севообороты.

Исследованиями установлено, что сельскохозяйственные культуры по-разному влияют на минерализацию торфяного грунта и компенсацию органического вещества корневыми и растительными остатками. Так, под свеклой ежегодно минерализуется 5–6 т на 1 га органического вещества торфа, а компенсируется только 5–6 %; под зерновыми – соответственно 4,1–4,5 т в 1 га и 50–51 %, под многолетними травами – 4,9 т в 1 га и 60 %. Итак, больше органического вещества торфа теряется при выращивании пропашных культур. На площадях с неглубоким слоем торфа (до 0,5 м) следует вводить лугопастбищные севообороты. На слабоминерализованных почвах под травы многолетние рекомендуются отводить 65–75 % площадей, на средне и хорошо минерализованных – до 89 %.

Многолетние травы являются важной культурой севооборота любого типа на мелиорированных почвах. Они восстанавливают структуру почвы, подавляют развитие сорняков, сдерживают интенсивность разложения торфа, защищают почву от смыва и ветровой эрозии, предупреждают потери питательных веществ. Многолетние травы – это хороший предшественник для большинства сельскохозяйственных культур. При выращивании зерновых и пропашных культур на границе пахотного и подпахотного слоев происходит разрыв капилляров, что затрудняет восстановление доступной влаги из нижних слоев почвы. Многолетние травы восстанавливают эти капиллярные связи благодаря распространению их корневой системы в подпахотном слое.

Интенсификация земледелия сопровождается насыщением севооборотов основной для той или иной почвенно-климатической зоны культурой. Для органогенных почв такими культурами являются многолетние травы и зерновые. Но при увеличении доли зерновых в структуре посевных площадей становится неизбежным размещение их после зернового предшественника, что недопустимо.

Применение сидерации позволяет усовершенствовать систему удобрения на предмет расширения ее почвенного, водноохранного и ресурсосберегающего земледелия. Зеленые удобрения способствуют повышению продуктивности севооборота на 14–17 %, получению продукции высокого качества и воспроизводству плодородия почв. Выращивание однолетних травосмесей в занятом пару на зеленый корм и сидераты является важным элементом чередования культур в севооборотах, что дает возможность значительно обогатить почву органическим веществом, улучшить его питательный режим и водно-физические свойства, повысить эрозионную устойчивость.

Насыщение севооборотов многолетними злаково-бобовыми смесями на осушаемых торфяниках Лесостепи Украины в сочетании с высокими дозами минеральных удобрений является важным мероприятием усиления мобилизации азота из органического вещества торфяного грунта. Итак, особенно составлением севооборотов на старопашотных органогенных почвах должен быть отвод под многолетние травы около 75–80 % площадей, а под однолетние культуры – 20–30 %, что обусловлено необходимостью регулирования процессов минерализации органического вещества. Травы многолетние способствуют пополнению почвы органическими веществами, структурообразованию, предотвращают эрозию почвы и загрязнение речных и грунтовых вод. Негативным явлением остается увеличение количества проволочника в почве под травами, что пагубно действует на следующие культуры севооборота.

Бессменное выращивание культур на пойменных почвах приводит к снижению их производительности, особенно сахарной свеклы, кормовых культур и капусты, урожайность которых на 8–9-й год в 3–4 раза ниже, чем в севооборотах после лучших предшественников. Удовлетворительно повторные посевы переносят картофель и кукуруза, снижение урожайности которых не превышает 12 % по сравнению с их выращиванием в севообороте.

На хорошо окультуренных торфяниках при выращивании на них пропашных культур, наоборот, наблюдается усиление минерализации органического вещества, накапливается большое количество легкорастворимых соединений азота, что приводит к полеганию зерновых культур и трав, растрескиванию корнеплодов, снижению урожая и ухудшению качества продукции. Кроме этого, чрезмерная минерализация торфа связана с лишними затратами азота за счет его вымывания и выделения в воздух. На таких почвах необходимо регулировать процессы разложения и накопления органиче-

ского вещества путем уменьшения в структуре посевных площадей пропашных культур и расширения посевов многолетних трав.

Многолетние травы не только задерживают минерализацию торфа, но и пополняют содержание органического вещества в почве. Так, по данным ННЦ «Институт земледелия НААН», под многолетними травами накапливается 8–12 т в 1 га органической массы в виде корневых и послеуборочных остатков, тогда как под однолетними культурами – только 2–5 т в 1 га и меньше. Поэтому одним из основных мероприятий рационального использования осушенных торфяных почв является установление сбалансированного соотношения между пропашными культурами и многолетними травами в севообороте.

Выращивание многолетних трав на одном и том же поле более пяти-шести лет подряд приводит к созданию крепкой дернины, увеличивает влагоемкость, уменьшает аэрацию и в результате снижает микробиологическую деятельность и уровень эффективного плодородия торфяных почв.

Важным принципом правильного построения севооборотов является размещение ведущих культур после лучших предшественников. Для картофеля таким предшественником будут многолетние травы. Клубни картофеля в этом случае имеют высокое содержание сухого вещества, крахмала и аскорбиновой кислоты. На втором месте – повторные посевы картофеля и кукурузы. Капусту лучше размещать после пропашных культур. Кукуруза на осушенных торфяных почвах дает достаточно высокие и устойчивые урожаи силосной массы. Лучшими предшественниками в этих условиях являются морковь, зернобобовые культуры и повторные посевы кукурузы по кукурузе, но не более чем в течение двух-трех лет. Долговременное бессменное выращивание кукурузы на одном и том же поле приводит к значительному недобору урожая и усилению минерализации торфа. Размещение кукурузы после промежуточной культуры – озимой ржи на зеленый корм хотя и приводит к снижению ее урожая, но с избытком компенсируется высоким урожаем зеленой массы озимой ржи.

В наиболее общем виде схема конструирования севооборотов включает следующие этапы:

- а) определение специализации хозяйства и направления использования земли в зависимости от типа почвы и природно-хозяйственных условий;
- б) выбор одной или двух основных (ведущих) культур;
- в) подбор других культур севооборота, преимущественно как предшественников, которые необходимы для поддержания высокого уровня плодородия почвы и создания необходимых условий для выращивания основных культур;
- г) определение числа полей и последовательности чередования культур в севообороте. Преимущественно это делают по правилу лучшего предшественника;
- д) определение стартового поля для начала ротации.

Практически во всех возможных случаях в севооборот следует включать многолетние травы, которые не только являются лучшими предшественниками, но и обеспечивают достаточно высокий уровень товарной продукции дешевых кормов и улучшают экологическую ситуацию. Во многих случаях многолетние травы являются основной культурой в севообороте. Для выбора предшественников можно пользоваться данными таблицы 2.1.

Таблица 2.1

Структура посевных площадей на осушаемых торфяных почвах

Культура	Посевные площади, % от пашни		
	Полесья	лесостепи	пригородных хозяйств
Зерновые	8-10	-	-
Кормовые корнеплоды	4-5	6-7	-
Овощи	-	-	5-7
Кукуруза и ее смеси на силос	4-5	6-7	5-6
Однолетние травы	8-10	12-14	11-13
Промежуточные однолетние культуры	8-10	10-11	11-13
Многолетние травы	63-67	71-75	75-78

В системе севооборотов необходимо использовать только глубокие торфяники с хорошо регулируемым водным режимом, где соотношение между многолетними травами и однолетними культурами должно быть разным в зависимости от степени разложения торфа.

На слабоминерализованных торфяниках многолетние травы должны занимать 55–60 % площади в севообороте, однолетние культуры – 40–45 %, в том числе пропашные – 12–14 %, на среднеминерализованных – соответственно 63–70, 30–37 и 11–13 %. В связи с возможным усилением минерализации органического вещества торфяных почв со временем состав культур в севообороте нужно менять. С усилением минерализации торфа надо уменьшать площади под пропашными культурами и

однолетними культурами сплошного сева, расширять посевы многолетних трав, а при сильной минерализации пахотного слоя и возникновении ветровой эрозии – полностью занимать поле многолетними травами. В хозяйствах, где площади осушаемых торфоболотных почв небольшие (до 200 га), следует использовать их исключительно под посев многолетних трав с введением сенокосно-пастбищных севооборотов или ввести севооборот во времени.

Не стоит допускать длительного выращивания пропашных культур на одном поле, так как при этом плодородие почвы и урожайность значительно снижаются. После бесменного выращивания особенно резко уменьшается урожай кормовой свеклы и капусты и значительно меньше – кукурузы на силос и картофеля, которые допускается выращивать на одном поле не более двух лет.

Устанавливая обоснованное чередование культур в севообороте на торфяных почвах, как и на осушаемых минеральных, необходимо стремиться к тому, чтобы они были заняты культурной растительностью в течение вегетационного периода. Для этого используют послеуборочные, послеуходные и промежуточные культуры, дают возможность получать дополнительное количество продукции, обогащать почву органическими остатками и предотвратить возможные потери питательных веществ из почвы. С этой целью на осушаемых торфяных почвах после уборки урожая зерновых культур, однолетних трав сеют овсяные смеси, редьку масличную, озимую рожь с озимыми капустными культурами на зеленый корм.

Промежуточные посевы редьки масличной после второго укоса многолетних трав являются важным фактором не только для получения поздних (ноябрь – начало декабря) зеленых кормов, обогащенных протеином, но и для улучшения свойств дернины под последующие однолетние культуры. Посев редьки масличной значительно уменьшает количество проволочника в почве и засоренность посевов, ее можно использовать на сидеральное удобрение.

Промежуточные посевы озимой ржи и ее смесей на зеленый корм размещают на полях, где в следующем году будет выращиваться кукуруза. Это дает возможность получить не только осенний, но и весенний укос зеленой массы. На старопашотных торфяниках целесообразно вводить кормовые севообороты с коротким полевым периодом, включающие одно-два поля однолетних культур, в том числе одну пропашную – кукурузу или ее смеси на силос, насыщенные повторными культурами. На осушаемых торфяниках с обеспечением регулирования водного режима в течение вегетационного периода создаются благоприятные условия для выращивания прежде всего кормовых культур (многолетних трав, кормовых корнеплодов, кукурузы на силос), а в пригородных хозяйствах – и овощей. Зерновые культуры на торфяных почвах допускается выращивать только в зоне Полесья, где они дают урожай в 1,5 раза выше, чем на прилегающих минеральных дерново-подзолистых почвах. В структуре посевных площадей они могут занимать до 10 % пахотной площади (одно поле в севообороте). Примерная структура посевных площадей на осушаемых торфяных почвах дана в таблице 2.2.

В зависимости от грунтовых условий и специализации хозяйств рекомендуются такие ориентировочные схемы севооборотов на осушенных торфяных почвах:

Кормовые севообороты:

торфяники слабоминерализованные: 1–4 – многолетние травы, 5 – картофель, 6 – озимая рожь + пожнивные посевы, 7 – кукуруза, 8 – ячмень с летне-осенним подсевом многолетних трав;

торфяные почвы хорошо минерализованные: 1–5 – многолетние травы, 6 – озимая рожь + пожнивные посевы, 7 – картофель, 8 – кукуруза, 9 – ячмень с летне-осенним подсевом многолетних трав;

средне минерализованные торфяники:

а) 1–5 – многолетние травы, 6 – два укоса многолетних трав, редька масличная на зеленый корм, 7 – озимая рожь на зеленый корм (весенний укос) + кукуруза, 8 – кукуруза, 9 – смесь горох-овес на зеленый корм или овес на зерно и летне-осенний посев многолетних трав;

б) 1–6 – многолетние травы, 7 – два укоса многолетних трав, редька масличная на зеленый корм, 8 – кукуруза или корнеплоды, 9 – однолетние травы на зеленый корм или яровые зерновые + летний посев многолетних трав;

торфяные почвы Лесостепи: 1–5 – многолетние травы, 6 – картофель, 7 – кукуруза или другие силосные культуры, 8 – однолетние травы или яровые зерновые с летне-осенним подсевом многолетних трав.

Овоще-кормовые севообороты:

а) 1 – столовые корнеплоды, 2 – капуста, 3 – ранние овощи + летний посев многолетних трав, 4–8 – многолетние травы, 9 – многолетние травы два укоса редьки масличной на зеленый корм;

б) 1–4 – многолетние травы, 5 – картофель, 6 – овощи (столовая свекла, морковь, поздние сорта капусты), 7 – кукуруза, 8 – однолетние травы с летне-осенним посевом многолетних трав или яровые зерновые;

в) 1 – капуста, 2 – столовые корнеплоды, 3 – кукуруза, 4 – однолетние травы или яровые зерновые + летний посев многолетних трав, 5–8 – многолетние травы.

Зерно-кормовые севообороты:

а) 1 – озимые зерновые + пожнивные посевы однолетних трав, 2 – корнеплоды, 3 – кукуруза, 4 – яровые зерновые + летний посев многолетних трав, 5–9 – многолетние травы;

б) 1 – озимые зерновые + пожнивные посевы озимой ржи на зеленый корм, 2 – кукуруза, корнеплоды, 3 – яровые зерновые + летний посев многолетних трав, 4–9 – многолетние травы;

На торфяных почвах с мелким слоем торфа, а также на площадях с недостаточно отрегулированным водным режимом создают сеяные сенокосы длительного использования с периодическим перезалужением: 1–5 – многолетние травы, 6 – овес или горохово-овсяные смеси + летний посев многолетних трав. Если в состав травосмеси входит костер безостый или ежа сборная, то луговой период можно продлить до 6–7 и более лет.

При введении севооборотов на осушенных торфяных почвах особенно необходимо учитывать степень окультуривания почвы, интенсивность осушения и наличие предшественников. В первые годы их освоения следует высевать культуры, мало требовательные к водному и питательному режимам почвы – овсяные смеси, овес на зерно, режа – озимую рожь. На 3–4-й год на них вводят кормовые севообороты или сеют многолетние травы.

Проведенные исследования в ННЦ «Институт земледелия НААН» свидетельствуют, что хотя многолетние травы и обеспечивают максимальное содержание переваримого протеина в кормовой единице и самую низкую себестоимость 1 т кормовых единиц, общая производительность многолетних трав значительно уступает продуктивности севооборотов с пропашными культурами. Систематизировав данные по сбору сухого вещества конкретно по каждому севообороту опыта, можно сделать вывод о том, что суммарное действие удобрений обеспечивает дополнительный прирост производительности при внесении калийных удобрений – около – 31 %, фосфорных – 22,4 %, азотных – 18,5 % (табл. 2.2).

Итак, на органогенных почвах высочайшую эффективность обеспечивают калийные, а наименьшую – азотные удобрения. Следует отметить, что севооборот с двумя однолетними культурами (морковью столовой и рапсом озимым) не имел значительного влияния на снижение производительности (0,23–1,76 т / га) в пределах этого севооборота по сравнению с первым. Достаточно высокий сбор сухого вещества в севообороте с одной культурой (горох с овсом на зеленую массу) при внесении калийных 7,23 т, фосфорно-калийных удобрений 9,38 т и азотных на фоне фосфорных с калийными 11,04 т с 1 га сухого вещества. Бессменное выращивание многолетних трав с перезалужением через каждые 7 лет обеспечивает достаточно высокий выход сухого вещества при внесении полного минерального удобрения – 9,97 т с 1 га. Севообороты с тремя и двумя однолетними культурами по общему сбору сухого вещества несколько уступают (в пределах 0,52–0,75 т) по сравнению с бессменными посевами трав с перезалужением многолетних трав через каждые 7 лет. Перезалужение многолетних трав (более 20 лет) обеспечивало высокий выход сухого вещества, особенно при внесении минеральных удобрений: при полном удобрения 8,1 т с 1 га, но уступало севооборотам. Также высокий сбор сухого вещества отмечен в пропашных севооборотах: на участке без внесения минеральных удобрений – 6,62 т, при внесении калийных – 8,69, фосфорных на фоне калийных – 11,5 т с 1 га.

Высокий выход кормовых единиц имеет севооборот с таким набором культур 1–6-е поле – многолетние травы + редька масличная (последействие), 7-е поле – горох-овес + посев многолетних трав. При внесении NPK она обеспечивает сбор 7,23–11,04 т на 1 га кормовых единиц. В севообороте с тремя однолетними культурами получено понижение содержания кормовых единиц, что объясняется довольно низким уровнем последних в сухом веществе однолетних культур. Севооборот с двумя однолетними культурами и севооборот с перезалужением многолетних трав через каждые семь лет занимает по данному показателю промежуточное место и характеризуется достаточно высоким выходом кормовых единиц (6,34–6,67 т/га). Минеральные удобрения повышали сбор кормовых единиц соответственно: калийные на 37 %, фосфорные на 10 и азотные на 3 %.

Немаловажным показателем севооборотов в целом выступает выход переваримого протеина с единицы площади как важнейшего показателя качества и сбалансированности корма. В результате наших исследований установлено, что пропашные культуры при выращивании в бессменных посевах дают высокий выход переваримого протеина – 0,83–1,43 т/га. Это объясняется высоким его содержанием в сухой массе данной культуры. Бессменные посевы многолетних трав занимают по данному показателю промежуточное место 0,64–1,05 т/га. А самый высокий выход переваримого протеина отмечен в севооборотах с одной – 1,17 и тремя однолетними культурами – 1,03 т/га при внесении полного минерального удобрения.

По данному показателю преимущество имеет третий севооборот благодаря насыщению его высокобелковой смесью (горох с овсом). Внесение минеральных удобрений повышает выход переваримого протеина, в частности: калийных – на 25 %, фосфорных – на 17, азотных – на 22 %, что в абсолютных величинах отвечает: 0,19, 0,16 и 0,26 т с 1 га севооборотной площади.

Высокую обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином наблюдали в пропашных севооборотах (197–213 г), что показывает большое содержание переваримого протеина. Немного уступает этому показателю севооборот с тремя однолетними культурами (141–165 г), севооборот с одной однолетней культурой по этому показателю имел достаточно хорошие показатели при внесении полного минерального удобрения – 156 г.

Установлено, что выращивание культур в севооборотах имеет ряд преимуществ перед бессменным выращиванием. Во-первых: по урожайности сухих веществ, при соответствующем удобрении севооборот почти не уступает повторным посевам многолетних трав, а иногда и превышает; во-вторых, они преобладают над бессменными посевами многолетних трав по выходу кормовых единиц; в-третьих, имеют бесспорно высокие показатели по сбору переваримого протеина с единицы севооборотной площади. По отдельным севооборотам нужно отметить, что преимущество по сбору сухого вещества и кормовых единиц имеет севооборот с выращиванием на протяжении 6 лет многолетних трав, на последнем году после второго укоса – редьки масличной или гороха с овсом и с перезалужением через каждые 7 лет, а по переваримому протеину – севооборот с пропашными культурами.

Введение в севооборот двух однолетних культур – моркови столовой и рапса озимого, богатых белковыми соединениями, увеличивает выход переваримого протеина. Поэтому введение в структуру посевных площадей одной пропашной культуры и затем посева однолетних культур обеспечивает равноценную производительность гектара севооборотной площади.

Таблица 2.2

Производительность севооборотов в зависимости от удобрения на осушаемых торфяниках поймы р. Ирпень, среднее за 2007-2009 гг.

Севооборот	Удобрения	Выход продукции, т с 1 га			Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином, г
		сухого вещества	кормовых единиц	переваримого протеина	
1 – четвертое поле – многолетние травы + редька масличная, пятое – рожь, шестое – рапс яровой, седьмое – овес + посев многолетних трав	без удобрений	3,64	2,56	0,39	152
	К	5,47	3,86	0,57	148
	РК	6,83	4,75	0,67	141
	НПК	9,22	6,21	1,03	165
1 – пятое поле – многолетние травы + редька масличная, шестое – морковь, седьмое – рапс озимый + посев многолетних трав	без удобрений	5,15	3,47	0,55	158
	К	6,85	4,64	0,70	151
	РК	8,59	5,71	0,82	143
	НПК	9,45	6,34	0,96	151
1 – шестое поле – многолетние травы + редька масличная, седьмое – горох-овес + посев многолетних трав	без удобрений	4,82	3,32	0,56	168
	К	7,23	4,96	0,75	151
	РК	9,38	6,40	0,91	142
	НПК	11,04	7,48	1,17	156
Бессменное выращивание с перезалужением многолетними травами через каждые 7 лет	без удобрений	4,55	2,94	0,50	170
	К	6,46	4,39	0,64	146
	РК	8,06	5,53	0,76	138
	НПК	9,97	6,67	0,99	148
Бессменное выращивание многолетних трав без перезалужения (более 20 лет)	без удобрений	3,4	2,3	0,37	160
	К	5,6	3,75	0,56	149
	РК	6,0	4,08	0,63	154
	НПК	8,1	5,42	0,83	153
Первое поле – свекла кормовая, второе – свекла столовая, третье – морковь столовая	без удобрений	6,62	4,23	0,83	197
	К	8,69	5,07	1,08	213
	РК	11,5	6,9	1,43	207

Итак, урожайность однолетних культур в значительной степени зависит от объема внесения соответствующих доз минеральных удобрений и предшественника. Производительность многолетних травосмесей в севообороте растет от первого к третьему году пользования, а начиная с четвертого их урожайность снижается. Эффективность азотных удобрений на травах растет от первого до последних лет выращивания, а действие фосфорных – имеет обратную зависимость.

Таким образом, выращивание многолетних трав 6 лет, а на 7-й год гороха с овсом, обеспечивает высокий выход сухого вещества – 11,04 т с 1 га, кормовых единиц – 7,48 т. Бессменные посевы многолетних трав с перезалужением через каждые 7 лет уступают по этому показателю (9,97 т с 1 га). Наименьший сбор переваримого протеина зафиксирован при бессменном выращивании многолетних трав (более 20 лет) – 0,83 т с 1 га.

2.2. Система обработки органогенных почв

Обработка почвы является одной из важнейших составляющих системы земледелия. Только путем механического воздействия на почву рабочими органами машин и орудий можно создать соответствующий пахотный слой с благоприятными условиями водного, воздушного, теплового и питательного режимов для роста и развития сельскохозяйственных культур.

Задачей первичной обработки торфяников после осушения является уничтожение естественной болотной растительности, разрушение дернины, разрыхление верхнего слоя почвы и подготовка к севу. Под влиянием обработки в сочетании с другими агротехническими мероприятиями существенно изменяются водно-физические, агрохимические свойства этих почв, активизируются микробиологические процессы, которые приводят к усилению разложения органического вещества торфа, накоплению гумусовых веществ и доступных для растений элементов питания.

После осушения вспашку проводят в ранние сроки кустарниково-болотными плугами на глубину 30–35 см с последующей, по мере просыхания, разработкой пласта тяжелыми дисковыми боронами. При наличии большого количества кочек и плотного мохового очеса вспашка выполняется с предыдущим фрезерованием болотной фрезой. При отсутствии кочек лучше применять дискование в два-три следа.

На некоторых видах низинных болот со слабым дерном и хорошо разложенным торфом в верхнем слое, а также после корчевания густого кустарника и на площадях, засоренных погребенной древесной, можно ограничиться только дискованием тяжелыми дисковыми боронами в несколько следов без вспашки. Такое поверхностное возделывание экономически оправдано, способствует умеренной минерализации торфа и повышению урожайности сельскохозяйственных культур. На торфяных почвах особенно важное значение придается выравниванию и уплотнению поверхности, которое выполняют после разработки пласта, что способствует формированию равномерных по площади условий температурного, водно-воздушного и питательного режимов почвы, исключая вымокание посевов. Выравнивание поверхности проводят специальными планировщиками или чаще – рельсовыми волокушами. Рельсовая волокуша состоит из двух рельсов длиной 6,0–6,5 м, соединенных тремя цепями. Вес такой волокуши 500 кг, ширина захвата 5,5 м, производительность с трактором класса 3 т – 12 га за смену.

После обработки торфяников возникают специфические, присущие только органическим почвам, задачи. Если на первых этапах окультуривания и обработки целинных торфяных почв необходимо ускорить разложение органического вещества, то при достижении соответствующего уровня минерализации торфа (около 42–46 %) главная цель обработки состоит в торможении этого процесса и поддержании равновесия между накоплением и разложением органического вещества.

Обработка органогенных почв в севообороте дифференцируется с учетом степени осушения площади, времени проведения обработки, предшественника и биологических особенностей выращивания культур. В условиях переувлажнения, кроме разноглубинной пахоты, необходимо применять дополнительные агроулучшительные приемы – глубокое рыхление (до 70 см), коньковую вспашку, бороздование, которые являются действенной мерой против переувлажнения почвы. Обработку торфяного грунта в первые два-три года после осушения следует направлять на усиление разложения органического вещества, что необходимо для повышения ее плодородия. Достигается это применением вспашки болотными плугами, которую под картофель желательно проводить на глубину до 35 см, под зерновые – до 25 см.

На слабо осушенных участках с уровнями грунтовых вод весной 30–40 см от поверхности почвы и в течение вегетационного периода 70–80 см следует проводить глубокую вспашку болотным плугом на 30–35 см независимо от выращиваемых культур. С помощью вспашки происходит разрыв капиллярных связей между пахотным и подпахотным слоями почвы, что препятствует поступлению

грунтовых вод в пахотный слой, приводит к улучшению теплового режима и процессов минерализации органического вещества. Перед вспашкой дерн обязательно фрезуют или дискуюют в два следа в зависимости от ее плотности и толщины.

Большое значение имеет срок проведения обработки торфяных почв. Весенне-летнее возделывание (май-июнь) по сравнению с осенним способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур в среднем на 20 %. Ранняя вспашка дает особенно хорошие результаты на площадях недостаточно осушенных, со слабо разложившимся торфом. Это касается в первую очередь подготовки целины к сельскохозяйственному использованию. Обработка почвы в севообороте имеет определенные особенности.

Среди осушаемых органогенных почв встречаются торфяно-глеевые с мощностью торфа до 0,5 м. Использование таких почв нужно направлять в первую очередь на сохранение торфяного слоя – источника органического вещества и аккумулятора влаги. Характерной особенностью таких почв является их неустойчивый водный режим. В сухие периоды вегетации они пересыхают, а во влажные – переувлажняются. Плотный оглеенный горизонт под торфом препятствует проникновению вглубь корневой системы растений.

Основным способом обработки торфяно-глеевых почв под зерновые, зернобобовые, кукурузу и многолетние травы является глубокая плантажная вспашка с запашкой торфяного слоя и глубокое рыхление на 55–60 см в сочетании с поверхностной обработкой с помощью тяжелых дисковых борон. В последующие годы такие почвы используют только под многолетние травы.

Различные способы обработки неодинаково влияют на водно-воздушный и питательный режимы торфяников. При определении способа и глубины обработки угодий следует учесть степень осушения торфа. Основная обработка недостаточно осушенных торфяников должна быть направлена на создание глубокого пахотного слоя. Поэтому зяблевую вспашку таких почв следует проводить болотным плугом на глубину 30–35 см с последующим дискованием. Она способствует снижению влажности и усиливает проветривание почвы, улучшает микробиологические процессы в ней. Как показывают исследования, глубокая вспашка торфяников низкой степени осушения по сравнению со вспашкой на глубину 20–25 см повышала урожайность овса на 0,3 т в 1 га.

На почвах, осушенных недостаточно, следует избегать применения тяжелых болотных катков. Здесь допускается прикатывание лишь после посева сельскохозяйственных культур с мелкими семенами только легкими катками. Внимание нужно уделить площадям, которые затапливаются весенними паводками. Чтобы избежать эрозии почв, на этих площадях следует зяблевую вспашку заменить весенней на меньшую глубину (20–22 см).

Обработывая торфяники, необходимо внимательно следить за тем, чтобы вспаханный слой почвы плотно прилегал к подпахотному слою и между ними не было воздушных щелей, которые препятствуют поступлению воды из нижних слоев торфа в верхние по капиллярам. Поэтому не следует пахать торфяники, покрытые высоким травостоем, который после вспашки создает изоляционную подушку, что препятствует нормальному увлажнению верхнего слоя торфа и может привести к гибели молодых всходов.

Особенно опасно покрытие почвы высоким травостоем перед вспашкой интенсивно осушенных почв, где уровень грунтовых вод весной находится на глубине 70–90 см и глубже от поверхности. Прикатывание предотвращает иссушение и выдувание ветром поверхностного слоя торфяного грунта, особенно в периоды отсутствия растительного покрова. После прикатывания восстанавливается капиллярное поднятие влаги в пахотный слой, которое нарушается в результате обработки и запашки растительных остатков. Степень уплотнения зависит от влажности, степени разложения торфа и способа обработки. На недостаточно осушенных участках с хорошо разложившимся торфом прикатывание осуществляется легкими катками без воды. На интенсивно осушенных почвах и там, где торф слабо разложен, прикатывание проводят тяжелым катком, заполненным водой.

Различные способы обработки целинных торфяных почв подробно изучались научными учреждениями. Исследования показали, что глубокая вспашка является целесообразной для разработки целинных осушенных угодий. Если поле покрыто кочками, то для качественной вспашки нужно сначала профрезовать его в один след, а затем вспахать болотным плугом. На слабо разложившихся торфяниках целесообразно провести повторное фрезерование после вспашки. Для активизации биохимических процессов в торфе пахать угодья нужно летом после уборки первого укоса трав. Более поздняя вспашка – август, начало сентября – допускается только под картофель. Как показывают исследования, опоздание со вспашкой снижает урожайность зерновых на 10–15 %, а на два месяца – на 20–25 %.

При длительном выращивании многолетних трав на одном и том же месте они образуют прочную дернину и способствуют уплотнению почвы, в результате чего ослабляют микробиологические

процессы в нем и снижают его эффективное плодородие. Поэтому обработка осушенной целины или угодий после многолетних трав направлена на активизацию микрофлоры в почве и прекращение жизнедеятельности многолетних трав. Как показывают данные научных исследований, полное отмирание многолетних трав и интенсивное разложение дернины происходит после вспашки болотным плугом на глубину 30–35 см.

Если пласт многолетних трав некрепкий (двухлетний), то под картофель и зерновые культуры можно ограничиться вспашкой с оборотом пласта на глубину 25 см, и только под корнеплоды лучшие результаты дает вспашка на глубину 30–35 см. Для ускорения разложения дернины и усиления биологических процессов в почве обработку пласта на слабо и среднеразложившейся почве необходимо проводить в два приема – фрезерованием или дискованием на глубину 8–10 см с последующей зяблевой вспашкой глубиной 30–35 см на слабо разложившейся почве и 25–27 см на средне и хорошо разложившейся. При недостаточном осушении старопахотных почв вспашку проводят на глубину 30–35 см.

Лучшим сроком обработки пласта под яровые культуры на недоосушенном грунте считается вспашка в сентябре; на хорошо осушенном, особенно интенсивно разложившемся – в октябре. Под озимые культуры пласт следует пахать на глубину 20–22 см, а на недоосушенной – на 30 см за две-три недели до оптимального срока посева. Применение глубокой вспашки пласта на слаборазложившихся торфяных почвах повышает урожайность (по сравнению с дискованием) на 3,7 т/га, или 16 %, а сахарной свеклы, размещенной после картофеля, до 12,5 т/га, или до 41 %.

Обработка старопахотных торфяников в севообороте также проводится дифференцированно в зависимости от степени их окультуривания, предшественников, биологических особенностей культур. После сбора овса и других однолетних трав, которые рано освобождают площадь, обработка почвы должна быть направлена на уничтожение сорняков и вредителей. Дискование повторяют по мере отрастания сорняков. Глубина следующей вспашки зависит от того, под какую культуру готовится площадь. Если после зерновых культур высаживается картофель, то вспашку проводят на глубину 20–22 см, а под корнеплоды – 30–35 см.

Если после зерновых культур и однолетних трав высевают многолетние травы, можно проводить сев и без вспашки. Нужно продисковать в два следа на глубину 10–12 см. Обработать угодья после пропашных культур нужно также дифференцированно, в зависимости от культур, под которые готовится площадь. На основе исследований установлено, что перед посевом после пропашных и зерновых культур и однолетних трав можно проводить только дискование в два следа на глубину 10–12 см.

Многолетние травы на торфяных почвах выращивают в одном поле севооборота в течение 5–6 и более лет. За это время они создают прочную и плотную дернину, что тормозит развитие микрофлоры и минерализацию торфа. Поэтому обработка пласта решает две задачи: приостанавливает жизнедеятельность трав и создает условия для активизации биологической жизни почвы в кратчайшие сроки.

После скашивания трав дернину фрезуют или дискуют в два следа перед вспашкой за 10–12 дней до вспашки на недостаточно осушенных участках и за 3–5 дней – на хорошо осушенных. Лучшим сроком вспашки являются август-сентябрь. После культур сплошного посева (озимые и яровые зерновые, однолетние травы) необходимо проводить лущение стерни дисковыми боронами. Если поле сильно засорено сорняками, то лущение повторяется с интервалом в 10–15 дней. При размещении после многолетних трав озимых культур необходимо применять двукратное дискование и прикапывание почвы, а при размещении яровых – не менее трех обработок. При таких условиях на 1 м² площади иногда прорастает 4–6 тыс. сорняков, которые затем уничтожаются при последующей обработке.

Следующую обработку необходимо связывать со степенью разложения и увлажнения почвы. Так, вспашку после зерновых и однолетних трав целесообразно проводить только на переувлажненных слаборазложившихся почвах. На хорошо разложившихся и нормально увлажненных почвах вспашка не повышает урожая картофеля, кукурузы, капусты, однолетних трав, поэтому основной обработкой под эти культуры должно быть дискование.

Под зерновые культуры (озимая рожь, ячмень, овес), а также однолетние и многолетние травы, корневая система у которых сосредоточена в верхнем слое почвы на глубине до 25 см, зяблевую вспашку после пропашных предшественников лучше заменить дискованием. Такая обработка увеличивает капиллярную скважность торфа, обеспечивает его умеренную минерализацию. В этом случае зерновые меньше вылегают и дают высокую урожайность.

Подготовку почвы после пропашных культур под корнеплоды начинают с зяблевой вспашки на глубину 25–27 см. Под морковь, овес, которые высеваются ранней весной, угодья нужно обрабатывать с осени, чтобы верхний слой почвы был хорошо измельчен и пригоден к качественному севу.

Для этого зябь нужно задисковать и прикатать тяжелыми катками. Культуры, требовательные к водно-воздушному режиму почвы – картофель, кормовые корнеплоды, овощи, дают наибольшую урожайность после проведения зяблевой вспашки на глубину 30–35 см. Предпосевная обработка в этом случае заключается в проведении дискования зяби с применением тяжелых дисковых борон. Дискование осуществляется в два-три следа в зависимости от плотности дернины и требований сельскохозяйственных культур к измельчению почвы.

Опытами установлено, что глубокая вспашка значительно улучшает физические свойства и питательный режим почвы в год летнего посева трав, улучшает их развитие в первый год пользования. В последующие годы почва после нее уплотняется больше, чем после неглубокой вспашки и дискования, что приводит к накоплению в верхнем слое почвы солей, которые подавляют развитие трав.

Итак, способ обработки торфяных почв под многолетние травы зависит от сроков их использования. Но так как многолетние травы на таких почвах выращивают на одном поле севооборота в течение пяти-семи лет, то пахать торф необходимо на глубину до 22 см или обрабатывать дисками на глубину 8–10 см.

Исследования, проведенные в Панфильской исследовательской станции ННЦ «Институт земледелия НААН» по изучению влияния способов обработки почвы на продуктивность сои, показали (табл. 2.3), что на органогенных почвах урожайность зерна сои, высеянной после многолетних трав, формировалась в пределах от 1,86 до 3,14 т на 1 га. Так, на участках без удобрений при проведении вспашки на глубину 25–27 см имели прирост урожайности зерна сои по сравнению с дискованием на 5 %, а при нулевой обработке – на 15 %. Важным фактором в приросте урожайности сои были калийные удобрения, как отдельно внесенные, так и в сочетании с фосфорными и азотными. По сравнению с участками без внесения удобрений прирост урожайности при калийном удобрении составил в среднем 0,5–0,6 т на 1 га зерна, при фосфорном и калийном – 0,7–1,0 т на 1 га и при полном минеральном ($N_{45}P_{45}K_{120}$) – 0,75–0,96 т на 1 га. Применение фосфорных удобрений в сочетании с калийными по сравнению с внесением только калийных удобрений обеспечивало прирост зерна сои 0,11–0,43 т на 1 га.

Наивысшую урожайность зерна сои 3,02–3,14 т на 1 га получили на участках с пахотой, дискованием и внесением $P_{45}K_{120}$ и $N_{45}P_{45}K_{120}$, тогда как при внесении только калийных удобрений урожайность составила в среднем 2,43–2,69 т в 1 га. Применение десикации посевов ускоряло созревание и сбор семян сои на 5–8 суток по сравнению с необработанными участками. Но прирост урожайности при проведении десикации в среднем за 2007–2010 гг. составил всего 0,01–0,09 т на 1 га, что было несущественным.

Следовательно, для повышения производительности сои необходимо применять в качестве основной обработки почвы дискование на глубину 10–12 см или вспашку на глубину 25–27 см и внесение $P_{45}K_{120}$. Применение таких мер обеспечит получение 3,0–3,2 т с 1 га сои с содержанием 39–40 % протеина и 20 % масла.

Таблица 2.3

Влияние способов обработки органогенных почв и удобрения на урожайность сои, т на 1 га

Удобрения	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	среднее	Прирост урожайности от внесенных удобрений
Вспашка на 25–27 см						
Без удобрений	20,9	2,15	2,37	2,10	2,18	-
K_{120}	2,46	2,81	2,91	2,57	2,69	0,51
$P_{45}K_{120}$	2,67	3,52	3,22	3,12	3,13	0,95
$N_{45}P_{45}K_{120}$	2,57	3,49	3,28	3,20	3,14	0,96
Дискование на 10–12 см						
Без удобрений	1,94	1,95	2,49	1,97	2,09	-
K_{120}	2,31	2,52	2,73	2,80	2,59	0,5
$P_{45}K_{120}$	2,45	3,36	3,35	2,93	3,02	0,93
$N_{45}P_{45}K_{120}$	2,51	3,24	3,36	3,10	3,05	0,96
Нулевая обработка (внесение гербицида)						
Без удобрений	2,18	1,71	1,91	1,64	1,86	-
K_{120}	2,06	2,20	2,97	2,48	2,43	0,57
$P_{45}K_{120}$	2,21	2,55	2,72	2,68	2,54	0,68
$N_{45}P_{45}K_{120}$	2,23	2,62	2,69	2,90	2,61	0,75

В системе обработки органогенных почв важное значение имеет предпосевная обработка. Последнюю делят на обработку под яровые культуры раннего срока сева (морковь, овес, ячмень), позднего срока (картофель, кукуруза, свекла), под озимые культуры и летне-осенний посев трав много-

летних. Предпосевная обработка состоит из дискования, дискования в сочетании с боронованием на почвах с хорошо разложившим торфом и прикатыванием.

Для культур раннего срока сева на торфяных почвах с хорошо разложившим торфом предпосевную обработку (дискование, внесение фосфорных и калийных удобрений) и прикатывание целесообразно проводить осенью. Это позволяет провести ее раньше, что положительно влияет на урожайность, уменьшает напряженность весенних полевых работ. Для культур позднего срока сева предпосевную обработку проводят весной. Прикатывание проводят до и после посева, регулируя массу катка соответственно нормам осушения и степени разложения органической массы торфа. На хорошо разложивших слабоосушенных почвах масса катка должна быть меньше, на слаборазложивших с глубокими уровнями грунтовых вод – полностью заполнена водой. Прикатывание восстанавливает разорванные капиллярные связи с подпахотным слоем, выравнивает поверхность поля, способствует лучшей заделке семян.

На интенсивно осушаемых торфяных угодьях нельзя допускать разрывов во времени между процессами обработки, так как это вызывает пересыхание верхнего слоя почвы, что наносит большой вред молодым всходам сельскохозяйственных растений. Интенсивно осушаемые торфяные почвы в предпосевной период, как правило, бывают очень рыхлые, поэтому для предотвращения пересушивания почвы перед посевом сельскохозяйственных культур и после него необходимо проводить прикатывания площади тяжелыми болотными катками.

Предпосевная обработка осушаемых почв предусматривает: рыхление почвы, повышение ее аэрации, проветривание поверхностного слоя почвы, уничтожение ростков и всходов сорняков до посева культур, заделывание в почву удобрений, выравнивание поверхности почвы, уплотнение верхнего слоя почвы путем прикатывания, создание оптимальных условий для прорастания семян и появления дружных всходов. Конечно, сроки и характер предпосевной обработки осушаемых почв оговариваются различными факторами: биологическими особенностями выращиваемых культур, состоянием почвы, интенсивностью ее обработки, сроками сева культур, связностью дернины и др.

Основными технологическими операциями предпосевной обработки осушаемых почв являются дискование, боронование, прикатывание почвы. Основная обработка осушаемых почв под озимые проводится за три-четыре недели до оптимальных сроков сева ржи или тритикале. Но в условиях производства эти сроки нарушаются в сторону сокращения периода между обработкой и посевом, в связи с чем проблема проведения наиболее качественной предпосевной обработки торфяных почв приобретает большее значение.

При размещении озимых после многолетних трав пласт разрабатывают дисковыми орудиями (тяжелыми дисковыми боронами) до полной разработки грунта на глубину 10–12 см. После этого поле в зависимости от состояния распушенности почвы боронуют дисковыми в агрегате с зубчатыми боронами, на старопашотных – только боронами «зигзаг» в несколько следов для уничтожения сорняков. Перед последним дискованием вносят минеральное удобрение. Непосредственно перед посевом почву уплотняют прикатыванием водоналивными катками.

Роль прикатывания для создания оптимальных условий выращивания культур на осушаемых почвах очень велика. Прикатывание обеспечивает достаточную усадку, уплотнение почвы и смыкание пахотного слоя с подпахотным, выравнивает поверхность поля и обеспечивает волокнистым торфяным почвам оптимальную плотность, создает благоприятные условия для прорастания семян, обуславливает необходимый контакт семян с почвой, улучшает водный режим верхнего слоя осушаемой почвы, предотвращает «выпирание» озимых культур и т. п. Однако при игнорировании определенных требований прикатывание может оказаться не только излишним, но и вредным.

Как правило, применение на нормально осушенных торфяниках прикатывания дает положительные результаты. Эффективно прикатывание и на других типах осушенных почв – оторфяненных и минеральных – в условиях нормальной или недостаточной влажности почвы. Но на недоосушенных торфяниках и других почвах, особенно в годы с избытком осадков, прикатывание может привести к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. В таких случаях, при необходимости выровнять поверхность поля или увеличить контакт семян с почвой, необходимо применить легкий каток (с пустыми емкостями).

Прикатывать торфяные почвы надо до и после посева зерновых. Допосевное прикатывание хорошо осушенных торфяных почв дает возможность выровнять поверхность поля, обеспечивает заделку семян на заданную глубину и в условиях рыхлых, волокнистых почв будет достаточно сложной операцией. Послепосевное прикатывание обеспечивает плотный контакт почвы с семенами, способствует появлению дружных всходов озимых культур. На оторфяненных почвах можно ограничиться предпосевным прикатыванием, скорость движения агрегата по прикатыванию – 3,0–3,5 км в 1 час.

Обработка под ранние яровые культуры. К яровым ранним культурам, выращиваемым на осушенных почвах, относят овес, ячмень, пшеницу, рожь яровую, тритикале яровое, кормовые бобы, горох, морковь. Предпосевная обработка пашни под посев отдельных культур может проводиться как осенью, так и весной. Осенняя предпосевная обработка (дискование, боронование, прикатывание) обеспечивает практически такую же урожайность ранних яровых культур, как и весенняя. Проведение предпосевной обработки с осени под ранние зерновые и особенно под столовую морковь и лен дает возможность раньше начать сев полевых культур. Осеннее дискование пашни способствует равномерному оттаиванию поверхностного слоя почвы весной. Полная подготовка осушенных почв с осени с внесением удобрений возможна только на незаливных участках и там, где уровни грунтовых вод весной не поднимаются выше 50 см.

Весной начинают предпосевную обработку по мере оттаивания торфяного грунта на глубину 10–12 см. Поле дискуют тяжелыми дисковыми боронами в сцеплении с боронами «зигзаг». По количеству проходов агрегата не может быть однозначных рекомендаций. Количество проходов борон должно быть таким, чтобы наиболее полно и тщательно разделить пласт для проведения высококачественного сева и последующего развития культур. Обычно на слаборазложенных переувлажненных почвах количество дискований увеличивают, на хорошо разложенных – уменьшают. Глубина рыхления торфяных почв для большинства ранних культур – 10–12 см, для корнеплодов – 14–16 см.

Регулируя глубину весеннего дискования, можно существенно влиять на тепловой, воздушный и питательный режим корнеобитаемого слоя почвы. После неглубокого дискования (10–12 см) наибольшее количество нитратного азота образуется в почве весной и летом, в периоды максимальной потребности в нем растений, по глубокой вспашке (20–25 см) – характер накопления минерального азота другой. Больше его (в два-три раза) образуется летом и осенью. Глубина дискования влияет также на содержание в почве зольных элементов питания. По мелкому дискованию создаются условия для лучшего использования калия, поскольку глубокая обработка почвы приводит к передвижению калия в нижние слои почвы и его выщелачивания, содержание подвижного фосфора в пахотном слое оказывается выше на участках с глубокой обработкой. Итак, разная глубина весеннего дискования торфяных почв обуславливает образование разного количества подвижных элементов питания в течение вегетационного периода, поэтому неглубокое дискование приводит к равномерному обеспечению культур питательными веществами и снижению их безвозвратных потерь, вымыванию из почвы и вынесения дренажными водами.

Важной агротехнической мерой по выращиванию ранних культур является прикатывание почвы. Вес катка и количество проходов зависят от влажности почвы и погодных условий. При теплой весне с достаточным количеством осадков и уплотнением торфяного грунта, особенно для моркови, нужно чтобы после катка оставались следы обуви.

Для культур позднего сева предпосевную обработку, как правило, проводят весной. Установлено, что оставленный на зиму пласт накапливает больше подвижных элементов питания, чем при осенней пахоте. В связи с этим, под культуры, которые требуют усиленного азотного питания, предпосевную обработку применяют в случаях обработки слаборазложенных торфяников и прочной дернины многолетних трав.

Система предпосевной обработки почвы под поздние культуры включает в себя, помимо мер по борьбе с сорняками, подсушивание и прогревание торфяных почв. Для этого под поздние культуры необходимо проводить ранневесеннее и предпосевное дискование. Первое весеннее дискование на торфяных почвах проводят после оттаивания почвы на 10–12 см, второе дискование – перед посевом, при этом заделывают удобрения, если их вносят весной. Предпосевная обработка почвы под поздние культуры предполагает прикатывание почвы тяжелыми болотными катками. Предпосевное уплотнение проводится под все культуры позднего сева практически на всех типах осушаемых почв. Послепосевное прикатывание является обязательным приемом на торфяных почвах под все культуры.

При подготовке осушаемых почв к севу поздних (как и ранних) культур больше внимания нужно уделять выравниванию поверхности поля, так как микропонижения, особенно на торфяниках, негативно влияют на рост и развитие растений. Наблюдениями установлено, что в микропонижениях почва имеет повышенную влажность, хуже прогревается, здесь нарушается нормальный газообмен между почвой и воздухом. На микропонижениях растения чаще и больше повреждаются весенними и осенними заморозками. От размещения культур относительно микрорельефа зависит состояние посевов, особенно зерновых культур. Для выравнивания поверхности осушаемых почв применяют планировщики, шлейфы, волокуши и другие орудия.

Применение обоснованной системы обработки не только создает благоприятные условия для получения дружных всходов растений, их роста и развития, но и уменьшает засоренность посевов.

Успех борьбы с сорняками зависит от бережной обработки междурядий пропашных культур. Как только обозначатся рядки растений, немедленно проводят неглубокое рыхление почвы в междурядьях. Лучше всего эту работу выполнять фрезерными культиваторами.

2.3. Система удобрения

В комплексе мероприятий по повышению производительности осушенных органогенных почв важная роль принадлежит удобрению культур. Применение минеральных удобрений дает возможность наиболее эффективно использовать торфяные почвы, получать дополнительную продукцию. Дозы удобрений на торфяных почвах определяют в зависимости от степени разложения торфа, наличия питательных веществ в почве, выноса их растениями и места культуры в севообороте.

Специфической особенностью торфяных почв является большое содержание органического вещества и низкое – калия и микроэлементов. Соотношение питательных веществ в этих почвах неблагоприятное, поэтому растениям в первую очередь нужны калийные, медные и частично фосфорные удобрения.

Общее содержание азота в низинных торфяниках достигает 4 %, но основная его часть находится в органических формах и недоступна растениям. В процессе минерализации торфа часть органического азота переходит в минеральные соединения (нитраты, аммоний). При благоприятных условиях для микробиологических процессов под пропашными культурами в торфе может накапливаться до 60 – 400 мг на 100 г почвы нитратов, это полностью обеспечивает культуры азотом, а в некоторых случаях их образуется излишек. Поэтому с освоением торфяных почв нужно создавать условия, направленные не только на мобилизацию азота, но и на сохранение органического вещества как основного богатства этих почв. Решающее значение в регулировании процессов минерализации органического вещества имеют степень осушения торфяников, правильное соотношение культур в севообороте и система обработки почвы.

Благоприятная влажность почвы для большинства сельскохозяйственных культур способствует активному развитию процессов нитрификации и аммонификации. Азотные удобрения на торфяных почвах нужно вносить на новоосушенных, слабокультуренных, недостаточно осушенных площадях, на культурных пастбищах и посевах многолетних трав третьего и последующих лет пользования в дозах 60–120 кг/га действующего вещества. Наилучшими формами азотных удобрений на торфяных почвах являются аммиачная селитра, карбамид, сульфат аммония.

Торфяные почвы имеют среднюю и высокую обеспеченность фосфором, валовое содержание 0,4–0,7 %. Внесение фосфорных удобрений без калийных, в основном, мало повышает урожайность, поэтому их следует вносить вместе с калийными и микроудобрениями. Лучшей формой фосфорных удобрений является суперфосфат.

Большинство низинных торфяников слабо обеспечены калием (5–8 мг 100 г сухой почвы), поэтому внесение калийных удобрений является необходимым условием получения на них высоких урожаев сельскохозяйственных культур. В первые годы освоения торфяных почв под сельскохозяйственные культуры необходимо вносить повышенные дозы калийных удобрений. На окультуренных торфяных почвах дозы калийных удобрений можно уменьшить. На этих почвах все формы калийных удобрений по своему действию равнозначны, сырые калийные удобрения (каинит, сильвинит) содержат также микроэлементы, что важно для органогенных почв.

Минеральные удобрения лучше вносить весной, во время предпосевного дискования почвы. На полях, где вода не поднимается выше 50–60 см от поверхности почвы, калийные удобрения можно вносить и осенью. Внесение калийных удобрений должно проводиться ежегодно, иначе в почве нарушается соотношение питательных элементов, а урожаи всех культур получаются низкие и неудовлетворительного качества. Вносить калийные удобрения в запас на торфяных почвах нецелесообразно, потому что основная масса калия выносится урожаем и вымывается дренажными водами в первый год, а на второй и третий годы урожайность и качество продукции большинства культур значительно снижаются.

Фосфорные удобрения в дозах 45–60 кг действующего вещества на 1 га вместе с калийными необходимо вносить на всех типах торфяников. При подкормке культурных пастбищ, расположенных на торфяных почвах, бедных фосфором, дозы фосфорных удобрений необходимо увеличивать на 20–30 %, калийные удобрения в дозах выше 90 кг на 1 га следует вносить в два срока. Система внесения удобрений в севообороте приведена в таблице 2.4.

На торфяниках, кроме минеральных удобрений, надо вносить микроудобрения и биопрепараты, которые в последние годы получили широкое применение в сельскохозяйственном производстве. Об этом свидетельствуют проведенные нами исследования (табл. 2.5): так, прирост от внесения биопре-

паратов достигал 2,6–3,2 т сухого вещества на 1 га на фоне внесения $N_{90}P_{45}K_{120}$, а от внесения микроудобрений прирост урожайности многолетних травостоев составлял около 1,0–1,5 т на 1 га.

Микроэлементы играют важную роль в жизни растений. Они находятся в тканях растений в чрезвычайно малом количестве, но отличаются высокой активностью. Входя в состав некоторых ферментов и влияя на физико-химические свойства коллоидов плазмы клетки, микроэлементы играют важную роль в таких процессах, как фотосинтез, дыхание и питание растений.

Таблица 2.4

Система внесения фосфорных и калийных удобрений на торфяных почвах Полесья и Лесостепи в основных типах севооборотов

Культуры и их чередование в севообороте	Урожайность, т/га	Доза удобрений, кг/га действующего вещества	
		P_2O_5	K_2O
кормовой севооборот			
Многолетние травы (сухая масса)	6-7	40-50	90-110
Зерновые	3-4	40-50	90-100
Кормовая свекла	60-80	60-70	120-150
Однолетние травы + летний посев многолетних трав	22-30	используют последствие удобрений	
кормо-овощной севооборот			
Многолетние травы	6-7	40-50	90-110
Картофель	22-25	40-50	120-140
Морковь столовая	55-75	50-70	110-120
Свекла столовая	45-50	45-60	110-130
Капуста поздняя	50-60	60-80	120-150
Однолетние травы + летний посев многолетних трав	20-30	используют последствие удобрений	

Так, медь входит в состав окислительно-восстановительных ферментативных систем и участвует в реакциях фотосинтеза, в углеводном обмене и синтезе белка в клетках. Молибден – в азотном и водном обмене, кальциевом питании, стимулирует развитие пузырьков на корнях бобовых, последнее усиливает и кобальт. Цинк входит в состав фермента карбоангидразы, который стимулирует образование ауксинов, его нехватка приводит к распаду белков. На сенокосах роль микроэлементов особенно велика как для развития травостоя, так и для состояния животных, потребляющих этот корм.

Таблица 2.5

Влияние биопрепаратов и микроудобрений на продуктивность многолетней травосмеси на осушаемых торфяниках Лесостепи, пойма р. Супий, т на 1 га сухой массы

Биопрепараты и микроудобрения	Без удобрений				Внесение $N_{90}P_{45}K_{120}$			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее
Регоплант	7,1	7,6	5,9	6,9	9,4	10,5	8,4	9,4
Радостим	7,3	8,7	7,6	7,9	9,4	9,9	9,9	9,7
Биолан	7,8	8,4	6,2	7,5	11,9	11,8	8,9	10,9
Эмистим С	7,6	9,5	7,6	8,2	8,3	10,8	9,0	9,4
Реаком	9,8	8,2	7,0	8,3	7,9	8,9	8,8	8,5
Гумисол	8,7	7,3	6,3	7,4	9,4	8,1	8,4	8,6
Плантафол	6,8	7,7	6,3	6,9	7,8	9,0	9,4	8,7
Радифарм	7,1	9,4	6,0	7,5	11,7	10,6	8,8	10,3
$CuSO_4$	6,8	7,8	6,0	6,9	8,2	9,2	8,1	8,5
Борная кислота	7,0	7,7	6,1	6,9	8,5	8,5	8,4	8,5
Марганец сернокислый	6,2	7,5	5,7	6,5	7,9	8,3	8,1	8,1
Цинк сернокислый	7,0	9,0	6,1	7,3	8,5	9,5	8,5	8,8
Гумат калия	6,3	8,3	6,5	7,0	9,2	8,4	8,6	8,7
Контроль (без внесения)	4,9	6,0	5,2	5,4	8,6	7,5	7,0	7,7

Наиболее широко на осушаемых торфяниках используют медные микроудобрения в форме пиритных огарков и медного купороса ($CuSO_4$). Медного купороса применяют по 220–250 кг на 1 га, а пиритных огарков – по 500 кг на 1 га дважды за ротацию восьмипольного севооборота. Особенно реагируют на внесение меди зерновые, сахарная свекла и многолетние травы на семена. Пиритный огарок вносят вместе с фосфорными и калийными удобрениями перед посевом сельскохозяйственных культур.

Борные микроудобрения используют прежде всего под сахарную свеклу, морковь, лен, коноплю, кормовые корнеплоды и клевер. Для этого применяют бордатолит (2 % бора) и борный суперфосфат (0,5 % бора). Бор не только увеличивает урожай указанных культур, но и улучшает его качество, повышает сахаристость сахарной свеклы и моркови, увеличивает выход волокна и семян льна и конопли. Действие борных микроудобрений на торфяных почвах продолжается в течение 4–5 лет, поэтому и вносить их нужно раз на 4–5 лет, как правило, весной, перед посевом сельскохозяйственных культур, нормой 60 кг на 1 га. Доза борного суперфосфата, содержащего 0,5 % бора, – 80–120 кг на 1 га. При внесении в рядки или гнезда вместе с семенами сельскохозяйственных культур, дозу удобрения уменьшают в 3–4 раза.

Цинк и марганец вносят на торфяных карбонатных почвах с нейтральной и щелочной реакцией. Цинковые микроудобрения в форме сернокислого цинка вносят в количестве 5–10 кг на 1 га, марганцевые – в виде марганцевых шламов в количестве 200 кг/га (12–22 % марганца). Используют их под зерновые культуры, сахарную свеклу, картофель. Последствие длится в течение четырех лет, поэтому и вносить их необходимо дважды за ротацию восьмипольного севооборота. Нами установлено, что микроэлементы цинк, кобальт и молибден следует вносить раз за вегетацию, весной, путем внекорневой подкормки: молибденовокислый аммоний – 0,3 кг на 1 га, сернокислый кобальт – 3 кг на 1 га и сернокислый цинк – 5 кг на 1 га. Для внесения в почву их смешивают с основными удобрениями.

Из однолетних культур, выращиваемых на торфяных почвах, самыми продуктивными являются кормовая свекла, морковь, кормовая капуста, картофель и кукуруза.

Кормовая свекла и морковь – культуры очень требовательные к питательному режиму почвы. С урожаем 100–120 т с 1 га кормовой свеклы и 80 т с 1 га моркови выносятся 200–250 кг азота, 60–80 кг фосфора и 230–300 кг калия. Эти показатели свидетельствуют, что для получения высокой урожайности корнеплодов нужно вносить и высокие дозы удобрений. На торфяных почвах под кормовые корнеплоды эффективны фосфорные и калийные удобрения в дозе $P_{60}K_{180-240}$ действующего вещества с обязательным внесением микроудобрений (один раз за ротацию).

Картофель достаточно требователен к питательному режиму почвы. Это объясняется его высокой производительностью и слаборазвитой корневой системой. Многолетними опытами Панфильской опытной станции и других научных учреждений доказано, что на старопахотных торфяных почвах под картофель надо вносить калийные удобрения в дозах 120–150 кг K_2O и фосфорные – 45–60 кг P_2O_5 на 1 га. На почвах, которые только осваиваются, под картофель вносят 240 кг на 1 га K_2O вместе с фосфорными (60 кг на 1 га P_2O_5) и медными (20–25 кг медного купороса). Лучшими формами калийных удобрений под картофель является калимагнезия.

Кукуруза при оптимальных условиях питания на 1 т урожая зеленой массы выносит 2,2–2,4 кг азота, 0,9–1,1 кг фосфора и 2,5–3,0 кг калия. Благоприятные условия для нее складываются при внесении полного минерального удобрения. В зависимости от времени использования торфяников, состояния водного режима, уровня обеспеченности почвы питательными веществами под нее следует вносить такие дозы удобрений: калийных 120–150 кг на 1 га, фосфорных 45–60, азотных – 45–60 и 20–25 кг медного купороса на 1 га.

Капуста на торфяных почвах дает высокие урожаи, вынося значительное количество элементов питания, поэтому под нее следует вносить повышенные дозы минеральных удобрений – фосфорных 45–60, калийных 120–150 кг действующего вещества на 1 га. На малокультурных и слабоминерализованных торфяниках высокий эффект дают азотные удобрения в дозе 45–60 кг действующего вещества на 1 га.

Из однолетних трав в севообороте высевают овес или смеси вики и овса, или гороха и овса на зеленый корм как предшественников для летнего подсева многолетних луговых трав. При ежегодном внесении фосфорно-калийных удобрений под предшественников минеральных удобрений под овес не вносят. Урожайность зеленой массы этих культур составляла 35–45 т на 1 га.

Для рационального использования минеральных удобрений дозы их внесения можно определить балансовым расчетным методом, который основывается на применении материалов агрохимического обследования почв, выноса питательных веществ урожаем и коэффициентов использования питательных веществ почвы и удобрений. Для однолетних культур расчет норм удобрений на запланированный прирост урожая проводят по формуле (2.1):

$$D = \frac{(U_2 - U_1) \cdot V}{K_d} * 100, \quad (2.1)$$

а для многолетних трав – на запланированную урожайность с вычетом запаса подвижных форм питательных веществ, содержащихся в пахотном слое почвы (2.2):

$$D = \frac{U_3 \cdot B - П \cdot K_{п}}{K_d} * 100, \quad (2.2)$$

где: D – норма удобрений, кг на 1 га действующего вещества;
 U₃ – запланированная урожайность, ц на 1 га;
 U_к – урожайность без удобрений, ц на 1 га (табл. 2.6);
 B – вынос питательных веществ на 1 ц урожая, кг (табл. 2.7);
 K_d – коэффициент использования питательных веществ удобрений, %;
 П – запас питательных веществ в почве, кг 1 га;
 K_п – коэффициент использования питательных веществ почвы, %.

Таблица 2.6

**Урожайность сельскохозяйственных культур без внесения удобрений на осушаемых почвах,
 Гостомельский опорный пункт, ц на 1 га**

Культура	Вид продукции	Урожайность при обеспеченности почвы питательными веществами	
		низкая	средняя
Многолетние травы в севообороте: 1–3-й год пользования	зеленая масса	130	160
4–6-й год пользования	- "-	100	120
7–8-й год пользования	- "-	80	100
Улучшенные сенокосы	- "-	50	80
- "-	сено	10	15
Кормовая свекла	корнеплоды	150	200
Кукуруза на силос	зеленая масса	80	120
Картофель	клубни	50	80
Капуста поздняя	кочаны	150	220
Морковь столовая	корнеплоды	150	200
Озимые зерновые	зерно	10	15
Яровые зерновые	зерно	8	14

Таблица 2.7

Вынос питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур и использование их из удобрений в год внесения

Культура	Вынос с 1 ц основной с учетом побочной продукции, кг			Коэффициент использования удобрений, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
на торфяных почвах						
Многолетние травы: зеленая масса	-	0,11-0,13	0,35-0,50	-	44-50	90-100
сено	-	0,50-0,60	1,60-2,30	-	44-50	90-100
Зерновые (ячмень, овес, озимая рожь)	-	1,0-1,2	2,6-3,0	-	40-45	60-65
Картофель	-	0,9-0,13	0,45-0,55	-	17-22	40-50
Кормовая свекла	-	0,07-0,10	0,40-0,60	-	44-50	80-90
Столовая морковь	-	0,08-0,10	0,35-0,40	-	44-50	80-90
Кукуруза на силос	-	0,11-1,12	0,30-0,32	-	25-30	65-70
на минеральных почвах						
Многолетние травы (зеленая масса)	0,42	0,12	0,28	65	25	70
Зерновые (ячмень, овес, озимая рожь)	3,0	1,23	2,25	55	22	65
Картофель	0,50	0,22	0,80	65	25	70
Кукуруза на силос	0,25	0,10	0,35	55	22	65

Показатели для расчетов по предложенным формулам можно брать из справочников, агрохимических карт и истории полей. Предложенная система удобрения дает возможность уменьшить расходы минеральных удобрений на 15-20 %. В современной земледелии рекомендуются некоторые обоснованные методы применения удобрений на эколого-биологических принципах, а именно:

– введение севооборотов с обязательным насыщением бобовыми культурами с целью привлечения в биологический круговорот атмосферного азота;

- внедрение в севооборотах промежуточных бобовых культур с использованием их на зеленый корм и удобрение;
- ограниченное применение технического азота и частичное обеспечение растений этим элементом за счет азота биологического происхождения;
- поступления и накопления в почве органического вещества до уровня, который обеспечивает бездефицитный и положительный баланс гумуса. Для этого следует максимально использовать в хозяйствах местные органические удобрения, пожнивные остатки и сидеральные культуры.

2.4. Технологии выращивания сельскохозяйственных культур

Наукой и практикой установлены определенные особенности выращивания сельскохозяйственных культур на осушаемых почвах. Прежде всего они касаются торфяных почв, которые в основном обеспечены азотом и влагой, что приводит к накоплению большой вегетативной массы, полеганию стеблестоя, широкому распространению грибных болезней, низкой проходимости сельскохозяйственной техники. На минеральных осушаемых почвах, кроме обеспечения оптимального водного и питательного режимов почвы, технология выращивания такая же, как и на полевых неосушаемых. Чтобы не допускать затопления и переувлажнения во впадинах после больших осадков, необходимо выровнять и спланировать поверхность как торфяных, так и минеральных земель.

Но есть и ряд особенностей, связанных прежде всего со специфическими водно-физическими и физико-химическими свойствами. Особенно отличается технология выращивания сельскохозяйственных культур на осушаемых торфяных почвах. Развитие и созревание выращиваемых культур здесь несколько задерживается по сравнению с минеральными суходольными почвами. Так, всходы яровых зерновых опаздывают на 2–3 дня, созревание – на 4–5 дней, а озимых даже на 6–7 дней. Выращенные на осушаемых торфяниках зерновые имеют сравнительно большее количество соломы по отношению к зерну, а свекла и морковь – больше ботвы по отношению к корнеплодам, чем эти культуры на минеральных почвах.

Главную роль здесь играет избыточное азотное питание и достаточное количество влаги. По этим же причинам на осушаемых торфяниках часто наблюдается полегание культур и многолетних трав. Избыточное азотное питание на осушаемых торфяниках часто является причиной ухудшения качественных показателей урожая таких культур, как картофель, капуста, свекла. В последних снижается сахаристость, в картофеле – содержание крахмала, в то же время в продукции из осушаемых торфяников может увеличиваться содержание азотных веществ, в частности нитратов. Чрезмерное количество нитратного азота в растениях может привести к тяжелым заболеваниям как животных от скармливания им таких кормов, так и людей, употребляющих эти картошку и овощи. Это еще раз подчеркивает важность правильного регулирования азотного режима питания в торфяных почвах [5, 6, 7].

Выращивают зерновые культуры на всех типах осушаемых почв. Наиболее высокие урожаи обеспечивают озимая рожь, овес и ячмень. Просо хорошо растет на целинных землях, на минерализованных почвах и на площадях с неглубоким слоем торфа. С зернобобовых на Полесье хорошо плодоносят кормовые бобы. Целесообразно высевать на осушаемых почвах районированные сорта и гибриды. На площадях, которые не заливаются паводковыми водами, под зерновые необходимо вносить по 20–25 кг на 1 га медного купороса или по 500 кг на 1 га пиритных огарков одновременно с основным удобрением. Достаточно эффективной является внекорневая подкормка медным купоросом из расчета 1 кг на 1 га и на 300–400 л воды. Для борьбы с сорняками на посевах зерновых культур применяют гербициды. Нормы их внесения на торфяниках увеличивают на 15–20 % против рекомендуемых для минеральных почв. Собирают зерновые на осушаемых минеральных землях обычными комбайнами, а на торфяных – комбайнами на гусеничном ходу [8].

Озимую пшеницу рекомендуется выращивать преимущественно на минеральных осушаемых почвах. Самые лучшие из них – суглинистые почвы, осушенные закрытым дренажом, где урожаи пшеницы составляют 40–50 ц на 1 га.

Лучшими сортами являются Артемида, Полесская 90, Одесская 267, Мироновская 65, Мироновская 67, Жемчужина Лесостепи, Лада Одесская, Олеся, Мирич, Элегия. Высевать их нужно прежде всего на площадях, которые не затапливаются паводковыми водами, а грунтовые воды в ранневесенний период не поднимаются выше, чем на глубину 30–40 см к поверхности почвы, а в период вегетации – 70–90 см, то есть на площадях с хорошо отрегулированным водно-воздушным режимом. Лучше высевать озимые зерновые на торфяных почвах после многолетних трав, после которых растения меньше полегают, можно и после однолетних трав, льна и других. Обработка почвы зависит от предшественника. После многолетних трав проводят фрезерование или дискование дернины, после чего почву перепашивают на 27–30 см за две недели до посева. После однолетних трав или других

яровых культур проводят неглубокое лущение стерни и вспашку на 22–25 см. На нормально осушенных и не сильно засоренных торфяниках вспашку заменяют дискованием. Предпосевная обработка включает дискование и прикатывание до и после посева. Лучшие сроки сева озимой пшеницы в условиях Западного Полесья – 10–20 сентября. Удобрения вносят перед посевом – полную дозу фосфорных – P_{60} , в том числе в ряды при посеве – P_{10-15} и половину дозы калийных – K_{60} , остальные полдозы калийных – K_{60} и невысокую дозу азотных – N_{30-45} весной в качестве подкормки.

Норма высева пшеницы на зерно – 4,0–4,5 млн всхожих зерен на гектар (180–190 кг на 1 га), а на зеленый корм – 4,5 млн, глубина заделки семян – 4 см. Способ сева узкорядный. Эффективной мерой ухода за посевами пшеницы является прикатывание посева болотными катками весной после подкормки, когда почва подсохнет и от этого не будут травмироваться растения. Эффективность прикатывания связана с тем, что весной при оттаивании почвы вследствие уменьшения объема торфа происходит разрыв корневой системы, выпирание растений.

Весной пшеница долго не развивается и зарастает сорняками. Для уничтожения сорняков применяют гербициды из группы 2,4Д в период кущения, а в случае необходимости – еще раз к выходу растений в трубку. Мероприятием в борьбе с полеганием является обработка растений хлорхлинхлоридом (препарат Тур) в фазе кущения, 46 кг на 300–400 л воды на гектар.

Озимая рожь на осушаемых почвах Полесья высевается как на зерно, так и на зеленую массу, а в Лесостепи – преимущественно на зеленую массу. Она более распространена на осушаемых землях Западного Полесья. Весной она рано отрастает, тем самым подавляя сорняки. Лучшими сортами являются Интенсивный 95, Интенсивный 99, Северский, Верхняцкий 94, Харьковский 98, Поликросный и др. Предшественники и обработка почвы под озимую рожь такие же, как и для озимой пшеницы. Высевают озимую рожь и после ярового ячменя.

Оптимальные сроки посева ржи в западных районах Украины с 10 по 25 сентября, а на зеленый корм раньше. Зеленую массу собирают осенью и весной, с тем чтобы к концу мая на этой площади высеять кукурузу или другую культуру.

Установлено, что при выращивании озимых культур на торфяных почвах полевая всхожесть семян невысокая (60–70 %), так как семена на этих почвах попадают в не совсем благоприятные для прорастания условия. Так, торфяники после многолетних трав под озимые обрабатывают, когда в период сева еще наблюдаются высокие температуры воздуха, поэтому верхний слой (0–10 см) подсыхает и плохо прикатывается. Кроме того, торфяные почвы имеют в несколько раз меньшую плотность почвы по сравнению с минеральными, и высеянные семена плохо прилегают к почве. Они как бы застревают в органической массе и не увлажняются, вследствие чего появление всходов растений растягивается во времени, поэтому торфяники до и после посева нужно прикатывать. Чем интенсивнее прикатывается почва, тем лучшие условия создаются для прорастания семян.

На осушаемых землях удобрения вносят из расчета на плановую урожайность. Оптимальной дозой минеральных удобрений на торфяниках является $P_{45-60}K_{90-120}$. Желательно две трети нормы удобрений вносить осенью, а остальные – весной в подкормку. Способ сева – обычный рядовой или узкорядный. На торфяных почвах норма высева озимой ржи 4,0–4,5 млн всхожих зерен на гектар. Глубина заделки семян 4,5 см на минеральных, а на торфяных почвах 3–4 см. Для предотвращения полегания ржи посевы в фазе выхода в трубку обрабатывают композаном, 34 л на 300–400 л воды на 1 га.

Озимое тритикале. Тритикале – это пшенично-ржаной гибрид, имеет повышенную зимостойкость, устойчив к грибным и вирусным болезням, неприхотлив к условиям выращивания, содержит много белка в зерне. Культура более зимостойкая за озимую пшеницу и рожь, в ней больше сырого протеина (15,1–18,2 %) и лизина (0,50 %).

Семена начинают прорастать при температуре почвы 1–3 °С. Благоприятная реакция почвенного раствора для тритикале нейтральная или слабокислая (рН 5,5–7,0). Лучшими предшественниками в Лесостепи для тритикале являются многолетние и однолетние травы, зернобобовые культуры, картофель, рапс, кукуруза на силос. В Полесье тритикале размещают после многолетних и однолетних трав, люпина, картофеля, льна-долгунца, горохо-овсяной смеси. Лучшими сортами для выращивания на осушаемых почвах являются: АДМ 11, АДМ 8, Киевское раннее, Полесское 7, Ладное, Пурпурное, Сувенир Регион, Амфидиплоид 256.

Предшественники и обработка почвы под тритикале почти не отличаются от подготовки его под другие озимые зерновые культуры. Норма высева семян в Лесостепи составляет 4,0–4,5 млн на 1 га, а на Полесье 5,0–5,5 млн на 1 га. Глубина заделки семян на торфяных почвах 3–4 см, а на минеральных 4–5 см. В зоне Полесья лучшим сроком сева является вторая декада сентября, в зоне Лесостепи – период с 5 по 25 сентября. Для борьбы с сорняками пригодны те же гербициды, что и на посевах пшеницы и ржи. Особенности уборки – такие же, как у ржи. Зерно плотно сидит в колосовых

чешуйках и при созревании во время обмолота обороты барабана снижают до 600 в минуту, увеличивают зазор между барабаном и подбарабаньем.

Овес и ячмень являются самыми урожайными из яровых зерновых на осушаемых землях. Овес менее требователен к почвенным условиям, и его можно выращивать на всех типах осушаемых земель, тогда как ячмень лучше растет на дерново-подзолистых, суглинистых, супесчаных, дерновых, иловато-болотных, средне и хорошо разложенных торфяниках и торфоболотных почвах. Однако важным условием получения высоких урожаев яровых зерновых является соблюдение оптимального водно-воздушного режима почвы. Грунтовые воды при посеве должны залегать не выше 50–55 см от поверхности почвы, а за вегетационный период в среднем на глубине 80–100 см.

Яровые зерновые высевают после пропашных, смесей однолетних трав. Лучшими предшественниками являются картофель и корнеплоды. Учитывая, что овес, как и ячмень, склонен к полеганию, при возможности их следует размещать на умеренно осушаемых площадях менее разложенных торфяных почв, где отсутствуют излишки доступных форм азота. Овес можно высевать и в первые годы освоения, как предшествующую культуру.

Основная обработка почвы после культур сплошного посева состоит из двукратного дискования. Если предшественником являются многолетние травы, то перед вспашкой проводят фрезерование или дискование в два следа дисковой бороной. На хорошо окультуренных торфяниках после картофеля и кормовой свеклы проводят только дискование. Чистые от сорняков, хорошо осушенные поля под посев яровых зерновых можно полностью готовить с осени.

Предпосевную обработку торфяных почв необходимо начинать при оттаивания почвы на 68 см. Если площадь подготовлена с осени, то достаточно лишь двух-трех боронований по мере прорастания сорняков и предпосевного прикатывания. Если почва сухая, прикатывание должно быть интенсивным до и после посева. На переувлажненных площадях послепосевное прикатывание нецелесообразно.

На минеральных почвах проводят лущение стерни на глубину 8–10 см и зяблевую вспашку на глубину гумусного слоя. Удобрения вносят преимущественно весной под предпосевное дискование почвы в расчете: на торфяники $P_{45-60}K_{90-120}$, на минеральных почвах – $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Ячмень более чувствителен к заморозкам и к переувлажнению почвы. Высевают его после овса, когда почва оттаит на 10–12 см, а сумма активных температур воздуха достигнет 100–120 °С. Ячмень чувствителен к реакции почвенного раствора, благоприятная среда для него при pH 5,6–6,5. Яровые зерновые чувствительны к содержанию микроэлементов меди, бора, молибдена, кобальта, поэтому при их недостатке следует вносить в почву или обрабатывать ими семена.

Овес и ячмень – культуры ранних сроков сева, всходы выдерживают краткосрочные заморозки до –4–5 °С. Высевать их нужно в сверхранные сроки по таломерзлой почве. Ранние посевы меньше повреждаются гессенской и шведскими мухами. Нормы посева обеих этих культур на минеральных землях в пределах 4,0–5,0 млн семян, а на торфяных почвах 3,0–4,0 млн всхожих семян на гектар при глубине заделки семян соответственно на глубину 4–5 и 2–3 см.

Лучшими сортами ячменя являются Аскольд, Гамбринус, Гетьман, Оболонь, Скарлет, Адажио, Пасадена, Вакула; овса – Абель, раннеспелый, Радужный, Славутич. В загущенных посевах на торфяниках овес и ячмень очень полегают. По данным Сарненской опытной станции, при выращивании овса на торфяных почвах прикатывание гладкими катками облегченного типа посевов в фазе кущения растений значительно увеличивало их устойчивость к полеганию и по эффективности не уступало применению таких ретардантов, как ТУР и кампозан.

Овес голозерный. Трехлетний опыт выращивания голозерного овса в условиях осушаемых почв в пойме р. Ирпень зоны Полесья свидетельствует о перспективности его выращивания. Голозерные сорта на 28 % преобладали над традиционными сортами по количеству энергии и на 68,2 % – по содержанию протеина. Это означает, что выращивание голозерных сортов овса можно рассматривать как важное мероприятие к снижению потерь на производство высококачественного белка (более 50 %). Урожайность пленочных и голозерных сортов за годы исследований изменялась в соответствии с климатическими условиями, и все же у голозерных сортов она ежегодно была выше (табл. 2.8). В среднем за три года превышение составляло до 10 %. Беспленочный овес лучше высевать в ранние сроки. Оптимальная норма посева – 6–7 млн всхожих семян на гектар. Обычно это составляет около 100 кг на 1 га на глубину 2–3 см.

Следует отметить, что голозерные сорта овса на торфяных почвах хорошо реагируют на высокое содержание азотных, фосфорных и калийных удобрений в сочетании со стимуляторами роста. При этом по высоте овес голозерный имеет хорошую выравненность травостоя, у него равномерное созревание зерен в метелке. Средняя продолжительность вегетационного периода – 86–92 дня. Кроме

того, широкое производство голозерного овса на осушаемых почвах Полесья и Лесостепи может коренным образом изменить в пользу удешевления состав рационов кормления животных, а это – реальный способ, направленный на увеличение рентабельности животноводства и использования осушаемых почв. Лучшими сортами для выращивания на осушаемых землях являются Самуэль, Соломон и др.

Таблица 2.8

Урожайность зерновых культур в зависимости от системы удобрения, пойма р. Ирпень, т в 1 га

Культура	Удобрения	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее
Рожь озимая	Без удобрений	3,0	2,85	3,1	2,98
	Гумисол	3,5	3,45	3,6	3,52
	Реаком	3,7	4,10	4,1	3,97
	P ₆₀ K ₄₅ + Реаком	5,9	5,55	5,7	5,72
	P ₆₀ K ₄₅	5,2	4,68	5,3	5,06
Тритикале озимое	Без удобрений	3,5	3,43	3,55	3,49
	Гумисол	4,1	3,95	4,0	4,02
	Реаком	4,0	3,95	4,05	4,00
	P ₆₀ K ₄₅ + Реаком	6,0	5,85	6,1	5,98
	P ₆₀ K ₄₅	5,5	5,30	5,4	5,40
Тритикале яровое	Без удобрений	2,9	2,85	2,95	2,90
	Гумисол	3,6	3,45	3,7	3,58
	Реаком	3,5	4,10	3,8	3,80
	P ₆₀ K ₄₅ + Реаком	5,8	5,55	5,7	5,68
	P ₆₀ K ₄₅	5,1	4,68	5,0	4,93
Овес	Без удобрений	1,9	1,85	2,0	1,92
	Гумисол	3,7	3,60	3,8	3,70
	Реаком	3,5	3,33	3,4	3,41
	P ₆₀ K ₄₅ + Реаком	4,7	4,53	4,6	4,61
	P ₆₀ K ₄₅	4,1	3,93	4,0	4,01
Овес голозерный	Без удобрений	1,5	1,20	1,4	1,37
	Гумисол	2,0	1,88	1,95	1,94
	Реаком	2,0	2,33	2,2	2,18
	P ₆₀ K ₄₅ + Реаком	4,0	3,88	4,1	3,99
	P ₆₀ K ₄₅	3,1	2,95	3,4	3,15

Предшественники, обработка почвы и удобрения те же, что и для пленочного овса и ячменя. Для уничтожения сорняков на посевах ячменя применяют гербициды.

Яровая пшеница на осушаемых почвах распространена достаточно мало. На торфяниках основной причиной ее низкого урожая является слабое кущение, а также из-за медленного роста в начале развития посева яровой пшеницы очень зарастают сорняками. Кроме того, у яровой пшеницы на торфяных почвах медленно развиваются корни, особенно вторичные, вследствие чего она усваивает питательные вещества значительно хуже, чем овес или ячмень.

Просо относится к теплолюбивым культурам. Незначительные весенние заморозки (1–2 °С), которые бывают очень часто на болотах, иногда почти полностью уничтожают его. Однако практика и опыты показывают, что при оптимальных сроках сева на хорошо осушенных минеральных землях или на почвах с неглубоким слоем торфа урожайность проса достигает 3,5–4,0 т на 1 га. Хорошими предшественниками для проса являются многолетние и однолетние травы, озимые зерновые и пропашные культуры.

Обработка почвы такая же, как под овес и ячмень. Наиболее урожайные сорта проса Киевское 87, Киевское 96, Новокиевское, Слобожанское. Высевают просо после пропашных культур и однолетних трав. Сев проводят, когда почва на глубине 10 см прогреется до +10–12 °С. Норма высева 25 кг на 1 га всхожих семян, что составляет около 3 500 000 зерен на гектар.

Кукурузу на торфяных почвах выращивают как на силос так и на зерно. Лучшими для кукурузы являются окультуренные торфяники и оторфованные почвы. Целинные почвы со слабо разложившимся торфом в первые годы освоения для кукурузы непригодны. Однако кукурузу можно высевать на хорошо минерализованных торфяниках и после многолетних трав. При этом важно высевать промежуточную культуру – редьку масличную и осуществлять меры борьбы с проволочником. Кукурузу размещают на хорошо осушенных площадях, где уровень грунтовых вод в посевной период был бы не выше 60 см, а в среднем за вегетацию 90–110 см от поверхности почвы.

Лучшими для получения как зеленой массы, так и зерна, являются ранние и среднеспелые гибриды Острич СВ, Буг СВ, Остер СВ, Смотрич МВ, Депутат МО, Случ СВ, Говерла СВ, Ятрань СВ, Бершадь, Коллективный 225 МВ, Петровский 169СВ, Планета 180, Кларика, Анжу 208, ДК 243, ДК 391, которые характеризуются высокой урожайностью зерна и зеленой массы.

Лучшим предшественником для кукурузы являются пропашные культуры. Обработку почвы начинают с зяблевой вспашки. Рано весной проводят дискование почвы тяжелыми дисковыми боронами, затем к севу, в зависимости от состояния почвы и засорения сорняками, дискование повторяют несколько раз, а в зависимости от влажности верхнего слоя почвы проводят прикатывание площади.

Удобрения следует вносить перед последним дискованием из расчета: K_2O – 120 кг на 1 га и P_2O_5 – 60 кг на 1 га для районов Полесья и 45 кг на 1 га – Лесостепи, а также 0,5 т в 1 га пиритных огарков, если их не вносили под предшествующие культуры. Хорошие результаты дает внесение фосфорных удобрений в строки из расчета P_2O_5 – 20 кг. Высевают кукурузу при температуре почвы 120 °С на глубину 10 см. Для Лесостепи это первая половина мая, для Полесья – вторая половина мая.

Высокая урожайность достигается путем пунктирного сева с междурядьями 70 см и посевом растений рядами через 18–20 см, а на зеленую массу расстояние между рядами уменьшают до 10–15 см. Принятую глубину заделки семян (45 см) увеличивают на сухих и распыленных почвах. Семена перед посевом протравливают Гравинитом (2,5–3,0 кг/т). Для борьбы с сорняками площади всходов боронуют легкими боронами. После появления всходов с целью поддержания посевов в чистом состоянии и профилактики избыточного увлажнения почвы междурядья регулярно рыхлят. Для уничтожения сорняков опрыскивают гербицидами Тайфун 1,62 (1 л на 1 га), Трофи 90 % (2,0–2,5 л на 1 га), Барьер (0,8–1,2 л на 1 га), Бромотрил (1,0–1,5 л на 1 га) и другие. Опрыскивание лучше проводить в фазе 3–5 листьев и повторно через 10–12 дней.

В Лесостепи с целью получения высококачественного сбалансированного зеленого корма применяют совместные посевы кукурузы с соей, а на Полесье – с кормовыми бобами и соей.

Одним из значительных резервов повышения урожайности и улучшения качества зерна является применение регуляторов роста и микроудобрений, которые повышают урожайность зерна и зеленой массы на 15–20 %, или на 0,6–1,0 т на 1 га зерна и 4,0–8,0 т на 1 га зеленой массы.

Обработку семян регуляторами роста объединяют с протравливанием семян, обработкой микроэлементами. Посевы опрыскивают с расходом рабочего раствора 250–300 л на 1 га. При посеве зерновых культур на торфяных почвах, которые бедны на микроэлементы, оптимальная доза внесения Эмистима С – 20 мл на 10 л воды на 1 т, РЕАКОМ и Гумисол – 8–10 л на 1 га. Установлено, что регуляторы роста ускоряют рост и развитие растений, возрастает их устойчивость к высоким температурам и засушливой погоде.

Кормовая свекла на осушаемых землях, в частности на торфяных почвах, способна обеспечивать урожай 100–120 т на 1 га корнеплодов. Ботва свеклы тоже пополняет запас силосных кормов и зеленой массы. Выращивать культуру можно на всех грунтах осушаемых земель, за исключением дерново-подзолистых глеевых, песчаных и супесчаных с неотрегулированным водным режимом и слаборазложившихся торфяниках. Это самая взыскательная к условиям осушения кормовая культура. При посеве уровни грунтовых вод необходимо опускать до 60–70 см, а в течение вегетации поддерживать в пределах 110–120 см от поверхности почвы. На минеральных почвах весной грунтовые воды должны быть на глубине 60–65 см и в течение вегетации – 70–90 см.

Лучшими предшественниками на торфяных почвах являются пропашные культуры, а на минеральных осушаемых – зерновые и картофель. Пласт многолетних трав является благоприятной средой для размножения проволочника, который способен полностью уничтожить плантацию этой культуры, поэтому нужно разрабатывать меры по предотвращению вредоносности проволочника.

Основная обработка почвы на торфяниках – дискование предшественника на глубину 10–12 см и зяблевая вспашка на 27–30 см. На минеральных землях стерню лущат на глубину 6–8 см и пашут на зябь на глубину 25–27 см, при мелком гумусовом слое – на глубину его залегания. Предпосевная обработка сводится к двукратному дискованию на торфяных почвах с одновременным боронованием или шлейфованием и культивацией в два следа на минеральных. Оптимальная доза внесения минеральных удобрений на торфяных почвах – в пределах $P_{45-90}K_{120-160}$. Здесь эффективно такое микроудобрение, как медный купорос – 25 кг на 1 га, если его не вносили в предыдущие 2–3 года.

Ориентировочный срок сева – это период, когда почва на глубине 10 см прогреется до +6–8 °С, в большинстве районов это конец апреля – начало мая. Однако начинать сев кормовой свеклы нужно всегда, исходя из конкретных условий хода весны. На торфяных почвах кормовую свеклу высевают с шириной междурядий 60 см, а на минеральных – 45 см. Норма высева 14–16 кг на 1 га, глубина заделки семян 2,5–3,0 см на минеральных и 3,0–4,0 см на торфяных почвах. Густота растений на время

уборки должна составлять 80–90 тыс. на гектар. Ширина междурядий и расстояние между растениями в рядке на торфяниках обоснованы многолетними исследованиями и связаны с тем, что свекла здесь формирует сильно развитую ботву, а корнеплоды способны достичь большого веса и им нужна большая площадь питания.

Люпин кормовой на осушаемых землях, особенно при выращивании на зеленую массу, является высокопроизводительной культурой. Для него пригодны осушаемые почвы – торфяные, оторфованные, минеральные, разные по кислотности и плодородию. Непригодны для него лишь карбонатные торфяники. На зеленый корм, сено, силос и зерно выращивают обычно желтый кормовой люпин. Семена люпина прорастают при температуре 4–5 °С, всходы способны перенести заморозки –4–5 °С. Оптимальные уровни грунтовых вод в начале вегетации (весна) – 50–55 см, в летние месяцы 85–90 см.

Лучшие сорта для выращивания на осушаемых почвах – Луч, Владимир, Индустриальный, Лидер. Способ сева – сплошной строчный, норма высева 1,2–1,4 млн семян, или 160–170 кг на 1 га, на зеленую массу – 140–160 кг на 1 га. Глубина заделки семян 3–4 см. На зеленую массу люпин кормовой собирают в фазе бутонизации – полного цветения, на силос – в фазе сизых бобов, на зерно – когда 90–95 % растений находятся в фазе бурых бобов.

Бобы кормовые на осушаемых почвах дают высокую урожайность как зерна, так и зеленой массы. Высота растений достигает 1,5–1,8 м. Они хорошо облиственные и сочные, неполегающие. Можно выращивать на торфяных и оторфованных почвах. Молодые растения кормовых бобов довольно легко переносят заморозки 3–5 °С. Семена начинают прорастать при температуре 3–4 °С, что довольно важно при выращивании их на осушаемых почвах. Лучшие условия роста и развития кормовых бобов создаются при влажности почвы 65–70 % ПВ, что соответствует глубине залегания грунтовых вод на уровне 60–65 см весной и 100–110 см в среднем за вегетацию.

Лучше кормовые бобы размещать после пропашных, конопли, озимых зерновых, которые шли по пласту многолетних трав. После зерновых предшественников дискуют с одновременным прикатыванием и последующей вспашкой на глубину 30–35 см. После пропашных предшественников пахут на ту же глубину. Предпосевную обработку почвы проводят дискованием почвы 1–2 раза, внесением удобрений и прикатыванием и оставляют до весны. Во всех остальных случаях предпосевную обработку осушаемых почв в том же объеме проводят весной, когда почва прогреется до 2–4 °С на глубину 10–12 см. В полесских районах вносят P₄₅K₁₂₀, а в Лесостепи – P₄₅K₉₀. На кислых почвах необходимо вносить 2–3 т извести на 1 га. Также хорошо реагируют кормовые бобы на медные удобрения – медный купорос (20–25 кг на 1 га), пиритный огарок (500 кг на 1 га), бордатолит (60 кг на 1 га). Наиболее продуктивным способом сева является широкорядный (45 см).

Уход за посевами заключается в 2–3-разовом бороновании до появления всходов, которые появляются на 8–9-й день, а в холодную и дождливую весну – на 15–19-й день. Все последующие операции заключаются в междурядной обработке почвы. Сбор урожая зерна проводят отдельным способом в начале пожелтения нижних плодов, оставляя стерню на высоте 20–25 см. Сбор урожая на силос проводят в период молочно-восковой спелости зерна, вместе с зеленой массой кукурузы, подсолнечника и др.

Вико-овсяную и *вико-гороховую* смеси сеют обычным рядовым способом в конце апреля. Норма высева семян овса – 50–60 кг на 1 га, вики – 90–100 кг на 1 га. Посевы обязательно укатывают болотными катками. Урожай овсяных смесей собирают во время цветения бобовых компонентов.

Кроме упомянутых культур, на осушаемых землях практикуют посевы кукурузы с соей, кукурузы с суданской травой, кукурузы с подсолнечником. Норма высева кукурузы в нем составляет 50–70 кг на 1 га, сои – 20 кг на 1 га, суданской травы – 5 кг на 1 га, подсолнечника 10–15 кг на 1 га. Если семена кукурузы и сои высевают в один прием, то суданскую траву и подсолнечник высевают в междурядья после всходов кукурузы. Способ сева кукурузы и ее смеси с соей – пунктирный, с шириной междурядий 60 см.

Озимая сурепица – более зимостойка и менее требовательна к плодородию почвы. Она раньше рапса отрастает весной, поэтому ее необходимо использовать в первую очередь. Сурепка влаголюбива, но на переувлажненных почвах не растет. Хорошо развивается на нейтральных и слабокислых почвах. Норма высева в чистом виде 10–12 кг на 1 га, а в смеси ее уменьшают примерно в два раза. Кормовая спелость наступает в фазе бутонизации. Предшественниками для рапса и сурепки на торфяно-болотных почвах являются овес, кукуруза на зеленый корм. Ценной кормовой культурой является редька масличная, агротехника которой подобна агротехнике других капустных.

Промежуточные культуры – редьку масличную, горохо-овсяную смесь рекомендуется выращивать для осеннего использования, для ранневесеннего – смеси озимой сурепицы или рапса с рожью, для летнего – кукурузу и ее смеси с амарантом и подсолнечником на зеленый корм.

Подготовка почвы под промежуточные культуры включает следующие работы: после проведения второго укоса трав (не позднее третьей декады июля) дернину фрезуют, высушивают в течение трех-четырех дней, дискую в два следа на 10–12 см и укатывают (до и после посева). Перед последним дискованием вносят минеральные удобрения (P₃₀K₆₀). Затем не позднее 5 августа высевают промежуточные культуры с нормой посева редьки масличной 13–15 кг/га, гороха-овса – 230/80, озимой смеси с рожью 10/80, редьку или сурепицу высевают с травяного ящика сеялки, горох-овес и рожь – с зернового.

Промежуточные культуры собирают в период 25–30 сентября, смеси озимой сурепицы с рожью весной – 15–20 мая. После сбора этой смеси и проведения двукратного дискования на 10–15 см достаточно эффективно выращивать летние промежуточные смеси кукурузы с подсолнечником и амарантом. Норма посева составляет: кукуруза-амарант – 30/0,5 кг на 1 га; кукуруза-подсолнух – 30/4; кукуруза-подсолнух-амарант – 20/4/0,3 кг на 1 га. Кукурузу с подсолнечником следует сеять по схеме: два ряда кукурузы, ряд подсолнечника, другие смеси – черзрядно с шириной междурядий 60 см. Удобрения вносят перед последним дискованием в расчете P₄₅K₆₀.

Сбор промежуточных культур начинают с наступлением фазы выброса соцветия, когда качество корма самое высокое и накопление зеленой массы достаточное.

Клевер гибридный – ценная кормовая культура, используется в травосмеси при улучшении сеенокосов и пастбищ на переувлажненных почвах. Она менее требовательна к почве, чем клевер луговой, может расти на тяжелых глинистых переувлажненных кислых почвах. Не переносит легких почв, выдерживает затопление до 46 дней. Более устойчива к затоплению на второй год жизни. Клевер гибридный обычного весеннего посева, зацветает в первый год жизни и при благоприятных условиях в этом же году может дать семена. На пастбищах и лугах он более долговечен, чем в полевых условиях, на осушаемых торфяниках может сохраняться 3–5 лет. При интенсивном использовании эту культуру можно выращивать 1–2 года, а на семена можно использовать только один год. Период жизни клевера гибридного в культуре можно продолжить путем скашивания в фазе бутонизации или в начале цветения. Клевер гибридный – хорошее медоносное растение, его успешно опыляют домашние пчелы. С 1 га посева клевера можно собрать 100–125 и более килограммов меда. Для выращивания на осушаемых почвах пригодны такие сорта: Даубяй, Розовый-27, Яготинский-5. На осушаемых минеральных почвах высевать клевер гибридный можно как под покровную культуру, так и без нее, с учетом погодных и хозяйственных условий. Лучшие покровные культуры – пшеница и ячмень.

На лугах и пастбищах, расположенных на торфяных и влажных почвах, богатых перегноем, где возможно полегание покровных культур, вносят калийно-фосфорные удобрения, в частности по 120 кг на 1 га K₂O и 45 кг на 1 га P₂O₅.

Семена заделывают на глубину 1,0–1,5 см на тяжелых почвах, на более легких – на 2,0–2,5 см. Способ сева клевера гибридного обычный рядовой, с шириной междурядий 15 см или сплошной. Норма посева семян 10–12 кг на 1 га. Для борьбы с однолетними двудольными сорняками применяют гербициды, такие как базагран (1 кг на 1 га) или его смесь с 2М-4Х (0,51 кг на 1 га действующего вещества). Вносят гербициды в фазе 2–4 листа.

В условиях торфяно-болотных почв чистые посева клевера гибридного обеспечивают урожайность сена до 12 т на 1 га. По смешанным посевам клевера гибридного (7 кг на 1 га) и овсяницы луговой (4 кг на 1 га) можно получать 14–15 т на 1 га высококачественного сена. Хорошо обеспеченные азотом и влагой торфяные почвы дают значительно большие урожаи, чем минеральные. Особенно высока урожайность у холодостойких культур: капусты, столовой свеклы, моркови, редиса, лука и др. (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Урожайность овощных культур на осушаемых почвах, пойма р. Ирпень, т на 1 га

Культура	Удобрения	2011 г.		2012 г.		2013 г.		среднее	
		корни	ботва	корни	ботва	корни	ботва	корни	ботва
Морковь столовая	без удобрений	26,5	18,0	28,8	19,5	27,0	19,0	27,4	18,8
	Гумисол	34,5	22,5	33,9	25,8	35,5	24,0	34,7	24,1
	Реаком	35,5	24,5	31,4	18,9	35,0	21,0	34,0	21,5
	P ₄₅ K ₁₅₀ +Реаком	55,6	30,5	54,2	31,5	56,0	32,0	55,3	31,3
	P ₄₅ K ₁₅₀	50,8	30,9	48,6	24,8	51,5	28,5	50,3	28,1
Свекла столовая	без удобрений	32,0	24,0	31,9	29,0	32,5	27,0	32,1	26,7
	Гумисол	36,6	34,5	35,7	36,0	37,0	35,5	36,5	35,3
	Реаком	36,0	34,0	37,1	35,5	36,5	34,4	36,6	34,6
	P ₄₅ K ₁₅₀ +Реаком	57,8	44,5	55,8	43,5	58,0	45,0	57,2	44,3
	P ₄₅ K ₁₅₀	52,3	45,5	51,9	47,5	52,5	46,6	52,3	46,5

Капуста поздняя на осушаемых почвах пригородных хозяйств всегда занимала большие площади, так как считается здесь одной из основных культур. Она хорошо растет при температуре воздуха +15–18 °С и выдерживает заморозки, губительные для многих других овощных культур. Лучшими гибридами капусты на торфяных почвах являются поздние и среднепоздние Килагрег F1, Куизор F1, Пруктор F1, Агрессор F1, Анкома F1, Новатор F1.

Самые оптимальные для капусты – торфяные почвы со средним и глубоким слоем торфа, она требовательна к обеспечению влагой. Позднюю капусту лучше размещать после пропашных культур или однолетних трав. С целью предотвращения распространения килы не следует высаживать капусту на одной площади раньше, чем через шесть лет. Обработка почвы начинается с зяблевой вспашки на глубину 25–28 см или осеннего дискования.

Удобрения вносят на торфяных почвах из расчета $P_{60-90}K_{120-180}$ в зависимости от наличия питательных веществ в почве и запланированной урожайности. На площадях с неглубоким слоем торфа и сильно минерализованных нужно вносить также азотные удобрения N_{45-60} .

Капусту выращивают рассадным и безрассадным способом. При безрассадном способе выращивания посев в открытый грунт проводится во второй декаде апреля широкорядным способом с шириной междурядий 60–70 см. В рядке после прореживания растения должны быть через 30–35 см друг от друга. Норма высева семян 1,5–1,8 кг/га, глубина заделки в почву 23 см. Рассаду высаживают в конце мая – начале июня в свежеработанный грунт рассадно-посадочными машинами СКН-6, СКН-6А. Ширина междурядий 60–70 см, расстояние между растениями должно быть 40–50 см.

С гербицидов против одно- и двудольных сорняков применяют Дуал Голд – 1,6 л на 1 га перед посевом или посадкой рассады капусты, сразу заворачивая его зубowymi боронами, Фюзилад Форте 150 ЕС – 0,5–1,0 л на 1 га действующего вещества вносят на 8–14-й день после высадки рассады капусты (в фазе 2–4 листьев у сорняков), а при безрассадном способе выращивания – в фазе 3–4 настоящих листьев, можно опрыскивать по вегетирующей культуре (при высоте бурьянов 10–15 см). После укоренения рассады проводят обработку междурядий – первый мелкий, лучше фрезерным культиватором, следующие два-три – на глубину 10–12 см, все последующие – чтобы не обламывались листья капусты. Очень важной в уходе за посевами является борьба с вредителями – блошками, тлей, иланом и др., меры борьбы с ними общепринятые. Увлажнение посевов капусты с помощью дождевания всегда эффективно, особенно в первый период после высадки рассады и в период интенсивного нарастания листьев. Собирают капусту в октябре, следя за тем, чтобы не потрескались головки. При этом применяют уборочные платформы и комбайны различных модификаций.

Морковь столовая, выращенная на торфяных почвах, имеет не худшие вкусовые и качественные показатели, как и на минеральном. Она хорошо хранится, ее используют не только на продовольственные, но и на кормовые цели. Лучшими гибридами для выращивания на торфяных почвах являются гибриды нантского сортотипа – Дордонь F1, Рига F1, Чемпион F1, Монтана RS.

Для выращивания моркови подходят осушаемые торфяные почвы со средним и глубоким слоем торфа, торфяники с наносами песка, близким залеганием глеевого горизонта, слоями горелого торфа менее пригодны. Оптимальный уровень грунтовых вод во время сева должен составлять 60–70, а в период вегетации 80–90 см от поверхности. Лучшие предшественники – одно- и многолетние травы, картофель. Можно размещать ее и после озимых зерновых. Обработка почвы включает зяблевую вспашку на глубину 27–30 см, а весной проводят дискование в два следа и сразу же (без рыва во времени) – прикатывание. Удобрения вносят весной под предпосевное дискование из расчета $P_{60-90}K_{120-150}$, азотные удобрения – на минеральных осушаемых почвах N_{60-90} , вместе с основным удобрением целесообразно вносить по 25–30 кг на 1 га медного купороса.

Сроки сева моркови приходятся на период, когда почва прогревается до 7–8 °С на глубине 10 см. Как правило, это период со второй декады или второй половины апреля и до конца первой декады мая. Слишком ранние сроки сева не оправданы, потому что семена долго не прорастают, а почва уплотняется и зарастает сорняками. Не менее важным в определении сроков сева является увлажнение почвы. В сухую весну целесообразнее высевать морковь рано, при достаточной влажности можно позже, но не позднее первой декады мая. Лучше высевать морковь широкополосным способом, где ширина полосы 18–20 см и расстояние между серединами полос 60 см. Норма высева калиброванных семян из расчета 70 % всхожести 5,0–5,5 кг на 1 га, а при широкорядном (ширина междурядий 45–60 см) 23 кг на 1 га, глубина заделки 1,5–2 см. При уходе за посевами можно использовать те же гербициды, что и на капусте, а при усиленном нарастании ботвы, когда начинает краснеть корнеплод, проводят рыхление междурядий долотообразными лапами (2–3 раза за вегетацию).

Свекла столовая на торфяных почвах обеспечивает высокую и стабильную урожайность; можно высевать такие гибриды и сорта: Болгарди, Бордо, Деликатесный, Фаро, Красный шар, Темно-

червоный. Подготовка почвы аналогичная, как для моркови. Удобрения вносят в зависимости от планируемой урожайности корнеплодов в пределах $P_{60}K_{120-150}$. Высевают столовую свеклу широкорядным способом с шириной междурядий 50–60 см. Расстояние в ряду между растениями 6–8 см. Заслуживает внимания широкополосный способ посева с расстоянием между полосами 60 см с шириной полосы 18–20 см. Сев проводят при прогревании почвы на глубине 10 см до $+6-7^{\circ}C$. Глубина заделки семян 2–3 см. Норма высева при широкорядном способе 12–13 кг на 1 га, а при широкополосном 20 кг на 1 га.

Картофель, выращенный на торфяных почвах, как правило, отличается более низкими вкусовыми качествами и меньшим содержанием сухого вещества и крахмала, чем на минеральном грунте, поэтому рекомендуется клубни, выращенные на торфяных почвах, использовать в первую очередь, как посадочный материал для минерального грунта и на корм скоту. Хороший урожай картофеля дает на торфяных слабокислых почвах Полесья. Засоленные почвы Лесостепи непригодны для картофеля, на них быстро происходит вырождение клубней. Оптимальный водный режим для картофеля создается уровнем грунтовых вод 100–110 см от поверхности почвы. Даже кратковременное переувлажнение почвы резко снижает урожайность клубней. Картофель в севообороте лучше размещать после многолетних трав. Можно высаживать его после картофеля или зерновых культур.

Обработка почвы под картофель после многолетних трав начинается с зяблевой вспашки болотным плугом. В случаях, когда дернина прочная, перед вспашкой применяют фрезерование болотной фрезой. Глубина вспашки на 30–35 см проводится на слаборазложенных почвах и на 25–27 см – на хорошо разложенных. Весной перед посадкой после внесения удобрений площадь дискуют в один-два следа после многолетних трав без зубовых борон. Вслед нужно провести прикатывание без воды. В случаях переувлажнения почвы прикатывание можно не проводить. Удобрение $P_{45}K_{120-150}$ в зависимости от наличия питательных веществ в почве вносят весной перед дискованием площади. Высаживают картофель, когда почва на глубине 10 см прогреется до $8^{\circ}C$. В Лесостепи это в основном приходится на конец апреля, а на Полесье – на первую декаду мая. Основной способ посадки полугребневый с расстоянием между рядами 70 см и между растениями в ряду 20–25 см. Густота насаждений 55–60 тыс. растений на 1 га при уборке на кормовые цели и 60–70 тыс. – на семенных площадях – основное условие получения высокого урожая.

Первое дождевое рыхление целесообразно начинать на 5–7-й день после посадки. Следующие боронования легкими боронами проводят по мере прорастания сорняков, с периодическим рыхлением почвы культиваторами и окучиванием кустов.

С применением гербицидов на посевах картофеля нужно соблюдать сроки и нормы внесения препаратов, необходимо окончательно устанавливать, учитывая рекомендации на упаковке или таре.

На торфяных почвах, особенно в условиях повышения влажности и температуры воздуха, картофель часто повреждается фитофторой. Для предотвращения этого посевы нужно начинать обрабатывать рано, когда растения вырастают на 10–15 см, препаратом Чемпион – 2,5–3,0 л на 1 га. Следующие обработки повторяют с интервалом 10–14 дней. Для уничтожения колорадского жука используют инсектициды, которые являются разрешенными для использования (согласно перечню пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к использованию в Украине).

Сбор картофеля начинается в период отмирания ботвы, что для ранних сортов приходится на август, а средних – сентябрь. Собирают урожай картофелеуборочными комбайнами.

Наукой и производственной практикой доказано, что на мелиорированных землях гумидной зоны можно выращивать технические культуры, в частности сахарную свеклу, лен и коноплю.

Сахарную свеклу размещают преимущественно на минеральных осушаемых почвах с хорошо отрегулированным водным режимом. Агротехника выращивания их здесь такая же, как и на богарных землях. Размещают их также на хорошо осушенных и окультуренных почвах с хорошо разложенным торфом. Сеять сахарную свеклу лучше после стерневых и пропашных культур не ранее, чем третьей культурой после распашки многолетних трав. Для хорошего роста корней нужно создать глубокий пахотный слой, поэтому зяблевая вспашка проводится на глубину 30–35 см. Разработку пласта проводят весной, когда верхний слой оттает на глубину 10–12 см. Перед последним проходом дисковых борон вносятся минеральные удобрения из расчета $P_{60-90}K_{120-150}$. Высевают сахарную свеклу преимущественно в ранние сроки, при прогревании почвы на глубину 10 см до $+6-7^{\circ}C$. Прикатывание почвы обязательно до и после посева. Норма высева – как для богарных почв.

Лен. Для выращивания наиболее пригодны осушенные дерновые, дерново-подзолистые супесчаные и суглинистые почвы. Из торфяных почв пригодны торфяно-глеевые, которые имеют глубину торфяного слоя до 0,5 м, а также слабокислые мелкоторфяные почвы с глубиной торфа до 1 м. Непригодны для выращивания льна недостаточно осушенные земли, замкнутые низины, а также огле-

енные почвы с содержанием закиси железа более 4 мг на 1 кг абсолютно сухой почвы. На старопашотных глубоких торфяниках, где есть избыток легкорастворимого азота, лен полегаёт, растения имеют грубый стебель и волокно низкого качества. Грунтовые воды на посевах льна следует поддерживать на глубине 60–65 см во время сева и 80–90 см в период вегетации.

Необходимым элементом интенсивной технологии выращивания льна-долгунца является многопольный севооборот, в котором лен возвращается на то же поле не раньше, чем через шесть-семь лет. Это способствует борьбе с фузариозом, который на практике еще называют «льнопереутомлением». На минеральных землях лучшими предшественниками для льна являются зерновые, которые высевались по пласту многолетних трав, или унавоженные пропашные культуры.

Основная обработка почвы зависит от предшественника. Почву под лен готовят по типу полупара. Вслед за уборкой предшественника проводят лущение стерни на 68 см, а через 8–10 дней – вспашку на глубину 20–22 см. В течение осени проводят 3–4 культивации для уничтожения сорняков. Перед наступлением морозов поле разрыхляют плоскорезом на глубину 20–22 см. Предпосевную культивацию проводят в два следа на глубину 5–7 см.

Сеют лен по мере созревания почвы, когда он хорошо разрабатывается, несмотря на температуру почвы. Норма высева устанавливается в зависимости от сорта. Высевают узкорядным способом на глубину 2–3 см при норме высева сорта С-103 23–25 млн шт. семян, сорта Лючиловский – 20–22 и сорта Томский 10 – 22–24 млн шт. всхожих семян на гектар, или 190–140 кг на 1 га.

Конопля на торфяных почвах имеет значительно более высокую урожайность, чем на минеральных землях. Для ее выращивания подходят хорошо осушенные торфяные почвы со слоем торфа глубиной не менее 1 м. Высевают коноплю при прогревании почвы на глубине 10 см до +10–12 °С, что приходится на конец первой декады мая. Лучшими предшественниками являются пропашные культуры.

В севообороте коноплю размещают второй культурой после многолетних трав, когда интенсивно происходит минерализация дернины и почва обогащается минеральным азотом. Лучшей обработкой почвы является зяблевая вспашка на глубину 30–35 см с весенней разработкой пласта дисковыми боронами. Под предпосевное дискование вносят минеральные удобрения из расчета Р₆₀₋₉₀К₉₀₋₁₂₀. Конопля хорошо реагирует на внесение борных микроудобрений нормой 1,5 кг/га бора в виде борно-доломитового удобрения.

Сеют коноплю узкорядным способом, однако при выращивании ее на семена лучшие результаты дает ленточный способ посева с расстоянием между лентами 60 см и между строками – 15 см. Семена заделывают в почву на глубину 4–5 см. Норма высева зависит от сорта, способа посева и назначения конопли. При выращивании ее на волокно и семена весовая норма высева составляет 100–120 кг на 1 га, а при выращивании только на волокно – 120–150 кг на 1 га при 100%-ной хозяйственной годности (соответственно 5,5–6,0 и 6,0–7,0 млн семян на гектар).

Соя. Большое содержание белка и чрезвычайная его сбалансированность по аминокислотному составу делают сою прекрасным заменителем продуктов животного происхождения в питании как человека, так и животных. Самыми лучшими почвами для выращивания сои являются дерновые, дерново-подзолистые супесчаные и суглинистые. Из торфяных почв пригодны торфяно-глеевые, которые имеют глубину торфяного слоя до 0,5 м, а также слабокислые мелкоторфяные почвы с глубиной торфа до 1 м и осушаемые органогенные почвы мощностью более 1,5 м. Самые лучшие для выращивания на осушаемых почвах сорта Киевская 98, Киевская 27, Чернятка, Устье, Елена, Анжелика, Легенда, Ворскла, Васильковская.

Лучшими предшественниками для сои являются одно- и многолетние травы, озимые зерновые, однолетние культуры. Технология выращивания сои включает дискование на глубину 10–12 см (после многолетних трав в два следа) или фрезерование дернины, зяблевой вспашки на глубину 25–27 см с последующим дискованием. Предпосевная подготовка включает уплотнение почвы водоналивными катками до и после посева. Сою на зерно и корм сеют широкорядным способом с междурядьями 0,7 м. Норма высева сои составляет 700 тыс. всхожих семян на 1 га на глубину 3–5 см. Сеять сою начинают, когда почва на глубине заделки семян прогреется до 12–14 °С, ориентировочно это первая декада мая, допустимый срок до 20 мая. В более поздние сроки сева на осушаемых почвах она не созревает.

Уход за посевами заключается в 1–3 довсходовых боронованиях: первое – через 4–5 дней после посева, второе – через 8–10, третье – через 12–14 дней. Как только обозначаются строки, проводят неглубокую междурядную обработку. Послевсходовое боронование можно проводить в фазе первого настоящего листа с последующим проведением междурядных культиваций 2–3 раза фрезерными культиваторами до смыкания рядков. По гербицидной технологии не проводят до- и послевсходовых боронований и, как правило, междурядных разрыхлений. Применяют гербициды Гвардиана – 3,0–5,0 л

на 1 га, Гезагард – 3,0–5,0 л на 1 га или послевсходовый Арамо 50 – 1,0–2,0 л на 1 га, Базагран – 1,5–3,0 л на 1 га и др. Чтобы ускорить созревание, применяют десиканты Асталон 150SL – 2,0–3,0 л на 1 га, Баста 150SL – 2,0 л на 1 га.

Рапс яровой – растение умеренной климатической зоны, лучше растет в условиях длинного дня. Он относится к влаголюбивым культурам. Больше всего воды растения потребляют в период бутонизации-цветения. К почве яровой рапс не слишком требователен. Растет на всех типах осушаемых почв, но лучше для него почвы, имеющие нейтральную и слабощелочную реакцию. Сорты пригодны для выращивания на осушаемых почвах – Магнат, МВМ. Лучшими предшественниками ярового рапса являются зерновые, картофель, кукуруза, однолетние и многолетние травы. Не следует высевать после других капустных культур.

Обработка почвы после многолетних трав включает фрезерование дернины, дискование и вспашку на 25–27 см. После бесстерневых предшественников можно ограничиться одним дискованием и вспашкой на 25–27 см. Весной при физическом созревании почвы на вспаханных полях после многолетних трав дискуют в два следа, а после стерневых – боронуют с последующим прикатыванием почвы водоналивными катками.

Сеют рапс на осушаемых почвах рядовым способом с междурядьями 45 см. Глубина заделки семян 1,5–2,0 см. Норма высева семян 4–6 млн на 1 га обеспечивает на 1 м² 120–140 всходов растений рапса. Сроки сева раннего рапса – вторая-третья декада апреля. Для уничтожения сорняков в посевах используют гербициды, как довсходовые, так и по вегетирующим растениям (лонтрел 0,3–5 л на 1 га, Арамо – 1,22–3 л на 1 га, Бутизан – 1,8–2,5 л на 1 га, Трефлан – 1,5–2,0 л на 1 га, Трофи – 1,5–2,0 л на 1 га). В борьбе с вредителями проводят опрыскивание посевов инсектицидами до массового вылета пчел. Сбор урожая проводят прямым комбайнированием при влажности зерна не выше 10–14 %.

2.5. Создание и использование сенокосов и пастбищ

Одним из основных резервов кормопроизводства является укрепление кормовой базы путем создания и рационального использования сенокосов и пастбищ на осушаемых землях. Луговые травы лидируют на этих почвах по стабильности урожая, маневренности сроков уборки, универсальности использования урожая и высокой агротехнической роли в севообороте. Научно обоснованное выращивание травосмесей обеспечивает получение 60–70 т зеленой массы, или 12,0–15,0 т корм. ед. с 1 га. Луговые травы служат основным источником белкового корма для животных. Биохимические анализы показывают, что при урожайности сена 15,0 т на 1 га содержание аминокислот достигает 2 т, из них незаменимых – 0,79, в том числе лизина 0,1 т на 1 га, в то время как при урожайности кукурузы на зеленую массу 55,0 т в 1 га и кормовой свеклы 120 т в 1 га эти показатели соответственно составили 0,54 и 0,57; 0,24 и 0,18; 0,028 и 0,037 т на 1 га [9, 10, 11].

Технологический процесс выращивания кормов из трав от создания травостоя к уборке урожая и скармливания полностью механизирован, что обеспечивает получение значительного количества дешевых, по сравнению с другими кормовыми культурами, кормов. Создаются сенокосы и пастбища в кормовых лугопастбищных севооборотах или вне их методом поверхностного, а чаще – коренного улучшения. Поверхностное улучшение предусматривает применение удобрений, подсев трав на травостоях, в которых преобладают ценные кормовые травы, а коренное – вспашку, внесение удобрений и посев одновидовых трав или в травосмесях. Наиболее продуктивными для осушаемых почв являются тимopheевка луговая, костер безостый, камышевка обычная, лисохвост луговой, ежа сборная, овсяница луговая и тростниковая, бекмания обычная, мятлик луговой, клевер гибридный, луговой и ползучий, люцерна желтая. В интенсивном осушении нуждаются костер безостый и клевер луговой, длительное затопление (до 40–50 дней) выдерживают камышевка обычная, бекмания обычная, мятлик луговой, клевер гибридный.

Под сенокосы и пастбища используют луговые, дерновые и торфяные осушаемые почвы. Среди них наиболее предпочтительны торфяники. Многолетние травы на торфяных почвах имеют очень благоприятные условия для роста и развития, поскольку могут наиболее полно удовлетворить свои потребности во влаге и азотном питании. По сравнению с другими сельскохозяйственными культурами многолетние травы являются наиболее устойчивыми и надежными на осушаемых торфяных почвах благодаря меньшей своей чувствительности к заморозкам и повышенной влажности почвы. На каждую весовую единицу воздушно-сухой массы травы расходуется от 500 до 600 и более весовых единиц воды. Травы наименее чувствительны к повышенной влажности почвы. Лучший водно-воздушный режим достигается при уровнях грунтовых вод в пределах 70–90 см от поверхности.

Лучшими предшественниками для многолетних трав являются яровые зерновые, однолетние травы, ранний картофель. Часто подсевают их под покров озимых и яровых зерновых, но это не все-

гда оправдано, поскольку при уборке зерновых культур очень повреждаются растения трав [12, 13].

Обработка почвы после зерновых включает лущение стерни и вспашку. После однолетних трав и картофеля можно ограничиться дискованием. Семена многолетних трав мелкие, поэтому поле требует тщательной предпосевной обработки – шлейфования, боронования и прикатывания в два следа до и после посева. Под предпосевную культивацию на осушаемых минеральных почвах вносят полное минеральное удобрение из расчета $N_{30-60}P_{30-45}K_{45-60}$, а на торфяных – фосфорно-калийное $P_{30-45}K_{60-90}$; на железисто-карбонатных и всех глубоких торфяниках, кроме того, раз в четыре года – медный купорос по 25 кг на 1 га или пиритный огарок по 4–5 ц на 1 га.

Посевы травосмесей устойчивее, чем посевы однокомпонентные. Состав травосмесей зависит от условий увлажнения, срока и способа использования (сено, выпас, зеленая масса). При отсутствии набора семян в хозяйстве можно высевать простые трехкомпонентные смеси – с неплотно-кустовых, корневищных злаков и бобового компонента. Если отсутствуют пастбищные травы, высевают на пастбище простые смеси, увеличивая норму посева на 25 %, а при высеве трав в неблагоприятных условиях норму посева увеличивают на 20–40 %.

На осушаемых торфяниках травы лучше высевать летом беспокровно после яровых зерновых, вико-овсяной смеси на зеленый корм, раннего картофеля или овощей со второй половины июня до первой декады августа при достаточной влажности почвы. Важным условием получения полноценных всходов при этом сроке является достаточное увлажнение верхнего слоя почвы. Если верхний слой почвы подсушенный, то сев трав лучше проводить по заранее подготовленной пашне после выпадения дождя. Возможны летне-осенние (вторая и третья декада августа) и весенний (апрель – начало мая) сроки сева трав. Если сеют во второй декаде августа, то бобовые компоненты подсевают рано весной.

Оптимальная влажность почвы весной дает возможность всегда получать дружные всходы всех компонентов смеси, особенно бобовых, однако весенние посевы в первый год жизни бывают сильно засоренными, поэтому приходится подкашивать сорняки до их цветения или применять гербициды. Для летнего и летне-осеннего сроков можно использовать семена урожая текущего года. В летнее время травы высевают после рано поспевающих культур, а при весеннем сроке сеют по любому предшественнику на подготовленной с осени пашне.

Семена луговых трав высевают зерно-травяными сеялками СТЗ-3,6 с анкерными сошниками или сеялками для посева луговых трав СЛТ-3,6. Более крупные семена трав (костреца безостого, овсяницы луговой, райграса многоцветкового, ежи сборной и т. п.) заделывают на глубину 2–3 см, высевая с переднего ящика сеялки, а мельче (мятлика лугового, тимофеевки луговой, люцерны посевной, клевера лугового и белого) на глубину 1,0–1,5 см, подавая с заднего малого ящика сеялки с вынутыми из сошников семяпроводов, и заволачивают его кольцами-шлейфами с последующим прикатыванием.

Очень важно интенсивное послепосевное прикатывание. Оно обеспечивает дружные и ровные всходы трав. Иногда травосмесь приходится высевать по тщательно разработанному пласту, без предварительного выращивания однолетних культур (ускоренный метод перезалужения). Он вводится там, где выращивание однолетних культур ведет к распылению и эрозии почвы. На малоразложившихся почвах ускоренный метод неэффективен.

Подготовку почвы к посеву после целины или пласта трав начинают с проведения фрезерования в начале июля на глубину 10–12 см. Через 12–15 дней почву пашут болотным плугом на 30–35 см с полным оборотом пласта на 180° , а пашню немедленно разрабатывают дисковыми боронами до полного измельчения и прикатывают. На старопашотных площадях после однолетних культур почву пашут полевыми плугами на глубину 25–28 см, а пашню разрабатывают и прикатывают болотным катком. На чистых площадях с хорошо разложившимся торфом почву готовят одним дискованием с прикатыванием.

В отличие от однолетних культур, в которых потребление воды быстро проходит после окончания цветения, у луговых трав оно прекращается только в начале заморозков. Многолетние травы на торфяных почвах высевают в кормовых севооборотах с продолжительностью лугового периода не менее 5–6 лет в зависимости от качества травостоя. На избыточно увлажненных участках следует применять долгосрочно заложенные вне севооборота и периодически перезалуживающиеся травостой. Сеяные культурные сенокосы и пастбища создают двумя способами: ускоренным залужением (сев многолетних трав после вспашки и разработки дернины) и залужением после использования земель под однолетними культурами.

На недостаточно осушенных почвах в состав травосмеси включают влагостойкие травы: двукосточник тростниковый, мятлик болотный, лисохвост луговой, овсяницу тростниковую, полевицу

белую и клевер гибридный. На хорошо осушенных болотах с уровнем грунтовых вод за вегетационный период 80–100 см в состав травосмеси вводят костер луговой, тимофеевку луговую, ежу сборную, костер безостый, клевер луговой. Для сенокосного использования на хорошо осушенных торфяных почвах рекомендуются следующие травосмеси (с нормой высева семян первого класса, кг на 1 га): тимофеевка луговая – 6, овсяница луговая – 8, стоколос безостый – 7, клевер луговой – 5 (всего 26 кг на 1 га); тимофеевка луговая – 9, мятлик болотный – 8, клевер гибридный – 4 (всего 21 кг на 1 га).

На осушаемых почвах в поймах рек с уровнем грунтовых вод за вегетацию около 60 см при 5–6-летнем использовании на сено целесообразно высевать такие травосмеси: тимофеевка луговая – 8, овсяница луговая – 9, клевер гибридный – 5 (всего 22 кг на 1 га). На почвах, которые периодически затопляются водой на срок до 30 дней, высеваются: тимофеевка луговая – 8, лисохвост луговой – 3, двухкосточник тростниковый – 8, бекмания обычная – 3 (всего 22 кг/га). На осушаемых луговых землях рекомендуются следующие травосмеси: люцерна посевная – 6, тимофеевка луговая – 8, ежа сборная – 13 (всего 27 кг на 1 га); люцерна посевная – 6, тимофеевка луговая – 6, овсяница луговая – 8, костер безостый – 9 (всего 29 кг на 1 га). На недостаточно осушенных торфяных и минеральных землях лучшие результаты обеспечивает травосмесь, в состав которой входят: тимофеевка луговая – 6, лисохвост луговой – 5, двухкосточник тростниковый – 6, полевица белая – 4, клевер гибридный – 4 (всего 25 кг на 1 га).

При создании культурных травостоев сенокосно-пастбищного использования на торфяных почвах нужно придерживаться таких требований: первые один-два укоса травостой собирают только на сено. Это обеспечивает образование прочной дернины и хорошее развитие корневищных трав, которые дают высокие урожаи в травостоях на второй-четвертый год. Позже травостой можно использовать для выпаса скота. При этом хорошо сформированная дернина предотвращает вытаптывание трав.

Сенокосы длительного использования. Под сенокосы длительного использования также лучше отводить осушаемые торфяники. Многолетние травостои создаются на основе корневищных трав, полный жизненный цикл которых составляет 15–20 лет: костреца безостого, камышевки обычной, ежи сборной. Эти травы медленно развиваются, поэтому для получения в первые годы использования высоких урожаев необходимо к перечисленным видам сеять небольшими нормами 24 кг на 1 га семян луговых трав краткосрочного использования: клевер луговой, клевер гибридный, тимофеевку луговую и овсяницу луговую. В зависимости от степени осушения для создания сенокосов рекомендуется разный состав травосмесей:

при уровнях грунтовых вод 70–110 см от поверхности почвы: костер безостый – 6, ежа сборная – 6, овсяница луговая – 5, тимофеевка луговая – 5, клевер луговой – 4, клевер гибридный – 4 (всего 30 кг на 1 га);

при уровнях грунтовых вод меньше 70 см от поверхности почвы: двухкосточник тростниковый – 6, овсяница тростниковая – 6, бекмания обычная – 3, клевер луговой – 4, клевер гибридный – 8 (всего 27 кг на 1 га).

Луговые травостои обеспечивают высокую производительность в течение многих лет только при высоком агрофоне и соблюдении технологий их выращивания. По выпадении из культурных травостоев ценных трав необходимо подсевать в дернину существующего травостоя семена многолетних бобовых и злаковых трав. Подсев надо проводить с таким расчетом, чтобы из общего количества подсеянных трав бобовые занимали не менее 20–30 % травостоя. Для обеспечения высокой всхожести и развития трав дернину старого травостоя надо разработать лентами шириной 15–20 см.

Наибольший прирост урожайности и значительное улучшение питательности кормов обеспечивает подсев клевера гибридного. При весеннем подсеве урожайность сена увеличивается на 0,8–1,0 т на 1 га, при летнем – на 2,2–2,3 ц на 1 га, а выход протеина с одного гектара соответственно на 0,27 и 0,50 т. Подсев трав на торфяных почвах следует сочетать со внесением фосфорных и калийных удобрений [14, 15].

Многолетние травы на органогенных почвах целесообразнее высевать в смесях, которые формируют из одного-трех видов злаков и одного-двух видов бобовых. Такие смеси урожайнее, чем одновидовые посева; зеленая масса лучше сохнет на сено, а в корме содержится больше протеина и белка, к тому же во время сбора теряется меньше листовой массы, а при пастбищном использовании смеси не вызывают тимпании скота. Состав травосмеси зависит прежде всего от типа осушаемых земель, степени увлажнения и продолжительности затопления их тальми водами рано весной, а также от способов использования многолетних трав [15, 16].

При составлении травосмесей учитывают тип кущения, высоту и облиственность трав. К травосмесям для многолетнего использования включают 1–неплотнокустовых злаков (ежа сборная, овсяница луговая, тимофеевка луговая, райграс многолетний), 1–2 корневищных (костер безостый, мят-

лик луговой, овсяница красная) и клевер белый или люцерна рогатый. По массе семян в травосмеси необходимо иметь 50–60 % верховых злаков, 20–25 – низовых и 20–30 % бобовых.

Также учитывают требования трав к условиям среды – водно-воздушному, тепловому, световому и питательному режимам и реакции почвы; по биологическим свойствам – долговечность, способ размножения, типы и темпы кущения, темпы роста и отрастания, время цветения; по хозяйственным качествам – предполагаемая урожайность по годам, питательная ценность, поедание, устойчивость в травостое, реакция на удобрения, увлажнение и др. В состав сенокосных травосмесей включают злаки, в которых преобладают удлиненные вегетативные побеги, а основная масса листьев размещается в средней и верхней частях куста. Для многоукосного использования на сенаж и травяную муку сочетают верховые злаки с травами, которые имеют укороченные побеги. К смесям долгосрочного сенокосного использования подключают верховые бобовые, верховые неплотно-кустовые и корневищные злаковые травы. Чтобы обеспечить на сенокосах высокую урожайность во всех укосах, в травосмеси включают травы разных темпов развития. Такие травы, как лисохвост луговой, ежа сборная, райграс многолетний, клевер ползучий и люцерна посевная, которые быстро отрастают с весны и после стравливания, включают в состав раннеспелых травосмесей, а костер безостый и овсяницу луговую – в среднеспелые смеси. Их можно дополнять одним низовым злаком, например овсяницей красной, плевелом многолетним или мятликом луговым и клевером ползучим и гибридным.

Полевицу гигантскую, тимофеевку луговую, пырей бескорневищный, клевер луговой, которые имеют свойства медленно отрастать с весны и поздно цветут, используют для создания более позднеспелых смесей. Такой набор травосмеси обеспечивает высокую производительность, о чем свидетельствуют проведенные исследования на осушаемых торфяниках Панфильской опытной станции (табл. 2.10), при этом самой урожайной оказалась в среднем за четыре года среднеспелая травосмесь (костер безостый, овсяница луговая, райграс многолетний) после трехукосного использования с внесением $N_{90}P_{45}K_{120}$ – 10,3 т на 1 га сухой массы.

Таблица 2.10

Урожайность разноспелых травосмесей в зависимости от удобрения и режима скашивания на осушаемых карбонатных торфяниках, пойма р. Суий, среднее за 2010-2013 гг., т с 1 га

Травосмеси	Виды трав	Режим скашивания	Удобрение	Сухая масса
Раннеспелая	лисохвост луговой - 77% костер безостый - 11,5% овсяница луговая - 11,5%	трехразовое	без удобрений	6,04
			K_{90}	6,50
			$P_{45}K_{120}$	7,55
			$N_{90}P_{45}K_{120}$	8,78
	ежа сборная - 77% костер безостый - 11,5% овсяница луговая - 11,5%	четырёхразовое	без удобрений	6,31
			K_{90}	7,10
			$P_{45}K_{120}$	7,58
			$N_{90}P_{45}K_{120}$	9,60
Среднеспелый	костер безостый - 78% овсяница луговая - 13% плевел многолетний 9%	трехразовое	без удобрений	6,98
			K_{90}	7,95
			$P_{45}K_{120}$	8,67
			$N_{90}P_{45}K_{120}$	10,27
	Двукосточник обычный - 78% овсяница луговая - 13% плевел многолетний - 9%	четырёхразовое	без удобрений	5,58
			K_{90}	7,72
			$P_{45}K_{120}$	7,68
			$N_{90}P_{45}K_{120}$	9,33
Позднеспелая	тимофеевка луговая - 74% овсяница тростниковая - 16% бекмания обычная - 10%	трехразовое	без удобрений	6,12
			K_{90}	7,06
			$P_{45}K_{120}$	7,91
			$N_{90}P_{45}K_{120}$	9,76
	овсяница тростниковая - 74% тимофеевка луговая - 18% бекмания обычная - 10%	четырёхразовое	без удобрений	6,05
			K_{90}	7,51
			$P_{45}K_{120}$	7,46
			$N_{90}P_{45}K_{120}$	9,97
			$N_{90}P_{45}K_{120}$ + стимулятор роста	9,67

Пастбищное использование травостоя – интенсивный способ использования кормовых угодий. По производительности культурные пастбища на торфяных почвах при хорошем их ведении преобладают над посевами картофеля, однолетних трав и равнозначны посевам кормовой свеклы, а по выходу протеина превосходят их по низкой себестоимости кормовой единицы. При этом гектар сеяных пастбищ дает ежегодно 6–7 т кормовых единиц.

На торфяных почвах возможно создание долгосрочных пастбищ (8–10 лет) вне севооборота и краткосрочных (3–5 лет) в лугопастбищном севообороте. Осушение на пастбищах должно быть более интенсивным, чем на сенокосах. Лучшие условия увлажнения создаются, когда грунтовые воды весной держатся на глубине 60 см, а летом – на глубине 90 см. Если в травостое преобладают костер безостый или ежа сборная, то уровень грунтовых вод можно снижать до 1 м. Выпас пастбищного травостоя, созданный посевом пастбищной смеси, лучше начинать на второй год пользования со второго укоса. Агротехника создания пастбищных травосмесей такая же, как и сева трав на сено. Однако минеральные удобрения на пастбища необходимо вносить за 3–4 недели до начала выпаса травостоя.

Для создания высокопроизводительных культурных пастбищ на осушаемых торфяниках высевают травосмеси с использованием доминирующего вида злаковых трав, что достигается большей нормой посева в травосмеси этого компонента. Смеси стоит компоновать так, чтобы виды трав были близки между собой по фазам развития. Злаковые травы по этому признаку делятся на ранне-, средне- и позднеспелые. Культурные пастбища с травостоями ранних, средних и поздних сроков использования обеспечивают равномерное поступление пастбищной массы в течение длительного периода и полное поедание травы скотом. Для пастбищного использования целесообразно высевать в смеси два-три вида верховых неплотно-кустовых злаков, один вид корневищных и один-два вида бобовых трав (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Состав травосмесей и нормы посева летнего способа посева трав на осушаемых почвах, кг 1 га

Травосмеси и их компоненты	Норма посева	
	торфяные	минеральные
<i>Ранняя:</i>		
тимофеевка луговая	7	5
ежа сборная	10	9
костер безостый	8	6
клевер луговой	-	4
клевер ползучий	4	5
всего:	29	29
<i>Средняя:</i>		
тимофеевка луговая	6	7
костер безостый	7	-
овсяница тростниковая	10	5
клевер ползучий	5	5
клевер луговой	-	4
всего:	28	21
<i>поздняя:</i>		
плевел многолетний	12	12
тимофеевка луговая	6	6
костер безостый	8	-
клевер ползучий	5	4
клевер луговой	-	3
овсяница тростниковая	-	5
всего:	31	30

В первый год использования пастбища травы скашивают на сено или зеленый корм. Выпас скота начинается на второй год, когда дернина весной достаточно просохнет, а травостой достигнет высоты 12–15 см, заканчивают в фазе выколашивания доминирующих трав, а в осенний период – за месяц до наступления заморозков. Норма нагрузки на гектар культурного пастбища – 2,5–3,0 головы крупного рогатого скота по производительности пастбища 4–5 т на 1 га кормовых единиц за сезон.

Очень важно для пастбищного содержания скота правильно организовать систему водопоя, ведь дневная потребность воды на одну голову крупного рогатого скота на пастбище превышает 30–40 л. Уход за пастбищем заключается в скашивании несъеденных остатков травостоя и сорняков, а

также в разбрасывании экскрементов животных. Если на отдельных загонах несъеденная животными трава перерастает, ее необходимо обязательно скосить и собрать скошенную массу.

Незаменимым мероприятием по улучшению травостоя и увеличению производительности культурного пастбища является дождевание. Его рекомендуется проводить в засушливые периоды вегетации при опускании уровней грунтовых вод за пределы 100 см от поверхности грунта и ниже, непосредственно после первого-второго цикла выпаса. Полив следует проводить 4–5 раз нормой около 300–400 м³ на 1 га. Необходимо также обеспечивать надлежащую охрану каналов от повреждения их животными и проводить соответствующий уход за водопоями и ограждением.

Основной рационального использования пастбищ является загонная система выпаса, что дает возможность увеличить производительность пастбища на 25 % и удерживать на 30 % животных больше, чем при бессистемном выпасе. За вегетационный период на торфяных почвах бывает 5 циклов выпаса. Скот пасут 1–2 дня в каждом загоне до высоты травостоя 5–6 см, после чего проводят удаление остатков, подкормку и, при необходимости, поливают. Следует отметить, что выпас скота лучше всего проводить с помощью загонно-порционной системы с выделением электрозаборами 0,5–1,0 дневной нормы зеленой массы трав. В весенний период в результате интенсивного роста трав всегда остается площадь, где скот не пасся; на ней проводят заготовку грубых кормов на зиму. Суточный прирост массы трав уменьшается с весны до осени, поэтому предусматривают постепенное увеличение интервалов между циклами выпаса. В среднем они должны составлять в мае 18–20 дней, июне – 25, июле – 30 и в августе-сентябре – 45–50 дней. Повторный выпас (следующий цикл) проводится через 25–30 дней, когда травостой отрастут. За три недели до начала заморозков выпас прекращают. При затяжной дождливой погоде или перерастании травостоя проводят скашивание травостоя отдельных циклов для скармливания в стойлах, т. е. применяют укосно-пастбищный метод использования.

2.6. Создание биоэнергетических плантаций

Энергетическая проблема в Украине и в мире является одним из важнейших и неотложных вопросов. Ее решение тесно связано с экологическим состоянием окружающей среды, рядом социальных аспектов, экономической и политической безопасности страны. Одним из путей ее решения является альтернативная энергетика, и в первую очередь развитие отрасли добычи биотоплива. Выращивание сельскохозяйственных культур для энергетических целей отличается от традиционных технологий тем, что основной задачей является получение максимального количества биомассы, при этом качество продукции не имеет такого значения, как при производстве кормов и продовольственной продукции [5].

Благодаря специфическим условиям осушаемых органогенных почв, занимающих значительные площади земельных угодий на Полесье и в Лесостепи, они оптимально подходят для выращивания энергетических плантаций. Эти почвы хорошо обеспечены влагой и азотом и позволяют накапливать растениям мощную биомассу с умеренным внесением минеральных удобрений. Кроме того, выращивание культур сплошного посева на осушаемых землях является важным фактором экологически сбалансированного использования этих земель.

Сжигание ископаемого топлива нарушает естественный оборот и баланс углекислого газа, вследствие чего увеличивается парниковый эффект. Растения являются главным природным адсорбентом углекислого газа, поэтому выращивание растений, которые интенсивно связывают углекислый газ, производят кислород и большое количество биомассы, которую можно использовать на энергетические нужды, позволяет значительно уменьшить эмиссию CO₂. К тому же выращивание многолетних энергетических культур (мискантус, верба, тополь, сальфия пронзеннолистная, топинамбур и др.) предотвращают избыточную минерализацию торфяников и вымывание биогенных веществ в почву и воду, а в некоторых случаях и полностью останавливают эти процессы.

Важным фактором, который будет способствовать развитию биоэнергетической отрасли, выступает то, что традиционно во влажной зоне на 80 % от общей площади осушаемых земель выращивались кормовые культуры, а в связи со значительным сокращением животноводства в последние годы потребность в кормах резко уменьшилась. Поэтому, с целью эффективного использования осушаемых земель, целесообразнее выращивать на них энергетические культуры для получения твердого, жидкого или газообразного биотоплива. Однако исследований в этом направлении в отечественной науке недостаточно. Разработанные для отдельных культур технологии выращивания рассчитаны на получение качественного корма. В нашем проекте предусматривается разработка технологий получения биотоплива, то есть максимального биологического урожая, что требует уточнения технологий выращивания культур.

Научными исследованиями, которые проводились в течение 2011–2013 годов в стационарных полевых опытах на глубоких (1,8–2,0 м) осушаемых старопашотных карбонатных торфяниках, выведенных из интенсивного возделывания в пойме р. Супий в зоне Лесостепи (Панфильская исследовательская станция ННЦ «Институт земледелия НААН» Яготинского района Киевской области) и на среднемощном (1,3–1,6 м) хорошо разложенном многозольном торфянике в зоне Полесья в пределах Ирпенской осушительно-увлажняющей мелиоративной сети (Гостомельский опорный пункт ННЦ «Институт земледелия НААН») были получены данные для агроэкологической оценки почвенно-климатических условий сельскохозяйственных угодий и природных ресурсов для создания и выращивания энергетических плантаций в зоне избыточного увлажнения, исследованы агрохимические и водно-физические свойства и особенности водно-воздушного режима органогенных почв на заложенных энергетических плантациях. В результате анализа погодно-климатических и почвенных условий и влагообеспеченности осушаемых органогенных пойменных почв Лесостепи и Полесья установлено, что они полностью соответствуют требованиям плантационного выращивания высокопродуктивных энергетических культур с ежегодным получением сухой массы травянистых культур до 25–30 т с 1 га, а древесных – 23–25 т с 1 га (табл. 2.12) [17].

Таблица 2.12

Производительность энергетических культур на осушаемых органогенных почвах поймы р. Супий, среднее за 2011-2013 гг.

Культура	Вид сырья	Вид биотоплива	Урожайность биомассы, т / га	Тепло-творная способность, МДж / т	Выход биотоплива из 1 т биомассы, кг	Валовой выход энергии
Пшеница	зерно	биоэтанол	5,0	26,4	260	27,4
Пшеница	солома	пеллеты	4,0	15,0	1000	60,0
Кукуруза	биомасса	биогаз	55,0	24,0	208	250,0
Кукуруза	зерно	биоэтанол	8,0	21,1	260	43,8
Сорго силосное	сухая масса	пеллеты	12,5	17,0	1000	213,0
Мискантус	"-"	пеллеты	28,6	17,0	1000	486,0
Мальва	"-"	пеллеты	9,5	17,0	1000	162,0
Сида	"-"	пеллеты	24,0	17,0	1000	408,0
Сильфия пронзеннолистная	"-"	пеллеты	24,3	17,0	1000	413,0
Верба трёхтычинковая	"-"	пеллеты	24,7	18,0	1000	445,0
Верба энергетическая	"-"	пеллеты	23,4	18,0	1000	421,0

Быстрорастущие биоэнергетические плантации – это участки земли, где насажены однолетние (кукуруза, сорго силосное, мальва, клещевица и др.) и многолетние (мискантус, сильфия пронзеннолистная, топинамбур, сорго многолетнее и др.), травянистые культуры, накапливающие мощную биомассу, или древесные породы (ива, тополь и др.), которые быстро растут в начальный период (до 3–4 лет), а также интенсивно вегетируют ростками из пеньков – после сбора наращенной биомассы. Выбор культуры для создания энергетической плантации зависит от вида сырья, которое необходимо получить, типа почвы, влагообеспеченности, экономических расчетов и т. п.

Технология выращивания травянистых биоценозов мало чем отличается от существующих для кормопроизводства, она лишь обеспечивает максимальное накопление биомассы без учета показателей качества корма.

Технология плантационного выращивания древесных культур на энергетические цели требует значительного уточнения. Энергетическая верба и тополь имеют очень высокий прирост (почти в 14 раз больше, чем лес, растущий естественно). Вербу высаживают весной, хотя проведенные нами исследования на осушаемых торфяниках показывают, что высаженная прутьями верба осенью полностью приживается, что очень важно для растягивания закладки плантаций по их выращиванию. Прутья нужно сажать в почву не менее чем на 20–25 см, чтобы уберечь молодые растения в начальный период от пересыхания верхнего слоя почвы. Наивысшую урожайность растений обеспечивает посадка полосами по схеме 0,7 x 1,0 м. Ширина полос должна учитывать ширину техники по первоначальному уходу за энергетическими культурами и уборке урожая.

Самым эффективным способом основной обработки почвы при закладке плантаций вербы является ее высадка в борозды, пропаханные плугом, с площадью питания 0,9 x 0,7 м и сбора урожая один раз в два года. Основная обработка органогенных почв для однолетних культур аналогична выращиванию на кормовые цели. Лучшие сроки уборки урожая биомассы древесных культур – зимние месяцы.

Производство биотоплива – трудоемкая и очень затратная отрасль энергетики, нужны большие средства не только для закладки плантаций и на уход, но и на технологии переработки и использования биотоплива, но именно она может обеспечить:

– значительное повышение энергетической стабильности и безопасности Украины, экономической эффективности использования земельных ресурсов гумидной зоны и инвестиционную привлекательность Полесского региона;

– природоохранное использование торфоболотных угодий, увеличение площадей земель с природными ландшафтами, достаточными для сохранения биологического разнообразия;

– уменьшение деградационных процессов осушаемых почв, загрязнение грунтовых и речных вод и улучшение водного баланса территории государства.

Итак, в государственном бюджете Украины следует предусматривать средства для финансирования биоэнергетической отрасли. Кроме того, производство биотоплива может быть интересным и для частного инвестирования при разработке мер, регламентирующих этот вид деятельности.

2.7. Выращивание сельскохозяйственных культур в системе органического земледелия на осушаемых землях

В отечественной сельскохозяйственной науке в последнее время достаточно подробно изучались способы интенсивного ведения земледелия на осушаемых землях, базировавшихся на применении широкого спектра промышленных видов удобрений, различных химикатов, использование которых для органического производства неприемлемо. Современное состояние обеспечения потребностей человека продовольственной продукцией требует обоснования теоретических основ ведения органического земледелия и разработки на этой базе технологий производства продукции, свободной от вредных примесей. Это одно из важнейших задач сельскохозяйственной науки, решение которой невозможно без комплексного системного подхода.

Актуально и перспективно в решении проблемы органического производства продовольствия и кормов использование потенциала осушаемых почв за счет максимального вовлечения природных биологических источников питательных веществ – применение побочной и сидеральной продукции растениеводства (соломы, стерни, корневых остатков) путем непосредственного внесения в почву или компостов; использование органо-минеральных биоактивных удобрений; улучшение агрохимических и агрофизических свойств торфяного грунта путем привлечения подпахотного минерального слоя, богатого питательными веществами. Проведение этих и иных агротехнических мероприятий позволяет без внесения промышленных удобрений получать в системе органического земледелия экологически чистую продукцию растениеводства с достаточно высоким уровнем урожайности и рентабельности на осушаемых хорошо минерализованных старопашотных органомных почвах. Были проведены исследования эффективности использования подпахотного минерального слоя почвы, органических и микроудобрений, обеспечивающих получение экономически оправданной продуктивности сельскохозяйственных культур (ржи озимой и гречихи) при ведении органического производства.

Оптимизация производства органической продукции на мелиорированных землях в значительной степени определяется регулированием водного режима почвы и агромелиоративными мероприятиями, разработанными для интенсивных технологий выращивания сельскохозяйственных культур. Разный питательный и водный режимы почвы зависят от способа обработки почвы и удобрения и существенно влияют на урожайность сельскохозяйственных культур. Исследованиями, проведенными в ННЦ «Институт земледелия НААН» в течение 2011–2013 гг., установлено (табл. 2.13), что наивысшую урожайность зерна ржи озимой (6,5–7,0 т с 1 га) получили при вспашке на 25–27 см и плантажной пахоты на 55 см с внесением биоудобрения Гумифилд. Подобную зависимость имели и на посевах гречихи лишь при обычной вспашке на 25–27 см и внесении Гумисол или Гумифилд с микроудобрениями (2,8–3,0 т с 1 га). Внесение органических препаратов Гумисол и Гумифилд способствовало приросту урожайности ржи озимой на 25–30 %. Посевы гречихи по-другому реагировали на внесение органических удобрений, хороший эффект имели как при внесении Гумифилда (прирост урожайности составлял 19–30 % против контроля), так и при внесении Гумисола (20–31 %).

Важными показателями в разработке технологических мероприятий по выращиванию сельскохозяйственных культур для ввода органического земледелия на осушаемых торфяных почвах являются содержание питательных веществ в растениях в период их вегетации и качество полученного урожая культур. Проведенные исследования показывают, что содержание биогенных веществ в растениях не превышало допустимых концентраций в фазу цветения и колошения ржи. Можно лишь отметить, что содержание калия в растениях ржи озимой при дисковании, вспашке обычной и плантажной на 55 см увеличивается при внесении полного минерального удобрения.

При органическом земледелии показатели качества полученного зерна ржи и гречихи первостепенны. Установлено, что зерно ржи и гречки, полученное на осушаемых торфяных почвах, полностью соответствует требованиям пищевого качества, ни один элемент не превышал показателей пре-

дельно допустимых концентраций. Можно лишь отметить, что содержание в зерне ржи и гречки сырого протеина и сырого белка росло от полей без внесения удобрений к посевам с внесением органических удобрений и наибольшие показатели имели при внесении полного минерального удобрения.

Таблица 2.13

Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на урожайность ржи озимой и гречки, пойма р. Сугий, 2011-2013 гг.

Обработка почвы	Удобрения	Рожь озимая	Гречка
Дискование на 8-10 см	без удобрений	3,40	2,02
	Гумисол	4,67	2,43
	Гумифилд	4,37	2,63
	Гумифилд + микроудобрения	4,95	2,85
	N ₄₅ P ₄₅ K ₁₂₀	5,96	2,78
Вспашка на 25-27 см	без удобрений	4,49	2,35
	Гумисол	5,50	2,99
	Гумифилд	5,61	3,13
	Гумифилд + микроудобрения	6,13	3,72
	N ₄₅ P ₄₅ K ₁₂₀	6,99	3,17
Плантажная вспашка на 55 см	без удобрений	5,05	2,23
	Гумисол	5,61	2,93
	Гумифилд	5,80	2,88
	Гумифилд + микроудобрения	6,99	3,11
	N ₄₅ P ₄₅ K ₁₂₀	7,16	2,99
Плантажная вспашка на 65 см	без удобрений	4,23	2,29
	Гумисол	5,12	2,71
	Гумифилд	5,68	2,73
	Гумифилд + микроудобрения	5,58	3,05
	N ₄₅ P ₄₅ K ₁₂₀	6,04	2,82

Урожайность пропашных культур – моркови столовой и свеклы столовой при внесении препарата Гумисол в 2011–2013 гг. была 38–44 и 40–45 т на 1 га соответственно. Морковь столовая обеспечила достаточно хорошие показатели при внесении Гумисола, и ее урожайность, по сравнению с участками без удобрений, была выше на 20–25 %. Внесение препарата органического происхождения Гумисол улучшало показатели качества выращенного урожая. Так, у пропашных культур (свекла столовая, морковь столовая) после внесения Гумисола снижалось содержание нитратов на 25–35 %.

Внесение препаратов органического происхождения на осушаемых органогенных почвах повышает урожайность сельскохозяйственных культур, особенно зерновых, в 1,5–1,9 раза, показатели качества продукции на 1,3–1,5 %, снижает содержание нитратов в пропашных культурах на 20–30 %.

2.8. Почвозащитные мероприятия

Органогенные почвы после осушения и последующего сельскохозяйственного использования существенно меняют свои свойства и становятся уязвимыми к развитию деградационных процессов, особенно там, где не соблюдаются рекомендованная структура посевных площадей, севооборотов, оптимальных систем обработки и водного режима почвы. Первое место в ряду этих деструктивных процессов по масштабам проявления и последствиям занимает ветровая эрозия, которая на осушаемых торфяных почвах проявляется в виде пыльных бурь преимущественно в весенний период, когда почва еще не защищена растительным покровом, а верхний высушенный слой разрыхлен обработкой. Реже пыльные бури возникают в летний и осенний периоды, когда проводится обработка почвы под сев многолетних трав и озимых культур.

Систему мер по предотвращению эрозии торфяных почв разрабатывают на основе существующих рекомендаций и включают в проекты мелиоративных систем и проекты землепользования. Наряду с ветровой эрозией можно назвать ускоренную минерализацию органического вещества торфяных почв. Противоэрозионные мероприятия и меры предотвращения ускоренной минерализации во многом совпадают, и поэтому их целесообразно рассматривать в комплексе.

Основные меры использования мелких торфяников – исключительно под посевы многолетних трав с перезалужением через каждые 5–7 лет. В севооборотах на средних и глубоких торфяниках под многолетними травами должно быть занято 50–70 % площади с коротким полевым периодом (один-два года) и с минимальной обработкой почвы. На эрозионно неустойчивых площадях следует полностью исключить пропашные культуры, а луговой период севооборота расширить до 6–8 лет. Важным

мероприятием на неглубоких торфяниках является запахивание подстилающей породы минеральным грунтом. В особо неблагоприятные (засушливые) годы для предотвращения проявлений ветровой эрозии следует проводить дождевание с поливной нормой к 300–400 м³ на 1 га. На почвах, где уже выявлены признаки ветровой эрозии, при необходимости надо применять прикатывание, вместо гладких катков – кольчато-шпоровые или, в крайнем случае, гладкие агрегатированные с легкими боронами для придания поверхности почвы некоторой шероховатости.

Во всех случаях надо придерживаться рекомендованных севооборотов, системы дифференцированной обработки и оптимального водного режима. Поля с многолетними травами и однолетними, в частности с пропашными, культурами целесообразно размещать полосами поперек направления господствующих ветров. Вдоль постоянных границ полей и поперек поймы нужно устраивать посадки ветроломных насаждений деревьев двухрядными полосами с расстоянием между ними 600–1000 м.

Большие песчаные массивы среди торфяных почв следует засаживать лесом, а на отдельных песчаных включениях проводить структурную мелиорацию вывозом песка из песчаных холмов на торф нормой 250–300 т на 1 га и завоз торфа 150–200 т на 1 га на выровненную поверхность песка.

Для предотвращения водной эрозии на поймах рек обработку почвы лучше проводить весной поперек направления движения паводковых вод. Большую опасность для торфяников, особенно пересушенных, могут представлять пожары. Для защиты от пожара высаживают противопожарные лесополосы шириной 20–100 м, а также устраивают противопожарные водоемы с объемом воды, достаточным для непрерывного тушения огня в течение трех суток. Водоемы целесообразно размещать так, чтобы они отделяли торфяные массивы от населенных пунктов, железных дорог, электрических подстанций и других важных объектов.

Действенный контроль за изменениями, которые происходят в природных комплексах под влиянием осушения, следует проводить через эколого-мелиоративный мониторинг, который заключается в выделении эталонных осушительных систем, разработке методики и соответствующих наблюдений. При этом проведение мониторинговых работ следует возлагать на областные гидрогеолого-мелиоративные экспедиции для каждой мелиоративной системы или группы сходных между собой по почвенно-климатическим условиям и способом их использования систем.

Литература

1. Трускавецкий Р. С. Торфяные почвы и торфяники Украина. – Харьков: Миськдрук, 2010. – 278 с.
2. Рыжук С. М., Слюсар И. Т. Агрэкологічні основи ефективного використання осушуваних ґрунтів Полісся і Лесостепі України. – М.: Аграрна наука, 2006. – 425 с.
3. Бескровний А. К., Цюпа М. Осушений гектар. – М.: Знання, 1975. – 80 с.
4. Янголь В. М. Двухстороннее регулирование влажности при осушении. – М.: Колос, 1970. – 136 с.
5. Слюсар И. Т., Соляник Е. П. Особенности системы земледелия на осушаемых землях гумидной зоны Украины: проблемы, пути решения // Экология: проблемы адаптивно-ландшафтного земледелия. – Житомир: Гос. эколог. ун-т, 2005. – С. 38–42.
6. Боговин А. В., Слюсар И. Т., Царенко М. К. Травянистые биогеоценозы, их улучшение и рациональное использование. – М.: Аграрная наука, 2005. – 361 с.
7. Слюсар И. Т., Штакал М. И., Царенко М. К. Корма с осушенного гектара. – М.: Аграр. наука, 1998. – 164 с.
8. Земледелие на осушенных землях / Н. Цюпа, В. С. Бистрицкий, И. Т. Слюсар [и др.]. – Киев: Урожай, 1990. – 184 с.
9. Соляник Е. П. Продуктивность многолетних трав в зависимости от удобрения и периода использования на осушаемых торфяниках // Сб. науч. работ ННЦ «ИЗ НААН». – Киев: Эдельвейс, 2010. – Вып. 4. – С. 46–51.
10. Шевченко Н. Н. Основы технологии выращивания кормовых культур на осушенных землях. – Киев: Наук. думка, 1990. – 191 с.
11. Кургак В. Г. Луговые агрофитоценозы. – Киев: ДИА, 2010. – 370 с.
12. Сербенюк В. А. Изменение питательного режима торфяно-глеевых почв и продуктивность травосмеси в зависимости от основной обработки и удобрения // Научные доклады. – 2011. – 6 (28). – URL: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/I_Nd_I_2011_6_I_11_svo.Pdf.
13. Гера А. Н. Влияние сельскохозяйственного использования осушаемых торфяников и продуктивность агроценозов лесостепи Украины // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства в России. – М., 2013. – С. 257–253.
14. Вознюк С. Т. Западное Полесье: современное состояние и дальнейшее развитие мелиорации земель // Водное хозяйство Украины. – 1996. – № 4. – С. 16–19.
15. Сельскохозяйственное использование осушенных земель гумидной зоны Украины : метод. рек. / В. Р. Гимбражевский, В. Р. Коваленко, И. Т. Слюсар [и др.]. – Киев: Аграрная наука, 2000. – 76 с.
16. Слюсар И. Т., Вергунов В. А., Гаврилюк М. М. Луговоеводство с основами семеноводства. – М.: Аграр. наука, 2001. – 196 с.
17. Слюсар И. Т. Природоохранное использование водно-болотных угодий Украины // Экология болот и торфяников / под ред. В. В. Конищука. – Киев: ДИА, 2012. – С. 156–162.

Глава 3. ОЦЕНКА ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ

3.1. Общая характеристика условий проведения и методики исследований

Одной из важных задач устойчивого развития Украины является повышение эффективности сельскохозяйственного производства. Для реализации этой проблемы необходимо обеспечить повышение плодородия и продуктивности торфяных почв, которые на Полесье занимают значительные площади. Эффективным путем достижения этой цели является улучшение гидротермического режима почв, который, как известно, не только играет исключительную роль в почвообразовании, но и непосредственно влияет на рост, развитие и продуктивность растений [1–5].

Сельскохозяйственное использование торфяных почв в естественном состоянии невозможно из-за значительного переувлажнения. Многочисленные исследования показывают, что осушение торфяных почв сопровождается некоторым улучшением их гидротермического режима, хотя во многих случаях температурный режим является лимитирующим фактором для роста сельскохозяйственных культур. Оценка гидротермического режима до сегодняшнего дня носит лишь качественный характер, при этом нет четкой количественной характеристики этого режима для освоенных торфяных почв. В связи с этим установление закономерностей и особенностей формирования гидротермического режима торфяных почв под влиянием комплексных мелиораций имеет важное народнохозяйственное значение и является актуальной проблемой. Решение данной проблемы позволит обосновать экологические критерии оценки гидротермического режима торфяных почв и рекомендовать меры по регулированию этого режима в процессе их сельскохозяйственного использования.

Гидротермический режим почв формируется под влиянием трех факторов: метеорологических условий, разных сезонов, характера растительности и генетических особенностей почвы. Отсюда следует, что температурный режим является интегрирующим показателем, характеризующим динамику тепловых и водных процессов в почве. Регулирование гидротермического режима имеет важное значение для обеспечения оптимальных условий роста и развития растений, поскольку как водный, так и температурный режимы почвы во многих случаях являются избыточным или ограничивающим фактором для растений.

Таким образом, успешное выращивание сельскохозяйственных культур в этом аспекте зависит от того, насколько полно используются климатические ресурсы, а также от эффективности тепломелиоративных мероприятий при условии регулирования водного режима.

Исследованием температурного и водного режимов гидроморфных почв занимались В. П. Дадикин, А. М. Костяков, Б. С. Маслов, А. М. Шульгин, В. Д. Димо, В. Ф. Шебеко, А. И. Коровин, Ф. Р. Зайдельман, а для условий Западного Полесья – А. М. Янголь, С. Т. Вознюк, Н. А. Клименко, Д. В. Лико, А. Т. Кардашов, П. К. Кузьмич и другие. Результатом данных исследований было установление влияния гидротермического режима на ход биохимических, химических, физико-химических, биологических процессов в почвах, а также на рост и развитие растений. При этом количественные и качественные показатели гидротермического режима торфяных почв рассмотрены в немногочисленных научных трудах.

Оптимизация температурного режима Западного Полесья Украины положительно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Однако в трудах упомянутых авторов не определены критерии оценки гидротермического режима. Следует отметить, что ученые, исследовавшие торфяные почвы Западного Полесья, много внимания уделяли изучению водного режима, поскольку избыток воды практически не позволял выращивать сельскохозяйственные культуры. На современном этапе приоритеты изменились, и при регулируемом водном режиме ограничивающим фактором является температура. Поэтому взаимосвязь водного и температурного режимов необходимо рассматривать с учетом принципов системного подхода, который позволит обосновать экологические критерии оценки этих режимов и выделить оптимальные диапазоны гидротермического режима для роста и развития сельскохозяйственных культур. Применение критериев оценки поможет управлять гидротермическим режимом в зависимости от потребностей культур.

Гидротермический режим необходимо рассматривать в годовом цикле. Так, в научных источниках авторы мало внимания уделяют вопросу исследования особенностей формирования температурного режима в холодный период года, а такие характеристики периода, как промерзание и оттаивание торфяного грунта, до сих пор не нашли должной оценки. Недостаточное внимание обращается на прогнозирование как глубины промерзания, так и сроков размораживания, хотя эти процессы непосредственно влияют на формирование урожая.

Рассматривая влияние осушения и агромелиоративных мероприятий на формирование гидротехнического режима, необходимо четко определить, насколько то или иное мероприятие улучшает водный и температурный режимы. Классификации температурного, водного и гидротермического режимов позволяют не только оценивать их, но и управлять ими.

Приведем краткую характеристику объектов исследования. Общая площадь торфяников в Западном Полесье Украины превышает 360 тыс. га [6]. Торфяные почвы сформировались в результате процесса торфообразования. Относительно исследуемых торфяных почв следует отметить, что заболоченные почвы, в том числе щелочно-болотные, илисто-болотные, торфяно-глеевые, встречаются небольшими контурами. Среди болотных почв провинции наиболее распространены низменные торфяники, значительно меньше – переходные и верховые торфяники.

Низменные торфяники имеют преимущественно древесно-тростниково-осоковый ботанический состав, залегают крупными массивами в поймах и старицах рек Горынь, Припять, Стубла, Льва, Стоход, Выживка.

Переходные и верховые торфяники распространены преимущественно в Сарненском и на юге Верхне-Припятского района.

Свойства торфяных почв определяются их органометной природой. Они характеризуются как положительными, так и отрицательными свойствами и относятся к потенциально плодородным почвам. Гидротехническим мелиорациям с целью улучшения свойств подлежат только низменные эвтрофные торфяники. Однако осушение этих почв не лишает их многих негативных характеристик, происходит лишь перераспределение фаз торфа, взаимный обмен воды и воздуха.

Полевые исследования проводили на торфяных почвах осушительно-орошающей системы «Чаква». Почва – торфяная низинная среднеспособная, древесно-гипново-осоковая. Морфологическое строение этой торфяной почвы представлено в разрезе 1, который был заложен в 1991 г. под картофелем в 300 м от магистрального канала. Грунтовые воды находились на глубине 82 см.

Строение почвенного профиля исследуемого грунта

T ₁	3–30 см	Торфяной, желто-коричневый, местами черный, охристый, хорошо разложен, влажный, сильно пронизан корнями, встречаются остатки древесины, переход в следующий горизонт постепенный.
T ₂	30–72 см	Торфяной, темно-коричневый, средне разложен, водонасыщенный, остатки древесины, тростника, осоки, встречаются отдельные корни, переход постепенный.
T ₃	72–98 см	Торфяной, коричневый, слабо разложен, водонасыщенный, остатки тростника и осоки.

Температурный режим гидроморфного грунта изучали на торфяных почвах с помощью полевых опытов, которые были заложены по следующей схеме: 1) без удобрений (контроль); 2) P₉₀K₁₂₀; 3) P₉₀K₃₆₀ (фон) 4) фон + 100 т/га песка; 5) фон + 200 т/га песка; 6) фон + 200 т/га суглинка; 7) фон + 200 т/га глины. Площадь опытного участка – 35 м², повторяемость – трехкратная. На опытных участках выращивали картофель, овес, кукурузу на силос, многолетние травы.

В соответствии с программой и задачами исследований на участках проводили систематические наблюдения за температурным и водно-воздушным режимами, изучали водно-физические, физико-химические и агрохимические свойства, а также вели наблюдение за урожайностью сельскохозяйственных культур.

Температуру воздуха определяли с помощью термометров в жалюзийной метеобудке на высоте 2 метров. Температуру почвы измеряли ежедневно в 13 часов на ее поверхности срочным, минимальным и максимальным термометрами; на глубинах 5, 10, 20 см коленчатыми термометрами Савинова (ТМ-5, в теплый период года); на глубинах 30, 50, 80, 100 см – вытяжными термометрами (ТБО-50). В отдельные периоды проводили круглосуточные измерения температуры почвы и воздуха через каждые 3 часа. Основные измерения проводили на участках с внесением удобрений и суглинка (фон + 200 т/га суглинка) и контроля (без удобрений). Промерзание и оттаивание почвы проводили один раз в пять дней с помощью мерзлотометра Данилина (МД-50м). Высоту снежного покрова определяли по снегоизмеримым рейкам.

Изучение водного режима проводили путем систематических наблюдений за уровнем грунтовых вод и влажностью почвы. Наблюдали за уровнем грунтовых вод в специально оборудованных скважинах. В сухие периоды и зимой наблюдения велись один раз в пять дней, в других случаях – ежедневно. Определение влажности проводили термостатно-весовым методом. Отбор почвенных образцов осуществляли на режимных участках с помощью бура объемом 50 см³ в трехкратном повторении.

Определение плотности грунта осуществляли методом цилиндров с использованием бура с кольцом 50 см³ и бура с цилиндром 250 см³ в трехкратном повторении. Плотность твердой фазы определяли пикнометрическим методом. Полную влагоемкость устанавливали в образцах с ненарушенной структурой в трехкратном повторении методом насыщения почвы водой (с последующим ее высушиванием), которая находилась в цилиндре объемом 250 см³. Влажность разрыва капиллярной связи (ВРК) была принята в 54 % от полной влагоемкости (ПВ).

Ботанический состав и степень разложения торфа были определены микроскопическим методом. Зольность определяли путем сухого озоления почвы. Валовый состав питательных веществ устанавливали после мокрого озоления почвы или растений серной и соляной кислотами. Содержание валового азота определяли по Кьельдалю, а фосфора – по фосфорно-молибденовому гетерокомплексу с применением хлористого олова в качестве восстановителя (по методике А. Малюгина и С. Хреновой); калия – на пламенном фотометре; кальция – комплексометрическим методом; валового железа и аммония – по методикам, изложенным в справочнике Е. В. Аринушкиной (1970 г.). Кроме того, определяли подвижные формы фосфора и калия в вытяжке 0,2н НСl, где содержание фосфора устанавливалось колориметрическим способом с синим фосфорно-молибденовым гетерокомплексом и использованием гидразина в качестве восстановителя. Калий определялся также на пламенном фотометре.

Подсчеты урожая во время проведения данных исследований осуществляли методом общего учета (взвешивания). Математическая обработка результатов выполнялась методом дисперсионно-регрессионного и корреляционного анализов с помощью электронных таблиц SC-5 на ЭВМ РС / АТ-386 SX-33.

3.2. Особенности формирования гидротермического режима торфяных почв Западного Полесья Украины

3.2.1. Промерзание торфяных почв. Особенностью температурного режима гидроморфных почв является сезонное промерзание, которое оказывает большое влияние на зимовку культурных растений, аккумуляцию влаги весной, в сроки проведения весенних полевых работ и их продолжительность, что, в свою очередь, влияет на продуктивность сельскохозяйственных культур. Исследованиями установлено, что промерзание торфяной почвы не распространяется на значительную глубину, колеблясь в пределах 13–33 см, и в значительной мере обусловлено физическими свойствами самого торфа. Начало постоянного промерзания почв начинается в одни и те же сроки: наступает в зависимости от метеорологических условий года в начале или в середине декабря и продолжается примерно до марта (рис. 3.1). Промерзание почвы формируется под действием температур воздуха ниже нуля. Вообще, этот процесс – результат сложного взаимодействия внешних и внутренних факторов. Внешние факторы определяют уход тепла от поверхности почвы, а внутренние, наоборот, влияют на образование дополнительных источников тепла в результате фазовых превращений воды. Как было отмечено А. А. Роде [7], почвенная влага замерзает при температуре ниже 0 °С. Это объясняется тем, что она содержит много различных солей в растворенном состоянии, и точка замерзания почвы тем ниже, чем ниже концентрация почвенного раствора.

Что касается торфяных почв, то Н. И. Гамаюнов, Д. М. Стотланд, О. Н. Агафонова, И. Б. Товбин [8] подчеркивают, что торфяная вода (дисперсионная среда) представляет собой раствор, в котором растворителем служит низкомолекулярная вода, а растворенными являются высоко- и низкомолекулярные органические и минеральные вещества. Из этого следует, что промерзание в этих почвах будет происходить медленнее и при более низких температурах воздуха.

А. Т. Кардашов [9], исследуя почвы Западного Полесья, экспериментально подтвердил, что при одинаковых метеорологических условиях торфяной грунт промерзает менее интенсивно в сравнении с минеральными почвами. Это объясняется высокой влажностью почвы и относительно большей концентрацией торфяного раствора. Отсюда можно сделать вывод, что, изменяя соотношение между минеральной и органической фракциями почвы с помощью минеральных компонентов, становится возможным регулирование процессом промерзания в необходимом направлении.

Для зоны Полесья характерны ранние заморозки, которые наблюдаются в начале – середине ноября и сопровождаются промерзанием и оттаиванием почвы. Их может быть несколько (в зависимости от метеорологических условий года). Так, на рисунке 3.2 показан процесс формирования заморозков на примере торфяных почв Сарненской НИС (1992–1993 гг.). В процессе снижения температуры воздуха почва промерзала с 9 по 16 ноября на 2 см, с 24 по 27 ноября – на 3 см, последнее кратковременное промерзание почвы наблюдалось с 30 ноября по 9 декабря и характеризовалось уже глубиной в 5 см.

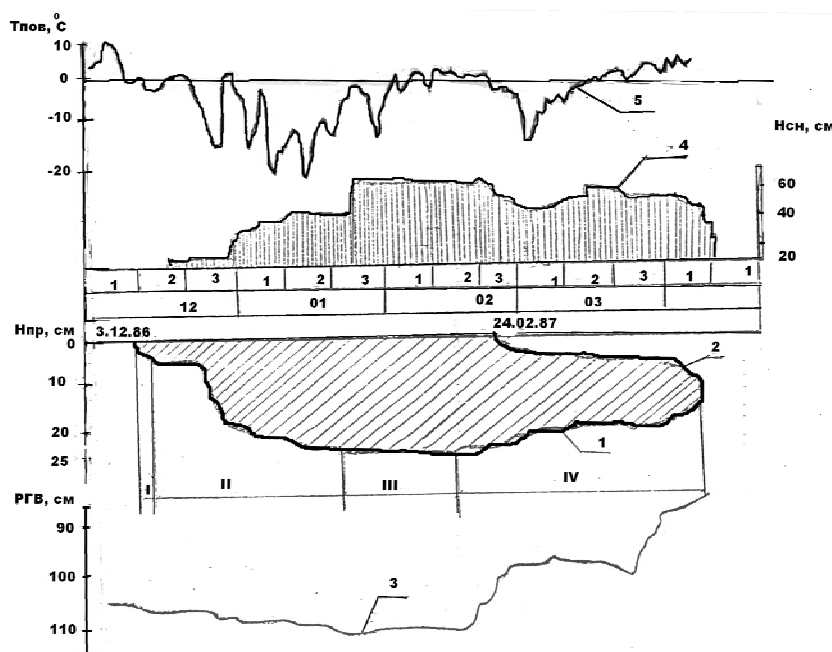


Рис. 3.1. Формирование глубины промерзания торфяного грунта (г. Сарны 1986–1987 гг.)
 1 – ход промерзания; 2 – ход оттаивания, 3 – уровень грунтовых вод; 4 – высота почвенного покрова;
 5 – температура воздуха. I – фаза начального промерзания, II – фаза стабильного промерзания,
 III – фаза максимального промерзания, IV – фаза оттаивания

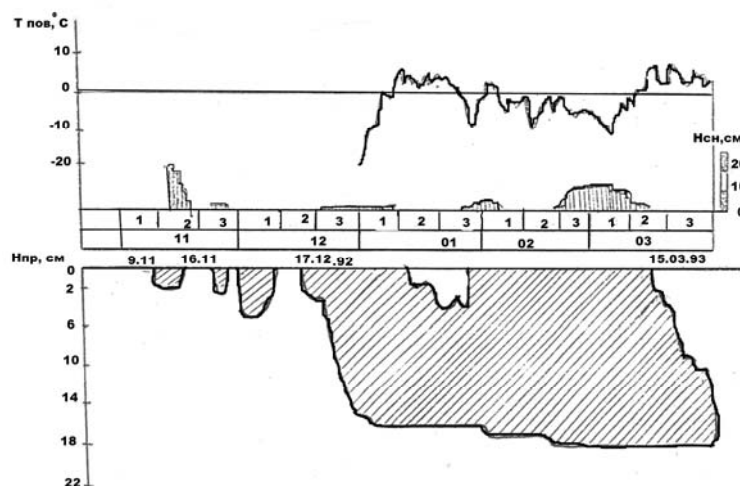


Рис. 3.2. Формирование глубины промерзания под действием температуры воздуха ($T_{\text{возд}}$) и высоты снежного покрова ($H_{\text{сн}}$) (г. Сарны 1992-1993 гг.)

Иногда почва, которая промерзла под действием низких отрицательных температур, не тает при положительных температурах и в таком состоянии входит в фазу постоянного промерзания. Ранние заморозки влияют на дальнейшее промерзание, поскольку оно, как отмечают В. И. Остроумов и О. В. Макеев [10], изменяет свойства почвы; наблюдается увеличение ее фильтрационной способности, в результате чего почва под действием постоянных отрицательных температур воздуха промерзает глубже. Наблюдается и кратковременное промерзание, так как снежный покров устанавливается позже, а, как известно, обнаженная почва промерзает быстрее.

Охлаждение почвы, которое сопровождается промерзанием, происходит постепенно от поверхности почвы в глубину. Формирование промерзания в различные типы зим показано на рисунках 3.1, 3.2. Рассматривая промерзание во временном срезе, можно выделить несколько его фаз:

1. *Фаза начального промерзания* характеризуется постоянным промерзанием почвы в глубину на протяжении времени, и заканчивается в тот момент, когда глубина промерзания имеет постоянную величину в течение некоторого периода.

2. *Фаза промерзания* – для нее характерны как дальнейшее промерзание вниз, так и прекращение промерзания в глубину на некоторое время, то есть ступенчатое промерзание, которое происходит под действием резких колебаний температуры воздуха и изменения толщины снежного покрова.

3. *Фаза максимального промерзания* характеризуется постоянной глубиной промерзания, которая достигла максимума. Максимальное промерзание наблюдается от пяти до сорока суток, и продолжительность фазы полностью зависит от метеорологических условий. Максимальная глубина сохраняется в течение определенного периода за счет того, что наступает равновесие между охлаждением почвы сверху и поступлением тепла снизу, то есть действие отрицательных температур воздуха настолько незначительно, что прекращается промерзание почвы, или, в противном случае, действие положительных температур недостаточно для начала процесса оттаивания.

4. *Фаза оттаивания* преимущественно начинается с установления стабильных положительных температур воздуха; оттаивание почвы может проходить только сверху (рис. 3.2) или как сверху, так и снизу (рис. 3.1). В этот период температурный градиент направлен снизу вверх до глубины промерзания и сверху вниз в этом же направлении, а посередине находится слой почвы с отрицательными температурами.

В целом, можно сказать, что величина и скорость промерзания зависят от состояния почвы и его покрова (имеется в виду растительного и снежного), особое влияние имеет, конечно, последний.

Основной характеристикой промерзания почвы выступает глубина промерзания. Этот показатель существенно меняется: в разные годы он колебался, как указано выше, от 13 до 33 см. Формирование глубины промерзания почвы зависит от температуры воздуха, температуры поверхности почвы на начальном этапе промерзания, типа почвы, рельефа, снежного покрова, производственной деятельности человека. Но, как известно, в каждой сложной системе одни факторы имеют большее влияние, другие – меньше, и взаимосвязи между ними различны как по тесноте, так и по форме.

На формирование глубины промерзания торфяных почв, как отмечают А. М. Шульгин, А. Т. Кардашов, В. И. Белковский, М. О. Клименко [4, 9, 11–15], решающее влияние оказывают суммы отрицательных температур, высота снежного покрова, влажность почвы, производственная деятельность человека. Влияние отрицательных температур и высоты снежного покрова в различные типы зим на формирование максимальной глубины промерзания показаны на рисунках 3.1, 3.2.

Анализ данных показал, что определить четкую доминанту (в данном случае) практически невозможно, так как при наличии снежного покрова тепло поступает от нижних слоев почвы к верхним. При малом снежном покрове и низких температурах воздуха потери тепла с поверхности почвы больше, чем тепловые поступления из более глубоких горизонтов. В результате происходит значительное охлаждение почвы. Остановимся на определении значимости каждого фактора. В процессе математической обработки экспериментальных данных за 1976–1991 гг. по промерзанию торфяных осушенных почв Сарненской НИС с обнаженной поверхностью выявлено, что максимальная глубина промерзания ($H_{пр}$, см) в определенной степени ($r = 0,825 \pm 0,003$) зависит от суммы отрицательных температур ($\sum T < 0$) при условии ограниченного действия снежного покрова (в данном случае мы рассматривали года с высотой снежного покрова, меньшей или равной 6 см). Следует сказать, что зависимость имеет нелинейный прямой характер и описывается квадратичным уравнением

$$H_{пр} = a + v(\sum T < 0) - c(\sum T < 0)_2, \quad (3.1)$$

при $0 < H_{сн} < 6$

где: $H_{пр}$ – глубина промерзания см; $\sum T < 0$ – сумма отрицательных температур, °С; $H_{сн}$ – высота снежного покрова, см; $a = 2,75$; $v = 0,217$; $c = 0,0004$.

Итак, закономерным будет вывод о том, что сумма отрицательных температур влияет на глубину промерзания и является основным фактором ее формирования в условиях, когда снежный покров еще не установился, очень малый (до 6 см) или имеет непостоянный характер. Учитывая указанные условия, можно прогнозировать глубину промерзания с помощью предложенной функциональной зависимости.

Важное значение при формировании глубины промерзания имеет снежный покров. Как отмечают А. И. Воейков [16], А. М. Шульгин [11], снежный покров является высокоэффективным утеплителем, который защищает почву от охлаждения и уменьшает его промерзание. Рассматривая вопрос о снежном покрове, А. М. Шульгин указывает, что глубина промерзания зависит: 1) от высоты снежного покрова: чем больше высота тем, в целом, меньше глубина промерзания почвы; 2) времени выпадения снега и установления постоянного снежного покрова: чем позже выпадает снег и чем меньше его высота, тем больше глубина промерзания; 3) продолжительности периода со снежным покровом: в тех районах, где снежный покров лежит в течение всей зимы, почва промерзает на меньшую глубину, чем там, где он оттаивает зимой или сдувается ветром; 4) равномерности залегания снежного покрова: там, где он лежит равномерно на всей поверхности, глубина промерзания почвы меньше, чем в

тех местах, где снег заметается сильным ветром; 5) плотности снега: чем снег более рыхлый, тем меньше его теплопроводность и тем меньше глубина промерзания почвы.

Аналогично влияет снежный покров и на формирование глубины промерзания почвы зоны Полесья: это касается и торфяных почв, что А. Т. Кардашов [9] показал на конкретных примерах.

Приведем несколько фактов, подтверждающих названные положения, хотя закономерно, что вероятность их проявления в разные по метеорологическим характеристикам года колеблется (примеры приводим для Сарненской НИС). Так, в 1975–1976 гг. максимальная глубина промерзания достигла 10 см при снежном покрове 47 см, в 1983–1984 гг. – 27 см при толщине снежного покрова 4 см. В 1979–1980 гг. при заморозках, которые продолжались с 27 октября по 5 ноября, обнаженная почва промерзала на 17 см при невысоких отрицательных температурах. При постоянном снежном покрове в 1978–1979 гг., когда его толщина достигла 57 см, почва промерзла лишь на 18 см, и эта величина глубины промерзания держалась в течение 20 дней, то есть снежный покров защитил почву от дальнейшего ее охлаждения. Зимой 1987–1988 гг. в результате отсутствия снежного покрова в начале промерзания почва промерзла на глубину 29 см.

Таким образом, решающее влияние на глубину промерзания почвы имеет снежный покров, когда его высота выше 16 см. Связь между максимальной глубиной промерзания и снежным покровом тесная: $r = 92 \pm 0,01$. В рассматриваемой климатической зоне максимальная глубина промерзания торфяных почв ($H_{пр}$, см) связана с высотой снежного покрова ($H_{сн}$, см) такой эмпирической закономерностью

$$H_{пр} = a + vH_{сн} \quad (3.2)$$

где: $H_{пр}$ – глубина промерзания см; $\Sigma T < 0$ – сумма отрицательных температур, °С; $H_{сн}$ – высота снежного покрова, см; $a = 42.08$; $v = 0.71$.

Итак, снежный покров и температура воздуха являются основными факторами при формировании глубины промерзания только при определенных условиях, что подтверждает следующий пример. Максимальная глубина промерзания торфяных почв на Сарненской НИС в 1983–1984 гг. и 1984–1985 гг. составляла 27 см. Формирование ее проходило при различных условиях. В 1983–1984 гг. при толщине снежного покрова 4 см и сумме отрицательных температур 146,7 °С, а в 1984–1985 гг. при толщине снежного покрова 20 см на формирование этой глубины было необходимо 341 °С. Возвращаясь к вопросу о формировании глубины промерзания под действием взаимосвязанных факторов, рассмотрим трехфакторную систему: глубина промерзания ($H_{пр}$, см), сумма отрицательных температур воздуха ($\Sigma T < 0$ °С) и высота снежного покрова ($H_{сн}$, см). Мы получили такую систему уравнений:

$$\begin{cases} H_{пр} = a + v(\Sigma T < 0) - cH_{сн} \\ 70 \leq (\Sigma T < 0) \leq 350 \\ 2 \leq H_{сн} \leq 60 \end{cases} \quad (3.3)$$

где: $a = 13,58$; $v = 0,0746$; $c = 0,433$; $r = 0.86 \pm 0.01$.

Значит, всегда можно определить глубину промерзания почвы при наличии известных величин: высоты снежного покрова и суммы отрицательных температур. Номограмма определения глубины промерзания представлена на рисунке 3.3. С помощью номограммы можно прогнозировать максимальную глубину промерзания почвы и направлять ее в нужное русло уже в процессе формирования. Поэтому и в этом случае уместны снежные мелиорации.

Еще в конце XIX века А. И. Воейков [16] писал, что распределение снега в значительной степени находится в руках человека. Различные виды снежных мелиораций рассмотрены А. М. Шульгиным [11]. В своих работах А. Т. Кардашов [9], исследуя почвы Западного Полесья, отмечает, что слой снега толщиной в 15 см уменьшил глубину промерзания минеральных почв до 5 см, а торфяной грунт был полностью защищен снегом от промерзания.

Анализ данных Сарненской НИС свидетельствует о том, что за последние 20 лет только в течение 4 лет характерными были многоснежные зимы (высота снежного покрова составила более 30 см), в результате чего в эти годы глубина промерзания почвы была меньше даже при большой сумме отрицательных температур. Снегозадержание имеет смысл в данной зоне и потому, что Полесье характеризуется неустойчивым снежным покровом и разного рода снегопереносами.

Итак, для зоны Западного Полесья с помощью снежных мелиораций можно регулировать температурный режим почвы в зимний период, создавая более ровный и однородный слой снега, который препятствует охлаждению почвы, ускоряет оттаивание и прогревание почвы весной, что, в свою очередь, увеличивает вегетационный период растений. Большое значение снегозадержание имеет и при аккумуляции влаги зимнего периода, которая идет на увеличение запасов почвенной воды, особенно в

засушливые весенние периоды, все чаще наблюдающихся в исследуемой зоне. Снегозадержание непосредственно защищает растения от весенних заморозков, которыми характеризуется регион.

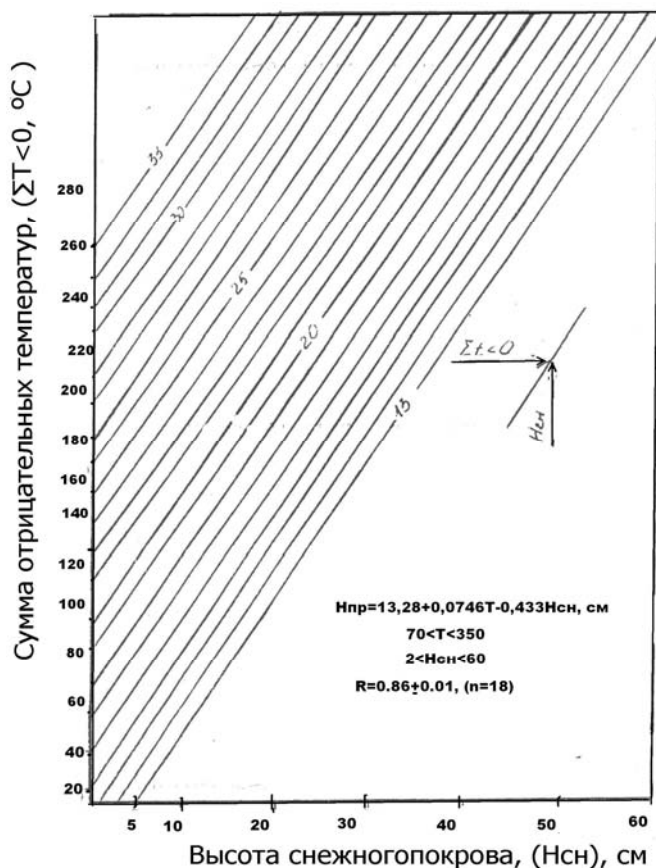


Рис. 3.3. Номограмма определения максимальной глубины промерзания ($H_{пр}$, см) по показателям суммы отрицательных температур ($\Sigma t < 0$, °С) и высотой снежного покрова ($H_{сн}$, см)

Как известно, важным условием уменьшения вероятности заморозков на осушенных торфяных почвах является защита от высыхания верхнего слоя почвы, особенно в весеннее и раннее осеннее время. Более влажный верхний слой лучше проводит тепло, глубже прогревается в течение дня и улучшает теплообмен с воздухом в ночное время. В. Ф. Шебеко [18], А. Т. Кардашов [9] указали на большую вероятность заморозков на осушенных торфяных почвах по сравнению с торфяно-болотными.

Поскольку формирование глубины промерзания в начальный период зависит от влажности почвы, рассмотрим влияние УГВ на промерзание почвы. Как известно, УГВ является одной из основных составных частей водного режима; это отмечают, в частности, В. Н. Адаменко [17], М. О. Клименко [4]. Анализируя литературные источники, можно утверждать, что уровень грунтовых вод не только влияет на формирование глубины промерзания, но и активно принимает в нем участие. Так, Н. И. Гамаюнов, Д. М. Стотланд, О. Н. Агафонова, И. Б. Товбин [8], отмечают, что в процессе промерзания почвы идет интенсивная миграция влаги в мерзлую зону. А. Т. Кардашов [9] утверждает, что, регулируя влагоемкость, количество и виды связанной воды, можно в разумных пределах управлять процессом промерзания торфяных почв. Автор отмечает, что в ходе этого процесса влага к фронту льдообразования движется под влиянием двух градиентов: температурного и градиента потенциала влаги. Что касается последнего, то это возможно за счет процесса «микрообессоливания», в результате которого концентрация раствора возрастает. Это приводит к повышению осмотического давления раствора в капиллярах, который особенно сильно проявляется в торфяных почвах. Капилляры этих почв представлены обширной сетью структур торфа, наблюдаемых в состоянии полураспада или вовсе неразложившихся. Кроме этого, А. Т. Кардашов подчеркивает, что для торфяных почв более глубокое залегание грунтовых вод способствует формированию более глубокого промерзающего слоя. В условиях Полесья влияние грунтовых вод на этот процесс наблюдается и тогда, когда воды залегают ниже одного метра.

В результате математической обработки экспериментальных данных сформулированы следующие выводы: во-первых, на глубину промерзания действительно влияет уровень грунтовых вод на начальном этапе промерзания; во-вторых, связь между глубиной промерзания и уровнем грунто-

вых вод незначительна. Это объясняется, в частности, тем, что действие грунтовых вод через капиллярное поднятие составляет около 80 см для торфяных почв. За годы наблюдений УГВ находился выше 80 см в 25 % всех проведенных исследований. Опираясь на анализ научных источников, можно предположить, что уровень грунтовых вод в значительной степени влияет на глубину промерзания, если он расположен на глубине, равной высоте капиллярного поднятия.

Отсюда следует, что процесс промерзания можно регулировать за счет УГВ: поднимая грунтовые воды, появляется возможность обеспечить почву дополнительным количеством тепла, поскольку сами грунтовые воды имеют высокую температуру по сравнению с температурой почвы, и при замерзании более влажной почвы требуется больше энергии.

Итак, большая теплоемкость воды и низкая теплопроводность торфа уже обуславливают малое охлаждение этих почв в зимний период. Глубина промерзания, которая характеризует процесс промерзания, формируется под влиянием многих взаимосвязанных факторов, основными из которых являются отрицательные температуры воздуха, высота снежного покрова и влага почвы. Зная связи и закономерности, характеризующие указанные факторы, можно предусматривать максимальную глубину промерзания; закономерности в значительной мере на практике могут направлять этот процесс в определенные диапазоны за счет: 1) изменения состава почвы – тепловых характеристик (изменяя отношение органической и минеральной части); 2) за счет использования тепла снега, то есть снежные мелиорации; 3) изменение фазового состояния почвы с помощью поднятия УГВ.

3.2.2. Оттаивание почвы. При изменении температуры воздуха с отрицательной на положительную происходит процесс нагрева почвы, сопровождающий постепенное ее оттаивание. Весеннее оттаивание почвы является таким же многофакторным процессом, как и промерзание. Оттаивание почвы характеризуется преобразованием воды, которая есть в промерзшем слое, из твердого состояния в жидкое. А. А. Роде отмечает, что при нагревании мерзлого грунта часть почвенной влаги начинает переходить в жидкое состояние задолго до температуры, равной 0 °С. Поэтому оттаивание почвы происходит быстрее. А. Т. Кардашов указывает, что этот процесс осуществляется при условии, если приход тепла в промерзшие слои превышает его потери. Эта разница расходуется на оттаивание сезонной мерзлоты. Расходы тепловой энергии на оттаивание должны быть прямо пропорциональны затратам энергии на промерзание почвы. Поэтому торфяные почвы, аналогично их промерзанию, оттаивают значительно позже по сравнению с минеральными [4, 10, 15, 19].

Оттаивание торфяных почв начинается в начале, в середине или в конце марта. Этот процесс двусторонний: сверху под действием солнечной энергии и снизу – под действием тепла нижнего горизонта. Наиболее интенсивно процесс проходит сверху.

На рисунке 3.1 показано оттаивание почвы, которое началось во второй декаде марта после таяния снега (в данном случае процесс промерзания проходит только сверху). На рисунке 3.2 изображен еще один тип оттаивания, который редко встречается в исследуемой зоне: оттаивание происходит как сверху, так и снизу, но особенность его в том, что почва оттаивает под толщей снега; таяние с обеих сторон начинается почти одновременно и заканчивается до того, как на поверхности снег еще не растаял.

Особое значение при оттаивании почвы имеют грунтовые воды, которые резко поднимаются и несут дополнительное тепло к фронту оттаивания. Как отмечают Г. В. Еруков, Г. В. Власкова, при близком залегании грунтовых вод тепло аккумулируется в верхних горизонтах почвы, тем более что температура грунтовых вод значительно выше температуры почвы, которая тает.

Стремительное повышение УГВ отмечено на рисунке 3.1, где уровень грунтовых вод меняется уже в начале оттаивания. В ходе оттаивания уровень переходит с зимнего минимума до весеннего максимума, то есть, как отмечает М. О. Клименко, наблюдается амплитуда весеннего поднятия. Величина поднятия УГВ колеблется в широких пределах – от 2 до 64 см.

На основе анализа научных источников [19–25] можно сделать вывод о том, что с внесением в торфяной грунт минеральных компонентов оттаивание почвы идет значительно интенсивнее. Это обусловлено улучшением тепловых свойств почвы. Исследователи, в частности В. И. Белковский [12–15], подчеркивают, что за счет опоздания оттаивания торфяного грунта вегетационный период культур сокращается на 10–12 дней. Непосредственно процесс оттаивания зависит от метеорологических условий и от толщины промерзшего слоя. Так, в 1983–1984, 1984–1985 гг. оттаивание торфяного грунта, который промерз до 27 см, происходило в разные сроки (в зависимости от метеорологических условий) – соответственно 45 и 28 дней.

На практике необходимо знать, кроме глубины промерзания, еще один не менее важный фактор – окончание промерзания, ведь, зная его, можно определить начало полевых работ. В. П. Окорский смоделировал ход промерзания и оттаивания с достаточно высокой точностью. Особенностью

этой модели является то, что она может быть построена только путем непрерывного расчета ее динамики по суточным интервалами с использованием метеорологических факторов.

В результате обработки экспериментальных данных стало возможно обобщить следующие выводы: во-первых, на оттаивание почвы до определенной глубины промерзания нужна соответствующая сумма положительных температур; во-вторых, количество дней, за которые оттаивает грунт, зависит от глубины промерзания и от метеорологических факторов; в-третьих, на оттаивание влияет и снежный покров, который иногда формируется перед началом оттаивания или остается еще с периода промерзания.

Исходя из названных положений, рассмотрим связь между глубиной промерзания и суммой положительных температур, необходимых для оттаивания. Она оказалась сильной и нелинейной, с коэффициентом корреляции $r = 0,81 \pm 0,003$. Математически эта связь выражается квадратичным уравнением

$$(\sum T > 0) = c - aH_{np} + bH_{np}^2, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.4)$$

$$H_{сн} = 0$$

где: $\sum T > 0$ – сумма положительных температур, необходимых для оттаивания почвы соответствующей глубины, $^\circ\text{C}$; H_{np} – максимальная глубина промерзания, см; c, a, b , – коэффициенты, которые определены эмпирическим путем и соответственно для торфяных почв данной зоны равны: 317,28; 26,5; 0,95; $H_{сн}$ – высота снежного покрова, см.

Зависимость справедлива в условиях, когда в процессе промерзания почва не покрыта снегом.

В случае, когда снежный покров имеется, эта зависимость не выполняется по следующим причинам: с одной стороны, тепло воздуха приводит к таянию снега; с другой стороны, снег аккумулирует тепло, способствует быстрому оттаиванию. Установим период оттаивания. Четкая связь ($r = 0,92 \pm 0,02$) наблюдается между тремя факторами: количеством дней, которые требуются на оттаивание (D), суммой положительных температур ($\sum T > 0$), максимальной глубиной промерзания (H_{np} , см).

Эта связь выражается следующей функциональной зависимостью:

$$D = a_1 + a_2H_{np} + a_3(\sum T > 0), \text{ дни} \quad (3.5)$$

где: $a_1 = -0,0501$; $a_2 = 0,702$; $a_3 = 0,075$.

Номограмма для определения количества дней, необходимых для оттаивания почвы, представлена на рисунке 3.4. За начальный момент отсчета взят день, когда среднесуточная температура воздуха переходит в положительную фазу.



Рис. 3.4. Номограмма определения периода оттаивания (D) в днях по глубине промерзания почвы и суммой положительных температур воздуха

В процессе оттаивания почвы наблюдается постепенное нагревание ее до определенных величин. Установлено, что переход температуры почвы на глубине 0,2 м через 0°C происходит в средних широтах в период февраль – апрель; через $+5^\circ\text{C}$ – в основном в середине – конце апреля; переход через $+10^\circ\text{C}$ приходится на май и полностью зависит от метеорологических условий года.

3.2.3. Режим температуры почвы в годовом цикле. Годовой цикл температурного режима отражает все колебания температуры почвы и показывает ее ход в течение года, описывается сложной функцией, которая имеет несколько переменных. На его формирование решающее влияние оказыва-

ют как метеорологические условия года, так и генетические особенности почвы и характер ее использования [26–32].

Для характеристики годовых ходов температуры торфяных почв Западного Полесья использовались данные, полученные в результате исследования торфяно-болотных, осушенных и оструктуренных минеральными компонентами (нормой 200 т/га суглинка) торфяных почв с. Хочин и средне-многолетних наблюдений на осушенных почвах г. Сарны. Установлено, что годовой ход температуры неосушенных, осушенных и оструктуренных почв характеризуется одним максимумом и одним минимумом. Максимальные значения температуры неосушенных торфяных почв опаздывают почти на месяц по сравнению с другими исследуемыми почвами, что объясняется слабым прогревом.

В годовом распределении хода среднемесячных температур почвы на глубинах 5, 20; 30; 50, 100 см на Хочинских неосушенных, осушенных и оструктуренных торфяных почвах (рис. 3.5) и на глубинах 0; 20; 60; 120 см на Сарненских осушенных торфяных почвах прослеживается определенная закономерность. Так, максимальные значения температуры осушенных и оструктуренных торфяных почв на глубинах от 0 до 20 см наблюдаются в июле. В торфяно-болотных почвах максимальные значения температуры на глубинах 0–20 см достигаются только в августе. На глубине от 20 до 80 см в осушенных и оструктуренных почвах максимальные значения температуры наблюдаются в августе. На глубине в 1 м и ниже максимальные значения температуры осушенных торфяных почв наблюдаются в августе-сентябре, а оструктуренных – в августе. Нельзя не отметить и того, что величины этих максимальных значений отличаются. Так, величина максимальных значений оструктуренных почв на глубине 0,2 метра больше по сравнению с осушенной на 1,2 °С. Это еще раз подтверждает, что оструктуренная почва лучше прогревается в теплый период года.

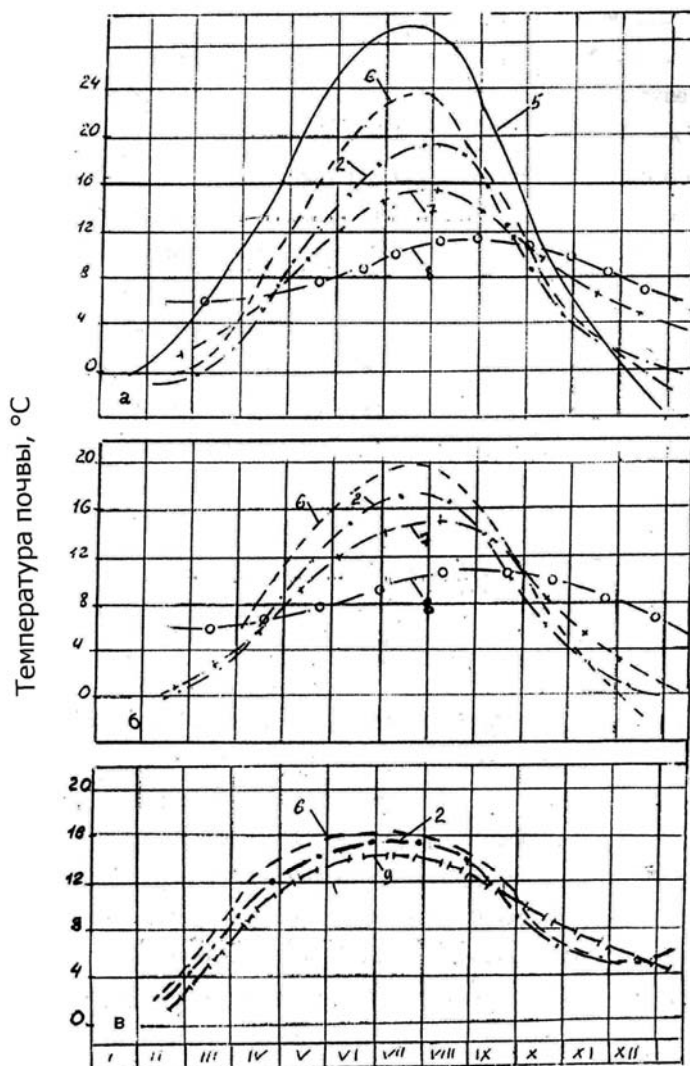


Рис. 3.5. Годовой ход среднемесячных температур торфяного грунта (с. Хочин):

а) оструктуренный осушенный торфяной грунт (200 т/га суглинка); б) осушенный торфяной грунт; в) торфяно-болотный грунт. Условные обозначения: среднемесячные температуры почвы на глубине 1 – 0 см, 2 – 20 см, 3 – 60 см, 4 – 120 см, 6 – 5 см, 7 – 50 см, 8 – 100 см, 9 – 30 см, 5 – средняя многолетняя температура воздуха

Итак, можно сделать вывод, что в исследуемых почвах максимальные значения температуры наступают: на осушенных Сарненских и Хочинских торфяниках в июле-сентябре; на оструктуренных почвах с. Хочин – в июле-августе; на торфяно-болотных в слое 0–30 см – в августе. Таким образом, торфяно-болотные почвы прогреваются очень слабо, и максимальные значения температур почвы запаздывают по сравнению с другими почти на месяц. Осушение этих почв позволяет использовать приход солнечной энергии более эффективно, а оструктуривание почв способствует дальнейшему улучшению температурного режима, что в значительной мере влияет и на величину максимальных значений температур. Минимальные значения температур по всем горизонтам наблюдаются в январе-марте и в значительной степени зависят от метеорологических условий и свойств почвы.

Амплитуда годовых колебаний температуры в оструктуренных почвах увеличивается по сравнению с осушенными. Годовая амплитуда с глубиной уменьшается, а время появления максимума или минимума на глубинах запаздывает. Оструктуривание способствует более лучшему прогреванию почвы и более глубокому проникновению максимальных температур.

При проведении анализа годового хода температуры этих почв можно выделить 4 периода: два из них являются основными, а два других – переходными. Основные периоды характеризуются процессом или нагрева, или охлаждения; переходные периоды характеризуют переходы от одного к другому из основных периодов. Так, с конца марта-апреля до середины августа в годовом цикле по почвенному профилю торфяного грунта температурный градиент направлен вниз, то есть происходит нагревание почвы, а с конца сентября по март температурный градиент направлен вверх, то есть почва охлаждается. Это обуславливает следующую закономерность: зимой на глубине 0,6–1,2 м температура выше, чем в верхних слоях почвы, а летом наоборот – ниже.

Особенностью распределения температур переходных периодов является то, что осенью, в сентябре или октябре, в почвах на некоторой глубине формируется наиболее теплый слой, от которого температура уменьшается как в направлении поверхности, так и в глубину. В течение весеннего периода, примерно в марте или апреле, наоборот, между относительно теплыми слоями сверху и снизу находится наиболее холодный слой.

По многолетним наблюдениям Сарненского осушенного грунта, эти два переходных периода соответственно наблюдаются в сентябре на глубине 0,6 м, и в марте-апреле на глубине 0,8 м. Для оструктуренных торфяных почв с. Хочин эти периоды наступают в сентябре на глубине 0,3 м и в апреле на глубине 0,5 м; для осушенных почв с. Хочин – соответственно в сентябре на глубине 0,3 м, и в марте-апреле на глубине 0,3 м.

По экспериментальным данным был построен ряд термоизоплет для торфяных почв разной степени окультуривания (рис. 3.6, 3.7).

Итак, торфяные почвы характеризуются низкой способностью прогрева. Это связано, в первую очередь, со свойством торфа как хорошего термоизолятора при нагревании верхних слоев поглощать солнечное тепло (поверхность прогревается до температуры 30–50 °С), не пропуская при этом тепла в нижние слои почвы. Особенно отчетливо наблюдается этот процесс в переосушенных торфяных почвах. Оструктуривание почвы позволяет увеличить приход тепла в слое 0–20 см.

Окультуривание торфяно-болотной почвы дает существенные изменения в температурном режиме. Так, за вегетационный период 1992 г. торфяно-болотные почвы на глубине 0–10 см прогрелись до 16 °С только в августе, а в целом в слое до 30 см температура колебалась от 10 до 14 °С. Эта же почва, но осушенная, характеризовалась уже максимальной температурой 18 °С на глубине 0–10 см, а в течение всего вегетационного периода (май – сентябрь) температура была больше или равна 10 °С. Осушенная оструктуренная почва характеризовалась максимальной температурой на той же глубине – 23 °С. Поэтому можно сделать вывод, что осушение и оструктуривание торфяно-болотных почв значительно улучшают температурный режим почв данной зоны.

Изменение температурного режима зависит от метеорологических условий. Осушенная торфяная почва г. Сарны способна лучше прогреваться: максимальные температуры достигали в слое 0–10 см до 22 °С. Однако эти температуры обычно зависят от условий года. Так, в теплом и относительно сухом 1991 г. среднесуточная температура 18 °С проникала ниже 40 см, а температура 20 °С наблюдалась на глубине почвы 13 см. В более влажном 1988 г. (хотя и при большей сумме положительных температур воздуха) температура 18 °С наблюдалась на глубине 0,2 м, в холодном 1990 г. температура 20 °С была отмечена лишь на глубине 7 см, а температура 18 °С наблюдалась только в первой декаде июля на глубине почвы 15 см. Это свидетельствует о том, что Сарненские торфяники прогреваются до оптимальной температуры для роста и развития растений на незначительную глубину, достигая максимальных температур на глубине 10–12 см, а это в значительной мере не удовлетворяет процессу нормального развития растений.

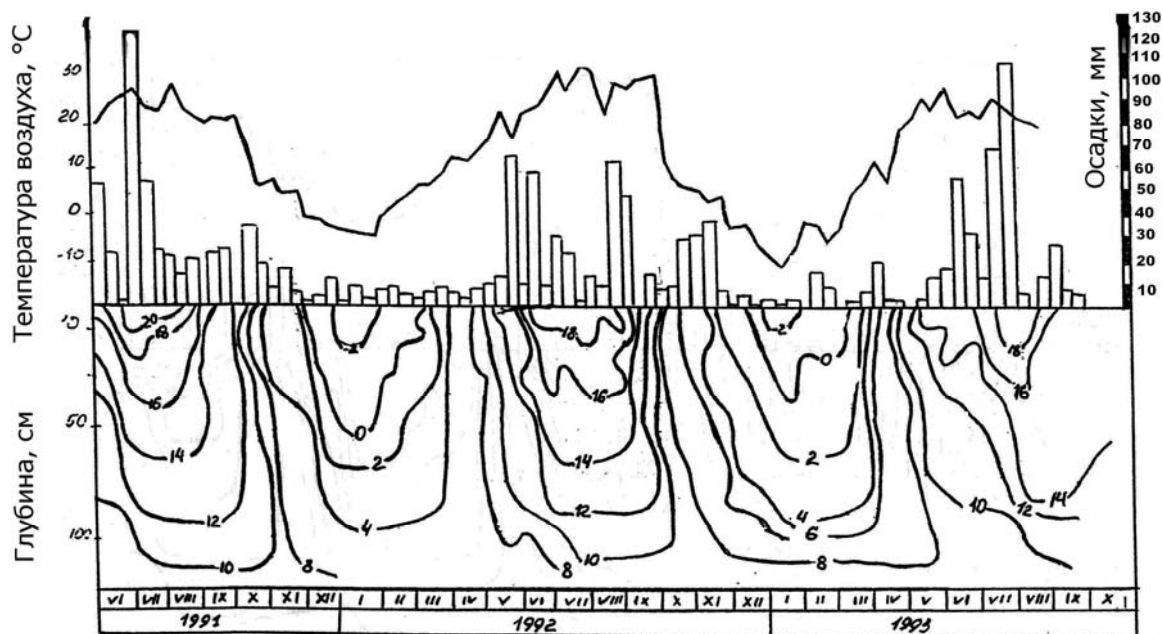


Рис. 3.6. Термоизоплеты осушенного торфяного грунта (с. Хочин)

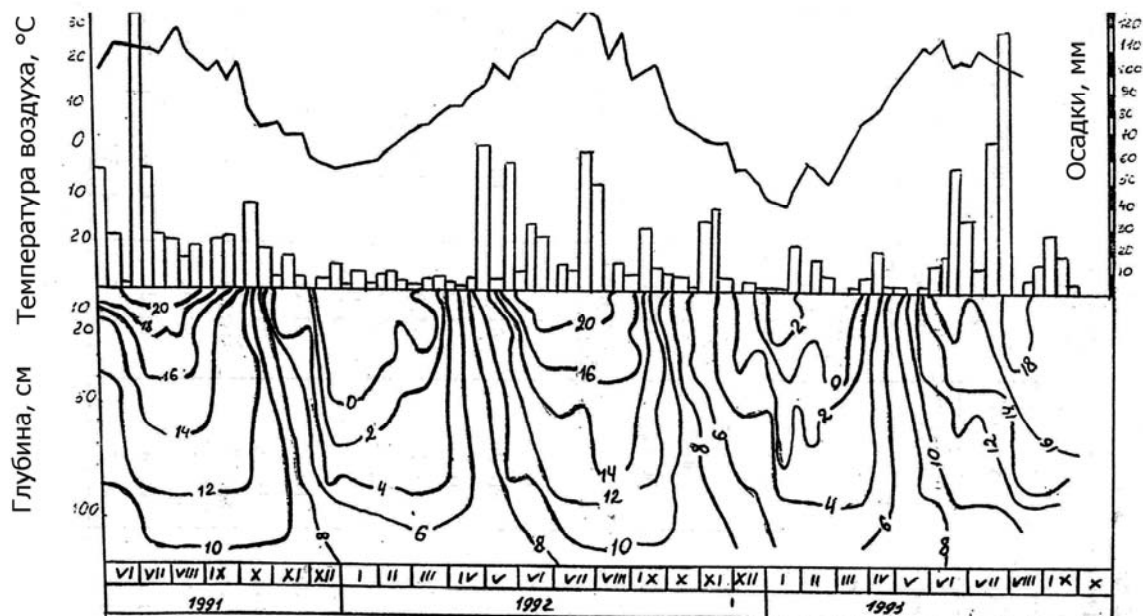


Рис. 3.7. Термоизоплеты оструктуренного торфяного грунта (нормой 200 т/га суглинки) с. Хочин

Суммы активных температур на глубине 20 см значительно ниже суммы активных температур воздуха, поэтому показатели нагрева почвы В. М. Димо (1968) составляют соответственно для осушенных – 0,5; для оструктуренных – 0,6. Все это еще раз подтверждает недостаточное прогревание почв зоны Полесья. При нагреве, с глубиной, разница между температурами различных почв уменьшается. Так, если на глубине 10 см общая сумма температур оструктуренных почв была больше торфяно-болотных на 651 °С, а сумма температур осушенных была больше торфяно-болотных на 266 °С, то эта же разница на глубине 20 см соответственно равна 271 и 160 °С, а уже на глубине 0,3 м – 348 и 245 °С. Увеличение различий на глубине 0,3 м в торфяно-болотных почвах можно объяснить тем, что УГВ находится очень высоко, что приводит к малому прогреванию глубоких горизонтов. Разница между суммой температур оструктуренной почвы и осушенной на глубине 10 см равна 295 °С; на глубине 20 см – 117 °С и на глубине 30 см – 103 °С, то есть разница постоянно уменьшается. Различия между температурами этих почв в начале вегетационного периода менее существенны и определяются в несколько десятков градусов, что связано с переувлажнением.

При нагреве почв в течение вегетационного периода, с глубиной, сумма активных температур также уменьшается (табл. 3.1).

Суммы температур воздуха и торфяного грунта за вегетационный период (с. Хочин)

Показатели	Температура воздуха	Глубина почвенного горизонта, см						
		5	10	20	30	50	80	100
Неосушенная почва								
$\Sigma T > 0$	4141	2240	2297	2249	2127	-	-	-
$\Sigma T > 10$	4141	1904	1996	1954	1860	-	-	-
$\Sigma T > 15$	3447	986	955	950	465	-	-	-
Осушенные торфяные почвы								
$\Sigma T > 0$	4141	2703	2563	2400	2372	2293	2004	1617
$\Sigma T > 10$	4141	2443	2345	2189	2082	1918	1633	855
$\Sigma T > 15$	3447	1659	1610	1486	1477	459	-	-
Оструктуренные торфяные почвы								
$\Sigma T > 0$	4141	3051	2858	2520	2475	2430	1974	1632
$\Sigma T > 10$	4141	2800	2627	2308	2160	2061	1523	869
$\Sigma T > 15$	3447	2239	2029	1730	1502	302	-	-
$\Sigma T > 20$	2812	1350	1325	-	-	-	-	-

Сумма активных температур осушенных торфяных почв на глубине 0,2 м больше суммы активных температур торфяно-болотных почв на 235 °С. На этой же глубине разница между суммами температур оструктуренных и торфяно-болотных почв равна 354 °С. Соответствующая сумма активных температур оструктуренных торфяных почв больше этой же суммы осушенных почв на глубине 0,2 м на 119 °С. С глубиной эта разница уменьшается и на глубине 100 см она составляет лишь 14 °С. За вегетационный период в оструктуренных почвах температура больше 20 °С наблюдалась в слое 0–20 см, а больше 15 °С – в слое 0–50 см. В осушенных почвах температура больше 15 °С наблюдалась на той же глубине. Таким образом, оструктурирование способствует улучшению температурного режима за счет увеличения температуры почвы в течение всего вегетационного периода.

Что касается среднегодовых температур торфяных почв, то они имеют положительные значения по всем горизонтам. Небольшие величины этих температур свидетельствуют о том, что почвы прогреваются слабо. В разные по метеорологическим условиям годы значение среднегодовых температур на глубине 0,2 м составляло от 7 до 11 °С. Сумма отрицательных температур на глубине 0,2 м колебалась в пределах от 0 до –45,1 °С. Соответствующие колебания суммы положительных и активных температур находились в пределах: 3635–3327 и 2045–2671 °С.

Полесье характеризуется мягкой зимой, поэтому температура почвы в зимний период не опускается ниже –2 °С. Период отрицательных температур не очень продолжительный: с середины – конца декабря до конца марта. Глубина проникновения отрицательных температур колеблется от 10 до 36 см. В торфяно-болотной почве отрицательные температуры проникают на значительно меньшую глубину, и почва практически не замерзает в зимний период.

Таким образом, осушение и оструктурирование торфяных почв способствуют более глубокому проникновению высоких положительных температур, вследствие чего увеличиваются суммы активных температур почвы в течение вегетационного периода, что, в свою очередь, позволяет более эффективно использовать сельскохозяйственные угодья, увеличивать урожай и качество сельскохозяйственных культур.

3.2.4. Суточный ход температур торфяных почв. Суточная периодичность температуры почвы вызвана неодинаковым поглощением и отражением солнечной радиации поверхностью почвы в разное время суток. Суточный ход температуры почвы характеризуется одним минимумом и одним максимумом [33–38]. В исследуемой зоне максимум температур торфяных почв наступает в вечернее время, около 22 часов, а минимум – утром, в 7 часов.

Днем наиболее прогревается поверхность почвы, а с глубиной нагрев уменьшается. Ночью наоборот: поверхность почвы наиболее холодная, с глубиной охлаждение уменьшается. Самая высокая суточная амплитуда температуры почвы наблюдается на ее поверхности из-за того, что торф характеризуется малой теплопроводностью верхних слоев и проникновение тепла в глубину идет очень медленно. Суточные амплитуды изменяются в широких пределах: от 5,7 до 31,1 °С. Наименьшие значения амплитуд приходятся на зимний период, где на температуру поверхности почвы влияет снежный покров. Максимальные значения амплитуды наблюдаются в весенне-летние месяцы и, конечно, зависят от метеорологических условий. Незначительные отклонения суточных амплитуд могут быть вызваны облачностью, осадками, ветром.

Амплитуда суточного хода температуры почвы на глубине зависит во многом от почвы. Так, четкая суточная динамика температуры торфяных почв наблюдается до глубины 15 см, за исключе-

нием некоторых месяцев, когда происходят незначительные колебания на глубине 0,2 м с амплитудой 0,1–0,2 °С, что составляет довольно-таки малую величину. Можно сделать вывод о том, что на глубине 0,2 м суточные колебания температуры практически угасают.

На величину амплитуды суточного хода температуры верхних слоев почвы также влияет растительный покров. Обнаженная поверхность почвы теплее, чем почвы, покрытой растительностью. Летом это объясняется лучшей способностью отражения тепла растительным покровом и его испарениями.

Суточный ход температуры как осушенных, так и оструктуренных (нормой 200 т/га суглинка) почв имеет одинаковый характер и отличается лишь величинами температур. Оструктуренная почва быстрее нагревается и охлаждается. Амплитуда колебаний температур обоих типов почв равна нулю на одинаковой глубине, которая составляет 0,2 м.

Средние суточные температуры осушенных и оструктуренных почв отличаются. Особенно четко это прослеживается в период нагрева почвы. Оструктуренная почва способствует быстрому нагреванию верхнего слоя и передачи тепла в нижние горизонты. Анализируя выборочно несколько дней по годам, удалось заметить интересную закономерность: действие мелиорантов четко проявляется не в год их внесения, а в последующие годы и способствует формированию высоких температур в слое до одного метра.

Таким образом, торфяно-болотные почвы имеют значительно более низкие величины средне-суточных температур. Осушение и оструктуривание благоприятно влияют на суточный ход торфяных почв, а также способствует повышению среднесуточных температур на разных горизонтах по сравнению с торфяно-болотными почвами.

3.2.5. Прогнозирование температурного режима осушенных торфяных почв. Характеризуя температурный режим почвы, всегда приходится иметь дело со многими константами, которые дают представление о тепловых характеристиках почвы. Среди них альbedo поверхности, теплоемкость, теплопроводность, различные суммы и средние значения температур. Эти характеристики необходимы и важны, однако данными константами невозможно описать систему, в которой формируется температурный режим, как динамическую подсистему. Иначе говоря, нельзя отобразить температурные характеристики в любой промежуток времени в любой точке почвенного горизонта.

Для описания формирования температурного режима в системе «почва – растение – атмосфера» используем регрессионную математическую модель, где тот или иной параметр системы связан со статической регрессионной зависимостью параметров подсистемы. В нашем случае определяем целевую функцию, которая связывает подсистемы специально выбранной аналитической зависимостью, которая удачно приближает теоретические данные к экспериментальным.

Принимаем, что температура почвы на глубине 0,2 м является средним показателем теплового состояния среды, в которой находятся корни, а ее среднемесячные показатели характеризуют температурный режим почвы. Поэтому прогнозирование температурного режима проведем по показателю температуры почвы на глубине 0,2 м. Температура почвы формируется под действием таких основных параметров атмосферы, как температура воздуха и осадки. Кроме того, большое влияние оказывает и одна из характеристик водного режима почвы – уровень грунтовых вод. В результате обработки экспериментальных данных (собственные наблюдения и наблюдения Сарненской НИС за 17 лет) было выяснено, что для торфяных почв между показателем температуры почвы на глубине 0,2 м и температурой воздуха существует линейная зависимость (рис. 3.8). Прогнозирование температурного режима будем осуществлять за вегетационный период: с апреля по сентябрь по среднедекадным и среднемесячным многолетним температурам.

Корреляционный коэффициент между температурами воздуха и почвы для торфяных почв Западного Полесья равен $0,844 \pm 0,001$. Эта линейная зависимость между температурой воздуха и температурой почвы на глубине 0,2 м имеет следующий вид:

$$T_{gp0,2} = -a + T_{пов}, ^\circ C \quad (3.6)$$

где: $T_{гр0,2}$ – температура почвы на глубине 0,2 м, °С; $T_{пов}$ – температура воздуха, °С;

$a = 11,72$, $y = 1,23$ – эмпирические коэффициенты.

Водный и температурный режимы взаимосвязаны между собой. Вследствие обработки данных мы установили следующую закономерность: в течение вегетационного периода между температурой почвы и уровнем грунтовых вод наблюдается сильная нелинейная связь ($r = 0,942 \pm 0,002$), которая описывается уравнением:

$$T_{gp0,2} = -a_1 + v_1 PГВ - c_1 PГВ^2, ^\circ C \quad (3.7)$$

где: УГВ – уровень грунтовых вод, см; $a_1 = 96,37$; $v_1 = 2,36$; $c_1 = 0,0124$.

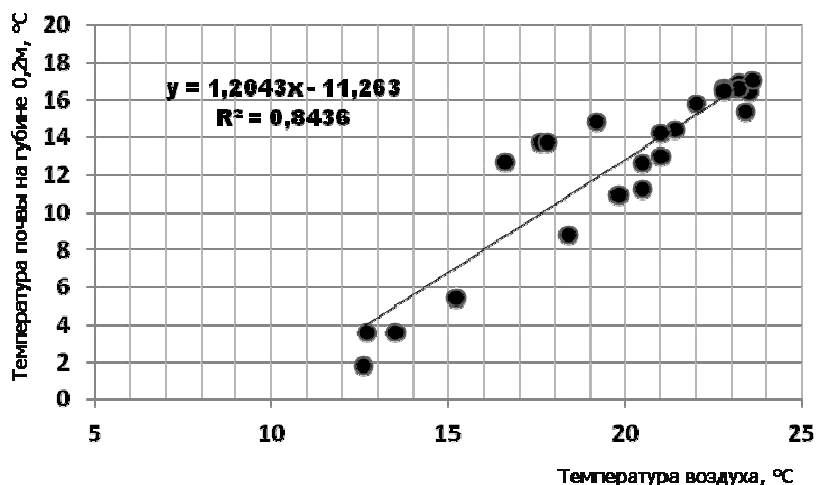


Рис. 3.8. Зависимость температуры почвы на глубине 0,2 м от температуры воздуха

Более четкая линейная зависимость наблюдается между грунтовыми водами и температурой почвы в период, когда температурный градиент направлен вниз, а точнее, это период с мая по вторую декаду августа.

$$T_{cp0,2} = -a_2 + v_2 PGB - c_2 PGB^2, \text{ } ^\circ C, \quad (3.8)$$

где: $\gamma = 0.958 \pm 0.002$, где для данной зоны $a_z = 16,16$; $v_z = 0,363$.

Итак, поскольку существует связь между температурой почвы и УГВ, между температурой почвы и температурой воздуха, то рассмотрим функцию с двумя переменными. Эта связь оставляет уже меньше места для действия других факторов: коэффициент корреляции равен $0,984 \pm 0,001$ и записывается в такой форме:

$$T_{cp0,2} = a_1 + a_2 T_{пов} + a_3 PGB, \text{ } ^\circ C \quad (3.9)$$

$a_1 = 15,38$, $a_2 = 0,816$, $a_3 = 0,16$ – эмпирические параметры.

Важное значение при определении температуры почвы имеет и такой фактор атмосферы, как осадки: увлажнение верхнего слоя до определенной величины улучшает температуру почвы за счет увеличения теплопроводности торфа. Теснота линейной связи между температурой почвы и осадками по коэффициенту корреляции была посредственной ($r = 0,324 \pm 0,015$).

Рассмотрев окончательно четырехфакторную систему (температура почвы, температура воздуха, УГВ, осадки), можно сделать вывод, что доминирующие факторы при формировании температуры почвы определены правильно. Теснота связи между параметрами этой системы сильная ($r = 0.992 \pm 0.001$) и может быть описана следующим уравнением:

$$T_{cp0,2} = v_1 + v_2 T_{пов} + v_3 PGB + v_4 P, \text{ } ^\circ C \quad (3.10)$$

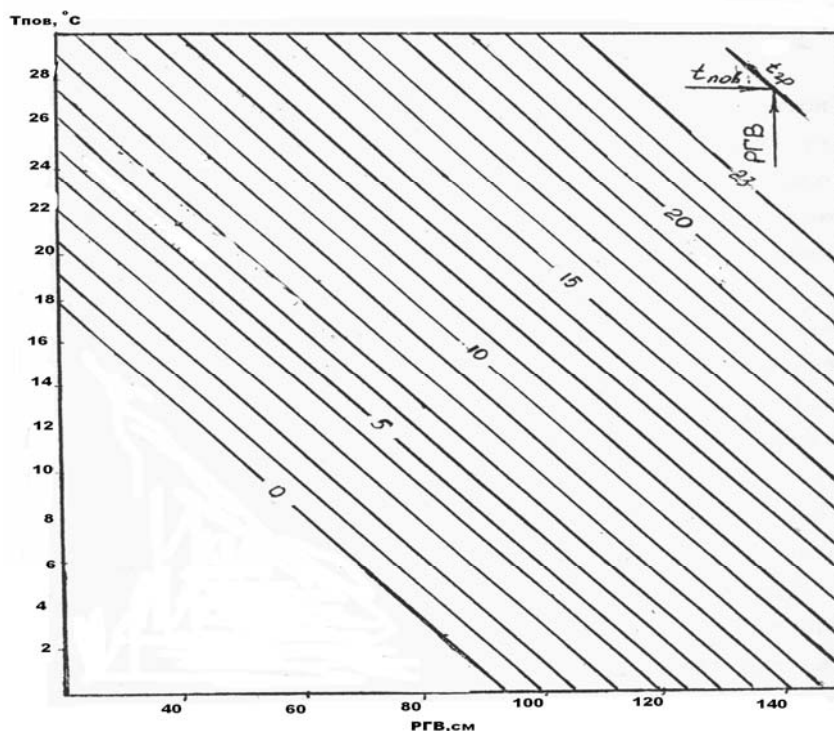
где: P – осадки, мм, $v_1 = 17,54$, $v_2 = 0,699$, $v_3 = 0,169$, $v_4 = 0,0742$.

Номограмма по определению температуры почвы на глубине 0,2 м с помощью приведенных параметров показана на рисунке 3.9.

Температура почвы определяется по графической форме как функция от температуры воздуха и уровня грунтовых вод, а также алгебраически, учитывая поправку на осадки относительно определенной температуры почвы.

Таким образом, температурный режим торфяных почв можно оценивать с помощью таких параметров, как температура воздуха, уровень грунтовых вод, осадки. При этом мы можем определять температуру почвы в любой период и регулировать ее до оптимального для роста и развития температурного диапазона.

3.2.6. Водно-воздушный режим торфяных почв. Изучением водного режима почвы на разных этапах занимались И. Н. Скринникова (1961), Г. И. Афанасик (1975), Б. С. Маслов (1970), В. И. Белковский (1981, 1991), А. М. Янголь (1970), Е. С. Гнида (1969), А. Т. Кардашов (1975), Н. А. Клименко (1985, 1988, 1990), Д. В. Лико (1990). Авторы отмечают негативное явление переувлажнения торфяных почв и предлагают разного рода мероприятия по улучшению водно-воздушного режима гидроморфных почв. В последние годы появилась мысль о том, что в целом за вегетационный период растения на торфяных почвах по несколько раз переносят как недостаток, так и избыток влаги.



Поправка на осадки

Р, мм	0	1	2	4	6	8	10	15	20	30	40	60	80	100
$T_{гв0,2}$	-1,77	-1,7	-1,6	-1,93	-1,29	-1,15	-1,0	0,63	0,26	0,48	1,3	2,78	4,26	5,75

Рис. 3.9. Номограмма определения температуры почвы на глубине 0,2 м по показателям температуры воздуха и уровню грунтовых вод с учетом осадков

3.2.6.1. *Режим уровня грунтовых вод.* Проведенные исследования на осушаемой системе Чаква (с. Хочин) и многолетние наблюдения Сарненской НИС по уровню грунтовых вод показали, что существуют сезонные колебания последнего. Они сводятся к основным фазам и полностью соответствуют характеристикам, предложенным Н. А. Клименко [4]. Согласно его исследованиям уровни грунтовых вод в годовом цикле характеризуются: 1) весенним максимумом и весенним снижением; 2) летним подъемом и летним максимумом; 3) летним снижением и летне-осенним минимумом; 4) осенним подъемом и зимним понижением. В разные годы эти фазы выражены по-разному: одни более четкие, другие более сглажены. Наиболее характерные показатели сезонной смены – зимний минимум (H_1), который наблюдается в январе-феврале; весенний максимум (H_2) – март-апрель; летний минимум (H_3) – август-сентябрь и осенний максимум (H_4) – октябрь-декабрь.

Зимний минимум обусловлен несоответствием между выпадением осадков и уровнем грунтовых вод, поскольку осадки в виде снега задерживаются на поверхности. В результате таяния снега и оттаивания почвы уровень грунтовых вод поднимается весной до максимальной отметки. Летний минимум и осенний максимум обуславливаются соответственно уменьшением осадков и увеличением испарения, и наоборот.

Приведем примеры сезонной периодичности уровня грунтовых вод в отдельные годы. Так, в 1991 г. на опытных участках был четко выражен весенний максимум, летний минимум и, в свою очередь, осенний максимум. Поднятие грунтовых вод до 20–30 см в июле было обусловлено выпадением сильных осадков и подпором воды в осушительных каналах со стороны магистрального канала и реки Случь. В 1992 г. весенний максимум грунтовых вод четко прослеживался в июне, а летний минимум в конце июля – начале августа. Выпадение большого количества осадков и наводнения на реке Случь привели к поднятию уровня грунтовых вод на поверхность в конце августа – начале сентября. В 1993 г. наиболее четко наблюдался летний минимум в середине августа с отметкой грунтовых вод 115–120 см. Вслед за этим в сентябре был выражен осенний максимум с отметкой в 50 см, что было вызвано выпадением большого количества дождя.

Наблюдения показали, что УГВ на неосушенных почвах достигал их поверхности, а в осушенных и оструктуренных колебался в пределах 50–135 см с подъемом в отдельные периоды до пахотного слоя при выпадении более 50 мм осадков. Уровень грунтовых вод на осушенных торфяных почвах снижается более чем на один метр почти каждый год. Это наблюдалось как в зимний, так и в летне-

осенний периоды. Например, в декабре 1983 г. УГВ был равен 139 см; в октябре 1981 г. – 138 см; в июне 1989 г. – 112 см; в августе 1990 г. – 115 см.

Как уже отмечалось, УГВ находится в соответствующей зависимости от осадков и испарения. Наблюдения показывают, что высокий уровень грунтовых вод совпадает с наибольшим количеством осадков, минимальным значением испарения. Наиболее значительное снижение УГВ приходится на период с минимальным количеством осадков и максимумом испарения. Эти закономерности сбываются в теплый период года (апрель – сентябрь), поскольку зимой осадки прямого действия не оказывают, а изменение уровня происходит за счет миграции влаги в мерзлом слое почвы.

Анализ сезонных изменений УГВ торфяных почв позволил найти закономерность между весенним максимальным уровнем (H_2) и зимним минимальным уровнем (H_1). Связь между этими величинами оказалась сильной ($r = 0,824 \pm 0,005$) и имела вид прямой линии:

$$H_2 = -a + bH_1, \text{ см} \quad (3.11)$$

$$30 \text{ см} \leq PGB \leq 120 \text{ см}$$

где: $a = 10,16$; $b = 0,775$.

Зависимость подтверждается при УГВ в пределах 30–120 см. Найденное выражение имеет практическое значение для прогнозирования УГВ к началу полевых работ. Для торфяных почв Ровенской области Н. А. Клименко (1990) получил аналогичное уравнение с коэффициентами: $a = 31$, $b = 0,89$.

Связь между УГВ и осадками, конечно, есть, но нужно обратить внимание и на то, что при небольших дождях, которые выпадают на почву, влага полностью поглощается только верхним слоем. При влажности поверхностного слоя, равной ПВ, дополнительная влага, поступившая в почву, не задерживается в нем и проникает в нижние горизонты. Поэтому особенно большое значение для пополнения запасов воды в корневом слое почвы имеют осадки, которые выпадают, когда поверхностный слой еще не просох. Это очень часто наблюдается осенью и ранней весной, а летом только в отдельных случаях.

Регрессионный анализ замеров уровней грунтовых вод, которые проводились в зоне Полесья в течение 1976–1993 гг., показал связь между повышением УГВ и суммой выпавших осадков, что описывается уравнением прямой линии вида:

$$\Delta H = -a + bP, \text{ м} \quad (3.12)$$

где: $a = 2,62$; $b = 0,346$, ΔH – поднятие уровня грунтовых вод, м; P – осадки, мм. Коэффициент корреляции равен $0,887 \pm 0,002$.

Удельный коэффициент поднятия УГВ за счет осадков равен 0,35. Эта величина близка к полученным коэффициентам на других системах. Коэффициент во многом зависит от степени разложения торфяного грунта: чем меньше разложение, тем больше его влагоемкость и тем меньше гравитационной воды стекает в грунтовые воды.

Наряду с этим по собственным данным и данным Сарненской НИС 1977–1993 гг. нами установлена связь между уровнем грунтовых вод (H , см), осадками (P , мм) и испарением (E , мм) за вегетационный период, что описывается следующим уравнением:

$$H = a - b \frac{P}{E}, \text{ См} \quad (3.13)$$

где: $a = 186,87$; $b = 84,08$.

Таким образом, изучение динамики УГВ позволяет сделать вывод о том, что режим торфяных почв обусловлен количеством осадков и испарением. Сезонные колебания присущи всем проанализированным годам и имеют свои закономерности. В рассматриваемой зоне за вегетационный период УГВ по среднемноголетним данным колеблется в пределах от 50 до 135 см, исключением являются годы с большим количеством осадков, когда уровень грунтовых вод выходит на поверхность или поднимается выше 50 см. Это приводит к тому, что в торфяных почвах формируется водный режим, который не обеспечивает максимальной производительности сельскохозяйственных культур в отдельные периоды их вегетации.

3.2.6.2. Режим влажности и влагозапасов. Динамика влажности в почве в течение вегетационного периода складывается под влиянием различных факторов. Одними из важнейших являются метеорологические условия (осадки, температура, испарение), генетические особенности почвы, ее температура и характер растительности.

Исследования показали, что неосушенные торфяные почвы можно отнести к почвам промывочного типа с полным смачиванием профиля, чрезмерного переувлажнения не только в слое 0–50 см, но и пахотного 0–30 см слоя, где влажность снижается до 0,8 ПВ. Формирование такой влажности лимитирует рост и развитие большинства культур, что значительно усложняет обработку почвы.

Осушение торфяных почв сопровождается уменьшением как обводнения почвенного профиля, так и содержания влаги в корнеобитаемом и пахотном слое этих почв. В течение большинства лет на осушенных торфяных почвах формируется периодически промывной тип водного режима, временное чрезмерное переувлажнение отмечается лишь в нижней части 0–50 см слоя, а кратковременное – периодически в 0–30 см слое.

Исследования показали, что влажность корнеобитаемого слоя почвы меняется в зависимости от потребностей растений в воде. Так, в течение вегетационного периода влажность почвы под малотребовательными культурами, такими, как кукуруза и картофель, всегда выше, чем, например, под сильно требовательными к влаге многолетними травами.

Наибольшие запасы влаги наблюдаются ранней весной. В течение вегетационного периода происходит постепенное иссушение почвы, при этом расход весенних запасов воды в той или иной степени пополняется летними осадками. Особенно значительный спад влагозапасов в середине вегетации растений является следствием усиленного водопотребления культур. С июля до начала августа капиллярный подток уменьшается, что приводит к уменьшению влажности верхнего слоя (0–50 см) до 40–50 % ПВ.

Максимальные запасы влаги в корневом слое формируются в начале вегетационного периода и составляют 306,6 мм. В середине вегетации запасы влаги уменьшаются до 208,4 мм. В нижней части почвенного профиля наблюдается переувлажнение, которое обусловлено уровнем грунтовых вод. Наряду с этим наблюдения за режимом влажности осушенных и оструктуренных торфяных почв показали незначительные расхождения распределения влаги в зависимости от типа почвы.

Анализ динамики влажности почвы в разные вегетационные периоды выявляет значительное количество специфических признаков и общих закономерностей. Так, после оттаивания почвы во все годы наблюдается чрезмерное переувлажнение, для которого характерна влажность 0–50 см слоя почвы 0,7 ПВ – 0,8 ПВ. Здесь происходит постепенное уменьшение влажности, особенно в верхнем слое – 0–20 см. Это объясняется тем, что весной идет иссушение верхних слоев за счет температуры воздуха и суховеев, а также незначительного количества осадков. Коэффициент увлажнения этого периода характеризуется как сухой, засушливый и достаточный. Процесс иссушения верхних слоев почвы особенно четко был выражен в 1993 г., когда влажность верхнего горизонта 0–10 см под многолетними травами характеризовалась величиной 40–50 % ПВ на обоих опытных участках. При этих же климатических условиях под кукурузой величина влажности на глубине 20 см колебалась в пределах 40–50 % ПВ на осушенных почвах со второй декады мая до второй декады июля, а на оструктуренных почвах на глубине 10 см – лишь с середины мая до первой декады июля. В общем, в 1993 г. посевы кукурузы периодически испытывали недостаток влаги, поскольку в течение всего вегетационного периода влажность корневого слоя (0–50 см) колебалась в пределах 62,3–72,7 % ПВ. Аналогичные трудности испытывали в этот год и многолетние травы. Внесение в торфяной грунт 200 т/га суглинка способствовало увеличению влажности корневого слоя под этими культурами до 60,7–80,3 % ПВ.

Внесение в торфяной грунт 200 т/га суглинка обеспечило увеличение влагозапасов, особенно верхних слоев почвы. Ощутимое увеличение запаса влаги наблюдалось под многолетними травами. Режим влагозапасов на оструктуренных почвах характеризовался по сравнению с осушенными почвами большей стабильностью (161,1–128,1 мм), что благоприятно отразилось на урожае многолетних трав. Показатель воздушного режима при этом колебался в пределах 31,5–36 %, что соответствовало хорошему газообмену между грунтовым и атмосферным воздухом.

В 1992 г. наблюдался неблагоприятный водный режим. Так, в июле-августе при высоких температурах воздуха в корневом слое почвы под посевами всех культур отмечался дефицит влагозапасов, который снижался до 84–87 мм, а влажность – до 48 % ПВ, что ниже ВРК. В этом же году минеральные компоненты существенно не повлияли на формирование запасов влаги, и почва характеризовалась недостаточным увлажнением. Поэтому, по данным исследований, доминирующим фактором в регулировании влажности торфяных почв является режим уровня грунтовых вод. Улучшить водно-воздушный режим торфяных почв с помощью минеральных компонентов удастся лишь на участках, где поддерживаются оптимальные нормы осушения. В данном случае на опытных участках это невозможно сделать потому, что во влажные годы образовывается подпор водоприемника реки Случь. Так, на торфяных почвах системы «Печаловка» Костопольского района Ровенской области, где поддерживается соответствующая норма осушения, внесение суглинка и песка обеспечивает в сухие и влажные годы улучшение водного режима за счет как уменьшения абсолютного влагосодержания, так и увеличения доступной влаги при уменьшении малоподвижных категорий (Н. А. Клименко, 1990).

Автор приводит пример: в средневлажном 1980 г., когда за период вегетации выпало 387 мм осадков, избыточное переувлажнение верхних слоев торфяного грунта отмечалось в течение 5–14

дней, тогда как внесение песка ликвидировало переувлажнение. Размер запасов влаги в слое 0–50 см также снижается в зависимости от внесения минеральных примесей, поэтому оструктуренные торфяные почвы можно отнести к достаточно-увлажненным.

В течение особенно влажных лет, водный режим почвы характеризуется как кратковременное периодическое переувлажнение. Внесение в торфяные почвы Костопольского района минеральных примесей улучшает их водно-воздушный режим до достаточно увлажненного. Аналогичное улучшение водного режима торфяных почв при внесении песка подтверждено опытами Д. В. Лыко (1986).

Таким образом, водный режим как осушенных, так и оструктуренных почв характеризуется по водообеспеченности как периодически переувлажненный и достаточно увлажненный, иногда, в особо влажные годы, как чрезмерно увлажненный. В течение вегетационного периода наблюдается незначительное иссушение верхнего слоя почвы или, наоборот, его переувлажнение.

Минеральные компоненты в виде 200 т/га суглинка улучшают водный режим за счет уменьшения «мертвого» запаса воды, усиления капиллярного поднятия в сухие годы, фильтрации и вододерживающей способности почвы.

Наряду с этим установлено, что режим влажности осушенных и оструктуренных почв по сравнению с неосушенными характеризуется большей стабильностью, а водный режим исследуемых почв отличается по количественным и качественным показателям.

На формирование влажности почвы влияют как метеорологические условия, так и грунтовые воды. Установлено, что между этими показателями существуют тесные линейные взаимосвязи (табл. 3.2). Анализ коэффициентов корреляции полученных уравнений показывает, что более тесная связь между уровнем грунтовых вод и влажностью почвы прослеживается для слоя почвы 0–50 см.

Таблица 3.2

Взаимосвязи влажности почвы с уровнем грунтовых вод и метеорологическими условиями

Параметры	Условия (слой почвы)	Зависимость	Коэффициенты	Коэффициент корреляции
γ_i, H	0-30 см	$\gamma_i = a - bH$, % ПВ	$a = 93,87; b = 0,618$	$r = 0,568 \pm 0,009$
	0-50см		$a = 93,56; b = 0,492$	$r = 0,600 \pm 0,012$
γ_i, H, P, E	0-30 см	$\gamma_i = a - bH \frac{E_0}{P}$, % ПВ	$a = 92,53; b = 54,29$	$r = 0,65 \pm 0,01;$
	0-50см		$a = 96,84; b = 48,1$	$r = 0,70 \pm 0,01$

Примечание: γ_i – влажность в i -том слое почвы, % ПВ; H – уровень грунтовых вод на дату определения вышеуказанных величин, см, P, E – сумма осадков и величин испарения с 1 января до даты их определения, мм.

Комплексное воздействие уровней грунтовых вод, осадков и испарения на формирование влажности торфяного грунта исследовали под посевами многолетних трав.

3.3. Оценка гидротермического режима торфяных почв

Для оценки гидротермического режима исследуемых торфяных почв используем классификацию Н. А. Клименко, А. М. Прищепы [39, 42], согласно которой гидротермический режим объединяет критерии и характеристики температурного и водного режимов. Типы гидротермического режима выделяют на основе закона оптимума: левая часть представлена гидротермическим режимом, который характеризуется минимумом тепла и максимумом влаги. Оптимум представлен хорошим гидротермическим режимом, при котором теплообеспеченность растет, а влага находится в достаточном количестве.

При этом критериями выделения типов температурного режима являются глубина и период промерзания почвы, подтипов – глубина проникновения активных температур, среднегодовая температура почвы и сумма активных температур почвы на глубине 0,2 м (табл. 3.3).

Исследуемые торфяные почвы относятся к сезонно промерзающему типу температурного режима почв, поскольку в зимний период они промерзают на незначительную глубину, сроком до 5 месяцев (декабрь – март).

Неосушенные торфяные почвы относим к холодным с достаточной теплообеспеченностью. Осушение позволяет улучшить их температурный режим, и такие почвы характеризуются как прохладные с очень слабой теплообеспеченностью. Оструктуривание улучшает температурный режим торфяных почв, увеличивает их теплообеспеченность и приближает их к умеренно теплым почвам с теплообеспеченностью ниже средней.

Оценку водного режима почв проведем согласно классификации (табл. 3.4). Типы сгруппированы по условиям увлажнения почвенного профиля в год, который оценивается коэффициентом ув-

лажнения. Подтипы классифицированы по интенсивности увлажнения почвенного профиля в год. Род выделен по степени и продолжительности увлажнения корнеобитаемого слоя почвы.

В зависимости от продолжительности переувлажнения и динамики увлажнения корнеобитаемого слоя почвы выделены виды. Предлагаем для переувлажненных почв следующие виды: постоянный (влажность почвы на уровне ПО наблюдается до 300 дней в году), долговременный (влажность почвы на уровне ПО наблюдается до 90 дней в году) кратковременный (влажность почвы на уровне ПО – до 60 дней в году). Для временно переувлажненных почв выделяем два вида: устойчивый (влажность почвы от ПВ до 0,7 ПВ в течение 30 дней летом влажность до 0,7 ПВ); кратковременный (влажность от кратковременно периодического увлажнения к ПВ весной и летом до 0,65 ПВ).

Для достаточно увлажненных почв выделяем умеренно переменный вид (влажность почвенного профиля колеблется от 0,8 ПВ весной до 0,6 ПВ летом и наблюдается периодическое снижение влаги в ВРК).

Таблица 3.3

Классификация температурного режима грунтов (Н. А. Клименко, А. М. Прищепа, 1996)

Тип	Подтип	Род
Длительно сезонно промерзающие Н _{пр} ≥ 1 м Т ≥ 5 месяцев	Холодные Н < 1 м 0 > t _{ср 0,2} < 4 ∑(Т > 10 °С) 1000–1500	Очень низкая теплообеспеченность ∑(Т > 10 °С) 1000
		Низкая теплообеспеченность ∑(Т > 10 °С) 1000–1500
Сезонно промерзающие Н _{пр} ≤ 1 м Т < 5 месяцев	Прохладные Н = 1–3 м 4 > t _{ср 0,2} < 9 ∑(Т > 10 °С) 1500–2500	Слишком слабая теплообеспеченность ∑(Т > 10 °С) 1500–2000
		Слабая теплообеспеченность ∑(Т > 10 °С) 2000 – 2500
	Умеренно теплые Н = 1–3 м 9 > t _{ср 0,2} < 12 ∑(Т > 10 °С) 2500–3500	Ниже средней теплообеспеченность ∑(Т > 10 °С) 2500–3000
		Средняя теплообеспеченность ∑(Т > 10 °С) 3000–3500
Непромерзающие Н _{пр} = 0	Теплые Н < 3 м 12 > t _{ср 0,2} < 16 ∑(Т > 10 °С) 3500–5000	Умеренная теплообеспеченность ∑(Т > 10 °С) 3500–4000
		Достаточная теплообеспеченность ∑(Т > 10 °С) 4000 – 4500
	Жаркие Н > 3 t _{ср 0,2} > 16 ∑(Т > 10 °С) 5000	Повышенная теплообеспеченность ∑(Т > 10 °С) 4500–5000
		Высокая теплообеспеченность ∑(Т > 10 °С) 5000

Для недостаточно увлажненного типа выделяем следующие виды: резко переменный (влажность почвы весной соответствует уровню 0,8 ПВ, а летом понижается до ВРК) абсолютно переменный (влажность почвы весной периодически доходит до 0,8 ПВ, а летом – до ВУ).

Таким образом, неосушенные торфяные почвы относятся к промывочному типу, в которых УГВ выклинивается на поверхность при полном промачивании и долговременном или кратковременном избыточном переувлажнении. Водный режим осушенных и оструктуренных торфяных почв характеризуется как периодически промывной умеренного промокания с избыточной влагой в весенние и неустойчивым увлажнением в летние месяцы.

Оценку гидротермического режима проводим по классификационным признакам (рис. 3.10), где каждый тип характеризуется соответствующими родами и видами согласно температурного и водного режимов. Охарактеризуем типы гидротермического режима и проведем типизацию гидротермического режима торфяных почв, исходя из количественных и качественных характеристик температурного и водного режимов.

Классификация водного режима почв (Н. А. Клименко, А. М. Прищепа, 1996)

Тип	Подтип	Род	Вид
Промывочный $K_{ув} \geq 1,3$	Полного промокания ПВ – 0,8 ПВ	Чрезмерно переувлажненный ПВ – 0,8 ПВ	Постоянный
			Долгосрочный до 90 дней
			Кратковременный до 60 дней
Периодически промывной $K_{ув} = 1$	Умеренного промокания	Временно чрезмерно переувлажненный ПВ – 0,65 ПВ	Устойчивый ПВ – 0,70 ПВ
			Кратковременный ПВ – 0,65 ПВ
Непромывной $K_{ув} > 1,0$	Слабого промокания 0,8 ПВ – ВУ	Недостаточно увлажненный 0,8 ПВ – ВВ	Резко сменный 0,8 ПВ – ВРК
			Абсолютно сменный 0,8 ПВ – ВРК

Примечание: $K_{ув}$ – коэффициент увлажнения, ПВ – полная влагоемкость, ВУ – влажность увядания, ВРК – влажность разрыва капилляров.

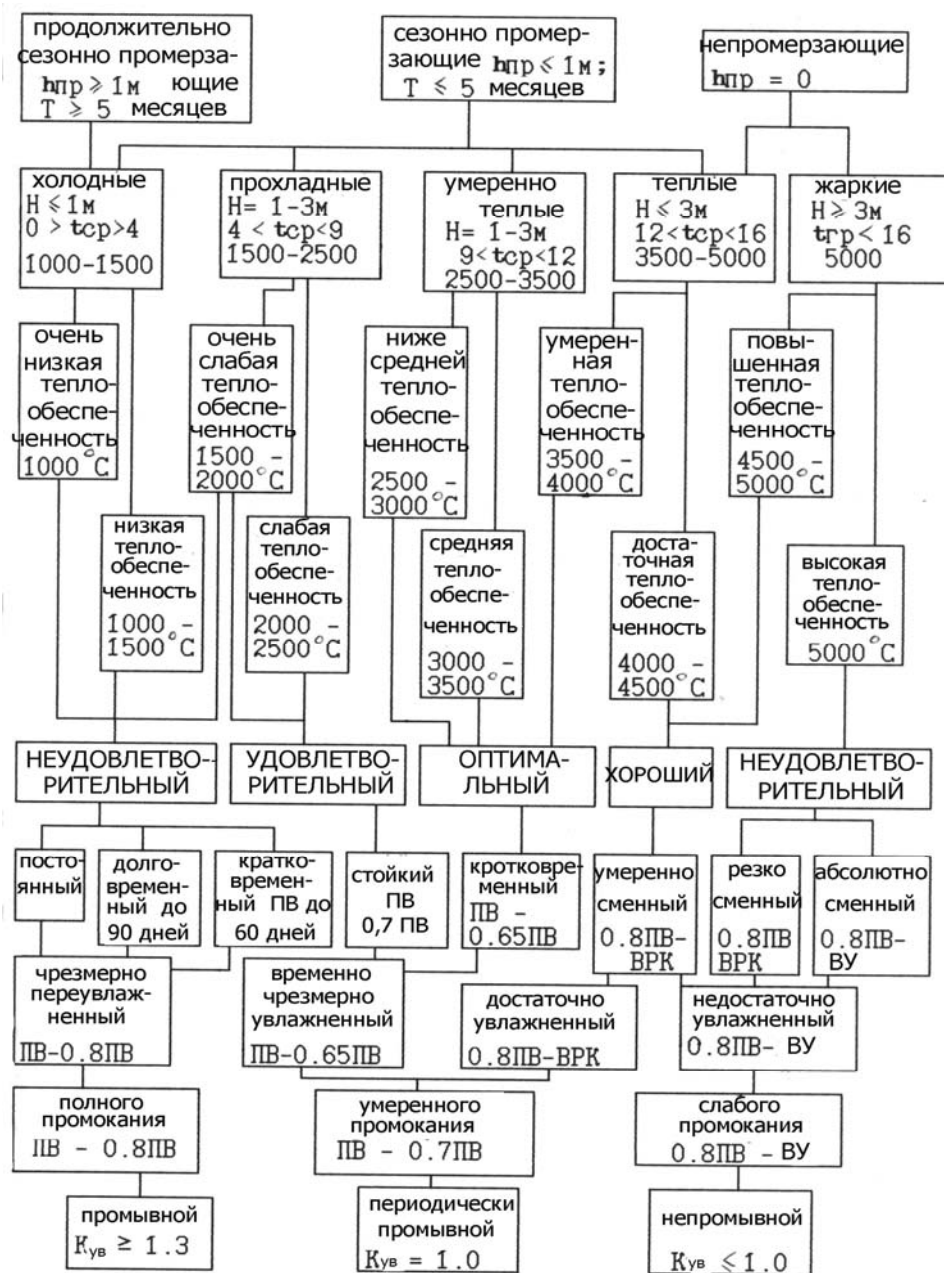


Рис. 3.10. Классификационная схема гидротермического режима почв (Н. А. Клименко, А. М., Прищепа 1996)

$h_{пр}$ – глубина промерзания, м, T – продолжительность промерзания, H – глубина проникновения активных температур, м (А – В) – сумма активных температур почвы на глубине 0,2 м, $K_{ув}$ – коэффициент увлажнения, ПВ – полная влагоемкость, ВУ – влажность увядания, ВРК – влажность разрыва капилляров

Выделены следующие типы гидротермического режима. Неудовлетворительный гидротермический режим представлен почвами, которые в зависимости от температурного режима характеризуются как долгосрочно сезонно промерзающие и сезонно промерзающие, холодные и прохладные, с очень низкой, низкой, слишком слабой теплообеспеченностью, а по водному режиму относятся к промывочному типу, полного промокания, чрезмерно переувлажненным; постоянно, длительно и кратковременно переувлажненным. Удовлетворительный гидротермический режим характеризует почвы, которые по температурному режиму относятся к сезонно промерзающим, прохладным, слишком слабой и слабой теплообеспеченности и периодического промывного водного режима, устойчивого, временно чрезмерно переувлажненным. К оптимальному гидротермическому режиму относятся почвы сезонно промерзающие, умеренно теплые, теплые, ниже средней, средней, умеренно теплой теплообеспеченности; периодически промывочного типа, временного избыточного переувлажнения, кратковременного переувлажнения. К хорошему гидротермическому режиму относятся почвы, которые характеризуются как сезонно промерзающие, теплые, с достаточной и повышенной теплообеспеченностью, периодически промывные, умеренного промачивания, достаточно увлажненные, умеренно измененные. Неудовлетворительный гидротермический режим характеризуется следующими звеньями температурного и водного режимов: непромерзающий, жаркий, непромывного типа, слабого промокания, недостаточно увлажненный, резко, абсолютно переменный.

Оценивая гидротермические режимы торфяных почв, можно сделать вывод о том, что гидротермический режим неосушенных торфяных почв относится к неудовлетворительному типу и является сезонно промерзающим, холодным с очень слабой теплообеспеченностью, которым присущ промывной тип водного режима полного промокания, длительного, кратковременного избыточного переувлажнения.

Осушенные и оструктуренные торфяные почвы характеризуются удовлетворительным гидротермическим режимом, являются сезонно промерзающими, прохладными, со слабой теплообеспеченностью, периодически промывного типа водного режима, умеренного промокания, кратковременного и временного избыточного переувлажнения.

Таким образом, осушение и оструктурирование улучшает гидротермический режим до удовлетворительного. Оптимальный гидротермический режим на торфяных почвах может формироваться при разработке дополнительных мер, которые будут регулировать этот режим ежемесячно на протяжении вегетационного периода.

3.4. Влияние гидротермического режима почвы на продуктивность сельскохозяйственных культур

Высшие растения живут в двух средах – почвенной и воздушной. Все факторы жизни растения, такие, как свет, тепло, вода, воздух и питательные вещества по закону оптимума должны находиться в достаточном количестве. При уменьшении или увеличении дозы любого фактора наблюдаются подавленность роста и развития растения. Чтобы изучить влияние одного фактора, нам необходимо обеспечить растение всеми остальными. Поскольку при формировании урожаев сельскохозяйственных культур, которые растут на осушенных торфяных почвах, ограничивающим фактором является тепло, а избыточным вода, рассмотрим влияние этих факторов на рост растений.

3.4.1. Влияние гидротермического режима на рост и развитие сельскохозяйственных культур. В зоне Полесья на торфяных почвах выращивают культуры, которые по своей природе требуют больше тепла, поэтому снижение их урожайности происходит за счет недостатка тепловой энергии. Вегетация растений проходит с опозданием.

Рассмотрим влияние гидротермического режима на урожай сельскохозяйственных культур. Гидротермический режим почвы в годы исследований существенно менялся. Наряду с этим, исходя из необходимого обеспечения растений водой и теплом, рассмотрим формирование урожая некоторых культур в прошлые годы, используя данные наблюдений за урожаем различных культур, выращиваемых на Сарненских торфяниках.

По водообеспеченности культуры разделяют на три группы: малотребовательные к влаге; средне требовательные и растения с повышенной потребностью во влаге. Малотребовательные культуры (кукуруза, картофель, свекла) снижают свою урожайность из-за переувлажнения. Это четко прослеживается на примере формирования урожая картофеля. Как известно, уровень грунтовых вод для роста этой культуры необходимо поддерживать в течение всего вегетационного периода в пределах 90–120 см. В данном случае в годы исследований, когда средний уровень грунтовых вод в течение вегетации колебался в пределах 60–70 см, урожай уменьшался до 75–96 ц/га при среднемноголетней 216,7 ц/га (табл. 3.5).

**Влияние метеорологических условий на формирование урожайности культур
(осушенные торфяные почвы, Сарненская НИС)**

Многолетние травы	Урожайность, ц/га				Сумма активных температур почвы на глубине 0,2 м	Уровень грунтовых вод, см	$\frac{E}{P}$
	Зерновые	Картофель	Кукуруза на зеленую массу	Кормовая свекла			
260	32,0	304	300	665	2045	84,9	0,87
274	14,9	80	291	697	2095	69,3	1,13
265	30,0	280	210	660	2161	90	0,65
252	33,5	320	310	670	2168	84,9	0,60
260,5	25,7	450	338,6	721,4	2168	110,4	0,77
330	36,4	283	341	765,6	2176	96,3	0,62
263	24,1	232	404	380	2198	100,9	0,76
372	25,2	243,3	157	547	2207	97,8	1,37
435	18,6	81	224,2	723	2247	87,8	
248	18,2	209	355		2286	82,2	0,33
422	26,9	274,9	316	331	2317	84,0	1,0
432,3	18,0	146,4	279,8	657,2	2318	68,4	
227	30,6	133	317	194	2325	65,2	0,69
336,7	35,4	212,2	131,1	547,4	2468	101,6	
316,1	32,2	96	365	626	2531	61,7	0,4
200	21,1	75	228	626	2670	97,0	0,68

Сумма температур почвы также влияет на формирование урожая культур. Это четко можно наблюдать на примере теплолюбивой кукурузы. При стабильном увлажнении почвы и при сумме активных температур почвы на глубине 0,2 м, равной 2531 °С, был получен урожай 365 ц/га. При таком увлажнении почвы и сумме температур 2161 °С урожай был только 210 ц/га, что ниже среднего многолетнего на 76 ц/га. Большое значение при формировании урожая, как отмечалось выше, имеют не только общие характеристики вегетационного периода, но и характеристики отдельных фаз развития культур. Для культур второй и третьей групп, соответственно зерновых и многолетних трав, наблюдается аналогичная картина. Так, избыточно увлажненные апрель, май, начало июня и засушливое начало августа 1983 г. привели к снижению урожая картофеля, многолетних трав, кукурузы и зерновых культур.

Аналогичная картина наблюдалась и на опытных участках. В частности, на формирование урожая многолетних трав повлияли как температура воздуха, так и влажность почвы. Снижение урожая происходило вследствие недостатка влаги (в течение исследуемых лет в слое 0–50 см она колебалась в пределах 56,7–64,4 % ПВ), а также избытка влаги (если она, к примеру, в конце вегетационного периода 1992 г. поднималась к ПВ). За годы исследований суммы температур почвы на глубине 0,2 м были почти одинаковые и не обеспечивали эффективного роста и развития культур.

Итак, можно сделать вывод о том, что в данной зоне необходимо постоянно в течение вегетационного периода поддерживать оптимальное для роста и развития растений соотношение между температурой и влажностью почвы, что, в свою очередь, будет способствовать получению высоких урожаев и доброкачественной продукции.

3.4.2. Продуктивность сельскохозяйственных культур. Продуктивность сельскохозяйственных культур на торфяных почвах в наибольшей степени определяется, по мнению В. И. Артеменко, А. К. Бескровного, Х. Н. Старикова, Т. Н. Кулаковской, С. Т. Вознюка, Н. А. Клименко, фосфорно-калийными удобрениями и водно-воздушным режимом. Большое значение при этом, как было отмечено выше, имеет и гидротермический режим.

На основе утверждения о том, что питательный режим значительно влияет на формирование урожайности культур, нами было исследовано на опытных участках воздействие разного рода удобрений и минеральных компонентов на урожайность растений. Исследования показали, что регулирование питательного режима торфяных почв с целью его улучшения существенно влияют на рост и развитие сельскохозяйственных культур, и проявляют себя по-разному в зависимости от гидротермического режима почвы. Так, например, положительно реагировал на внесение фосфорно-калийных удобрений и минеральных компонентов картофель. Значительный прирост урожая этой культуры обеспечивало внесение минеральных компонентов. При внесении 100 т/га песка в торфяной грунт был получен прирост урожая картофеля в размере 57 ц/га, или 44,2 % в соотношении с контролем, и

39 ц/га, или 30,3 % по сравнению с фоновым внесением удобрений. Минеральные компоненты в виде 200 т/га глины увеличивали выход продукции на 52,8 %.

При выращивании кукурузы на зеленую массу значительный прирост был получен лишь при внесении фосфорно-калийных удобрений. Увеличение объема калийных удобрений с 120 до 360 кг/га по фону P_{90} прироста урожая не дало; такая же картина наблюдалась и при внесении минеральных компонентов.

В условиях полевого опыта с применением удобрений и минеральных компонентов были получены высокие приросты урожаев овсяной смеси. Внесение базовой нормы фосфорно-калийных удобрений $P_{90}K_{120}$ позволяет выращивать урожаи овсяной смеси до 193 ц/га, что на 74 ц/га выше урожая, полученного на участке, где удобрения не вносились. Повышение объема калийных удобрений до 360 ц/га привело к приросту урожая на 117 ц/га, что составляет 98,3 %. Наименьший прирост смеси был получен на участках, где вносились минеральные компоненты. Так, прибыль составила соответственно 47,1 и 68,9 % на участках, где вносились 100 т/га песка и 200 т/га глины. Наиболее благоприятные условия были созданы на участке, где вносилось 200 т/га суглинка. Прирост урожая составил 114,3 %. Внесение фосфорно-калийных удобрений в торфяной грунт способствовало повышению урожая многолетних трав в среднем на 81 ц/га, или на 29,4 %.

Внесение в 1991 г. песка по фону $P_{90}K_{60}$ при норме от 100 до 200 т/га обеспечило прирост урожая многолетних трав до 82–50 ц/га, или 40,8–24,9 % соответственно. Наиболее благоприятные условия для высоких урожаев в рассматриваемом году с приростом в 106 ц/га были получены при внесении по фону 200 т/га глины. При данных метеорологических условиях на этом варианте создавались удовлетворительные гидротермический и питательный режимы. Совсем другая ситуация наблюдалась в 1992 и 1993 гг., когда переувлажнение и иссушение некоторых декад вегетационного периода на опытных участках приводило к неблагоприятным водным условиям для роста многолетних трав, что негативно отразилось на урожае. Формированию повышенного урожая способствовали лишь повышенные нормы калийных удобрений. Здесь формировался неблагоприятный водный режим почвы, особенно негативное влияние на урожайность трав проявлялось на участках, где вносились минеральные компоненты. Подтверждение этому есть урожай второго покоса 1993 г., где почвы находились больше декады в состоянии затопления. В среднем за три года исследований наибольший прирост урожая многолетних трав был получен благодаря внесению повышенных норм калия.

Таким образом, формирование урожая различных культур происходит под влиянием взаимосвязанных между собой гидротермического и питательного режимов. Улучшение питательного режима при одинаковых гидротермических условиях приводит к изменению продуктивности сельскохозяйственных культур. Каждый тип культур имеет свои потребности как во влаге, так и в тепле и питательных веществах. Так, внесение увеличенной нормы калия приводило к увеличению урожая многолетних трав и кукурузы. Для овсяной смеси благоприятным для роста является внесение в почву минеральных компонентов в виде 200 т/га суглинка, а для картофеля – 200 т/га глины. Аналогичное влияние на увеличение урожая кукурузы наблюдается при внесении в почву 100 т/га песка. Надо отметить, что в какой бы мере ни улучшали питательный режим, решающее значение для роста и развития растений имеет гидротермический режим. При хороших и удовлетворительных гидротермических режимах усиливается эффективность усвоения растениями питательных веществ и наблюдается больший эффект от внесенных удобрений. Такого результата при проведении исследований не было достигнуто из-за неспособности полного регулирования водного режима.

3.4.3. Переход радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию. В зоне Западного Полесья выращивание сельскохозяйственной продукции ухудшается в связи с загрязнением почв радиоактивными элементами после катастрофы на Чернобыльской АЭС. Наиболее опасными загрязнителями являются стронций-90 и изотопы цезия 134 и 137, которые характеризуются длинным периодом полураспада и высоким коэффициентом перехода этих элементов из почвы в растения. Проведенные исследования в северных районах Ровенской и Волынской областей показали, что почвы характеризуются сравнительно невысоким уровнем радиоактивного загрязнения. Так, на загрязненные уголья с плотностью загрязнения цезием-137 до 1 Ки/км² приходится около 46 % от общего количества всех угодий, на загрязнение с плотностью 1–5 Ки/км² – 50 %, а выше 5 Ки/км² до 4 %.

Выращивание продукции на торфяных почвах имеет свои особенности в том аспекте, что продукция содержит в 10–200 раз больше радионуклидов по сравнению с аналогичной продукцией, выращенной на других почвах (по данным исследований лаборатории УНИИСГР). Причиной такого перехода этих элементов является сам состав и свойства торфяных почв, поскольку они на 80–95 % состоят из органических веществ и характеризуются низкими запасами калия, магния, полутораоксидного алюминия и железа, повышенной обменной и гидротермической кислотностью, высокой вла-

гоемкостью (Г. С. Скоропанов, 1963; С. Т. Вознюк, 1969; В. Н. Ефимов, 1980, 1981; Н. А. Клименко, 1990; Д. В. Лико, 1990). В торфяных почвах практически отсутствуют вторичные минералы. Поэтому для направленных изменений состава твердой фазы, физико-химических характеристик в короткое время возникает необходимость внесения минеральных компонентов, которые бы содержали первичные и вторичные минералы.

В течение 1991–1992 гг. проводилось изучение плотности загрязнения почвы опытного участка и сельскохозяйственной продукции, а также определялись коэффициенты перехода цезия-137 в растения. В результате исследований было установлено, что загрязнение данных почв колебалось в пределах $1,1 \text{ Ки/км}^2$, уровень загрязнения верхнего слоя 0–30 см в 1991 г. составил $431,9 \text{ нБк/м}^2$, в 1992 г. 414 нБк/м^2 .

Анализ растительных образцов сельскохозяйственных культур за этот период показал, что накопление цезия-137 в урожае снижается в следующем порядке: сено многолетних трав, сено вики, зерно овса, зеленая масса кукурузы, картофель. При этом, если в сене многолетних трав накапливается цезий-137 в $261,65 \text{ Бк/кг}$, при внесении минеральных удобрений, то в картофеле эта величина при данных условиях равна $2,0\text{--}2,3 \text{ Бк/кг}$.

Внесение фосфорно-калийных удобрений в норме $\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ снизило накопления цезия-137 во всех культурах как в первый, так и во второй год использования участка. Повышение нормы калийных удобрений до 360 кг/га не привело к уменьшению накопления цезия-137, а наоборот, в соломе овса и зеленой массе кукурузы эта величина превышала показатели контрольных образцов.

Минеральные компоненты, которые вносили в почву, положительно влияли на снижение накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции. Так, если по фону $\text{P}_{90}\text{K}_{360}$ содержание цезия-137 в соломе овса, вики, кукурузы составляло соответственно $42,2, 41,1, 5,9 \text{ Бк/кг}$, то при внесении 200 т/га песка его содержание снижалось соответственно до $13,8, 21,8, 3,6 \text{ Бк/кг}$.

По сравнению с фоном наибольший эффект снижения загрязнения продукции цезием-137 наблюдался при внесении 200 т/га глины в 1991 г. В 1992 г. минимальное содержание цезия-137 в многолетних травах и кукурузе наблюдалось на участке, где вносилось 200 т/га суглинка на фоне минеральных удобрений.

Таким образом, одновременное внесение повышенных норм фосфорно-калийных удобрений и минеральных компонентов снижает содержание цезия-137 в культуре в $2\text{--}5,8$ раза. Снижение перехода радиоцезия объясняется улучшением как гидротермического, так и питательного режимов за счет изменения характеристик почвенно-поглощающего комплекса. Проведенные мероприятия способствуют снижению коэффициента перехода цезия-137 из почвы в растительную продукцию.

Литература

1. Родючість ґрунтів. Моніторинг та управління / за ред. В. В. Медведєва. – Київ: Урожай, 1992.
2. Надгочій П. П., Вольвач Ф. В., Гермащенко В. Г. Екологія ґрунту та його забруднення. – Київ: Аграрна наука, 1998.
3. Лактіонов М. І. Агроґрунтознавство : навч. посібник / Харк. держ. аграр. ун-т. ім. В. В. Докучаєва. – Харків: Видавєць Шуст А.І., 2001.
4. Клименко Н. А. Почвенные режимы гидроморфных почв Полесья УРСР. – Киев : Изд-во УСХА, 1990. – 174 с.
5. Лыко Д. В. Изменение водно-физических свойств и режима увлажнения торфяных почв Полесья УССР под влиянием пескования // Почвоведение. – 1986. – № 10. – С. 91–95.
6. Цысь П. И. Геоморфология УССР. – Львов: ЛГУ, 1962. – 321 с.
7. Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге : в 2 т. – М.: Наука, 1965, 1969.
8. Исследование теплопереноса при промерзании торфяников / Н. И. Гамаюнов [и др.] // Почвоведение. – 1990. – № 6. – С. 59–68.
9. Кардашов А. Т. Особенности гидротермического режима осушаемых земель Западного Полесья УССР как среды обитания растений : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Ровно, 1975.
10. Остроумов В. Е., Макеев О. В. Температурное поле почв: закономерности развития и почвообразующая роль. – М.: Наука, 1985. – 133 с.
11. Шульгин А. М. Климат почвы и его регулирование. – 2-е изд. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 344 с.
12. Белковский В. И. Улучшение свойств торфяных почв. – Минск: Урожай, 1982. – 119 с.
13. Белковский В. И., Горюшко В. М. Плодородие и использование торфяных почв. – Минск: Ураджай, 1991. – 295 с.
14. Белковский В. И., Зоткин В. П. Повышение плодородия и рациональное использование торфяных почв. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 126 с.
15. Воейков А. И. Температура почвы и вод // Полная энциклопедия русского сельского хозяйства и соприкасающихся с ним наук. – СПб., 1905. – Т. 9.

16. Адаменко В. Н., Инт Л. Э. Теплопроводность почв разного механического состава по данным экспериментальных определений в Эстонской ССР // Труды ГГО. – 1969. – Вып. 248. – С. 3–20.
17. Шебеко В. Ф. Тепловой режим торфяных почв // Труды конференции по мелиорации и освоению болотных и заболоченных почв. – Минск.: Изд-во АН БССР, 1956. – С. 127–163.
18. Олиневич В. А., Кардашов А. Т. К вопросу о формировании температурного режима торфяных почв в зависимости от их сельскохозяйственного использования и содержания минеральной части // Вопросы мелиорации земель в условиях холмистого рельефа. – Каунас, 1974. – С. 90–93.
19. Клименко Н. А., Веремеенко С. И., Кузьмич П. К. Эффективность комплексной мелиорации земель Западного Полесья // Вестник с.-х. науки. – № 3. – С. 59–63.
20. Клименко Н. А., Веремеенко С. И. Регулирование температурного режима осушаемых почв // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. – № 12. – С. 50–52.
21. Вплив піскування на теплових властивості і температурний режим торфяного ґрунту / С. Т. Вознюк [та ін.] // Агротехніка і ґрунтознавство. – Київ: Урожай, 1977. – Вип. 34. – С. 101–103.
22. Вознюк С. Т., Олиневич В. А., Кардашов А. Т. Температурный режим осушенных торфяников Западного Полесья Украинской ССР // Мелиорация и водное хозяйство. – 1977. – Вып. 40. – С. 42–48.
23. Лыко Д. В. Научно-практические основы окультуривания мелиорируемых торфяных почв Полесья УССР : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Минск, 1991. – 54 с.
24. Лыко Д. В. Проблемы и пути окультуривания мелиорируемых земель Полесья УССР. – Киев: УСХА, 1990. – 163 с.
25. Димо В. Н. Температура почв и воздуха почвенно-биоклиматических областей СССР // Почвоведение. – 1967. – № 12.
26. Димо В. Н., Роде А. А. Тепловой и водный режим почв СССР. – М.: Наука, 1968.
27. Димо В. Н., Тихонравова П. И. Оптимальные параметры теплообеспеченности почв СССР // Почвоведение. – 1991. – № 3. – С. 56–65.
28. Димо В. Н. К вопросу о зависимости между теплопроводностью и влажностью почв // Почвоведение. – 1948. – № 12. – С. 729–733.
29. Димо В. Н. Тепловой режим почв СССР. – М.: Колос, 1982. – 360 с.
30. Димо В. Н., Тихонравова П. И. Оптимизация параметров климата почв ЕТС с учетом требований сельскохозяйственных культур // Вестник с.-х. науки. – 1991. – № 7. – С. 84–89.
31. Еруков Г. В., Власкова Г. В. Гидротермический режим почв сосновых лесов Карелии. – Л.: Наука, 1986. – 112 с.
32. Прищепа А. М., Клименко Л. В. Методичні рекомендації з розрахунку індексу соціо-економіко-екологічного розвитку району // Наукове видання. – Рівне, 2009. – 32 с.
33. Прищепа А. М. Промерзание гидроморфных почв Полесья : тез. по результатам исследований // Новые технические решения при производстве мелиоративных работ : материалы конф. – Ровно, 1992.
34. Влияние мелиорантов на почвенные режимы и поступление в растения радионуклидов / Н. А. Клименко [и др.] // Проблемы и результаты радиоэкологических исследований в агропромышленном комплексе : тез. докл. науч.-практ. конф. – Сарны, 1992.
35. Клименко М. О., Веремеенко С. И., Прищепа А. М. Екологічні аспекти формування гідротермічного режиму Західного Полісся України // Проблеми гідромеліорації в Україні : тез. доповіді наук. конф. – Дніпропетровськ, 1996.
36. Прищепа А. М. Прогнозування строків обробітку торфяного ґрунту // Тез. доповіді наук.-техн. конф. – Рівне, 1995.
37. Прищепа А. М. Температурний режим гідроморфних ґрунтів Західного Полісся в річному циклі // Ґрунтово-екологічні проблеми адаптивної інтенсифікації агропромислового виробництва : тез. доповідей наук.-техн. конф. – Рівне, 1992.
38. Клименко М. О., Веремеенко С. И., Прищепа А. М. Еколого-меліоративні підходи до класифікації ґрунтових режимів // Селекція і технології вирощування польових культур : тез. доповіді міжнар. наук.-практ. конф. – Кам'янець-Подільський, 1995.
39. Прищепа А. Н. Принципы экологической оценки и классификация режимов почв Полесья Украины // Экологические проблемы при водных мелиорациях : тез. докл. науч.-произ. конф. стран СНГ. – Киев, 1995.
40. Клименко М. О., Веремеенко С. И., Прищепа А. М. Сільськогосподарське використання сезоннопромерзаючих торфових ґрунтів Полісся України : стаття за результатами досліджень // Вісник аграрної науки. – 1995. – № 11.
41. Прищепа А. М. Екологічна оцінка гідротермічного режиму торфових ґрунтів Західного Полісся України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. – Рівне, 1996. – 22 с.

Глава 4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ЛЕВОБЕРЕЖНОМ ПОЛЕСЬЕ УКРАИНЫ

4.1. Климатические условия Левобережного Полесья Украины

Почвенно-климатические условия при наиболее распространенных в данное время в Украине агротехнологиях на 60 % определяют уровень формирования урожая сельскохозяйственных культур. При интенсивных технологиях часть влияния данного фактора на урожай снижается до 40 %, а при высокоинтенсивных – до 25 % [10].

Погодные условия в зоне проведения исследований в целом характеризуются как благоприятные для роста и развития большинства полевых культур. Климат региона умеренно-континентальный, мягкий с достаточным, но неустойчивым естественным увлажнением.

Среднегодовая температура воздуха составляет $6,9^{\circ}\text{C}$ с колебанием по месяцам от минус $6,8^{\circ}\text{C}$ в январе к плюс $18,8^{\circ}\text{C}$ в июле. В целом, в регионе исследований наблюдается стойкое повышение температурного режима. Так, если в 1986–1990 гг. прошлого века среднегодовые температуры воздуха составляли около $7,5^{\circ}\text{C}$ тепла, то в 2005–2010 гг. они превысили $9,0^{\circ}\text{C}$, то есть повысились более чем на $1,5^{\circ}\text{C}$ (рис. 4.1).

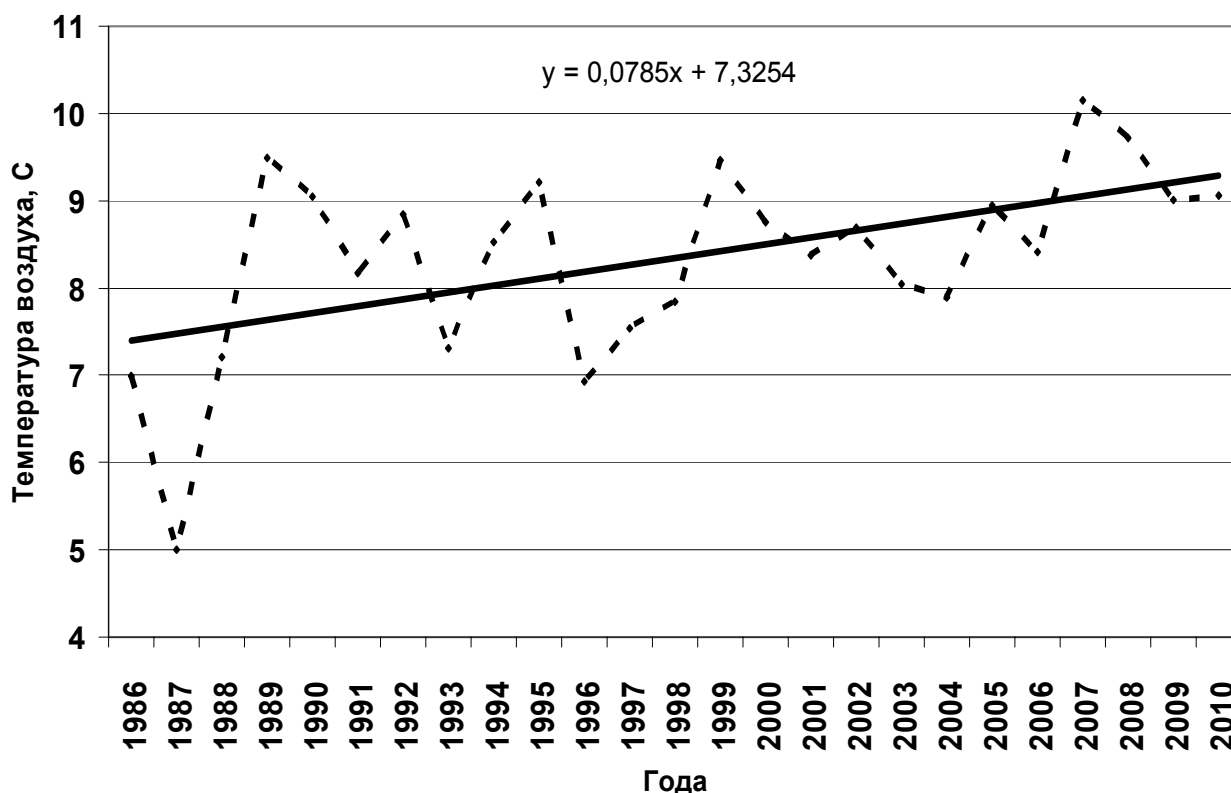


Рис. 4.1. Динамика среднегодовой температуры воздуха за 1986–2010 гг.

Для общей характеристики теплообеспеченности сельскохозяйственных культур наиболее распространенным показателем является сумма активных температур за период со среднесуточной температурой воздуха выше 10°C . Его принято считать периодом активной вегетации большинства сельскохозяйственных культур. Среднегодовое значение суммы активных температур составляет в регионе Черниговского Полесья около 2289°C . За период 2005–2010 гг. наиболее теплым оказался 2007 г., однако в период вегетации растений наивысший уровень обеспеченности активным теплом отмечался в 2010 г., который превысил 3000°C , что присуще степной зоне Украины (рис. 4.2).

Среднегодовая сумма осадков в регионе исследований составляет 608 мм и может колебаться от 404 до 795 мм. Из суммарного годового количества осадков больше половины приходится на период активной вегетации растений. Наибольшее количество осадков (185 мм) выпадает в летние месяцы. Бездождевые периоды длительностью 10–20 дней в вегетационный период повторяются с вероятностью 65...75 %. Периоды без дождя длительностью 21–30 дней бывают реже. Вероятность их в мае – июне составляет 25 %, июле – сентябре – 15 %. За теплый сезон отмечается в среднем 53–60 дней с дождями, а за год – 152–171 день.

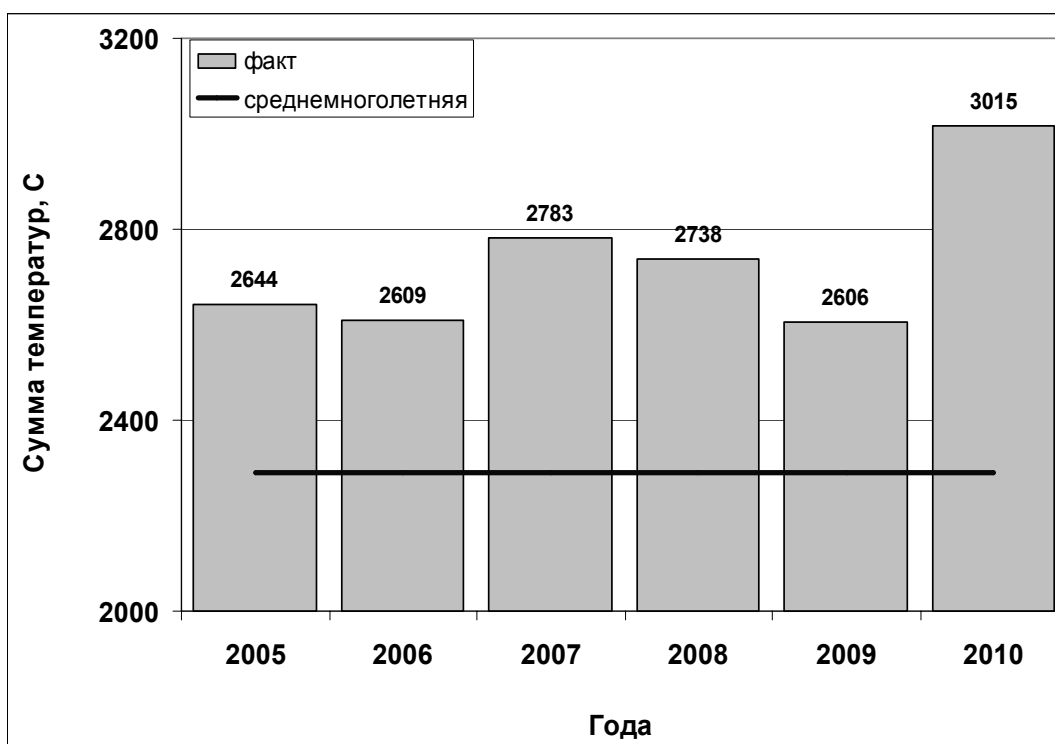


Рис. 4.2. Сумма активных температур за период со среднесуточной температурой воздуха выше 10 °С

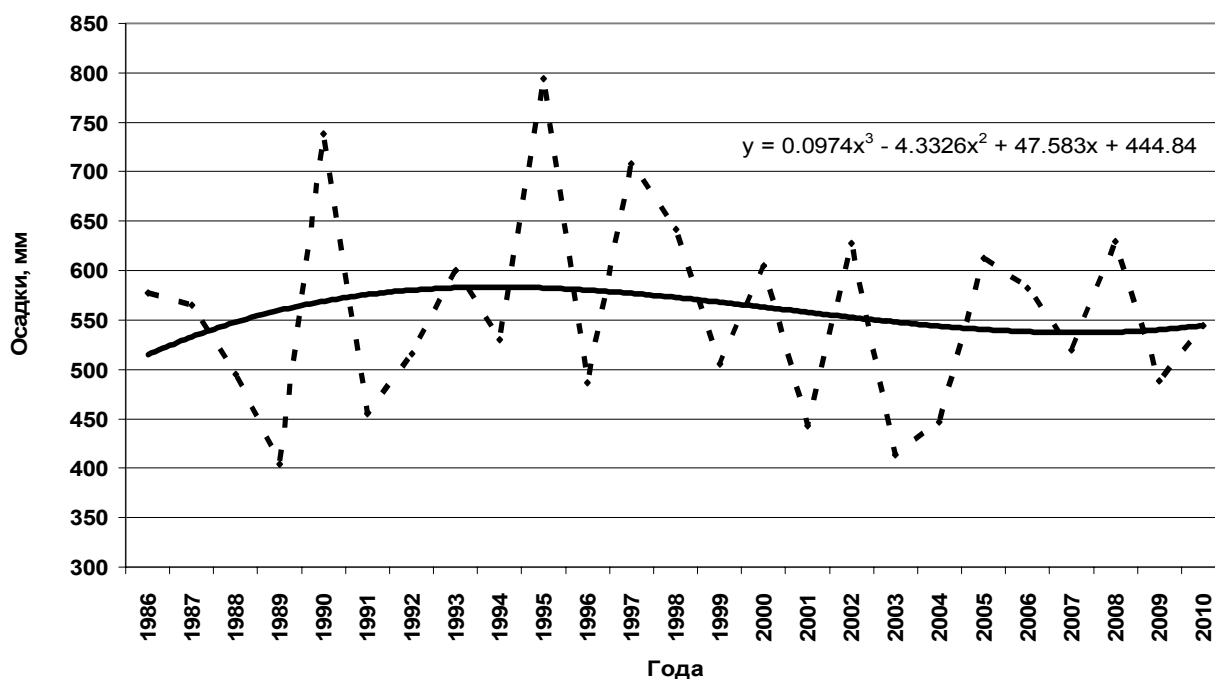


Рис. 4.3. Динамика годового количества осадков за 1986–2010 гг.

В целом динамика годового количества осадков в регионе имеет неустойчивый характер и за 1986–2010 гг. колебалась от 400 до 800 мм, а с 1994 г. общее годовое количество осадков имеет тенденцию к снижению: от 580 до 540 мм, (рис. 4.3), то есть сумма осадков снизилась почти на 7 %.

На фоне стойкого роста температурного режима в регионе существенно увеличивается и уровень потенциального испарения. Вследствие этого в комплексе с уменьшением количества осадков тенденция климатического водного баланса в целом за год направлена в отрицательную сторону. В 1986–2000 гг. он в восьми случаях был позитивным, а с 2001 по 2010 год во всех случаях – негативным (рис. 4.4). В 2005, 2006 и 2008 гг. водный баланс приближался к среднемногoletнему значению, а в 2007, 2009 и 2010 гг. дефицит влаги превышал 200 мм.

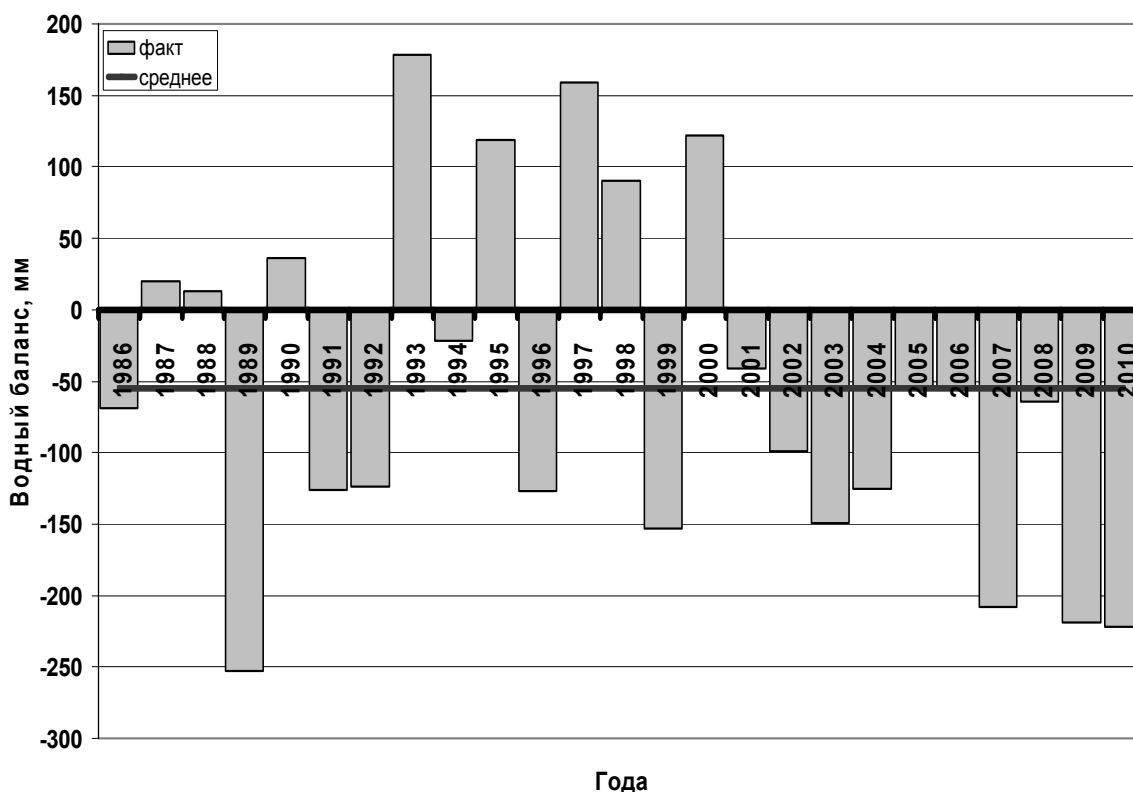


Рис. 4.4. Динамика среднегодового климатического водного баланса за 1986–2010 гг.

4.2. Интенсивность инфильтрации осадков

Агроклиматические условия Черниговского Полесья характеризуются по большей части достаточным естественным увлажнением, однако уровень его использования растениями ограничивается высокой степенью вертикальной инфильтрации осадков. Ее величина, в зависимости от инфильтрационной способности почв, изменяется от 1...3 % до 25...30 % [11]. Вместе с этим на почвах легкого гранулометрического состава достаточно распространена деградация сельскохозяйственных земель в результате вымывания биогенных элементов из корнеобитаемого слоя почвы [12–14]. В Полесье в среднем вымывается 10...15 кг/га нитратных форм азота, на супесчаных почвах – 20...25, а на суглинистых – до 10 кг/га. В годы с умеренным увлажнением эти показатели снижаются почти вдвое [15]. На дерново-подзолистых легких почвах Украины потери азота на связно-песчаной почве могут составлять около 47 % от его общего количества, которое вносится с удобрениями [16]. Поэтому количественная оценка степени инфильтрации осадков и вымывания с ними биогенных элементов является основой оптимизации систем питания растений с одновременным снижением экологической нагрузки на окружающую среду.

Исследование по оценке интенсивности инфильтрации осадков проведено в Институте сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН в классической лизиметрической установке, которая построена в 1972 году. Наполнение лизиметров почвой проведено, начиная с материнской породы. Почва – дерново-среднеподзолистая супесчаная. Общая глубина лизиметров составляет 155 см.

Ведущими факторами, которые влияют на объемы вертикальной миграции влаги в почве, являются количество и интенсивность выпадения осадков. В среднем за 1974–2010 гг. в год инфильтрация осадков составляла 75 л/м², из этого количества 85 % приходится на осенний и весенний периоды. Самая интенсивная инфильтрация осадков происходит под чистым паром, в среднем 121 л/м² (табл. 4.1). Из трех севооборотов, которые анализировались, наименьшие потери влаги (49 л/м²) путем вертикальной фильтрации обеспечивал севооборот с многолетними травами (клевером), тогда как при их отсутствии и значительном насыщении севооборота зерновыми культурами (севооборот 3) этот показатель повышается до 82 л/м², или на 67 %.

Длительный период наблюдений в лизиметрическом опыте с монокультурами сплошного посева (пшеница озимая), пропашной (картофель) и постоянным чистым паром позволили установить интенсивность инфильтрации осадков с учетом объемов их выпадения.

Объемы инфильтрации осадков в среднем за 1974-2010 гг., л/м²

Период	Бессменные посевы			Севообороты		
	Чистый пар	монокультура (пшеница озимая)	монокультура (картофель)	1. Клевер пшеница озимая картофель, овес	2. Люпин на удобрение, пшеница озимая, картофель, овес	3. Овес, пшеница озимая, картофель, овес
Осень-весна	97	52	74	44	53	71
Лето	24	7	15	5	9	11
За год	121	59	89	49	62	82
Осень-весна, % к общему за год	80	88	83	90	85	87

Путем корреляционного анализа установлено, что наиболее тесную связь с поступлением инфильтрационной воды в приемнике в осенне-весенний период имеет суммарное количество осадков в течение сентября-декабря. На фоне чистого пара, бессменных посевов пшеницы озимой и картофеля коэффициент корреляции (r) составляет между указанными факторами 0,965, 0,954 и 0,946 соответственно. Эти зависимости описываются регрессионными уравнениями (4.1–4.3):

Фон монокультура пшеница озимая:

$$y_1 = -46.5836 + 0.66x \quad (r=0.954, r^2=0.9108), \quad (4.1)$$

Фон монокультура картофель:

$$y_2 = -53.6195 + 0.857x \quad (r=0.946, r^2=0.8956), \quad (4.2)$$

Фон монокультура чистый пар

$$y_3 = -86.5858 + 1.2537x \quad (r=0.965, r^2=0.9321), \quad (4.3)$$

где $y_1 - y_3$ – поступление инфильтрационной воды, л/м²;

x – сумма осадков за сентябрь-декабрь, мм.

Из графического изображения зависимостей количественной вертикальной инфильтрации осадков от их суммарного количества за сентябрь-декабрь видно, что самая низкая инфильтрация отмечена в посевах пшеницы озимой, а наивысшая – под чистым паром (рис. 4.5).

Вместе с тем разница поступления инфильтрационных вод в среднем между этими вариантами составляет (если за относительный контроль взять чистый пар) лишь минус 32 л/м² (26 %) в варианте с картофелем и минус 62 л/м² (52 %) в варианте с пшеницей озимой. Но при значительном количестве осадков (свыше 240 мм) за данный период разница потерь влаги за счет вертикальной инфильтрации между культурой сплошного посева (пшеница озимая) и чистым паром может достигать 115 л/м².

Установленные математические зависимости объемов инфильтрации осадков позволили рассчитать ее вероятность и интенсивность в осенне-весенний период. Начиная со второй половины прошлого века и до конца 2010 года осенне-весенняя инфильтрация осадков, согласно расчетам, отмечалась ежегодно на всех исследуемых агрофонах. Однако ее объемы значительно колебались по годам исследований. Так, при сумме осадков за сентябрь-декабрь менее 100 мм, которые отмечаются с вероятностью 3 %, объемы инфильтрации осадков за осенне-зимний период составляют на фоне бессменных посевов пшеницы озимой около 14 л/м², черным паром увеличиваются вдвое (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Вероятность инфильтрации осадков за осенне-весенний период в зависимости от суммарного их количества за сентябрь-декабрь (1950-2010 гг.)

Сума осадков за сентябрь-декабрь, мм	Вероятность, %	объемы инфильтрации осадков, л/м ²			
		пшеница озимая	картофель	черный пар	среднее
меньше 100	3	14	24	28	22
100...150	34	37	55	73	55
151...200	34	72	101	139	104
201...250	21	102	139	195	145
больше 250	8	134	181	256	190

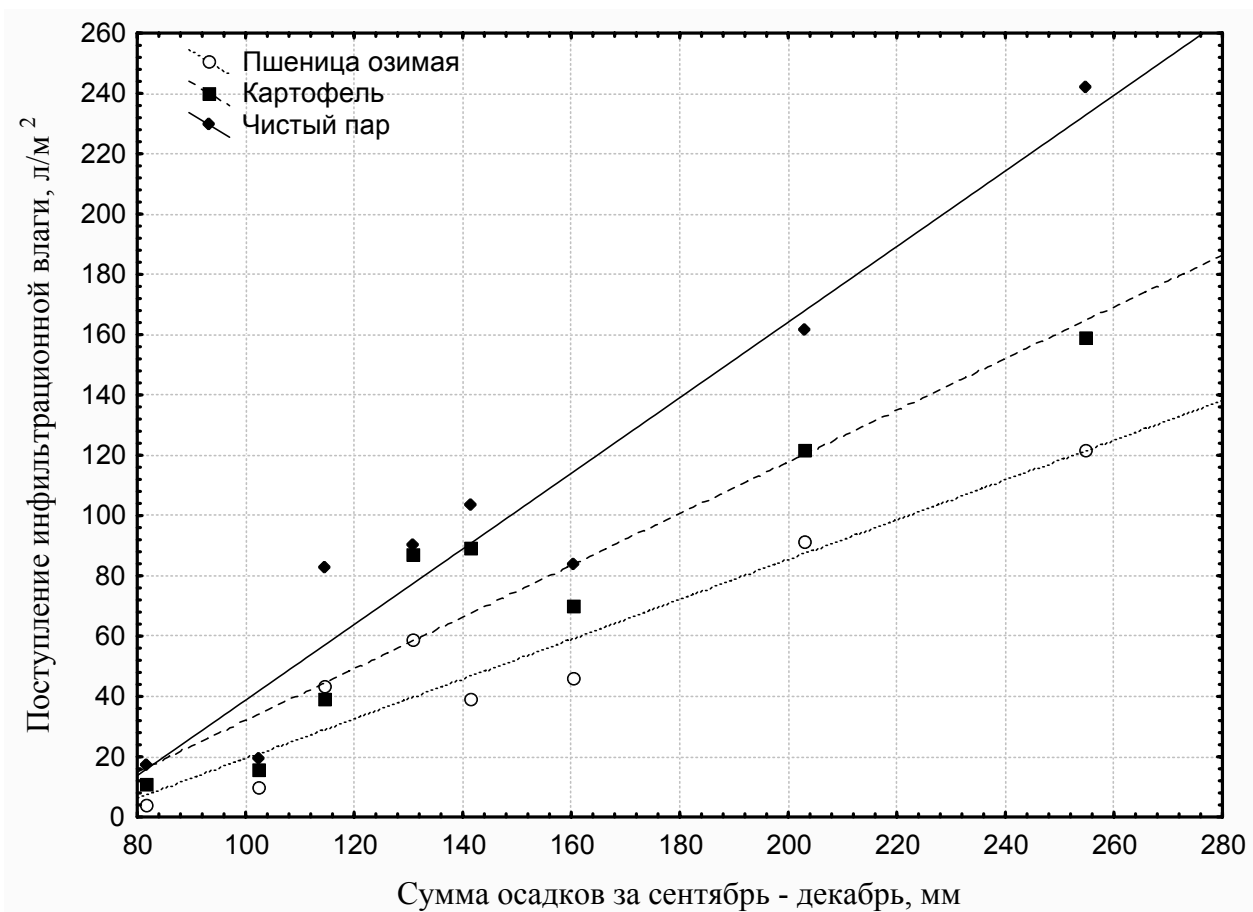


Рис. 4.5. Поступление инфильтрационных вод за осенне-весенний период под монокультурой пшеницы озимой, картофеля и чистым паром в зависимости от суммы осадков за сентябрь - декабрь

С возрастанием количества осадков за этот период до 201...250 мм инфильтрация влаги увеличивается на фоне пшеницы до 102 л/м², картофеля – 139, а черного пара – 195 л/м². В зоне исследованной с вероятностью 8 % суммарное количество осадков в сентябре-декабре может превышать 250 мм, что повышает уровень инфильтрации на указанных фонах в среднем до 190 мм и более.

В зоне Левобережного Полесья также отмечается летняя инфильтрация. Интенсивность ее значительно ниже осенне-весенней и составляет в среднем 11 л/м². Закономерность количества поступления инфильтрационной влаги в этот период на разных фонах аналогична осенне-весеннему периоду и в основном зависит от количества осадков за июнь-июль. На фоне чистого пара, бессменных посевов пшеницы озимой и картофеля коэффициент корреляции (r) составляет между поступлением инфильтрационной влаги с суммой осадков за июнь-июль 0,91, 0,83 и 0,89 соответственно. Эти зависимости описываются уравнениями регрессии второго порядка (4.4–4.6):

Фон монокультура пшеница озимая:

$$y_1 = 7.2572 - 0.1596x + 0.0009x^2 \quad (r=0.83, r^2=0.69), \quad (4.4)$$

Фон монокультура картофель:

$$y_2 = 20.8431 - 0.4282x + 0.0022x^2 \quad (r=0.89, r^2=0.79), \quad (4.5)$$

Фон монокультура чистый пар

$$y_3 = 41.6755 - 0.8134x + 0.0039x^2 \quad (r=0.91, r^2=0.83), \quad (4.6)$$

где $y_1 - y_3$ – поступление инфильтрационной воды, л/м²;
 x – сумма осадков за июнь-июль, мм.

Из приведенной графической зависимости (рис. 4.6) поступления инфильтрационной влаги от режима увлажнения летних месяцев видно, что промывной тип увлажнения в этот период отмечается при суммарном количестве осадков свыше 135 мм.

При количестве осадков свыше 280 мм за июнь-июль интенсивность инфильтрации может составлять под чистым паром около 120 л/м², а в поле пшеницы озимой – 70 л/м², или на 42 % меньше.

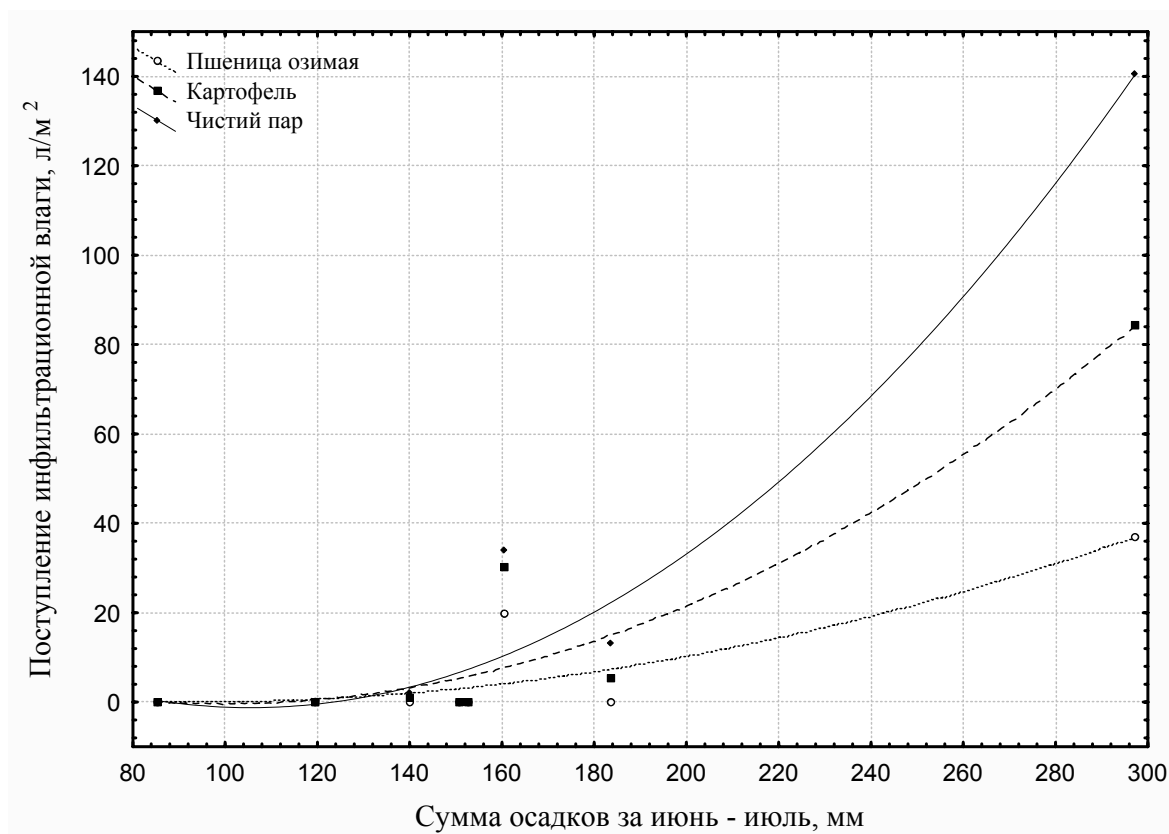


Рис. 4.6. Поступление инфильтрационных вод за летний период фильтрации под монокультурой пшеницы озимой, картофеля на удобренном фоне и чистым паром в зависимости от суммы осадков за июль-июль

В целом, средняя расчетная годовая суммарная инфильтрация осадков в зоне исследований за 60-летний период может достигать на фоне пшеницы озимой 75 л/м^2 , пропашных культур (картофель) – 107 и черного пара – 149 л/м^2 , что составляет соответственно 13% (в зависимости от года от 3 до 26%), 19% (от 5 до 35%) до 27% (от 6 до 50%) среднегодовой суммы осадков (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Вероятность инфильтрации осадков за летний период в зависимости от суммарного их количества за июль-июль (1950-2010 гг.)

Сума осадков за сентябрь-декабрь, мм	Вероятность, %	Объемы инфильтрации осадков, л/м ²			
		пшеница озимая	картофель	черный пар	среднее
меньше 135	50	0	0	0	0
135...170	25	4	7	9	7
171... 205	15	9	18	27	18
больше 205	10	26	56	90	57

Таким образом, севообороты могут быть одним из факторов регуляции водного режима почвы и соответственно могут способствовать повышению уровня использования природных ресурсов и влаги. Их насыщение многолетними травами позволяет уменьшить уровень инфильтрации влаги на 55% в осенне-весенний период и на 79% – летний. Также значительный эффект в снижении потерь влаги путем вертикальной инфильтрации имеет включение в севообороты промежуточных посевов люпина на зеленое удобрение.

Дерново-подзолистые почвы Полесья характеризуются высоким коэффициентом фильтрации и вымыванием инфильтрационными водами биогенных элементов. Исследованиями в лизиметрическом опыте на разных фонах установлено, что максимальные потери азота нитратов, кальция, магния и водорастворимого гумуса с инфильтрационными водами отмечаются под черным паром и могут достигать в среднем соответственно до $250,7$; $138,6$; $33,6$ и $36,2 \text{ кг/га}$ (табл. 4.4). Также значительные потери указанных элементов отмечаются под пропашными культурами (картофель). Так, инфильтрация NO_3 в поле картофеля достигает $72,9 \text{ кг/га}$, CaO – $88,9$, MgO – $25,3 \text{ кг/га}$. Под культурами сплошного посева

(пшеница озимая) потери данных элементов в результате инфильтрации на 9–36 % ниже по сравнению с пропашными культурами.

Таблица 4.4

**Потери биогенных элементов с инфильтрационными водами в зависимости от агрофона
(в среднем за 1991-2010 гг.)**

Агрофон	Элементы, кг/га			
	NO ₃	CaO	MgO	Водорастворимый гумус
Пшеница озимая	46,4	80,8	20,1	19,7
Картофель	72,9	88,9	25,3	24,6
Пар	250,7	138,6	33,6	36,2
Перелог	5,5	42,8	12,3	16,9
В среднем по севообороту с многолетними травами	40,1	60,0	12,9	18,2
В среднем по севообороту без многолетних трав с сидератами	63,3	68,8	19,2	21,9
Интенсивный севооборот без многолетних трав и сидератов	69,7	99,1	28,4	31,4

В севообороте с многолетними травами (клевер – пшеница озимая – картофель – ячмень) на фоне органо-минеральной системы удобрения (навоз + NPK) потери биогенных элементов в результате вымывания являются наименьшими. По нитратному азоту они составляют 40,1 кг/га, что на 14 % меньше по сравнению с монокультурой пшеницы и на 45 % меньше бессменных посевов картофеля. Относительно потерь в данном севообороте CaO и MgO наблюдается подобная закономерность. Вымывание инфильтрационными водами этих элементов составляет соответственно 60,0 и 12,9 кг/га, что превышает лишь вариант с перелогом.

При исключении из севооборота многолетних трав и насыщении его сидератом (люпин) потери азота нитратов повышаются до 63,3 кг/га, или на 58 %, а кальция и магния соответственно – на 15 и 49 %. В севообороте с сидератами также до 21,9 кг/га растут потери водорастворимого гумуса.

В интенсивном севообороте при насыщении его зерновыми культурами (овес – пшеница озимая – картофель – овес или ячмень) потери нитратного азота достигают до 69,7 кг/га, что приближается к варианту с монокультурой картофеля, а по потерям CaO и MgO превышает указанный вариант. В этом севообороте также существенно растут потери водорастворимого гумуса – до 31,4 кг/га, что на 72 и 43 % соответственно превышает варианты севооборотов с многолетними травами и сидератом.

Таким образом, регулируя соотношения в севообороте пропашных культур, зерновых, многолетних трав и сидератов, можно существенно снизить потери основных биогенных элементов. Максимальное насыщение севооборотов полевыми культурами с длительным периодом вегетации также способствует снижению потерь указанных элементов в результате их вымывания инфильтрационными водами.

4.3. Питательный режим дерново-подзолистой почвы при разных системах удобрения

Гумусное состояние. Достижение высоких уровней урожайности культур и производительности севооборотов и повышение стойкости посевов к неблагоприятным агрометеорологическим факторам непосредственно зависит не только от количества внесенных удобрений, но и от уровня окультуренности почв. В отличие от черноземов, дерново-подзолистые почвы являются более «реактивными», то есть под воздействием систематического применения удобрений быстрее изменяют показатели плодородия, что соответственно отражается на урожайности культур. В итоге хорошо окультуренные дерново-подзолистые почвы в условиях более стабильного режима увлажнения во многих случаях по продуктивности могут превосходить черноземы даже на аналогичных фонах удобрения [1].

Органический углерод – наиболее надежный показатель суммарного содержания органического вещества в почве. На него приходится в среднем около 0,1 % массы земной коры [2]. В целом, органическое вещество, накопленное в почвах, составляет основную часть мировых запасов связанного углерода. По данным Бона (1976) [3], в почвах содержится приблизительно 30–10¹⁴ кг органического углерода. Согласно результатам исследований за 2005–2007 гг. средние запасы органического углерода (C_{орг}) в дерново-среднеподзолистой супесчаной почве Левобережного Полесья без применения удобрений, составляли в среднем 15,3 т/га (табл. 4.5).

Исследованные системы удобрения способствовали увеличению запасов углерода в почве на 25–91 % по сравнению с необогащенным фоном. При минеральной системе удобрения отмечено уве-

личение $C_{\text{орг}}$ на 3,9 т/га, или 25 %. Это связано с позитивным влиянием данной системы удобрения на повышение урожайности, а соответственно и поступление в почву органической массы с корнями и послеуборочными остатками. Внесение 20 т/га навоза на площадь севооборота способствовало наиболее существенному повышению запасов $C_{\text{орг}}$ не только в непосредственный год внесения, но и в последствии в течение 3 лет.

Таблица 4.5

Запасы углерода органического и лабильной фракции гумуса в дерново-подзолистой почве при разных системах удобрения (слой почвы 0-20 см, среднее за 2005-2007 гг.)

Системы удобрения	Углерод органический			Лабильный гумус		
	т/га	± от контроля		т/га	± от контроля	
		т/га	%		т/га	%
Без удобрений (контроль)	15,3	-	-	6,2	-	-
$N_{64}P_{53}K_{68}$	19,2	3,9	25	8,0	1,8	29
Навоз, 20 т/га	29,3	14,0	91	9,7	3,5	57
Сидерат, 15 т/га	19,5	4,2	28	7,7	1,5	24
Солома, 5,5 т/га	22,0	6,7	44	8,6	2,4	39
Навоз, 10 т/га + $N_{64}P_{53}K_{68}$	26,5	11,2	73	11,0	4,8	77
Солома, 5,5 т/га + $N_{64}P_{53}K_{68}$	24,0	8,7	57	9,6	3,4	55

Органо-минеральная система удобрения (навоз, 10 т/га + $N_{64}P_{53}K_{68}$) по сравнению с внесением 20 т/га навоза вследствие поступления меньшего количества органического углерода с удобрениями и растительными и корневыми остатками обеспечила и немного меньше накопление запасов $C_{\text{орг}}$ в почве. Кроме этого, минеральные удобрения способствуют повышению активности трансформации и минерализации органической массы [4–5] и значительному повышению в этом варианте лабильной фракции гумуса (табл. 4.5).

Сидерация (запашка в среднем 15 т/га зеленой массы люпина узколистого) способствовала повышению запасов общего углерода и лабильной фракции гумуса лишь в первый год. Уже в последствии второго года существенного позитивного эффекта от органической массы сидерата не установлено, то есть за год происходила практически полная минерализация зеленой массы сидератов, и в целом по севообороту запасы $C_{\text{орг}}$ при данной системе удобрения отвечали фону минеральной системы удобрения.

При ежегодной запашке в почву соломы пшеницы озимой (в среднем 5,5 т/га) гумусное состояние почвы формировалось несколько лучше по сравнению с сидерацией и минеральной системой удобрения. Особенно значительное повышение содержания общего углерода и лабильной его фракции наблюдалось на второй год после запашки соломы.

В целом, запасы органического вещества в почве прямо зависели от поступления биомассы с корневыми и пожнивными остатками и удобрениями. Коэффициент корреляции между запасами органического углерода и поступлением органической биомассы составляет в целом по севообороту $r = 0,95$ (рис. 4.7). Так, ежегодное поступление в почву около 4,0 т/га биомассы обеспечивает рост запасов органического углерода в слое почвы 0...20 см до 18,0 т/га, а 8,0 т/га – до 28,0 т/га.

Таким образом, путем максимального применения органических, сидеральных удобрений и побочной продукции можно существенно улучшать гумусный режим легких по гранулометрическому составу дерново-среднеподзолистых почв Полесья.

Азотный режим. Проблема азота в земледелии тесно связана с содержанием в почве органического вещества, в котором содержится 97...99 % всех запасов азота. Содержание этого элемента в почве полностью определяется процессами гумусообразования и биологической активностью почвы [6].

Острота проблемы азота заключается в высоком выносе его урожаем, слабом последствии азотных удобрений, а также в том, что доступные растениям соли азотной кислоты и аммония легко вымываются из почвы или переходят в газообразную форму. Кроме того, необходимо учитывать высокую энергоемкость производства, а значит, и стоимость азотных удобрений [7]. Запасы азота в дерново-подзолистых почвах низкие, для них характерны нисходящий ток и кислая реакция среды, которая определяет высокую подвижность и потери азота [8].

Результаты корреляционного анализа влияния систем удобрения на содержание в почве соединений легкогидролизуемого азота, который является ближайшим резервом минерального азота, показали, что его количество находится в прямой зависимости от запасов лабильного гумуса ($r = 0,95$) (рис. 4.8). Наивысшие запасы лабильного гумуса, как уже отмечалось (табл. 4.5), обеспечили органо-минеральные системы удобрения и с высокими нормами навоза.

Соответственно при этих же системах удобрения отмечаются и наивысшие запасы соединений легкогидролизуемого азота (рис. 4.9).

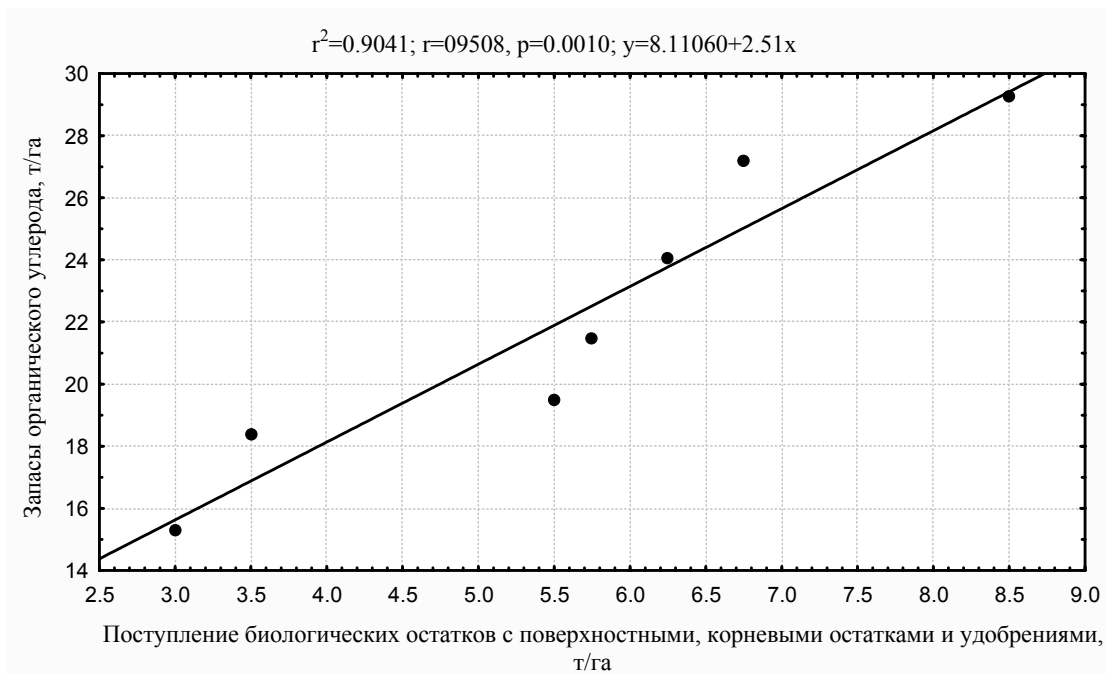


Рис. 4.7. Зависимость запасов углерода органического в слое почвы 0-20 см от поступления органического вещества с поверхностными и корневыми остатками и удобрениями

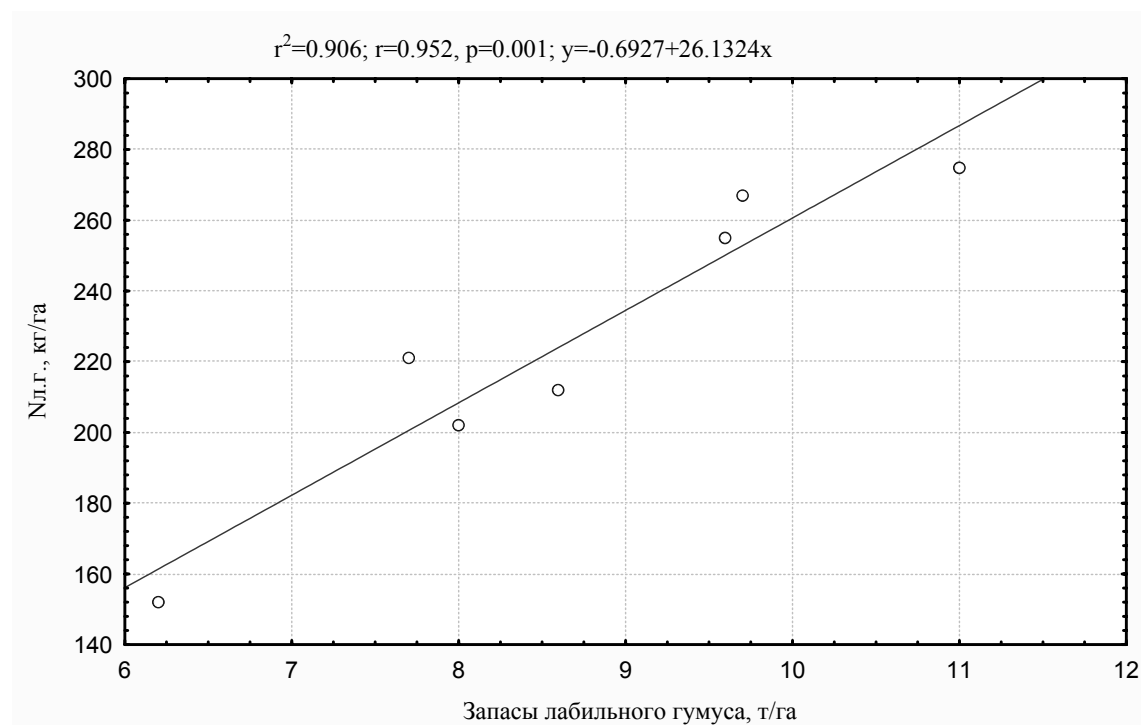


Рис. 4.8. Зависимость содержания соединений легкогидролизуемого азота от запасов лабильного гумуса (слой почвы 0...20 см) в среднем по севообороту

Уменьшение запасов минерального азота ($N_{\text{мин}}$) без применения удобрений под пшеницей озимой, картофелем и ячменем свидетельствует, что минерализация органических остатков клевера в почве активно происходила и в первый, и во второй год после его заделки в почву. В течение всей вегетации в поле картофеля на контрольном варианте содержание азота минерального в слое 0...20 см был выше, чем в поле пшеницы на 11,4 кг/гектар или на 46 % (табл. 4.6). На третий год после заделки послеуборочных остатков клевера в поле ячменя отмечалось существенное уменьшение запасов $N_{\text{мин}}$ в почве. Это подтверждает, что за три года состоялась в основном полная минерализация в почве органических остатков клевера. В поле пшеницы озимой при минеральной системе удобрения относительно неободренных уча-

сков активность процесса минерализации в почве повышалась, а запасы азота в почве в основном определялись дозами внесения под отдельные культуры азотных удобрений.

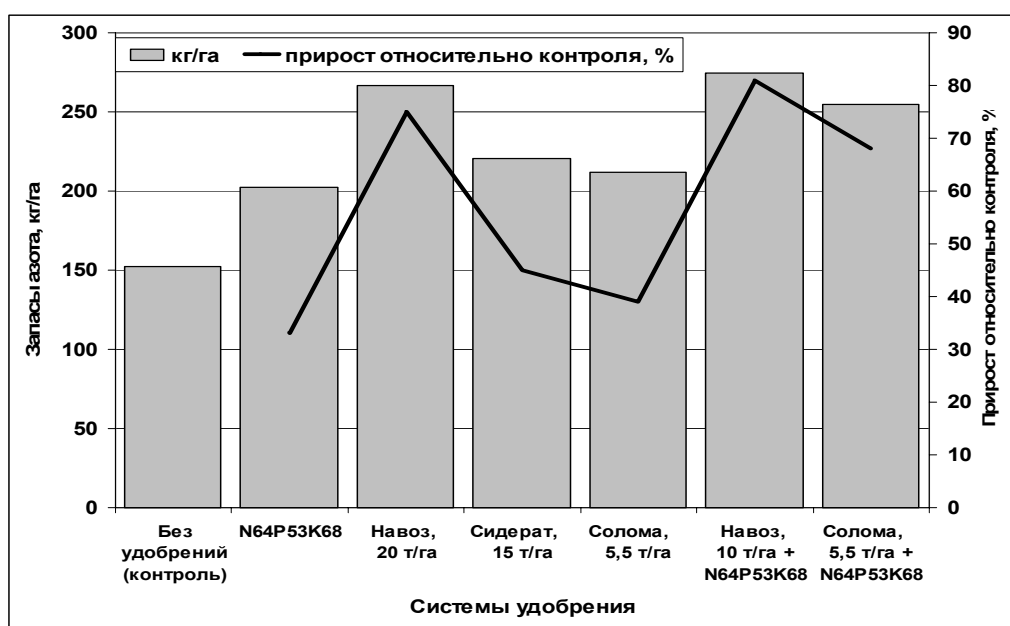


Рис. 4.9. Запасы соединений легкогидролизуемого азота в зависимости от систем удобрения (среднее 2005-2007 гг., слой почвы 0...20 см, кг/га)

Таблица 4.6

Запасы минерального азота под культурами севооборота в дерново-подзолистой почве при различных системах удобрения (среднее 2005-2007 гг., слой почвы 0...20 см)

Системы удобрения	Пшеница озимая (после клевера)		Картофель		Ячмень яровой		Среднее		
	кг/га	± от контроля	кг/га	± от контроля	кг/га	± от контроля	кг/га	± от контроля	
								кг/га	%
Без удобрений (контроль)	24,6	-	36,0	-	23,2	-	27,9	-	-
N ₆₄ P ₅₃ K ₆₈	31,6	7,0	40,4	4,4	31,5	8,3	34,5	6,6	24
Навоз, 20 т/га	36,2	11,6	46,0	10,0	32,2	9,0	38,1	10,2	37
Сидерат, 15 т/га	22,9	-1,7	36,7	0,7	25,5	2,3	28,4	0,5	2
Солома, 5,5 т/га	30,8	6,2	36,4	0,4	32,7	9,5	33,3	5,4	19
Навоз, 10 т/га + N ₆₄ P ₅₃ K ₆₈	35,2	10,6	42,2	6,2	39,6	16,4	39,0	11,1	40
Солома, 5,5 т/га + N ₆₄ P ₅₃ K ₆₈	32,2	7,6	39,1	3,1	35,7	12,5	35,7	7,8	28

В соответствии со схемой опыта органические удобрения – навоз, зеленую массу сидератов и солому пшеницы озимой запахивали непосредственно под картофель. Определение запасов минерального азота в основные фазы развития картофеля показало, что из-за внесения высокой нормы навоза значительное повышение запасов азота происходило уже в первой половине вегетации культуры. В конце вегетационного периода в результате использования азота культурой наблюдалось постепенное уменьшение его содержания. Под воздействием сидерации повышение запасов минерального азота в почве было только в начале вегетации картофеля. С фазы цветения до сбора в результате активной минерализации массы сидерата и использования азота картофелем его запасы в почве снижались до уровня неудобренных участков. При использовании соломы как удобрения, наоборот, с момента всходов и до цветения его запасы были ниже, чем на контрольном варианте, а на конец вегетационного периода происходило повышение содержания минерального азота.

Исследованием азотного режима в полях ячменя и пшеницы озимой определенно высокий позитивный эффект навоза в улучшении азотного режима не только в первый год, но и в последствии. В поле ячменя на фоне последствия 20 т/га навоза запасы азота в почве отвечали варианту с мине-

ральной системой удобрения, а под пшеницей озимой на третий год последствий навоза его запасы на 11,6 кг/га, или 47 %, превышали контроль.

Более стабильно в течение вегетации культур азотный режим почвы складывался в севообороте при органоминеральной системе удобрения 10 т/га навоза + NPK. В сравнении с минеральной системой удобрения в этом варианте в среднем по севообороту содержание азота в почве было на 13 % выше. Незначительная эффективность сидерации в улучшении азотного режима отмечалась только под картофелем и последствием первого года под ячменем яровым.

Фосфорно-калийный режим. На дерново-подзолистых почвах, по данным Национального научного центра «Институт почвоведения и агрохимии» имени А. Н. Соколовского, оптимальным уровнем считается содержание фосфора 100...150 мг/кг почвы (по Кирсанову). По данным белорусских ученых, оптимальный уровень этого элемента на дерново-подзолистых почвах составляет 220...260 мг/кг почвы [9]. При низком содержании в почве фосфора в результате нарушения физиологических процессов в растениях, невозможно получить надлежащей эффективности от азотных и калийных удобрений.

Наши исследования засвидетельствовали, что при длительном периоде применения сбалансированных систем удобрения содержание фосфора в почве под культурами севооборота оценивалось на уровне оптимального. Даже на контроле без внесения удобрений при наличии в севообороте клевера, который при помощи развитой корневой системы способен использовать фосфаты из глубоких слоев почвы и перемещать их в верхние, содержание фосфора в почве было близким к оптимальному.

В среднем по севообороту при минеральной системе удобрения и сидерации содержание фосфора в почве превышало контроль на 14 и 9 % соответственно. При органической системе удобрения (20 т навоза на 1 гектар площади севооборота) содержание подвижного фосфора относительно участков без внесения удобрений было выше на 41 %. Органо-минеральная система удобрения (навоз, 10 т/га + NPK) обеспечила наибольшее содержание подвижного фосфора в почве. При данной системе удобрения его содержание на 73 % превышало неудобренные участки (табл. 4.7).

Таблица 4.7

Содержание фосфора в дерново-подзолистой почве в зависимости от систем удобрения (в среднем за вегетацию 2005-2007), мг/кг сухой почвы

Системы удобрения	Подвижный фосфор			Обменный калий		
	мг/кг почвы	± от контроля		мг/кг почвы	± от контроля	
		мг/кг почвы	%		мг/кг почвы	%
Без удобрений (контроль)	142	-	-	89	-	-
N ₆₄ P ₅₃ K ₆₈	162	20	14	102	13	14
Навоз, 20 т/га	200	58	41	174	85	95
Сидерат, 15 т/га	155	13	9	104	15	17
Солома, 5,5 т/га	188	46	32	123	34	38
Навоз, 10 т/га + N ₆₄ P ₅₃ K ₆₈	246	104	73	203	114	128
Солома, 5,5 т/га + N ₆₄ P ₅₃ K ₆₈	207	65	46	143	54	61

Положительно на фосфорный режим почвы влияло и использование соломы, как отдельно, так и в комплексе с минеральными удобрениями. При этих системах удобрения содержание подвижного фосфора в почве было соответственно на 32 и 46 % выше, чем на контроле, и на 26...45 мг/кг почвы превышало вариант с минеральной системой удобрения.

На основании выводов Г. А. Мазура на Полесье калий выступает как элемент питания во втором, а иногда и в первом минимуме. Для дерново-подзолистых почв оптимальный параметр содержания обменного калия (по Кирсанову) – 120...160 мг/кг почвы [9].

Содержание обменного калия в почве находится в тесной зависимости с физико-химическими свойствами почвы. Так, при высокой кислотности, в варианте с минеральной системой удобрения, несмотря на значительное количество вносимого с удобрениями калия, содержание его в почве было лишь частично выше, чем на контроле без удобрений (табл. 4.7). Сидерация обеспечила содержание обменного калия в почве на уровне, близком к его количеству при внесении минеральных удобрений.

Значительному улучшению калийного режима почвы способствовала органическая система удобрения (20 т/га навоза на площадь севооборота) и особенно при органо-минеральной системе удобрения (навоз 10 т/га + NPK), когда содержание обменного калия было на 128м% выше, чем на контроле. При использовании на удобрение соломы содержание обменного калия в почве на 47 % превышало контрольный вариант и на 28 % – вариант с минеральными удобрениями. При совместном внесении минеральных удобрений и соломы содержание обменного калия повышалось до 52 % относительно контроля. Питательный режим почвы при периодически промывном типе увлажнения

зависит не только от систем удобрения, но и от потерь биогенных элементов вследствие вертикальной инфильтрации влаги.

4.4. Влияние гидротермических условий на эффективность удобрений

Основным критерием оценки эффективности агротехнологий является величина урожайности сельскохозяйственных культур. Для оценки уровня урожайности в большинстве случаев используют ее среднюю величину за определенный период времени. Однако среднее арифметическое значение представляет лишь общую (приближенную) характеристику относительно оценки эффективности любого агротехнического приема без учета возможных колебаний этой эффективности по годам [12].

Факторы, которые определяют урожай сельскохозяйственных культур, составляют последовательность: свойства почвы, питательные элементы, климат, агротехника, сорта. При этом любой растительный организм и почвенный объект рассматриваются в контексте их самой тесной связи со всеми компонентами агроэкосистемы, которые развиваются благодаря взаимодействию, взаимовлиянию и взаимозависимости всех составляющих. Таким образом, производительность растений базируется на взаимодействии основных факторов производства: почва – погода – агротехнология – урожай.

Многолетние данные стационарного опыта, проведенного на дерново-подзолистых почвах, свидетельствуют о достаточно высоком приросте урожая всех культур короткоротационного севооборота при применении органических, минеральных и органо-минеральных систем удобрения.

Органо-минеральная система удобрения обеспечила наивысшую производительность всех культур севооборота. В среднем за 2005–2010 гг. при ее использовании средняя урожайность клевера, пшеницы озимой, картофеля и ячменя ярового составляла 35,8; 3,7; 26,7 и 3,56 т/га, что на 46; 68; 112 и 156 % соответственно превышает фон естественного плодородия почвы (табл. 4.8). Равноценный эффект обеспечила и органическая система с внесением двойной нормы навоза. При этом прирост урожайности на фоне внесения навоза и его сочетания с минеральными удобрениями благодаря последствию второго года под ячменем яровым был на 22...44 % больше по сравнению с эффектом в непосредственный год внесения под картофель.

Таблица 4.8

Урожайность культур короткоротационного севооборота на дерново-подзолистой почве в зависимости от систем удобрения (2005-2010 гг.)

Системы удобрения	Клевер			Пшеница озимая			Картофель			Ячмень яровой		
	т/га	±от контроля		т/га	±от контроля		т/га	±от контроля		т/га	±от контроля	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%		т/га	%
Без удобрений (контроль)	24,6	-	-	2,00	-	-	12,6	-	-	1,39	-	-
N ₆₄ P ₅₃ K ₆₈	28,5	3,9	15,8	3,12	1,12	45,0	23,4	10,8	85,4	2,25	0,86	61,8
Навоз, 20 т/га	34,1	9,5	38,6	3,37	1,37	55,0	26,1	13,5	107	3,18	1,79	128,7
Сидерат, 15 т/га	28,9	4,3	17,5	2,68	0,68	27,2	18,7	6,1	48,4	1,95	0,56	40,4
Солома, 5,5 т/га	27,2	2,6	10,6	2,42	0,42	16,8	18,0	5,4	43,1	1,92	0,53	38,1
Навоз, 10 т/га + N ₆₄ P ₅₃ K ₆₈	35,8	11,2	45,5	3,70	1,70	68,0	26,7	14,1	112	3,56	2,17	156,1
Солома, 5,5 т/га + N ₆₄ P ₅₃ K ₆₈	30,5	5,9	24,0	3,48	1,48	59,3	24,0	11,4	90,1	2,80	1,40	101,1

Использование на удобрение побочной продукции в комплексе с минеральными удобрениями в год внесения и в последствии первого года способствует росту урожайности картофеля и ячменя ярового на 11,4 и 1,4 т/га соответственно, что лишь на 0,8...2,7 т/га меньше эффективности 10 т/га навоза + NPK.

Прямое действие альтернативных органических систем удобрения (сидераты и побочная продукция) обеспечили рост урожайности картофеля на 5,4–6,1 т/га, что на 4...5 т/га меньше по сравнению с минеральными удобрениями. Однако их последствие в первом году под ячменем яровым и во втором году – под клевером было на уровне прямого действия минеральных удобрений.

Все системы удобрения, которые исследовали, кроме позитивного влияния на уровень урожайности культур севооборота, способствовали снижению коэффициента ее вариации сравнительно с неудобренными участками: клевера на 4...10 %, пшеницы озимой – 2...14, картофеля – 12...20 и ячменя ярового – на 2...10 %.

Несмотря на это, уровень вариации абсолютных приростов урожайности при любой системе удобрения остается высоким и достигает от 38 (при органо-минеральной системе удобрения с ис-

пользованием 10 т/га навоза + NPK) до 63...65 % в варианте с побочной продукцией и сидерацией (рис. 4.10).

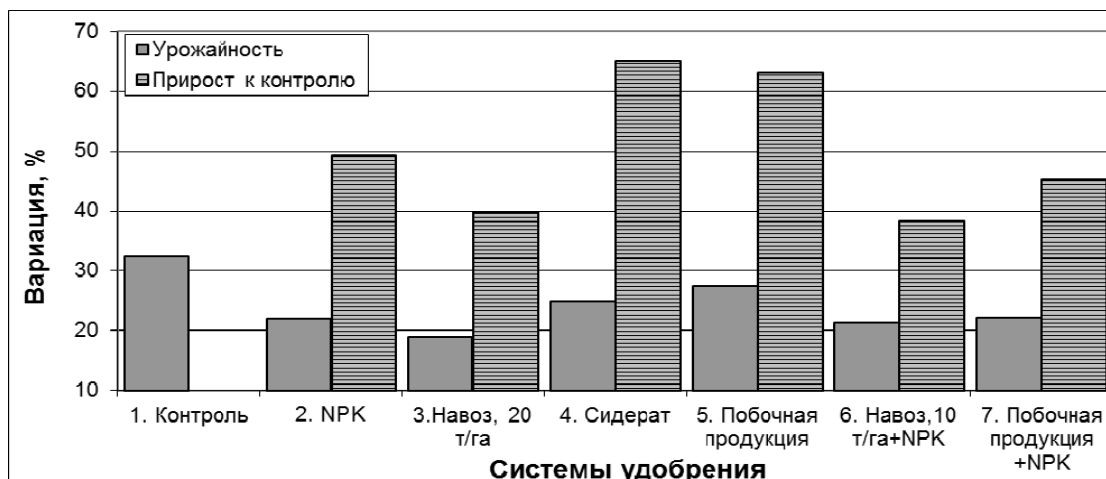


Рис. 4.10. Коэффициент вариации урожайности и ее приростов от удобрений

Неоднородность влияния систем удобрения по годам на производительность культур вызвана главным образом изменчивостью агрометеорологических условий, ведь другие факторы в контролируемых условиях опыта остаются неизменными.

Эффективность удобрений определяется сложным комплексом факторов, а прежде всего климатическими и погодными условиями. А. П. Федосеев в своей работе [17] установил существенную связь эффективности азотных удобрений с условиями увлажнения: во влажные годы она вдвое больше, чем в засушливые. Коэффициенты корреляции между выносом азота из удобрений и погодными условиями для озимых культур составляют 0,867, а для ячменя – 0,956. Результаты исследований [18] установлена тесная зависимость эффективности удобрений от гидротермического коэффициента. В связи с этим при выборе норм, сроков и способов внесения удобрений надо учитывать условия увлажнения [19].

Особенности агрометеорологических условий года являются важным фактором, который влияет на эффективность удобрений. Изложенный выше анализ свидетельствует о значительных колебаниях эффективности любых вариантов систем удобрения в разрезе лет. Вследствие этого при планировании применения тех или иных систем удобрения возникает необходимость учета влияния погодных условий на возможный уровень их эффективности. Колебание урожая зависит от условий года, поэтому целесообразно провести соответствующие исследования по единому подходу и методике [20, 21].

В наших исследованиях в качестве оценки эффективности систем удобрения полевых культур в зависимости от метеорологических условий использован комплексный показатель, который характеризует уровень тепло- и влагообеспечения растений в весенне-летний период вегетации – гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК). ГТК является условным выражением баланса влаги и определяет отношение поступления осадков к их потерям. Он рассчитывается как отношение суммы осадков к сумме температур воздуха выше 10 °С за указанный период:

$$\text{ГТК} = \sum R / (0,1 \sum T) \quad (4.7)$$

где $\sum R$ – сумма осадков, мм; $\sum T$ – сумма температур воздуха, °С.

По результатам статистического моделирования разработано уравнение регрессии второго порядка формирования урожайности культур с учетом ГТК весенне-летнего периода без применения удобрений и ее приростов при разных системах удобрения (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Уравнение регрессии прироста урожайности полевых культур при разных системах удобрения с учетом гидротермических условий

Системы удобрения	Ячмень яровой	Пшеница озимая	Картофель
Без удобрений (контроль)	$U_1 = -2,29 + 26,37x - 8,07x^2$	$U_1 = -26,4 + 83,2x - 28,05x^2$	$U_1 = 2,03 + 260,5x - 103,0x^2$
$N_{64}P_{53}K_{68}$	$P_1 = -1,96 + 17,88x - 7,06x^2$	$P_1 = -1,22 + 31,2x - 16,78x^2$	$P_1 = -476 + 293,3x - 130,0x^2$
Навоз, 20 т/га	$P_2 = 1,46 + 25,83x - 10,98x^2$	$P_2 = -15,22 + 58,4x - 27,1x^2$	$P_2 = 50,24 + 169,7x - 86,2x^2$
Навоз, 10 т/га+N ₆₄ P ₅₃ K ₆₈	$P_3 = 2,81 + 32,68x - 15,27x^2$	$P_3 = 0,93 + 33,97x - 18,3x^2$	$P_3 = 87,35 + 147,1x - 83,2x^2$

где U_1 – урожайность без удобрений, ц/га;

P_1 – прирост урожайности при минеральной системе удобрения, ц/га;

P_2 – прирост урожайности органической системы удобрения, ц/га;
 P_3 – прирост урожайности органоминеральной системы удобрения, ц/га;
 x – гидротермический коэффициент за апрель – июль.

Максимальный уровень урожайности 34...35 ц/га пшеницы озимой (рис. 4.11, а) без применения удобрений формируется в годы с влажными условиями весенне-летнего периода (ГТК 1,3...1,7). При условии снижения ГТК до 0,6 урожайность этой культуры снижается до 13,4 ц/га, или на 21,0 ц/га относительно оптимальных условий.

Наивысшая урожайность 160...165 ц/га картофеля на неудобранных участках (рис. 4.11, б) формируется при более низких значениях ГТК – от 1,0 до 1,5. При отклонении показателя ГТК от оптимального уровня стремительно снижается и производительность этой культуры. Например, при ГТК менее 0,6 или более 1,9 уровень урожайности картофеля не превышает 120 ц/га, то есть в очень сухих и излишне влажных условиях потери урожайности картофеля могут достигать свыше 50 ц/га.

Уровень урожайности ячменя ярового без применения удобрений растет с увеличением значения ГТК за апрель-июль (рис. 4.11, в).

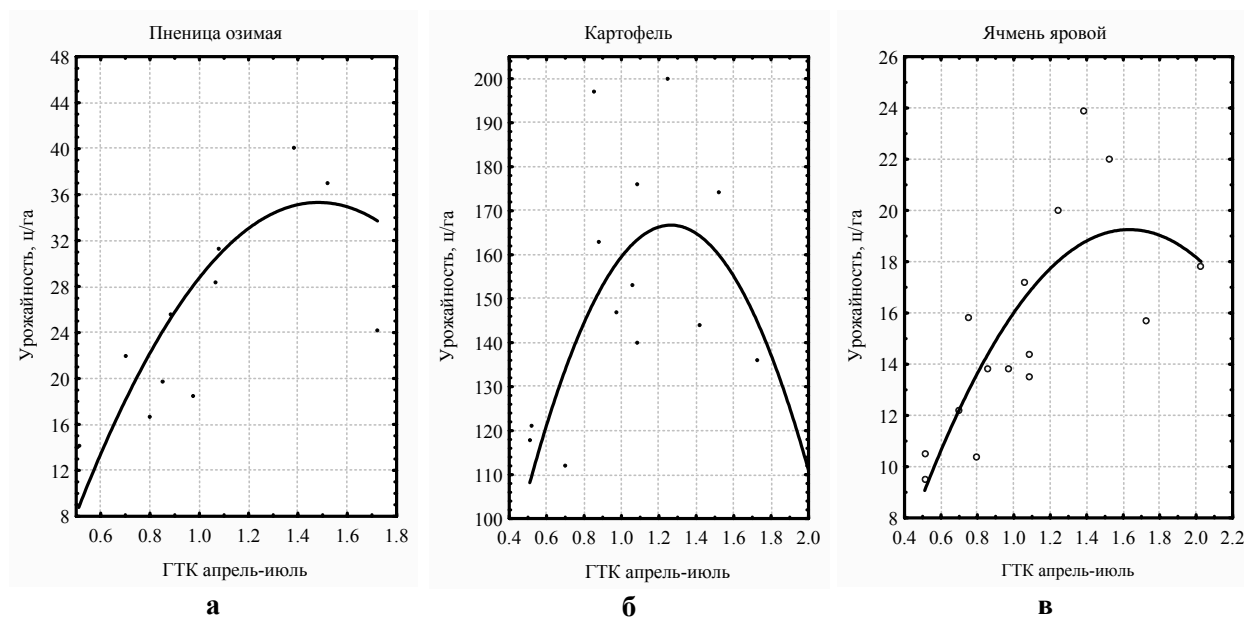


Рис. 4.11. Урожайность полевых культур без применения удобрений в зависимости от гидротермического коэффициента весенне-летнего периода

Например, в засушливых условиях (ГТК менее 0,7) урожайность ячменя не превышает 11,0 ц/га, а при его повышении до 1,0...1,2 уровень урожайности увеличивается до 16...18 ц/га. Сравнительно высокая продуктивность ярового ячменя (выше 19 ц/га) обеспечивается во влажные годы, когда гидротермический коэффициент превышает 1,4...1,6, однако в сильно переувлажненных условиях весенне-летнего периода уровень урожайности снижается.

В качестве оценки эффективности систем удобрения использованы абсолютные приросты значений урожайности к варианту без удобрений, то есть к контролю. Оптимальные значения влияния гидротермического режима на эффективность систем удобрения немного отличаются от показателей, которые отмечены на фоне естественного плодородия почвы.

Наивысшая эффективность систем удобрения выражена в абсолютных приростах урожайности к неудобранным участкам и по большей части отмечается при более низких значениях ГТК. Наивысшие приросты зерна пшеницы озимой, свыше 13 ц/га при минеральной системе удобрения и свыше 16 ц/га при органо-минеральной, обеспечиваются при ГТК 0,7...1,2. Максимальная эффективность органической системы удобрения (последствие третьего года внесения навоза) обеспечивается при более высоком значении ГТК – 0,8...1,4 (рис. 4.12, а).

Оптимальные значения показателя гидротермического режима относительно эффективности систем удобрения на картофеле также имеют свои оптимумы, которые различны между собой. При минеральной системе удобрения наивысшие приросты урожая картофеля, более 110 ц/га, получены при ГТК от 0,9 до 1,4. Прямое действие навоза может обеспечить в среднем 112 ц/га прироста урожая картофеля. Однако максимальный эффект отмечается при ГТК весенне-летнего периода в пределах 0,8...1,2 (рис. 4.12, б).

Наивысшая эффективность всех систем удобрения ячменя ярового отмечается при значении ГТК в пределах 0,9...1,7. При таких значениях ГТК минеральная система удобрения обеспечивает прирост урожайности ячменя в пределах 8...9 ц/га, органическая – 16...17, а органо-минеральная – свыше 19 ц/га (рис. 4.12, в).

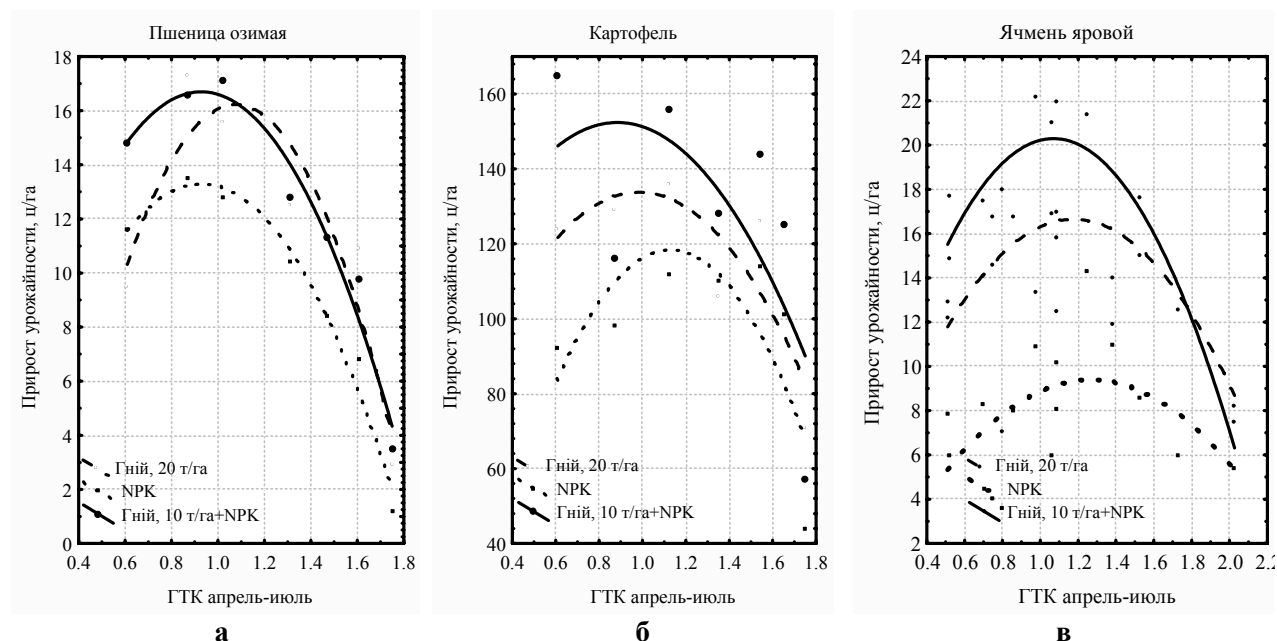


Рис 4.12. Приросты урожайности полевых культур при разных системах удобрения в зависимости от гидротермического коэффициента весенне-летнего периода

Наиболее интенсивное снижение прироста урожайности всех культур севооборота от удобрений отмечено при условиях переувлажнения вегетационного периода, что объясняется вымыванием элементов питания из корнеобитаемого слоя почвы.

Уменьшение оптимальных значений ГТК на фоне внесения удобрений относительно природного фона плодородия свидетельствует о снижении расходов влаги на формирование урожая пшеницы озимой на 18...46 %, картофеля – 7...30 и ячменя ярового – 10...36 % (табл. 4.10).

Таблица 4.10

Снижение расходов влаги на формирование урожая культур короткоротационного севооборота за счет удобрений, % к фону естественного плодородия

Системы удобрения	Пшеница озимая		Картофель		Ячмень яровой		В среднем	
	Оптimum ГТК	Снижение от контроля, %	Оптimum ГТК	Снижение от контроля, %	Оптimum ГТК	Снижение от контроля, %	Оптimum ГТК	Снижение от контроля, %
Без удобрений (контроль)	1,3...1,7	-	1,0...1,5	-	1,4...1,9	-	1,2...1,7	-
N ₆₄ P ₅₃ K ₆₈	0,7...1,2	30...46	0,9...1,4	7...10	0,9...1,7	10...36	0,8...1,4	18...33
Навоз, 20 т/га	0,8...1,4	18...39	0,8...1,2	18...20	0,9...1,4	26...36	0,8...1,3	24...33
Навоз, 10 т/га + N ₆₄ P ₅₃ K ₆₈	0,7...1,1	35...42	0,7...1,1	24...30	0,9...1,3	32...36	0,7...1,2	29...42

4.5. Влияние гидротермических условий и удобрений на формирование качества зерна пшеницы озимой

В современных экономических условиях валовое производство сельскохозяйственной продукции без учета ее качества не в состоянии гарантировать достаточный уровень конкурентоспособности производителей и обеспечить ее экспорт.

Качество продукции сельскохозяйственных культур включает в себя совокупность биологических, технологических и физико-химических свойств и признаков. Требования к качеству сельскохозяйственной продукции узаконены в соответствии с требованиями государственных и европейских стандартов.

На эффективность удобрений, а соответственно и на формирование качества продукции заметно влияет уровень агротехники и характер погодных условий вегетационного периода. Амплитуда колебаний содержания белка в зерне под воздействием агротехнических факторов достигает 8 %, погодных условий – до 11 %, колеблясь соответственно по первому показателю от 12 до 20 и второму – от 9 до 20 % [22]. По данным научных публикаций [23], колебания выхода белка под воздействием погодных условий являются большими, чем под действием агротехники почти в 5 раз, а удобрений – в 3 раза.

Основными показателями качества пшеницы (учитывая и другие требования) по большей части выступают содержание белка и сырой клейковины, так как с ними связаны основные технологические и хлебопекарные свойства и товарное качество зерна. На мировом рынке закупочная цена зерна пшеницы прямо пропорциональна содержащемуся в нем белку.

Проведенный статистический анализ качественных показателей зерна пшеницы озимой за 1991–2010 гг. свидетельствует о том, что в среднем наивысшее содержание белка обеспечивала органо-минеральная система удобрения – 11,8 % с колебанием по годам от 10,8 до 12,4 % и коэффициентом вариации 3,8 (табл. 4.11).

Таблица 4.11

Статистические значения показателей качества зерна пшеницы озимой при разных системах удобрения (среднее за 1991-2010 гг.)

Статистические показатели	Контроль (без удобрений)		NPK (минеральная)		Навоз (органическая)		Навоз + NPK (органоминеральная)	
	белок	клейковина	белок	клейковина	белок	клейковина	белок	клейковина
Среднее	10,1	22,8	10,2	25,6	10,7	26,4	11,8	27,0
Минимум	9,4	17,6	9,9	22,2	9,8	23,0	10,8	23,2
Максимум	10,8	30,2	11,0	30,4	12,3	31,2	12,4	33,6
Коэффициент вариации	6,4	15,6	3,4	8,1	4,0	9,4	3,8	9,8

Данная система удобрения обеспечивала и наивысшее содержание клейковины – 27,0 %, от 23,2 до 33,6 % с коэффициентом вариации 9,8 %. Влияние органической и минеральной систем удобрения на содержание белка за анализируемый период оказалось практически одинаковым. В среднем эти системы удобрения обеспечивали соответственно 10,7 и 10,2 % белка в зерне пшеницы, однако последствие навоза по эффекту влияния на содержание клейковины на 1,4 % абсолютного ее содержания превышало влияние минеральных удобрений. На контрольном варианте без удобрений формировалось зерно с самыми низкими показателями качества, которые составляли по белку 9,4 %, а по клейковине 22,8 %, что соответственно на 1,7 и 4,2 % ниже (по абсолютному содержанию) в сравнении с органо-минеральной системой удобрения.

Относительно годовой изменчивости (колебаний) показателей качества зерна пшеницы озимой отмечена следующая закономерность: на фоне естественного плодородия почвы уровень белковости зерна и содержания клейковины имеет самое низкое постоянство с коэффициентом вариации 6,4 и 15,6 % соответственно, а при внесении удобрений колебания данных показателей по годам снижались почти вдвое. Удобрения как способствовали формированию более постоянных уровней урожайности по годам, так и в известной мере стабилизировали качественные показатели зерна.

Невзирая на повышение постоянства качественных показателей зерна озимой пшеницы за счет удобрений, колебания содержания белка и клейковины в разрезе лет оставались достаточно заметными. Как отмечалось раньше, агрометеорологические условия каждого конкретного года в значительной степени определяют качество урожая. В общих чертах: более теплая сухая погода весенне-летнего периода способствует большему накоплению белка, чем прохладная и дождевая. Этот механизм в основном связан с лучшими условиями накопления азота в почве из-за уменьшения объемов его вымывания за пределы корнеобитаемого слоя почвы.

Для выявления основных закономерностей связи между показателями качества зерна и агрометеорологическими факторами исследовали влияние на качество зерна осадков, температуры воздуха и гидротермического коэффициента весенне-летнего периода. Этот период является наиболее важным в формировании качества зерна. Проведенный корреляционный анализ содержания белка и клейковины в зерне пшеницы с указанными агрометеорологическими факторами показал, что наивысшая связь наблюдается с гидротермическим коэффициентом (ГТК) апреля – июня. Коэффициент корреляции ГТК с содержанием белка в зерне составляет на фоне естественного плодородия почвы – 0,71, а на фонах минеральной, органической и органо-минеральной систем удобрения соответственно – 0,76, – 0,64 и – 0,72. Корреляция ГТК с содержанием клейковины в зерне пшеницы несколько выше

и составляет на контрольном варианте – 0,70, при минеральной системе удобрения – 0,82, органической – 0,83 и – 0,73 органо-минеральной. Эти связи имеют обратно пропорциональный характер, то есть с ростом значений ГТК весенне-летнего периода снижается качество зерна (рис. 4.13–4.14).

Из приведенных выше зависимостей видно, что наивысшие показатели качества зерна при всех системах удобрения, как по содержанию белка, так и клейковины, формируются при низких значениях ГТК за весенне-летний период. Так, при ГТК менее 0,9, что соответствует засушливым и очень засушливым условиям, содержание белка в зерне может составлять от 10,2...10,8 % на фоне естественного плодородия почвы и до 11,8...12,3 % при органо-минеральной системе удобрения, а клейковины соответственно от 24,5...28,0 до 28,5...31,0 %. При этом в пределах указанных значений ГТК белковость зерна пшеницы на неудобренных участках и с минеральными удобрениями находилась практически на одном уровне.

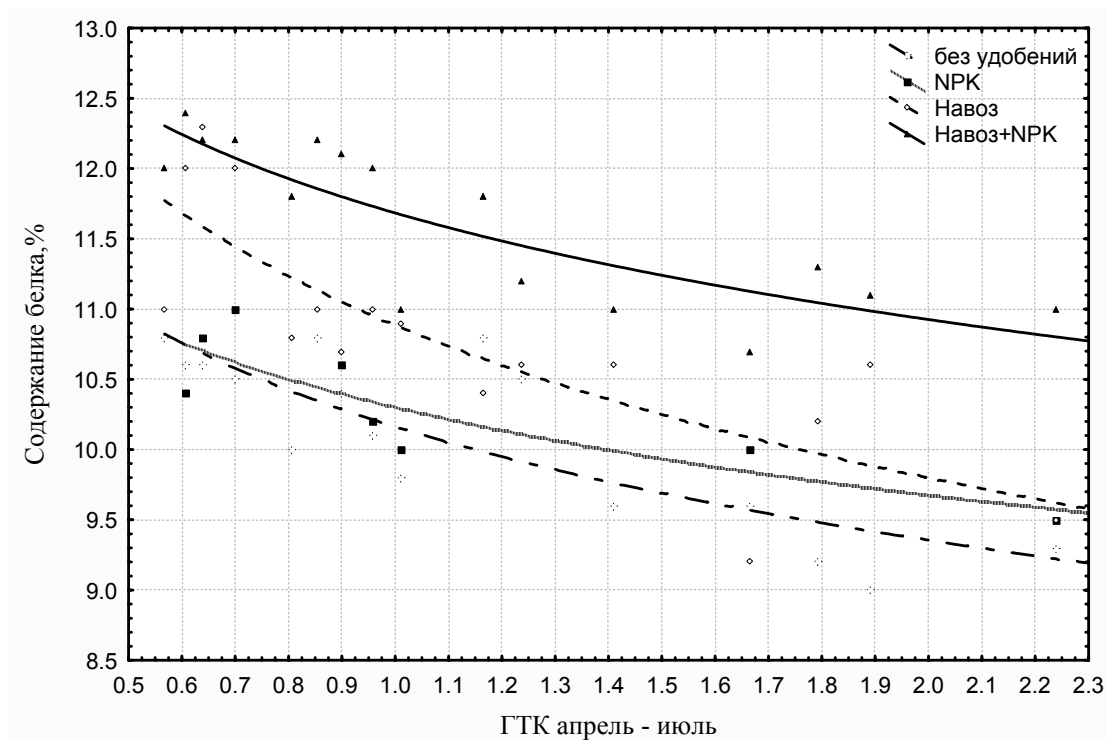


Рис. 4.13. Содержание белка в зерне пшеницы озимой в зависимости от гидротермического коэффициента весенне-летнего периода (апрель-июнь) и систем удобрения

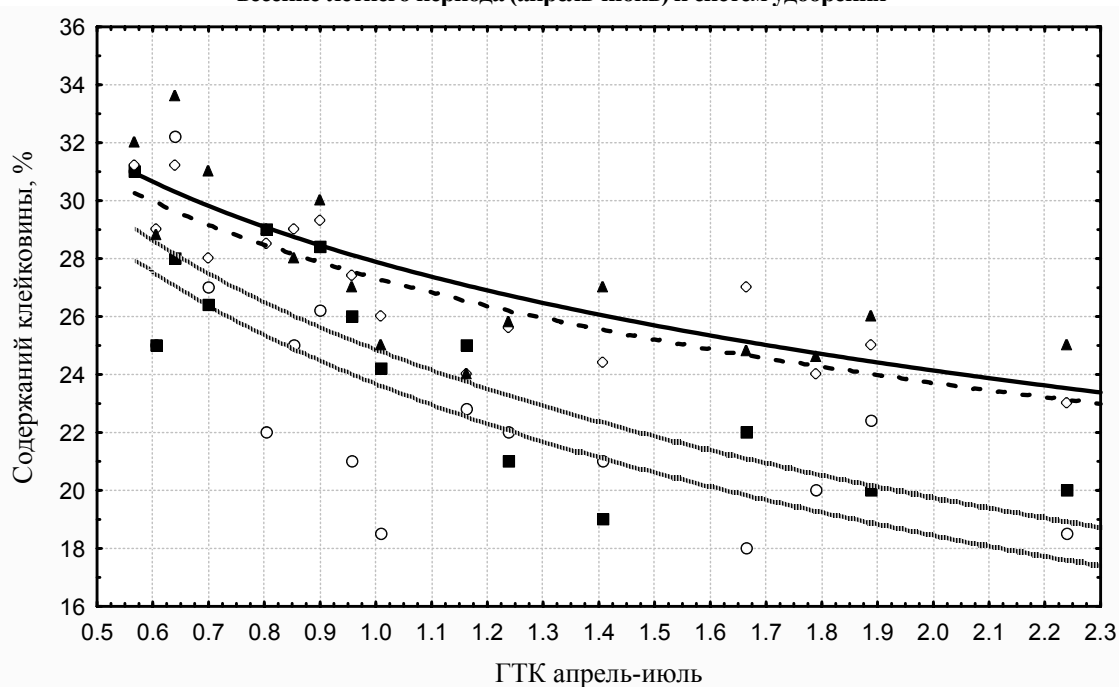


Рис. 4.14. Зависимость содержания клейковины в зерне озимой пшеницы от гидротермического коэффициента весенне-летнего периода (апрель-июнь)

При повышении ГТК от 0,9 до 1,2 (недостаточно влажные условия) содержание белка в зерне снижалось на неудобренном фоне до 10,0 %, что на 0,8 % меньше по сравнению с засушливыми условиями, а клейковины – до 22,5 % в сравнении с 28,0 % при ГТК 0,6 и меньше. Аналогичная тенденция отмечалась и на удобренных фонах. Наиболее чувствительное снижение качества урожая происходило в переувлажненных условиях весенне-летней вегетации.

Выводы

1. При внесении 20 т/га навоза на площадь севооборота или снижения его нормы до 10 т/га в сочетании с минеральными удобрениями запасы органического углерода в пахотном слое почвы повышаются до 26,5...29,3 т/га, что на 73...91 % превышает фон естественного плодородия почвы. Альтернативой минеральным удобрениям для улучшения гумусного состояния легких по гранулометрическому составу дерново-подзолистых осушаемых почв может быть сидерация, а особенно использование соломы, которые обеспечивают повышение запасов органического углерода в пахотном слое почвы на 4,2...6,7 т/га.

2. На дерново-подзолистых осушаемых почвах все системы удобрения, которые исследовались, обеспечивают высокое содержание подвижного фосфора – 155...246 мг/кг почвы. Благодаря наличию в севообороте клевера, даже без применения удобрений, содержание его в пахотном слое почвы оценивается как повышенное. Традиционная органическая и органо-минеральная системы удобрения обеспечивают высокое содержание обменного калия – 174...203 мг/кг почвы. По влиянию на калийный режим почвы альтернативные органические системы удобрения и систематическое внесение минеральных удобрений оказались равноценными и способствовали росту запасов обменного калия к среднему уровню – 102...123 мг/кг почвы.

3. Запасы соединений легкогидролизуемого азота находятся в прямой зависимости от запасов лабильной фракции гумуса. Внесение высоких норм навоза, минеральных удобрений в сочетании с одинарной нормой навоза или побочной продукции обеспечивает наивысший уровень запасов лабильной фракции гумуса – 9,6...11,0 т/га. Соответственно при этих самых системах удобрения обеспечивались и наивысшие запасы соединений легкогидролизуемого азота – 255...275 кг/га, что на 103...123 % превышает фон естественного плодородия почвы.

4. Короткоротационный плодосменный севооборот способствует снижению потерь влаги из корнеобитаемого слоя почвы путем вертикальной инфильтрации до 49 л/м², что на 33 л/м², или 40 %, меньше по сравнению с интенсивным зерно-картофельным севооборотом. Дополнение интенсивного зерно-картофельного севооборота промежуточными посевами люпина на зеленое удобрение за счет увеличения длительности периода покрытия поля растительным покровом дает возможность снизить потери влаги благодаря аккумуляции ее в пахотном слое почвы от 82 до 62 л/м², или на 24 %.

5. Наивысшие потери влаги из корнеобитаемого слоя почвы отмечаются под черным паром и картофелем, которые в среднем за год достигают 121 и 89 л/м², тогда как под пшеницей озимой – 59 л/м², что составляет от 10 до 20 % среднегодового количества осадков. Объемы инфильтрации осадков за осенне-весенний период находятся в прямой зависимости от их суммы за сентябрь – декабрь с коэффициентом корреляции 0,946...0,965, а за летний период – июнь-июль – 0,83...0,91.

6. В результате инфильтрации осадков потери нитратного азота под картофелем достигают до 73 кг/га, калия – 89, магния – 25 и водорастворимого гумуса – до 25 кг/га, а при оптимальных севооборотах с многолетними травами они снижаются на 45, 33, 48 и 26 % соответственно.

7. На дерново-подзолистой почве все изученные системы удобрения обеспечивают повышение продуктивности сельскохозяйственных культур: пшеницы озимой на 9–54 %, ячменя ярового – 23...104 и картофеля – на 33...89 %. При этом коэффициент вариации урожайности и затраты влаги на формирование единицы урожая снижаются на 2...17 и 7...46 % соответственно.

8. В зависимости от агрометеорологических особенностей вегетационного периода прирост урожайности от удобрений, даже в пределах одной системы удобрения, колеблется в широком диапазоне. Наивысшие приросты урожайности всех культур севооборота обеспечиваются при ГТК весенне-летнего периода в пределах 0,7...1,4, а наибольшие урожаи без применения удобрений при более высоком уровне увлажнения – ГТК от 1,2 до 1,7.

9. Наивысшие качественные показатели урожая зерновых культур формировались при сухих и засушливых условиях вегетационного периода (ГТК 0,9 и меньше). Содержание белка в зерне пшеницы озимой в таких условиях составляло от 10,2 до 10,8 % без внесения удобрений и от 11,8 до 12,3 %

при органо-минеральной системе удобрения, а клейковины – от 24,5 до 28,0 % и от 28,5 до 31,0 % соответственно.

Литература

1. Мазур Г. А. Экологические проблемы расширенного восстановления плодородия дерново-подзолистых почв Полесья // Экология Полесья: проблемы, современность, будущее. – Харьков ; Луцк, 1993. – С. 16–22.
2. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л.: Наука, 1980. – 288 с.
3. Bohn H. L. Estimate of organic carbon in world soils. – Soil Sci. Soc. Am. J. 1976. – P. 468–469.
4. Цюк О. А. Влияние органических удобрений на плодородие почвы // Сборник науч. тр. Национального научного центра «Ин-т земледелия УААН», 2009. – Вып. 1/2. – С. 60–68.
5. Мишустин Е. Н., Петрова А. Н. Определение биологической активности почвы // Микробиология. – 1963. – Т. 31. – № 3. – С. 479–483.
6. Прянишников Д. Н. Азот в жизни растений и земледелии СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1945. – С. 6–75.
7. Щербаков А. П. Изменение азотного режима почв Центральной Черноземной полосы в процессе сельскохозяйственного использования // Круговорот и баланс азота в системе почва – удобрение – растение – вода. – М.: Наука, 1979. – С. 142–147.
8. Кудяров В. Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. – М.: Наука, 1989. – 216 с.
9. Мазур Г. А. Восстановление и регуляция плодородия легких почв. – Киев: Аграр. наука, 2008. – 305 с.
10. Новая стратегия производства зерновых и масляных культур в Украине / В. Ф. Петриченко, Н. Д. Безуглый, В. М. Жук [и др.]. – Киев: Аграр. наука, 2012. – 48 с.
11. Патыка Н. В., Бердников А. М., Патыка В. Ф. Миграция питательных элементов и гумуса подзолистой почвы в условиях длительных лизиметрических опытов // Агрохимия и почвоведение. – Харьков: ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского», 2009. – Вып. 72. – С. 81–84.
12. Сайдак Р. В. Фактор севооборота как средство оптимизации водно-питательного режима дерново-подзолистой почвы // Вестн. аграр. науки. – 2013. – № 2. – С. 10–13.
13. Saydak R.V., Tarariko Y.O. Vertical infiltration of moisture and nitrogen in sod-podzolic periodically waterlogged soils // News of Science and Education. – 2014. – № 20 (20). – С. 45–49.
14. Лизиметрические исследования в агрохимии и агроэкологии / А. М. Бердников, Л. М. Скачек, Л. В. Потапенко [и др.] // Сборник науч. тр. «ННЦ Земледелие». – 2013. – Вып. 1–2. – С. 38–45.
15. Экологические проблемы земледелия / В. Г. Мазур, В. И. Горшар, О. В. Коноплев [и др.] ; под ред. И. Д. Примака. – Киев: Центр учеб. лит., 2010. – 456 с.
16. Минеев В. Г. Агрохимия : учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ ; Колос, 2004. – 720 с.
17. Федосеев А. П. Агротехника и погода. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 240 с.
18. Сайдак Р. В. Влияние гидротермических условий и систем удобрения на производительность озимой пшеницы в зоне Полесья // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – Вып. 99. – С. 351–362.
19. Носко Б. С., Лисовой Н. В. Эффективность минеральных и органических удобрений в УССР в разных погодных условиях // Труды ВИУА. – М., 1985. – С. 34–38.
20. Тарарико Ю. А., Сайдак Р. В., Сорока Ю. В. Методика оценки эффективности агротехнологий с учетом гидротермических условий. – Киев: Аграр. наука, 2013. – 64 с.
21. Сайдак Р. В. Зависимость эффективности удобрений с учетом гидротермических условий // Агрэкол. журн. – 2014. – № 4. – С. 74–78.
22. Коданев И. М. Агротехника и качество зерна. – М.: Колос, 1970. – 231 с.
23. Шарпапов Н. И. Повышение качества урожая сельскохозяйственных культур. – Л.: Колос, 1973. – 224 с.

Глава 5. ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ И БИОПРЕПАРАТЫ КАК ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА ДЕРНОВО-СЛАБОПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ

5.1. Влияние ферментированных органических удобрений на эколого-агрохимические показатели почв

Производительность агроэкосистемы и качества растениеводческой продукции отражают состояние эффективного плодородия почвы, однако для их стабилизации одновременно с повышением эффективного плодородия необходимо обеспечить воспроизводство потенциальной, которая традиционно оценивается комплексом агрономически значимых показателей плодородия и эколого-агрохимического состояния почвы. Поэтому изучение влияния удобрений нового вида должно базироваться на разносторонней оценке их влияния на состояние агроэкосистемы, базисом развития которой является именно почва.

Исследования ученых эффективности воздействия ферментированных органических удобрений на показатели эколого-агрохимического состояния почв различных генетических типов и грунтовых отличий сводятся к подтверждению их положительного влияния на процессы воспроизводства плодородия [1, 2, 3, 4]. При этом, в зависимости от состава исходного сырья, эффективность ферментированных органических удобрений по регулированию грунтовых режимов и отдельных показателей существенно отличается [5, 6].

Исследование В. В. Снитинского, В. И. Лопушняка в насаждениях энергетической ивы о влиянии компостов на основе осадков сточных вод, соломы, опилок и цементной пыли (массовая доля которого составила 10 %) на свойства дерново-подзолистых почв Прикарпатья при их применении в дозах 40–60 т/га перед посадкой ивы энергетической показали улучшение агрохимических показателей: рост содержания органического вещества на 0,2–0,5 %, рН – до 6,4–6,7, повышение содержания, мг/кг: лужногидролизованного азота – на 27,8–41,2, фосфора подвижного – на 21,6–31,1, обменного калия – на 6,9–27,4. При этом содержание подвижных форм свинца, никеля и кобальта было в 4,4–4,6 раза, а кадмия – в 2,8 раза ниже значения ПДК [7].

Результаты полевых исследований Н. П. Засекина, В. И. Лопушняка, И. М. Мерленка, В. А. Гаврилюка, М. И. Зинчука [7, 8] на дерново-подзолистых почвах эффективности ферментированного органического удобрения на основе отходов гидролизно-дрожжевого производства, птичьего помета и торфа при выращивании картофеля в дозах 15,0–22,5 т/га подтвердили его положительное влияние не только на урожайность и качество клубней, но и на агрохимические показатели плодородия почвы. В результате применения ферментированного органического удобрения под картофель росло содержание гумуса на 1–1,1 % по сравнению с контролем, азота лужногидролизированных соединений – на 5,3–10,6 мг/кг фосфора подвижных соединений – на 8,7–27,7 мг/кг, калия подвижного – на 2,3–21,3 мг/кг, показателя рН – на 0,3–1,3 единицы.

Результаты полевых исследований В. А. Гаврилюка, А. В. Валецкой на дерново-слабоподзолистых почвах при применении ферментированных органических удобрений (ФОУ) под картофель показали, что их применение способствует увеличению содержания минеральных форм азота в почве, прежде всего азотной, за счет усиления процессов нитрификации соответственно росту норм удобрений. В частности, внесение 7,5 т/га ФОУ обеспечивает 33,8 мг/кг N-NO₃ и 15,9 мг/кг N-NH₄, 15,0 т/га ФОУ – 35,4 и 18,1 мг/кг, 22,5 т/га ФОУ – 36,5 и 19,0 мг/кг соответственно. Следует отметить, что доза ФОУ, равноценная по содержанию азота до 30 т/га навоза, практически не уступает последней по влиянию на азотный режим почвы, а 22,5 т/га даже превосходит, хотя и недостоверно. Исследование процессов фосфатпреобразования показали, что совместное внесение минеральных и органических удобрений способствует увеличению содержания фосфора подвижного по сравнению с контролем на 23,0–24,2 мг/кг, к тому же лучшая тенденция отмечена на варианте с органическим перебродившим удобрением. При самостоятельном применении 7,5 т/га последнего содержание данного показателя составило 123,0 мг/кг (слой почвы 0–20 см), в случае увеличения дозы до 15,0 т/га наблюдается достоверное повышение количества фосфора подвижного до 132,5 мг/кг. Однако дальнейшее повышение хотя и увеличивает содержание фосфора до показателя 133,6 мг/кг, но несущественно по сравнению с вариантом внесения 15,0 т/га ФОУ, что объясняется учеными процессами интенсивного перехода подвижных фосфатов в почвенный раствор.

Результаты полевых исследований А. Н. Пузняк [8] по экологической эффективности ферментированного органического удобрения «Биоферм» при выращивании сельскохозяйственных культур в севообороте картофель – пшеница озимая на дерново-подзолистых супесчаных почвах показа-

ли, что его внесение в дозе 10 т/га сплошь по сравнению с минеральной системой удобрения ($N_{90}P_{60}K_{120}$) и органо-минеральной (сидераты 20 т/га + $N_{45}P_{30}K_{60}$) обеспечивало биологическую активность почвы именно за счет максимального количества элементов питания по сравнению с другими системами удобрения. При этом органическая система удобрения на основе 10 т/га «Биопроферма» обеспечивает максимальную численность дождевых червей в почве: 91 шт./м² (+153 % к минеральной системе в прямом действии под картофелем) и 94 шт./м² (+96 % к минеральной системе в последствии под пшеницей озимой).

Высокие показатели агроэкологической эффективности обеспечивало применение ферментированных органических удобрений «Биопроферм-1», «Биопроферм-2», «Биопроферм-3», «Биопроферм-4». Так, результаты исследований В. С. Гнидюк [9] показали, что применение «Биопроферм-4» приводило к снижению кислотности почвы, положительно влияло на питательный режим почвы: содержание подвижных форм NPK в тяжелосуглинистой дерновой почве росло пропорционально количеству внесенных питательных веществ. С увеличением дозы с 3 до 10 т/га существенно увеличивается и содержание валовых форм питательных веществ в почве.

Подтверждены и высокие показатели микробиологической активности тяжелосуглинистой дерновой почвы при использовании органических удобрений «Биопроферм-1», -2, -3, -4, которые оценивались увеличением общего количества микроорганизмов в 1,2–1,6 раза относительно контроля. При этом применение «Биопроферм-4» в дозе 10 т/га из всех исследуемых удобрений «Биопроферм» обеспечивал высокую эффективность. Увеличение норм данных органических удобрений не только привело к увеличению численности микроорганизмов, но и изменило их качественный состав. Так, удельный вес грибов уменьшился на 0,7–1,13 %, а доля бактерий увеличилась на 0,6–1,4 %, доля актиномицетов выросла на 0,3–0,4 %. В общем, при применении удобрений «Биопроферм» превосходящими микроорганизмами в тяжелосуглинистой дерновой почве были бактерии, удельный вес которых составлял 93,2–95,0 %, содержание актиномицетов колебалось в пределах 3,0–5,2 %, а грибы были представлены наименее многочисленной группой – в пределах от 1,6–1,9 % [9].

5.2. Агрономическая эффективность применения биопрепаратов

Процесс формирования плодородия почв зависит от ряда факторов, к которым следует отнести геохимическое влияние материнской породы, тип растительности, климатические особенности региона, антропогенное воздействие, микробиологическую активность, из которых последние факторы являются наиболее доступными для управления и тесно взаимосвязанными. Именно микробиологическая активность – наиболее чувствительный показатель формирования плодородия почвы и наиболее важное условие ее обеспечения. Один из основных принципов органического земледелия – необходимость подкормки не растений, а микроорганизмов. Именно микроорганизмы своей титанической кропотливой работой через выделение ферментов и ускорение процессов гидролиза различных соединений почвы, и особенно органических удобрений, обеспечивают доступность растениям элементов питания.

Применение эффективных микроорганизмов в сельском хозяйстве является одним из наиболее перспективных методов управления плодородием почв и питанием сельскохозяйственных культур. Особенно перспективным является применение биопрепаратов на основе эффективных микроорганизмов при использовании органических и органо-минеральных систем удобрения [10] при необходимости уменьшить токсичность почв, сформированную в результате монокультуры и при загрязнении их нефтепродуктами, пестицидами и тяжелыми металлами в результате техногенной деятельности человека.

Установлено, что растения имеют набор генов, экспрессия которых вызывается только в присутствии микроорганизмов. Важное значение имеет инокулирование культуры в севообороте. Оптимальным с микробиологической точки зрения является севооборот, в котором каждая предыдущая культура формирует качественный фон не только по трофическим элементам, но и по составу микробной группировки почвы под каждую следующую культуру севооборота, что проявляется в снятии токсичности почвы, формировании оптимального фитосанитарного фона и микробного окружения корневой системы, обеспечивая нормальное физиологическое состояние растения и повышение ее иммунного статуса.

Известно, что стабилизирующей основой большинства биологических систем земледелия служат бобовые растения, доля которых в структуре посевных площадей должна составлять 25–40 %. Благодаря способности бобовых растений вступать в симбиоз со специфическими для определенного вида или группы видов клубеньковыми бактериями они могут усвоить за вегетацию до 125–480 кг/га азота воздуха. Благодаря симбиотической азотфиксации бобовые культуры формируют высокие уро-

жаи без применения дорогостоящих, энергоемких и экологически опасных минеральных азотных удобрений. После сбора урожая более 30 % биологически фиксированного азота остается в пожнивных и корневых остатках и используется следующим культурами севооборота. Инокуляция семян высокоэффективными штаммами клубеньковых бактерий, полученными в процессе селекционного отбора, позволяет реализовать до 15–50 % симбиотического азотфиксирующего потенциала, а остаточной резерв может быть использован при оптимизации условий функционирования симбиоза.

Исследования ученых показали, что биопрепараты азотфиксирующих бактерий, внесенных при выращивании бобовых, злаковых и овощных культур, способны обеспечивать растения азотом, что по эффективности равнозначно 20–50 кг/га действующего вещества минеральных удобрений, а препараты фосфатмобилизирующих бактерий способствуют превращению труднорастворимых фосфатов почвы в легкодоступные, доступные растениям формы [11].

Не меньшее значение имеет и ассоциативная азотфиксация, которая является более масштабной, чем симбиотическая. Проведенные исследования по применению diaзотрофов при выращивании злаковых культур указывают на то, что в современных условиях за счет азотфиксации можно получить прирост урожая на уровне применения 30 кг/га минерального азота. Интродукция diaзотрофов в ризосферу озимой пшеницы способствует повышению содержания общего азота в почве ризосферы и в фитомассе, но не всегда покрывает потребность растения в этом элементе. Препараты на основе diaзотрофов способствуют повышению урожайности озимой пшеницы на 0,16–0,43 т/га, содержания сырого протеина в семенах на 0,2–0,5 % и общего сбора его на 2–13 %. Препарат «Диазофит», разработанный на основе штамма *Rhizobium (Agrobacterium) radiobacter* 204, рекомендован при выращивании пшеницы, риса, рапса, а для ячменя – «Ризоэнтерин», биоагентом которого является штамм *Enterobacter aerogenes* 30ф.

Ассоциативные азотфиксирующие бактерии обладают стимулирующим эффектом благодаря способности синтезировать рострегулирующие вещества (ауксины, гиббереллины, цитокины и т. п.) в количествах, обусловленных биорегуляторными механизмами растений. В этом состоит их большое преимущество перед синтетическими стимуляторами роста.

Оптимизация фосфатного питания растений особое значение приобретает при применении биопрепаратов на основе микроорганизмов, способных трансформировать труднорастворимые органические и минеральные фосфаты в доступные для растений формы. Так фосфатмобилизирующий штамм *Enterobacter nimipressuralis* 323, который утилизирует углеводы с образованием органических кислот и производит щелочную фосфатазу и физиологически активные соединения, стал биоагентом препарата «Фосфоэнтерин», который способен колонизировать различные виды растений. Его эффективность доказана на зерновых, бобовых и овощных культурах и при выращивании рапса. Интенсификация сельского хозяйства приводит к накоплению фитопатогенного комплекса микроорганизмов в почве, поэтому интродукция в агроэкоценозы агрономически ценных микроорганизмов является одним из путей выравнивания природного равновесия, необходимого для обеспечения оптимальных условий реализации продуктивного потенциала растений [10].

Почвы Украины характеризуются высоким содержанием фосфора, в частности, в метровом слое в зависимости от типа почвы его количество составляет от 3,5–4 до 15–20 т/га [12]. Однако запасы фосфора в почве на 10–20 % представлены соединениями, относительно доступными для растений, и 50–60 % – малодоступными, вследствие чего степень его использования растениями из почвы составляет лишь 35 %, а продуктивность сельскохозяйственных культур чаще всего лимитируется его нехваткой. Поэтому проблема фосфора определяется доступностью его соединений для растений, увеличением их подвижности в корневой зоне растений, то есть превращением из нерастворимых в растворимые формы с последующим переходом в почвенный раствор.

Самым простым способом увеличения содержания доступного растениям фосфора в почве является внесение фосфорных удобрений. Однако их фактическое применение в последние годы составляет менее 0,1 млн т д. в., то есть уровень применения равен 3–4 кг/га д. в., а соотношение в удобрениях $N : P_2O_5 = 1 : 0,17$. При острой нехватке фосфора особое значение в улучшении фосфатного питания сельскохозяйственных культур приобретают микробные препараты на основе грунтовых фосфатмобилизирующих бактерий, способных трансформировать фосфор из труднодоступных соединений в легкодоступные [10].

Способностью превращать фосфорсодержащие соединения, как минеральные, так и органические, с высвобождением фосфора подвижных соединений в окружающую среду обладает большинство микроорганизмов. К ним относятся грибы и актиномицеты, стрептомицины, представители неспороносных бактерий родов *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Corinebacterium*, *Alcaligenes*, которые сочетают в себе способность трансформировать фосфор из труднодоступных источников как минерально-

го, так и органического происхождения и усиливать транспортировку и усвоение питательных соединений растением за счет увеличения поглощающей поверхности корневой системы.

Учитывая, что биопрепараты имеют низкие цены, применение и уменьшение при этом использования минеральных повышает экономическую эффективность при производстве овощей. Незначительное повышение расходов позволяет снизить себестоимость продукции, а уровень рентабельности при обработке микробными препаратами помидоров повышается на 6–8 %, капусты – на 19–35 % относительно контроля без использования биопрепаратов [13].

Таким образом, применение микробиологических препаратов – одно из перспективных направлений ведения сельского хозяйства, обеспечивает рост урожайности сельскохозяйственных культур, снижение поражения их болезнями, улучшение качества продукции и обеспечения эффективного использования элементов питания растениями, а следовательно - и экономии ресурсов и энергии в агроэкосистемах. Особенно актуальными являются вопросы наиболее эффективного сочетания отдельных биопрепаратов или их комплексов с тем или иным видом органического удобрения или органо-минеральной системы удобрения, что и стало одной из задач наших исследований при изучении эффективности органо-минеральной системы удобрения на основе ферментированного органического удобрения на дерново-слабоподзолистой почве в условиях Западного Полесья.

5.3. Агрохимические особенности дерново-слабоподзолистой почвы и условия проведения исследований

Объектом исследований была самая распространенная зональная почва агропочвенной зоны Западного Полесья Украины – дерново-слабоподзолистая связнопесчаная, на которой исследовалась эффективность органо-минеральной системы удобрения на основе ферментированного органического удобрения отдельно и совместно с микробиологическими препаратами. Дерново-слабоподзолистая связнопесчаная почва опытного участка сформировалась на моренах (продуктах выветривания различных пород, перемещенных или переотложенных ледником, в большинстве кислых, богатых кварцем, однако случаются и карбонатные) под воздействием дернового и подзолистого типа почвообразования.

Профиль дерново-подзолистой почвы не имеет четкой дифференциации на горизонты (рис. 5.1). Гумусовый горизонт неглубокий, не превышает 15–18 см. В пахотных почвах он углубленный вспашкой и может достигать 25–30 см. Цвет – светло-серый, по составу рыхлый, рассыпчатый, бесструктурный.

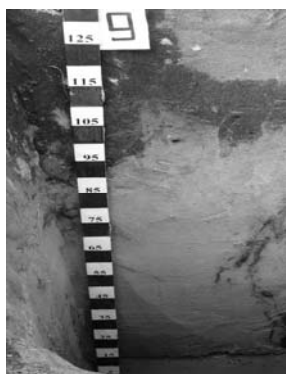


Рис. 5.1. Генетико-морфологическое строение почвенного профиля дерново-слабоподзолистой связнопесчаной почвы опытного участка

H(or)(e)(0–30) – гумусовый с темновато-увлажненными пятнами, светло-серый, связнопесчаный, сухой, включение травянистой растительности, рыхлый, переход неровный (с глубокими затеками), бесструктурный. Ph и (f) (30–45) – супесчаный, по цвету неоднороден, с затеканием гумуса, белесые включения SiO₂, свежий бесструктурный, переход постепенный.

PgI>45 – связнопесчаный, влажный, цвет палевый, с затеканием корнеточения, бесструктурный.

Элювиальный горизонт слабо выражен, встречается в виде светло-желтого песка с белесыми пятнами аморфного кремнезема. Иллювиальный горизонт выражен слабо и представлен желтым песком, на котором выделяются красно-бурые псевдофибры – 1–3-сантиметровые извилистые слои более тяжелого гранулометрического состава, цементированные вымытыми из верхних слоев коллоидами. Материнская порода залегает на глубине 85–105 см и представлена однородным песком. В вязких проявлениях материнской породы оглеение. Оглеенный песок имеет сизовато-белый цвет, охристые пятна и полосы, железисто-марганцевые зерна и бобовины (рис. 5.1).

Гранулометрический состав обуславливает его водно-воздушные свойства. Малое количество глинистых фракций (5–10 %) не может создать хоть какую-либо структуру, обуславливает большую водопроницаемость и малое влагосодержание. Верхние слои почвы содержат мало влаги, которая даже при многодневных засухах быстро испаряется, что приводит к увяданию растений. Особенно пагубно действует осушение прилегающих заболоченных и переувлажненных земель, понижающих уровень грунтовых вод, которыми питаются растения. Благоприятный водный режим имеют почвы, подстилаемые на незначительной глубине слоями суглинков или мелом.

Рельеф опытного участка – волнистая моренная равнина, постепенно снижается с юго-запада на юго-восток.

Дерново-слабоподзолистые песчаные почвы являются самыми бедными в области. Они содержат 0,6–1,3 % гумуса, слабо обеспечены подвижными формами питательных веществ (азота – 11...65, фосфора – 4...55, калия 3...45 мг/кг). Реакция почвенного раствора среднекислая (рН – 4,7–5,4). Сумма поглощенных оснований – 1,0–2,6 мг-экв на 100 г почвы, степень насыщения основаниями составляет 22,1–38,5 %. Гидролитическая кислотность – 1,5–3,3 мг-экв на 100 г почвы.

Агрохимические показатели дерново-слабоподзолистой почвы опытного участка на момент закладки опыта (0-момент) охарактеризованы в таблице 5.1.

Результаты, представленные в таблице 5.1, показывают, что перед закладкой опыта содержание гумуса в слое 0–20 см составило 1,78 %, в слое 20–40 см – 1,41 % и оценивалось как низкое, содержание подвижного фосфора по методу Кирсанова (ДСТУ 4405) в пахотном слое составило 87 мг/кг, в слое 20–40 см – 79 мг/кг, что соответствует среднему уровню обеспеченности; по методу Олсена (ДСТУ ISO 11263) в слое 0–20 см – 49 мг/кг, 20–40 см – 46 мг/кг, что также соответствует среднему уровню обеспеченности фосфором подвижных соединений [7]. Содержание калия движущегося в слое 0–20 см равнялось 34 мг/кг, в слое 20–40 см – 31 мг/кг, что соответствует очень низкому уровню обеспечения. Содержание азота минеральных соединений было 26,4 мг/кг в слое 0–20 см и 23,7 мг/кг в слое 20–40 см, поэтому уровень обеспеченности почвы азотом оценивался на границе между повышенным (слой 0–20 см) и средним (слой 20–40 см).

Таблица 5.1

**Агрохимические показатели дерново-слабоподзолистой почвы
(до закладки полевого опыта)**

Глубина отбора, см	рН	Содержание гумуса, %	Содержание, мг/кг					Фракционный состав фосфатов, мг/кг			
			N-NH ₄	N-NO ₃	P ₂ O ₅ (Кирс)	P ₂ O ₅ (Олс)	K ₂ O	р.-зв.-P	Al-P	Fe-P	Ca-P
0-20	6,2	1,78	8,0	18,4	87,0	49,0	34,0	7,3	13,3	36,0	24,0
20-40	6,1	1,41	7,0	16,7	79,0	46,0	31,0	7,2	12,7	29,0	23,0

Из приведенного анализа видно, что для этой почвы создаются условия разбалансированного питания растений макроэлементами, причем наиболее лимитирующим фактором является обеспечение почвы доступным калием, условия фосфатного питания – недостаточные, условия азотного питания – удовлетворительные

Сырьем для изготовления удобрений был птичий помет влажностью до 80 % с использованием одного или нескольких органических и минеральных наполнителей и торф влажностью до 55 %; минеральная компонента – зернистые фосфориты. Качественные показатели ферментированного органического удобрения приведены в таблице 5.2.

С целью исследования агрохимической эффективности применения местных зернистых фосфоритов в качестве фосфатного минерального удобрения они были включены в систему применения удобрений в комплексе с ФОУ.

Таблица 5.2

Качественные показатели ферментированного органического удобрения

Показатели		Характеристика удобрения
Внешний вид, цвет и запах		Однородная сыпучая масса темно-коричневого цвета без специфического запаха
Содержание частиц >50мм		не допускается
Массовая доля влаги, %		50-60
рНКСl		6,3-7,2
Зольность, % на абсолютно сухое вещество, не более		30
Содержание, % на сухое вещество	Общего азота	2,76
	Фосфора(P ₂ O ₅)	3,23
	Калия (K ₂ O)	1,12
	CaO	1,8

Примечание: Содержание фосфора в данном удобрении достаточно высокое для обеспечения условий воспроизводства фосфатного режима почвы, учитывая минимально рекомендуемое учеными содержание P₂O₅ в органических удобрениях не менее 0,3 % [6].

Показатели усредненного минералогического и химического состава зернистых фосфоритов приведены в таблицах 5.3 и 5.4 соответственно. По данным таблицы 5.4 видно, что содержание валового P₂O₅ в фосфоритах составляет 7,40 %; при этом доля потенциально доступных растениям ли-

монно-растворимых форм P_2O_5 достигает 4,90 %, что составляет 66 % от содержания валового фосфора и свидетельствует о достаточно высокой доступности минеральных фосфатов для питания растений. Важным агрономически ценным признаком применяемых в опыте зернистых фосфоритов является высокое содержание CaO , что составляет 38,6%, что свидетельствует о высоких показателях нейтрализующей способности этого удобрения и целесообразности его применения в качестве мелиорантов на землях с кислой реакцией почвенного раствора.

Таблица 5.3

**Усредненный минералогический состав зернистых фосфоритов, месторождения «Матейки»
(по данным Ю. М. Брагина)**

Минеральные компоненты	Содержание, %
Фосфорит	24,6
Глауконит	9,7
Кварц, полевые шпаты	18,4
Кальцит	45,5
Гидрослоды, монтмориллонит	1,8

Месторождение «Матейки», которое находится в северо-восточной части Волынской области на территории Маневецкого района, является одним из самых разведанных и оцененных месторождений зернистых фосфоритов. Продуктивные отложения нижнесеноманского подъяруса залегают на глубине 52–82 м в песчано-глинистых породах венда, перекрывающихся везде известняками верхнего сеномана. Месторождение составляет широкую полосу развития фосфатонесных песков мощностью до 28 м, содержащих 1,13...6,43 % P_2O_5 . Общие прогнозирующие ресурсы данного месторождения составляют 95,6 млн т агроруды, или 5,9 млн т действующего вещества P_2O_5 . Площадь разведанного месторождения составляет 18,5 км². Основу производства ферментированного органического удобрения составляет метод управляемой аэробной ферментации смеси птичьего помета и торфа.

Компонентами для производства ФОУ являются птичий помет и торф болотный низинный осоково-сфагновый, данные о химическом составе которых приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.4

**Химический состав зернистых фосфоритов месторождения «Матейки»,
(по данным Ю. М. Брагина)**

Элемент	Содержание, %
SO_2	24,24
$Al_2O_3+TiO_2$	1,47
Fe_2O_3	2,30
CaO	38,60
P_2O_5 (валовый)	7,40
P_2O_5 (лимонно-растворимый)	4,90
K_2O	0,98
NaO	0,46
MgO	0,32
F	0,75
SO_3	1,74
SrO	0,07
Cd	<1,00
As	1,30
Pb	<2,00

Таблица 5.5

Химический состав исходных компонентов ФОУ

Компонент ФОУ	Показатели кислотно-щелочной реакции и химического состава, % на сухое вещество					
	pH	Нобщ	P_2O_5 общ	K_2O общ	CaO	MgO
Птичий помет	7,8	3,64	3,41	1,82	5,45	1,59
Торф болотный низинный осоково-сфагновый	3,1	1,22	0,17	0,07	0,17	0,05

Полесской исследовательской станцией ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского» была усовершенствована технология изготовления ферментированных удобрений в буртах, которая базируется на сочетании свойств торфа и птичьего помета и дальнейшей грануляции, что обуславливает высокую эффективность исходного продукта. Сырьевые материалы характеризуются высоким содержанием азота, которые в процессе ферментации и после внесения в почву обеспечивают пролонгированное действие легкодоступных его форм (табл. 5.5). Кроме того, птичий помет создает благоприятные условия биоферментации с торфом благодаря высокому содержанию бактериальной микрофлоры и обогащает торф фосфором, кальцием, калием. В результате проведения ферментации в буртах получили гранулированную массу темно-коричневой окраски, без неприятного запаха, патогенных микроорганизмов, с содержанием органического вещества 55–65 %, макро- и микроэлементов, влажностью не более 50–60 %.

Учитывая существующие залежи торфа (512 076,2 тыс. т) и ежегодные объемы (16 409,4 тыс. т) накопления сырьевых ресурсов (навоз, птичий помет, солома и др.), в Волынской области с внедрением этих технологий можно изготовить около 502,1 млн т сыпучего ферментированного удобрения, или 475,6 млн т гранулированного ферментированного удобрения.

Следовательно, применение упомянутых технологий открывает большие перспективы замены традиционных видов органических удобрений для основных сельскохозяйственных культур. Дополнительным фактором мобилизации элементов питания из удобрений и почвы и обеспечения высокой степени их доступности растениям являются биопрепараты, изготовленные на основе эффективных микроорганизмов, что и стало предметом наших вегетационных исследований.

С целью изучения целесообразности сочетания применения ФОРУ с микробиологическими препаратами на дерново-слабоподзолистой почве и соответственно оценки эффективности такого сочетания проведены вегетационные исследования, схема которых приведена в таблице 5.6.

Таким образом, заложен опыт по изучению эффективности применения органических удобрений, созданных на основе местных сырьевых ресурсов путем ферментации с участием микробиологических препаратов на дерново-слабоподзолистой почве (табл. 5.6).

Таблица 5.6

Схема вегетационного опыта с дерново-слабоподзолистой почвой

№ п/п	Вариант опыта	Поступление с удобрениями, кг/га				Соотношения в системе применения удобрений	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	C	C:N	N:P:K
1	Без удобрения (контроль)	–	–	–	–	–	–
2	N120K120 + ФОРУ (10 т/га) – фон 1	244	145	170	1827	7,48	1,68:1:1,17
3	Фон 1+ P*90	244	235	170	1827	7,48	1,04:1:0,72
4	Фон 1+ P**90 – фон2	244	235	170	1827	7,48	1,04:1:0,72
5	Фон 2+ «Агат-25К» – (о.п.)	244	235	170	1827	7,48	1,04:1:0,72
6	Фон 2+ «Агат-25К» – (о.с.)	244	235	170	1827	7,48	1,04:1:0,72
7	Фон 2+ «Байкал ЭМ-1» – (о.п.)	244	235	170	1827	7,48	1,04:1:0,72
8	Фон 2+ «Байкал ЭМ-1» – (о.с.)	244	235	170	1827	7,48	1,04:1:0,72
9	Фон 2+ «Полимиксобактерин» – (о.п.)	244	235	170	1827	7,48	1,04:1:0,72
10	Фон 2+ «Полимиксобактерин» – (о.с.)	244	235	170	1827	7,48	1,04:1:0,72

Примечание: P*90 – как фосфатное удобрение применяли суперфосфат простой гранулированный; P**90 – как фосфатное удобрение применяли зернистые фосфориты (месторождение «Матейки») о.с. – обработка семян микробиологическим препаратом, о.п. – обработка почвы микробиологическим препаратом. Опыт был заложен на открытом пространстве, лизиметры закопаны в такую же почву, поэтому искусственного увлажнения почвы в лизиметрах не проводили.

Прямое действие удобрений и биопрепаратов изучали в посевах овса сорта «Буг» на зеленую массу, а последствие 1-го года – в посевах редьки масличной сорта «Радуга» на зеленую массу. Повторность в опытах – 5-кратная.

Вегетационные сосуды имели форму цилиндров с закрытым перфорированным дном. Высота сосуда – 50 см, диаметр – 40 см, площадь – 0,126 м². Сосуды заполняли керамзитным слоем высотой 8 см, затем набивали дерново-слабоподзолистой связнопесчаной почвой мощностью слоя 30 см, каждые 10 см слоя почвы увлажняли из расчета 60 % ПВ. Последний два 10-сантиметровых слоя равномерно перемешивали с удобрениями и орошали микробиологическими препаратами согласно схеме

опыта. Обработку семян овса проводили непосредственно перед посевом. Необработанные семена овса замачивали на 3 часа в рабочем растворе «Агат-25К» с последующим подсушиванием к посевной сыпучести (7 г «Агат-25К» Т на 1 л воды/1 кг семян на 1000 семян 10 мл 0,7 % раствора препарата). «Байкал ЭМ-1» также применяли для обработки семян в дозе 0,05 мл/кг (в составе рабочего раствора с концентрацией 1:1000, состав которого: «Байкал ЭМ-1» – 1 мл, патока сахарной свеклы – 1 мл, вода – 1 л). «Полимиксобактерин» аналогично применяли для обработки семян в дозе 16 мл/кг). Обработку почвы биопрепаратами осуществляли вручную путем опрыскивания почвы перед посевом в дозах, эквивалентных дозам для обработки семян, увеличивая только выход рабочего раствора до 1000 л/га путем разбавления исходного раствора биопрепаратов, доза применения которых составляла соответственно: «Агат-25К» – 1330 г/га, «Байкал ЭМ-1» – 9,5 мл/га, «Полимиксобактерин» – 3040 мл/га.

Посев овса проводили из расчета 625 всхожих семян на сосуд (эквивалент 5 млн/га) на глубину 4–5 см. Сбор зеленой массы овса проводили в фазу выхода в трубку, после чего на следующий день отбирали образцы почвы для агрохимических и микробиологических анализов с использованием щупа на глубину 20 см.

Посев редьки масличной проводили через 1 неделю после сбора зеленой массы овса и рыхление почвы на глубину 20 см тяпкой. Перед посевом определяли полевую влажность почвы вегетационных сосудов и доводили ее до 60 % ПВ искусственным поливом поверхности почвы. Посев семян редьки масличной проводили из расчета 314 всхожих семян на лизиметр (эквивалент 2,5 млн/га) на глубину 3–4 см. Сбор зеленой массы редьки масличной проводили в фазе бутонизации, после чего на следующий день отбирали образцы почвы для агрохимических и микробиологических анализов с использованием щупа на глубину 0–20 см.

Агрохимические анализы проводили по общепринятым методикам, приведенным в соответствующих предписаниях и методических пособиях: содержание гумуса – по методу И. В. Тюрина (ДСТУ 4289-2004), аммиачного и нитратного азота – ДСТУ 4729:2007; фосфора и калия – ДСТУ 4405:2005; подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ННЦ ИПА; подвижных соединений фосфора – по Олсену; pH – ДСТУ ISO 10390-2001.

Показатели микробиологической активности почвы определяли методом посева почвенной суспензии на твердых питательных средах (КАА, Эшби, Менкиной, Муромцева). Целлюлозолитическую активность почвы определяли аппликационным методом Е. Н. Мишустина.

В опытах применяли: минеральные удобрения – аммиачную селитру – 34,4 % N (ГОСТ 2-85), суперфосфат гранулированный – 19 % P₂O₅ (ГОСТ 5956-78), калиймагнезию – 26 % K₂O (ТУ У 6-05743160.002-94) микробиологические препараты «Агат-25К», в состав которого входят бактерии *Pseudomonas augeofaciens* и продукты их метаболизма (ТУ 9291-003-17459725-97), «Байкал ЭМ-1» – симбиотический комплекс молочнокислых, фотосинтезирующих, азотфиксирующих микроорганизмов и продуктов их метаболизма, дрожжей (ТУ У 24.1-22700554-001-2003), «Полимиксобактерин» – активные ростостимулирующие бактерии *Paenibacillus polymyxa* KB (ТУ У 24.1-00497360-004:2009).

Минеральные удобрения в полевом опыте вносили под предпосевную культивацию.

5.4. Влияние микробиологических препаратов на активность фотосинтеза овса на зеленую массу (сидераты)

Удобрения и микробиологические препараты являются мощным фактором влияния на формирование грунтовых режимов и ход процессов питания сельскохозяйственных культур, определяют общую урожайность и качество урожая. С целью изучения влияния микробиологических препаратов и ферментированных органических удобрений на урожай зеленой массы овса и редьки масличной заложен вегетационный опыт, в котором изучались показатели агрохимической эффективности применения: базовой органо-минеральной системы удобрения на основе ФОУ, двух видов фосфатных удобрений в составе базовой органо-минеральной системы удобрения (суперфосфата и зернистых фосфоритов) и трех видов микробиологических препаратов: «Байкал ЭМ-1», «Агат-25К» и «Полимиксобактерин», двух способов применения биопрепаратов (обработки семян и обработки почвы).

Активность фотосинтеза является важным диагностическим признаком оптимизации условий питания растения, особенно в критические периоды их роста и развития, которые приходятся на начало периода вегетации, когда закладываются вегетативные и генеративные органы, от формирования которых и зависят величина урожая и его качество, поэтому исследование активности фотосинтеза является весьма актуальной задачей.

Результаты исследований активности процессов фотосинтеза в растениях овса (табл. 5.7) показали, что на контроле (без удобрений) содержание хлорофилла в растениях составляло 15,7 мг/г. Применение фоновой органо-минеральной системы удобрения (вар. 2 – ФОУ (10 т/га) + N₁₂₀K₁₂₀ –

фон 1) обеспечило рост содержания хлорофилла до 16,6 мг/г (+6,3 % к контролю). Добавление фоновой органо-минеральной системы удобрения Р₉₀ обеспечило увеличение активности фотосинтеза на 16,2 % при применении зернистых фосфоритов, тогда как суперфосфат был на 6,49 % менее эффективным по сравнению с зернистыми фосфоритами, обеспечив прирост активности фотосинтеза к фону 1 на уровне 9,74 %.

Таблица 5.7

Влияние микробиологических препаратов на активность фотосинтеза овса, среднее за 2008-2010 гг.

№ п/п	Вариант опыта	Содержание хлорофилла	Прирост к контролю		Прирост к фону 1		Прирост к фону 2	
		мг/г	мг/г	%	мг/г	%	мг/г	%
1	Без удобрения (контроль)	15,65						
2	N120K120 + ФОРУ (10 т/га) – фон 1	16,63	0,98	6,3				
3	Фон 1+ Р*90	18,25	2,6	16,6	1,6	9,74		
4	Фон 1+ Р**90 – фон2	19,33	3,68	23,5	2,7	16,2		
5	Фон 2+ «Агат-25К» – (о.п.)	19,87	4,22	27,0			0,54	2,79
6	Фон 2+ «Агат-25К» – (о.с.)	24,08	8,43	53,9			4,75	24,6
7	Фон 2+ «Байкал ЭМ-1» – (о.п.)	22,51	6,86	43,8			3,18	16,5
8	Фон 2+ «Байкал ЭМ-1» – (о.с.)	23,64	7,99	51,1			4,31	22,3
9	Фон 2+ «Полимиксобактерин» – о.п.)	22,22	6,57	42,0			2,89	15,0
10	Фон 2+ «Полимиксобактерин» – (о.с.)	23,34	7,69	49,1			4,01	20,7
	НРО5, мг/г	1,44...1,50						
	Sx, %	2,23...2,61						

Применение биопрепаратов усиливало влияние органо-минеральной системы удобрения (вар. 5–10), обеспечив прирост активности фотосинтеза относительно фона 2 на 2,79...16,5 % при обработке ими почвы и на 20,7...24,6 % при обработке семян соответственно. В целом обработка семян выявила высокую эффективность (на 5,79...21,8 %) по усилению активности фотосинтеза по сравнению с обработкой почвы. Наибольшую разницу прироста активности фотосинтеза в пользу обработки семян (+21,8 %) отметили при применении биопрепарата «Агат-25К», он оказался и самым эффективным среди исследуемых биопрепаратов по повышению активности фотосинтеза. Другие биопрепараты по эффективности несущественно уступали биопрепарату «Агат-25К» (около 2,3 % для «Байкала ЭМ-1» и 3,8 % для «Полимиксобактерина»).

5.5. Влияние микробиологических препаратов на урожай зеленой массы овса и редьки масличной

Результаты вегетационных исследований прямого действия удобрений и биопрепаратов на урожайность зеленой массы овса показали (табл. 5.8), что на контроле (без удобрений) этот показатель составлял 79,8 г/посуд. Применение органо-минеральной системы удобрения (фон 1) обеспечило увеличение урожайности зеленой массы овса на 87 % относительно контроля (без удобрений). Внесение по фону 1 фосфорно-минеральных удобрений в дозе Р₉₀ повышало урожай зеленой массы овса относительно фона 1 (+2,35 % при применении суперфосфата и +1,88 % при применении зернистых фосфоритов). Применение микробиологических препаратов обеспечивало прирост урожая зеленой массы овса относительно фона 2 на 6,91...16,8 % при обработке почвы и на 10,3...19,5 % при обработке семян соответственно. Итак, наметилась тенденция к наращиванию урожайности зеленой массы овса при применении обработки семян биопрепаратами над обработкой ими почвы.

Среди исследуемых биопрепаратов наиболее эффективным оказался «Полимиксобактерин» (обработка семян), который обеспечил прирост урожайности овса на зеленую массу относительно фона 2 на 19,5 %, тогда как «Агат-25К» был на 5,5 % менее эффективным по сравнению с ним. «Байкал ЭМ-1» имел на 9,2 % меньше эффективность по сравнению с «Полимиксобактерином».

Изучение последствий биопрепаратов и органо-минеральной системы удобрения на урожайность зеленой массы редьки масличной (табл. 5.9) показало, что урожайность зеленой массы редьки масличной на контроле (без удобрений) составляла 51,5 г/посуд. Применение фоновой системы удобрения (вар. 2 – фон I) обеспечило прирост урожайности к контролю (без удобрений) на 24,1 %. Последствие внесения фосфорно-минеральных удобрений в дозе Р₉₀ повышало урожайность на 8,14 % до фона и при применении зернистых фосфоритов. Последствие применения биопрепаратов на фоне органо-минеральной системы удобрения (вар. 5–10) обеспечило увеличение урожайности редьки масличной относительно фона 2 на 4,9...16,5 % при обработке семян и на 9,41...26,3 % при обработке почвы.

Таблица 5.8

Влияние микробиологических препаратов на урожай зеленой массы овса при органо-минеральной системе удобрения, среднее за 2006-2009 гг.

№ п/п	Вариант опыта	Урожайность	Прирост к контролю		Прирост к фону 1		Прирост к фону 2	
		г/пос.	г/пос.	%	г/пос.	%	г/пос.	%
1	Без удобрения (контроль)	79,8						
2	N120K120 + ФОУ (10 т/га) – фон 1	149,2	69,4	87,0				
3	Фон 1+ P*90	152,7	72,9	91,4	3,5	2,35		
4	Фон 1+ P**90 – фон2	152	72,2	90,5	2,8	1,88		
5	Фон 2+ «Агат-25К» – (о.п.)	170,6	90,8	114			18,6	12,2
6	Фон 2+ «Агат-25К» – (о.с.)	173,3	93,5	117			21,3	14,0
7	Фон 2+ «Байкал ЭМ-1» – (о.п.)	162,5	82,7	104			10,5	6,91
8	Фон 2+ «Байкал ЭМ-1» – (о.с.)	167,7	87,9	110			15,7	10,3
9	Фон 2+ «Полимиксобактерин» – (о.п.)	177,5	97,7	122			25,5	16,8
10	Фон 2+ «Полимиксобактерин» – (о.с.)	181,7	101,9	128			29,7	19,5
	НПО5, г/посуд.	5,24...9,64						
	Sx, %	1,21...1,94						

Таблица 5.9

Влияние микробиологических препаратов на урожайность зеленой массы редьки масличной при органо-минеральной системе удобрения, среднее за 2007-2009 гг.

№ п/п	Вариант опыта	Урожайность	Прирост к контролю		Прирост к фону 1		Прирост к фону 2	
		г/пос.	г/пос.	%	г/пос.	%	г/пос.	%
1	Без удобрения (контроль)	51,5						
2	N120K120 + ФОУ (10 т/га) – фон 1	63,9	12,4	24,1				
3	Фон 1+ P*90	64,3	12,8	24,9	0,4	0,63		
4	Фон 1+ P**90 – фон2	69,1	17,6	34,2	5,2	8,14		
5	Фон 2+ «Агат-25К» – (о.п.)	84,7	33,2	64,5			15,6	22,6
6	Фон 2+ «Агат-25К» – (о.с.)	74,2	22,7	44,1			5,1	7,4
7	Фон 2+ «Байкал ЭМ-1» – (о.п.)	75,6	24,1	46,8			6,5	9,41
8	Фон 2+ «Байкал ЭМ-1» – (о.с.)	72,5	21,0	40,8			3,4	4,9
9	Фон 2+ «Полимиксобактерин» – (о.п.)	87,3	35,8	69,5			18,2	26,3
10	Фон 2+ «Полимиксобактерин» – (о.с.)	80,5	29,0	56,3			11,4	16,5
	НПО5, г/посуд.	5,24...9,64						
	Sx, %	1,21...1,94						

Повышение урожайности при обработке семян биопрепаратами лучше проявилась при их прямом воздействии, тогда как обработка ими почвы обеспечивает лучшие показатели в последствии биопрепаратов. Так, эффективность последствия биопрепаратов, которые применяли для обработки почвы, превышает соответствующие показатели прироста урожайности на вариантах последствия обработки семян этими же биопрепаратами на 4,5...15,2 %. Высочайшую эффективность в последствии обеспечивает «Полимиксобактерин» при обработке почвы с приростом урожая к фону 2 на уровне +26,3 %, тогда как «Агат-25К» – в пределах 3,8 %, а «Байкал ЭМ-1» – на 16,9 %.

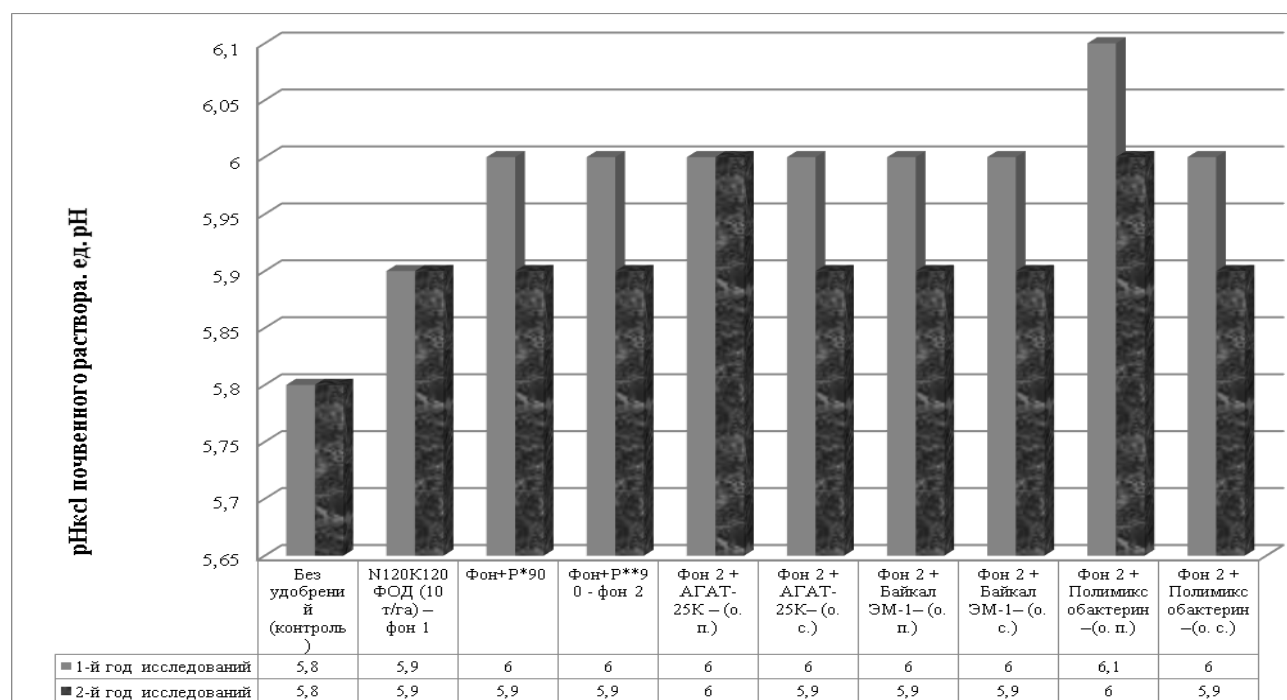
5.6. Влияние микробиологических препаратов на агрохимические показатели дерново-слабоподзолистой почвы

5.6.1. Влияние микробиологических препаратов на кислотность почвенного раствора.

Окислительно-восстановительные условия дерново-слабоподзолистой почвы без применения удобрений на конец 1-го года вегетационных исследований характеризовались близким к нейтральному значению pH_{KCl} (5,8 ед.) и уменьшением pH_{KCl} на 6,5 % относительно времени закладки опыта (рис. 5.2).

Внесенные удобрения положительно повлияли на окислительно-восстановительные условия, сдерживая подкисление почвы и обеспечив его подщелачивание относительно контроля (без удобрений) в пределах 1,72...5,17 %. Среди исследуемых вариантов наибольший эффект оптимизации окислительно-восстановительных условий обеспечила обработка почвы «Полимиксобактерином», что обусловлено микробиологическим составом биопрепарата, который позволяет мобилизовать малорастворимые фосфаты почвы и органических удобрений, которые и стабилизируют pH_{KCl} . При этом

обработка семян «Полимиксобактерином» существенно не отразилась на изменении показателя pH_{KCl} относительно фона. Аналогичные результаты дало и применение биопрепаратов «Агат-25К» и «Байкал ЭМ-1»: значение pH_{KCl} не отличалось от значений фона независимо от способа применения биопрепаратов.



1-й год исследований: НИР05 = 0,10 ед. $pH Sx = 2,84\%$

2-й год исследований: НИР05 = 0,10 ед. $pH Sx = 2,98\%$

Рис. 5.2. Влияние биопрепаратов за органо-минеральной системы удобрения на pH_{KCl} почвенного раствора дерново-слабоподзолистой почвы (среднее за 2007-2010 гг.)

К концу 2-го года исследований показатель pH_{KCl} на контроле (без удобрений) не изменился, такая же ситуация была и на варианте 2 (ФОУ (10 т/га) + $N_{120}K_{120}$ – фон 1). На варианте 5 (фон 2 + «Агат-25К», обработки почвы) показатель pH_{KCl} также не изменился относительно предыдущего года исследований, оставаясь на отметке 6,0 ед.

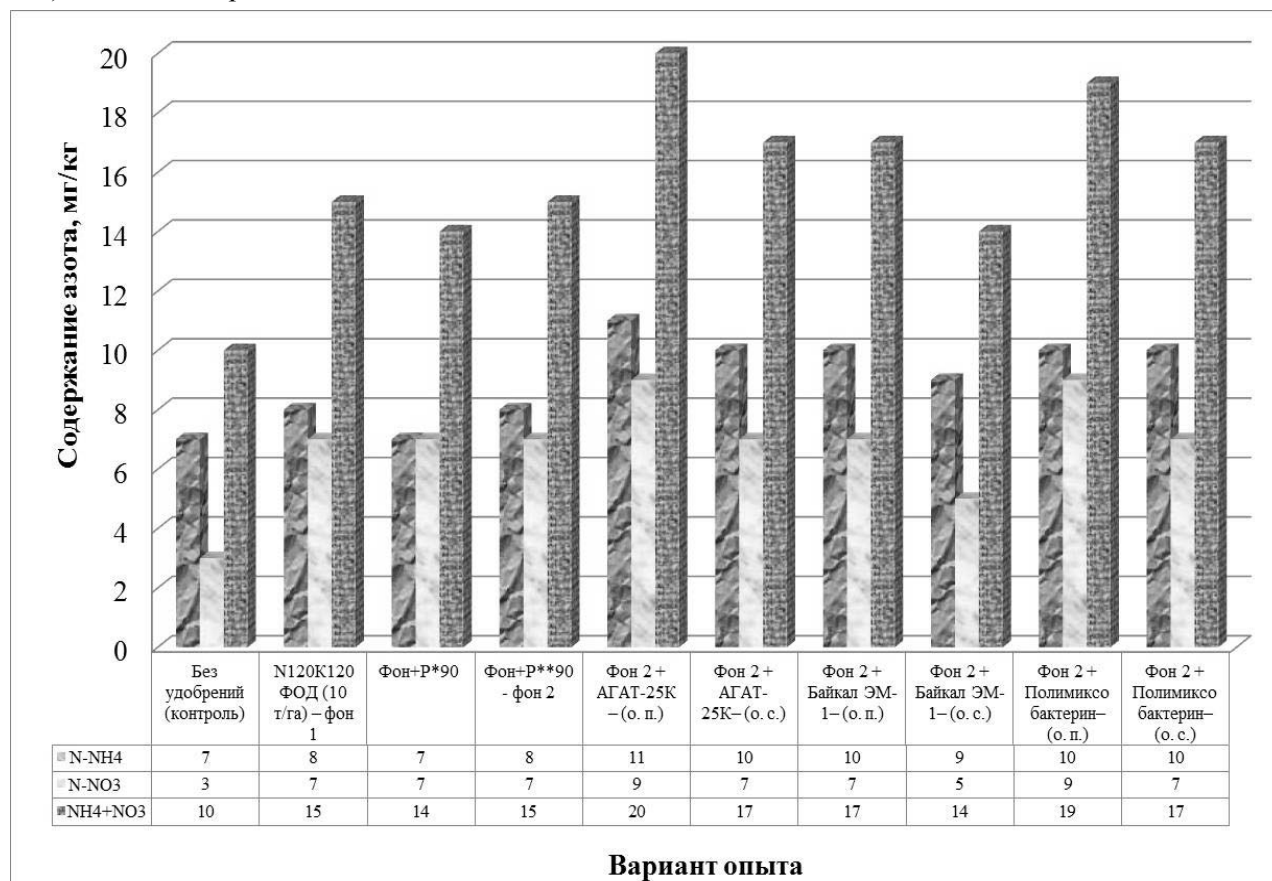
На других вариантах вегетационного опыта произошло уменьшение показателя pH_{KCl} относительно предыдущих значений на 0,1 ед., или 1,6 %. В целом максимальных значений pH_{KCl} (6,0 ед.) обеспечило последствие удобрений и биопрепаратов на варианте 5 (фон 2 + «Агат-25К», обработки почвы) и варианте 9 (фон 2 + «Полимиксобактерин», обработки почвы), что свидетельствует об их длительном эффекте последствия по нейтрализации почвенной кислотности и ее стабилизации. Обработка семян указанными биопрепаратами не обеспечила эффекта их последствия по нейтрализации почвенной кислотности.

5.6.2. Влияние микробиологических препаратов на содержание азота минеральных соединений в дерново-слабоподзолистой почве. Динамика содержания минеральных соединений азота (рис. 5.3) на вариантах вегетационного опыта на конец вегетации и прямого действия удобрений и биопрепаратов показала, что на контроле (без удобрений) их содержание составляло 10 мг/кг (доля $N-NH_4$ – 70 %, доля $N-NO_3$ – 30 %).

Применение удобрений увеличивало содержание азота минеральных соединений на 40...50 % к контролю (без удобрений). При этом применение зернистых фосфоритов оказалось на 10 % более эффективным, чем применение суперфосфата.

Использование микробиологических препаратов усиливало влияние органо-минеральной системы удобрения, обеспечивая прирост содержания минеральных форм азота к контролю (без удобрений) на уровне 40...100 %. Наименьшую агрохимическую эффективность отметили при применении биопрепарата «Байкал ЭМ-1», где показан прирост содержания минеральных форм азота на 70 % к контролю (без удобрений) при обработке почвы и на 40 % при обработке семян. При применении «Агат-25К» для обработки почвы прирост содержания минеральных форм азота в почве составил 100 % к контролю (без удобрений), тогда как обработка им семян в комплексе с органо-минеральной системой удобрения обеспечила повышение исследуемого показателя на 70 % к контролю (без удобрений). Обработка почвы «Полимиксобактерином» в комплексе с органо-минеральной системой удобрения

обеспечила прирост содержания минеральных форм азота в почве на 90 % к контролю (без удобрений), тогда как обработка семян – на 70 %.



N-NO₃: НИР₀₅ = 2,35 мг/кг; S_x = 4,55%

N-NH₄: НИР₀₅ = 0,90 мг/кг; S_x = 3,24%

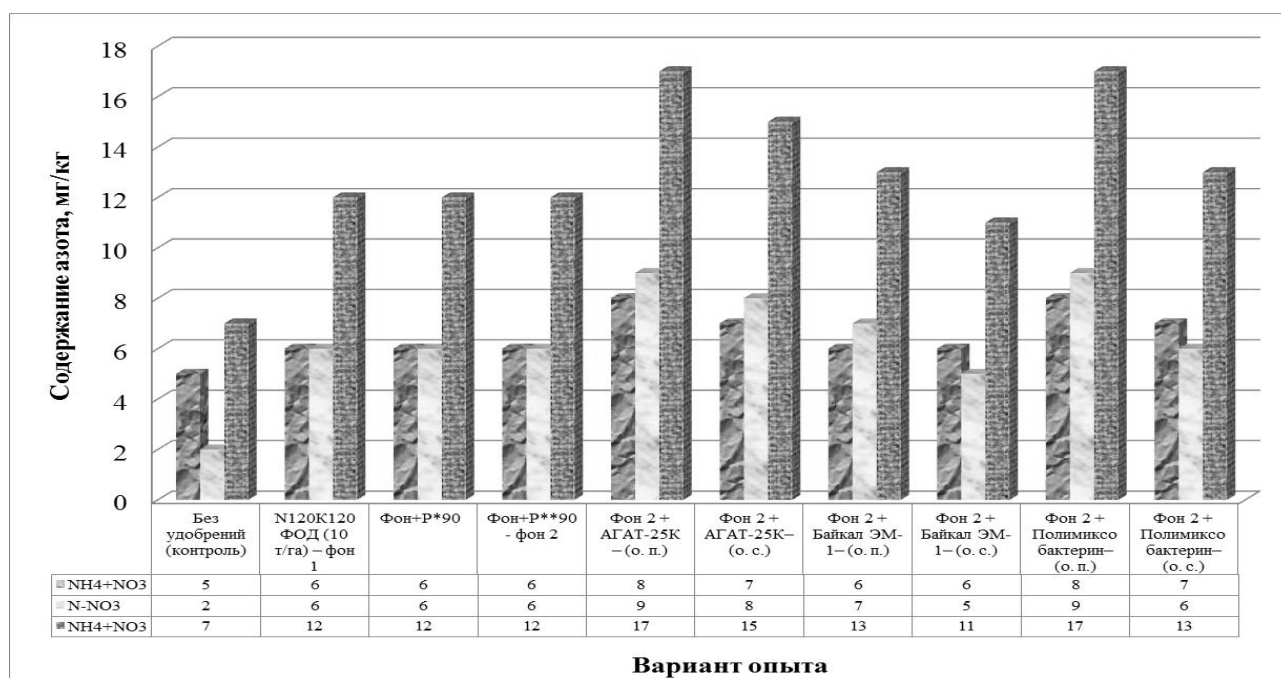
Рис. 5.3. Влияние биопрепаратов на содержание минеральных форм азота в дерново-слабоподзолистой почве при органо-минеральной системе удобрения, среднее за 2007-2009 гг.

Анализ удобрений и биопрепаратов на предмет соотношения аммонийной и нитратной форм азота показал, что органо-минеральная система удобрения в целом способствовала перегруппировке форм азота в направлении увеличения доли азота аммонийных соединений до 53 % и соответствующего уменьшения доли азота нитратных соединений до 47 %. Применение биопрепаратов усилило это влияние, в результате чего доля азота аммонийных соединений выросла до 55...64 % с уменьшением доли азота нитратных соединений до 45...36 %. В общем, обработка семян всеми биопрепаратами усиливала перегруппировки минеральных соединений азота в направлении роста доли аммонийного азота над долей нитратного азота.

Наиболее эффективным среди исследуемых биопрепаратов оказался «Байкал ЭМ-1». Увеличение доли аммонийных соединений азота свидетельствует о замедлении процессов нитрификации, что является достаточно благоприятным фактором для предупреждения непроизводительных потерь азота минеральных удобрений из почвы.

Исследование 1-го года последствий биопрепаратов в комплексе с органо-минеральной системой удобрения на содержание минеральных форм азота в дерново-слабоподзолистой почве показало, что на контроле (без удобрений) содержание минеральных форм азота составляло 7,0 мг/кг, что свидетельствует о его уменьшении на 30 % относительно показателя первого года исследований. При этом в составе минеральных форм азота произошло несущественное увеличение доли азота аммонийных соединений за счет уменьшения доли азота нитратных, что может свидетельствовать о тенденции к стабилизации азотного фонда почвы в будущем без применения удобрений (рис. 5.4).

На варианте 2 (N₁₂₀K₁₂₀ + ФОУ (10 т/га)) содержание азота минеральных соединений составляло 12 мг/кг (на 71 % больше контроля). Такие же показатели зафиксированы и на вариантах органо-минеральной системы удобрения с добавлением обеих форм фосфатных удобрений, где состав минеральных форм азота установился на уровне 50:50 азота аммонийных соединений к азоту нитратных соединений.



Вариант опыта
 N-NO₃: НИР₀₅ = 3,80 мг/кг; S_x = 3,95%
 N-NH₄: НИР₀₅ = 1,50 мг/кг; S_x = 3,48%

Рис. 5.4. Влияние биопрепаратов на содержание минеральных форм азота в дерново-слабоподзолистой почве на последствие органико-минеральной системы удобрения 1-го года, среднее за 2008-2010 гг.

Всего без применения биопрепаратов уменьшение содержания азота минеральных соединений на конец 1-го года последствия относительно прямого действия удобрений составило 14...20 %. Соответствующий рост доли азота нитратных соединений в составе общего минерального азота был несущественным (в пределах 4,2 %).

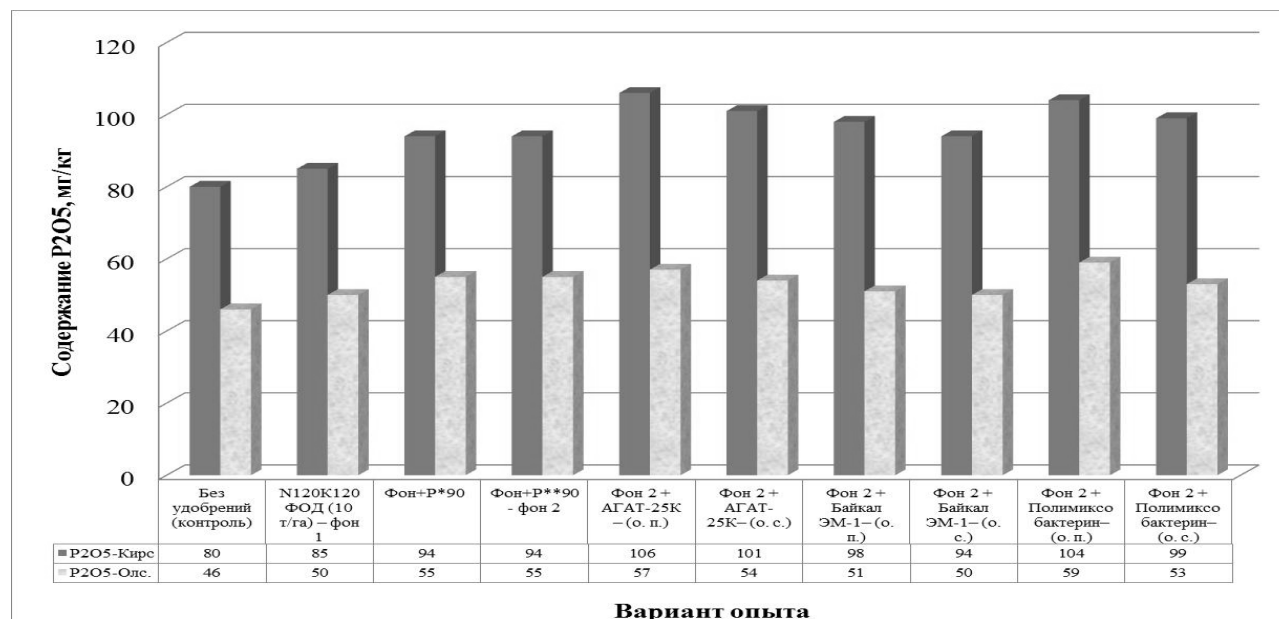
Последствие 1-го года применения микробиологических препаратов в комплексе с органико-минеральной системой удобрения оказалась до 2 раз эффективнее, чем применение только органико-минеральной системы удобрения, обеспечив рост содержания азота минеральных соединений к контролю на уровне 57...143 %. Наименее эффективным среди применяемых биопрепаратов был «Байкал ЭМ-1» при обработке семян, тогда как обработка им почвы позволила увеличить его эффективность на 28,6 %. Наиболее эффективным биопрепаратом был «Агат-25К», эффективность обработки почвы которым обеспечило прирост содержания азота минеральных соединений к контролю (без удобрений) на 143 %, тогда как обработка семян – на 114 % (на 28,6 % менее эффективна, чем обработка почвы).

Биопрепарат «Полимиксобактерин», что применялся для обработки почвы, по эффективности был аналогичным «Агату-25К», однако обработка им семян обеспечила прирост содержания азота минеральных соединений в почве только на 85,7 % к контролю (без удобрений), что на 28,6 % меньше по сравнению с применением «Агата-25К» для обработки семян.

В составе минеральных форм азота почвы на конец 1-го года последствия удобрений и биопрепаратов произошли изменения: уменьшилась доля азота аммонийных соединений с 5,0 % до 12,7 %, зато возросла доля азота нитратных соединений. В общем, если на конец прямого действия удобрений и биопрепаратов в составе азота минеральных соединений преобладали именно аммонийные формы, то на конец 1-го года последствия – нитратные формы азота (до 4,1 %), за исключением вариантов обработки семян «Полимиксобактерином» и «Байкалом ЭМ-1», где их доля была на уровне 46,2 %, что свидетельствует о спаде минерализации азотистых соединений именно на данных вариантах.

5.6.3. Влияние микробиологических препаратов на содержание фосфора подвижных соединений в дерново-слабоподзолистой почве. Оценка эффективности биопрепаратов в комплексе с органико-минеральной системой удобрения по регулированию содержания фосфора подвижных соединений в дерново-слабоподзолистой почве проводилась в вегетационных исследованиях. Содержание фосфора подвижных соединений почвы определялось параллельно по методикам Олсена и Кирсанова. Результаты исследований, полученные по методике Кирсанова, показали, что к концу 1-го года исследований на контроле (без удобрений) содержание P₂O₅Кирс. составил 80 мг/кг (уменьшился на 8,1 % относительно времени закладки опыта). На других вариантах его содержание колебалось в преде-

лах 85...106 мг/кг (на 6,3...32,5 % больше относительно контроля). Среди вариантов удобрения наименьший прирост содержания P_2O_5 Кирс. обеспечил вариант 2 ($N_{120}K_{120}$ + ФОУ (10 т/га)). Дополнительное внесение фосфатных удобрений в дозе P_{90} (варианты 3,4) обеспечило прирост содержания P_2O_5 Кирс. к контролю (без удобрений) на уровне 17,5 %, что на 11,2 % больше варианта фона 1 (рис. 5.5).



Метод Кирсанова: $НИР_{05} = 1,52$ мг/кг; $S_x = 3,75\%$

Метод Олсена: $НИР_{05} = 1,10$ мг/кг; $S_x = 3,86\%$

Рис. 5.5. Влияние биопрепаратов на содержание фосфора подвижных соединений в дерново-слабоподзолистой почве на прямое действие органо-минеральной системы удобрения, среднее за 2006-2009 гг.

Применение биопрепаратов в комплексе с органо-минеральной системой удобрения обеспечило прирост в почве содержания P_2O_5 Кирс. на 17,5... 2,5% к контролю (без удобрений). При этом обработка почвы биопрепаратами была на 5,0...6,2 % эффективнее по сравнению с обработкой семян.

Среди исследуемых биопрепаратов наибольший прирост содержания в почве P_2O_5 Кирс. (32,5 % к контролю) обеспечивало применение «Агат-25К» (обработки почвы), тогда как применение «Полимиксобактерина» увеличило исследуемый показатель лишь на 30,0 %, а «Байкала ЭМ-1» – на 22,5 % соответственно.

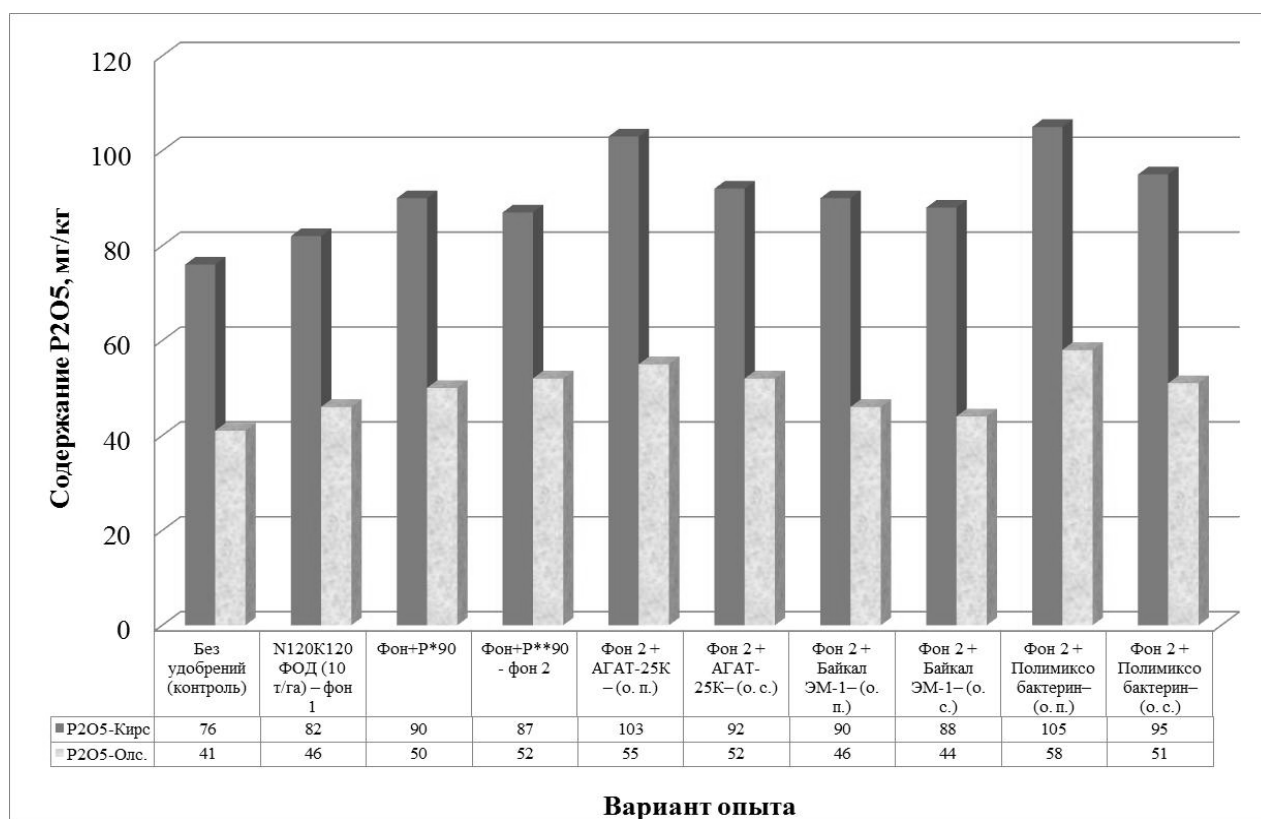
Исследование последствий 1-го года органо-минеральной системы удобрения в комплексе с биопрепаратами на содержание в дерново-слабоподзолистой почве P_2O_5 Кирс. показали, что на контроле (без удобрений) его содержание имело тенденцию к уменьшению на 5,0 % относительно предыдущего периода вегетации и стабилизировалось на уровне 76 мг/кг. На вариантах удобрения (вар. 2–4) этот показатель увеличился относительно контроля (без удобрений) на 7,9...18,4 %. Минимальный прирост обеспечил фон 1 (вар. 2 – $N_{120}K_{120}$ + ФОУ (10 т/га)). Добавление к фону 1 фосфатных удобрений в дозе P_{90} повышало эффективность регулирования фосфатного питательного режима дерново-слабоподзолистой почвы на 6,6...10,5 % (рис. 5.6).

Последствие применения биопрепаратов в комплексе с органо-минеральной системой удобрения позволяет повысить эффективность регулирования фосфатного режима от 1,3 до 23,7 %. Наименее эффективным является применение «Байкала ЭМ-1» для обработки семян, тогда как при обработке почвы увеличение содержания P_2O_5 Кирс. в почве незначительно (+3,95 % к фону 2).

Наиболее эффективно последствие применения «Полимиксобактерина» для обработки почвы, которое обеспечивает прирост содержания в почве P_2O_5 Кирс. на 38,1 % к контролю (+23,7 % к фону 2), тогда как обработка семян по эффективности меньше на 10,5 %. Высокие показатели прироста содержания P_2O_5 Кирс. в почве обеспечивает и последствие применения «Агата-25К» для обработки почвы (+35,5 % к контролю или +21,0 % к фону 2), тогда как обработка семян менее эффективна (на 14,5 %).

Результаты сравнения относительных показателей прироста содержания фосфора подвижных соединений в дерново-слабоподзолистой почве на конец года прямого действия удобрений и биопрепаратов показывают, что зафиксированное направление протекания процессов гидролиза фосфатных соединений почвы в целом совпадает для обеих методик, отличия заключаются в величине относительного прироста (рис. 5.7–5.8). Так, на конец года прямого действия удобрений и биопрепаратов

для большинства вариантов опыта относительный прирост содержания подвижных фосфатов к контролю (без удобрений), полученный по результатам методики Кирсанова, превышает соответствующие результаты методики Олсена в 1,06...2,07 раза, за исключением вариантов органо-минеральной системы удобрения (вар. 2, 3, 4 – без применения биопрепаратов), где результаты методики Олсена выше в 1,18...1,39 раза относительно результатов методики Кирсанова.



Метод Кирсанова: $\text{НИР}_{05} = 2,30 \text{ мг/кг}$; $S_x = 3,85 \%$
 Метод Олсена: $\text{НИР}_{05} = 1,90 \text{ мг/кг}$; $S_x = 4,06 \%$

Рис. 5.6. Влияние биопрепаратов на содержание фосфора подвижных соединений в дерново-слабоподзолистой почве за последствие органо-минеральной системы удобрения, среднее за 2006-2009 гг.

К концу 1-го года последствие удобрений и биопрепаратов направление протекания процессов гидролиза фосфатных соединений почвы, зафиксированное обеими методиками, совпадает, но отмечаются более существенные различия между результатами обеих методик.

Результаты прироста содержания фосфора подвижных соединений, полученные по методике Олсена на вариантах применения биопрепаратов, превышают соответствующие результаты, полученные по методике Кирсанова, в 1,03...2,16 раза (за исключением вариантов 6 (фон 2 + «Агат-25К», обработки семян) и 9 (фон 2 + «Полимиксобактерин», обработки почвы). При этом на вариантах применения органо-минеральной системы удобрения (вар. 2, 3, 4 – без применения биопрепаратов), наоборот, показатели относительного прироста содержания подвижных фосфатов к контролю (без удобрений), полученные по методике Кирсанова, превышают соответствующие результаты, полученные по методике Олсена в 1,19...1,85 раза.

Такие различия между результатами показателей прироста, полученные по разным методикам, свидетельствуют о неодинаковой природе фосфатов, которые переходят в раствор под влиянием различных экстрагентов. Различия между приростом содержания подвижных фосфатов на вариантах применения органо-минеральной системы удобрения в комплексе с биопрепаратами являются свидетельством того, что применение биопрепаратов выступает существенным регулятором биохимических процессов высвобождения фосфора органических удобрений и почвы для растений.

5.6.4. Влияние микробиологических препаратов на содержание калия подвижного в дерново-слабоподзолистой почве. Результаты вегетационных исследований влияния органо-минеральной системы удобрения и биопрепаратов на содержание калия подвижного в дерново-слабоподзолистых почвах показали, что к концу 1-го года исследований на контроле (без удобрений) содержание K_2O уменьшилось на 26,5 % до момента закладки опыта.

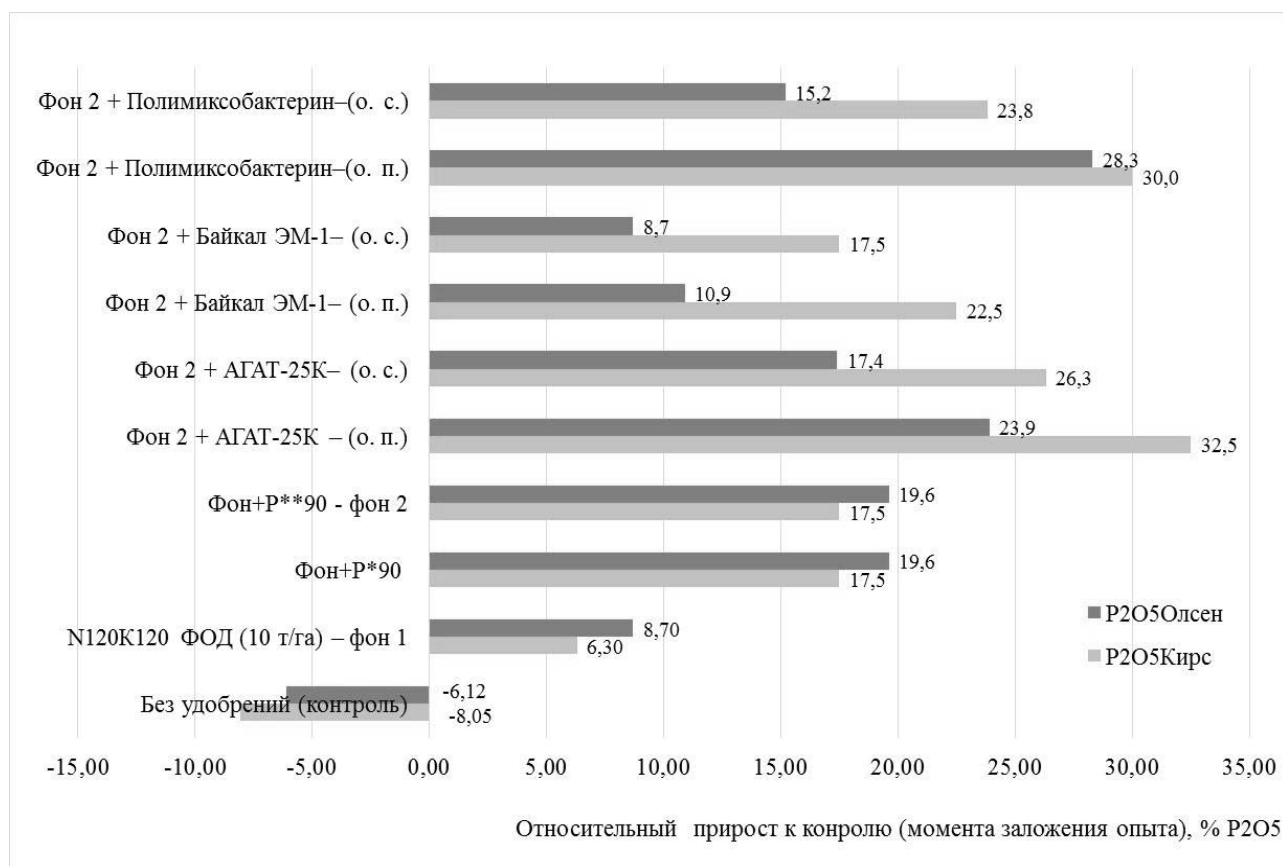


Рис. 5.7. Сравнение относительных показателей прироста содержания фосфора подвижных соединений в почве, полученных по методикам Кирсанова и Олсена в вегетационном опыте по прямому действию удобрений и биопрепаратов, среднее за 2006-2008 гг.

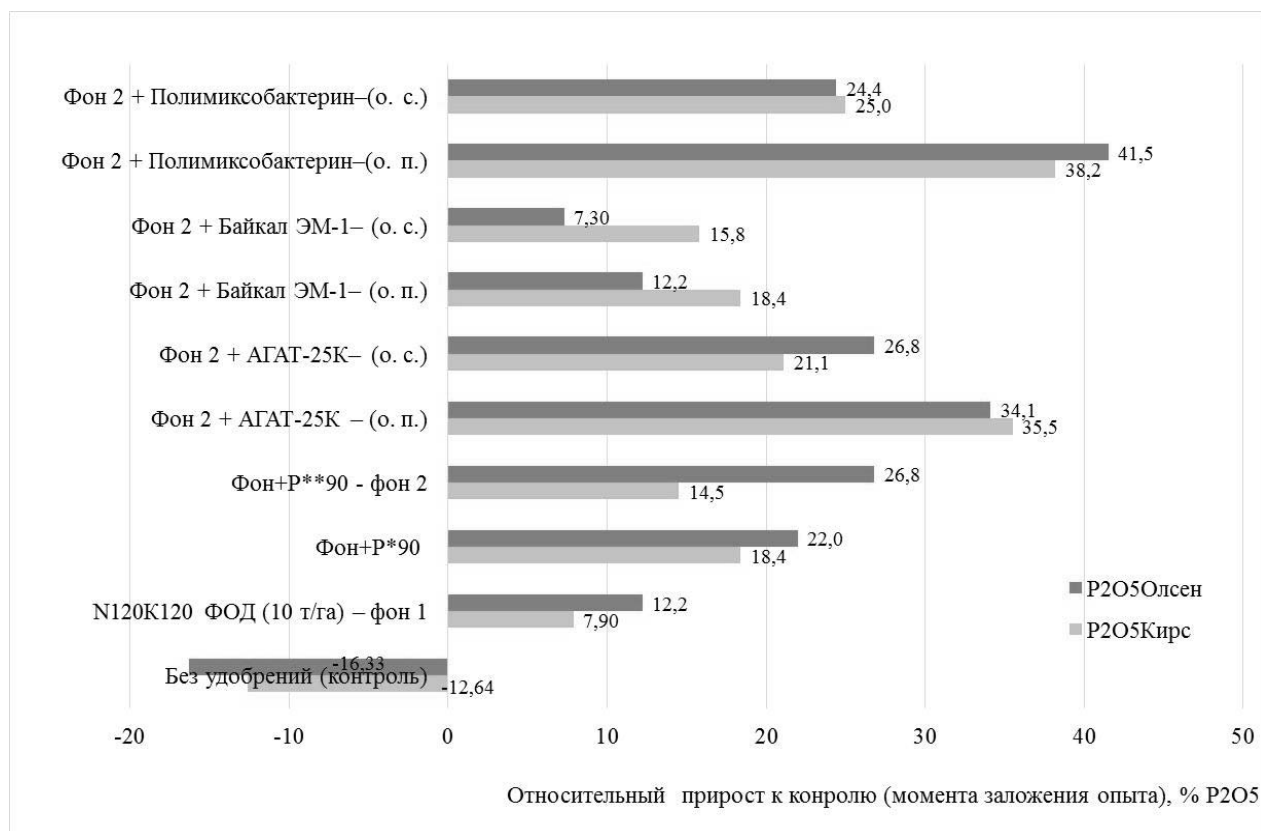
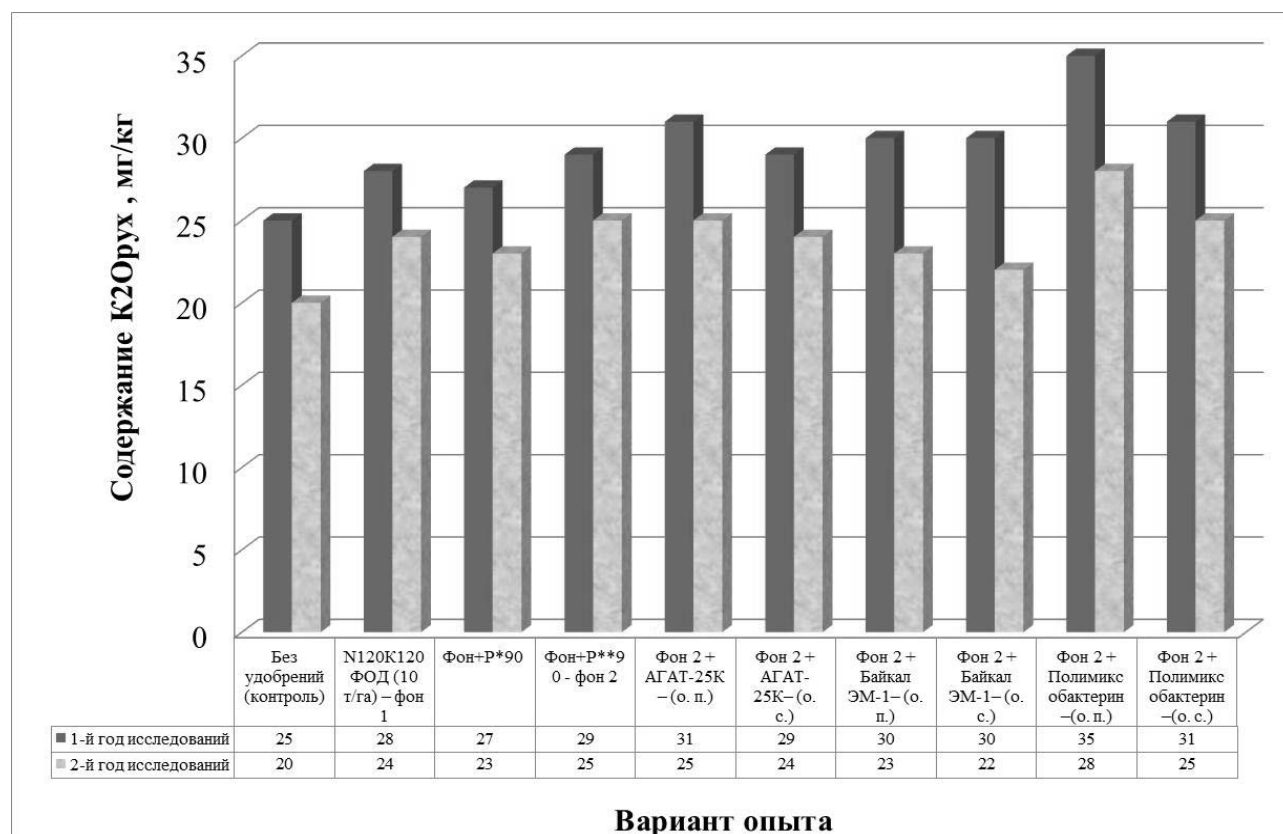


Рис. 5.8. Сравнение относительных показателей прироста содержания фосфора подвижных соединений в почве, полученных по методикам Кирсанова и Олсена в вегетационном опыте по последствию удобрений и биопрепаратов, среднее за 2007-2009 гг.

На вариантах (вар. 3–4) содержание K_2O превышало контроль (без удобрений) на 8,0...16,0 %. При этом вариант фона ($N_{120}K_{120}$ + ФОУ (10 т/га)) обеспечил прирост K_2O к контролю (без удобрений) на уровне 12,0 %. Варианты применения различных форм фосфатного минерального удобрения существенно отличались по эффективности влияния на содержание K_2O в дерново-слабоподзолистой почве (зернистые фосфориты оказались на 8,0 % более эффективными по сравнению с суперфосфатом), обеспечив максимальный прирост содержания K_2O в почве (+16,0 % к контролю) (рис. 5.9).

Исследование влияния биопрепаратов на эффективность системы удобрения по регулированию содержания K_2O в дерново-слабоподзолистой почве показало прирост к контролю (без удобрений) на уровне 16,0...40,0 %. При этом для биопрепарата «Байкал ЭМ-1» эффективность обработки почвы и семян не отличались, тогда как для «Агата-25К» обработка почвы превысила соответствующую обработку семян на 8,0 %, а для «Полимиксобактерина» – на 16,0 % соответственно.



Прямое действие удобрений и биопрепаратов: $НИР_{05} = 2,20$ мг/кг; $S_x = 3,85$ %
 Последствие удобрений и биопрепаратов: $НИР_{05} = 1,82$ мг/кг; $S_x = 5,04$ %

Рис. 5.9. Влияние органо-минеральной системы удобрения и биопрепаратов на содержание калия подвижного в дерново-слабоподзолистой почве (2006–2009 гг.)

Использование Полимиксобактерина по повышению содержания K_2O в почве (обработки почвы), обеспечило прирост содержания K_2O в почве на 40,0% к контролю, тогда как АГАТ-25К был менее эффективным на 16,4%, а Байкал ЭМ1 – на 20,2 % в соответствии.

К концу второго года исследований (1-й год последствия удобрений и биопрепаратов) на контроле (без удобрений) содержание K_2O в почве уменьшилось на 41,2 % относительно закладки опыта (20,0 % относительно значения на конец 1-го года исследований). На фоне 1 содержание K_2O было на 20,0 % выше контроля. Результаты исследований показали, что фосфатные удобрения не всегда увеличивали содержание подвижного K_2O в почве. Так, добавление P_{90} в виде суперфосфата к фону 1 обеспечило на 4,2 % меньше прирост содержания K_2O (или +15,3 % к контролю), чем фоновый вариант (ФОУ (10 т/га) + $N_{120}K_{120}$), а добавление P_{90} в виде зернистых фосфоритов к фоновой системе удобрения обеспечило на 25,4 % больше прирост содержания подвижного K_2O в почве по сравнению с фоном 1. Следовательно, эффективность зернистых фосфоритов в регулировании калийного режима питания на конец 1-го года последствия органо-минеральной системы удобрения на основе ФОУ на 10 % эффективнее по сравнению с суперфосфатом.

Последствие биопрепаратов в комплексе с органо-минеральной системе удобрения (вар. 5–10) по-разному повлияло на прирост содержания в почве подвижного K_2O относительно фона 2 (фон

1 + P**90). Так, применение «Полимиксобактерина» для обработки почвы обеспечивало прирост содержания в почве подвижного K_2O на 12% относительно фона 2, тогда как применение этого же биопрепарата для обработки семян не имело эффекта. Отсутствие эффекта увеличения содержания подвижного K_2O в почве относительно фона 2 обеспечило и применение «Агата-25К» для обработки почвы, тогда как обработка семян этим же биопрепаратом, наоборот, несколько уменьшала содержание подвижного K_2O относительно фона 2. Применение биопрепарата «Байкал ЭМ-1» способствовало уменьшению содержания подвижного K_2O в почве относительно фона 2 от 8,0 % (при обработке почвы) до 12,0 % (при обработке семян).

Итак, для оптимизации калийного режима дерново-слабоподзолистой почвы наиболее эффективно применение органо-минеральной системы удобрения на основе ФОРУ с фосфатными удобрениями в форме зернистых фосфоритов, которое обеспечивает прирост содержания подвижного K_2O на 16,0 % к контролю в прямом действии удобрений и на 25,0 % к контролю в последствии. С целью повышения эффективности указанной системы удобрения по регулированию калийного режима дерново-слабоподзолистых почв на 20,7 % в прямом действии удобрений и на 12,0 % в последствии целесообразно ее сочетание с обработкой почвы биопрепаратом «Полимиксобактерин».

Литература

1. Афанасьев Р. А., Мерзлая Г. Е. Краткая характеристика нетрадиционных органических и органо-минеральных удобрений // Методические рекомендации по изучению эффективности нетрадиционных органических и органо-минеральных удобрений – М.: Агроконсалт, 2000. – С. 17–20.
2. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве / Н. М. Городний, И. А. Мельник, М. Ф. Повхан [и др.] // Достижения науки и техники. – 1992. – № 4. – С. 13–15.
3. Игонин А. М. Переработка навоза и другой органики с помощью дождевых червей // Земледелие. – 1989. – № 12. – С. 52–54.
4. Калашник П. И., Андрияш Р. А., Чорный Д. А. Агрохимическая оценка фосфоритной муки // Химизация сельского хозяйства. – 1990. – № 7 – С. 54–55.
5. Бацула А. А., Абрамов С. П., Чернов И. А. Влияние сапротеля на урожайность сельскохозяйственных культур и элементы плодородия дерново-подзолистой почвы в условиях Полесья Украины // Агрохимия и почвоведение. – 1989. – № 52. – С. 14-16.
6. Вплив *Pseudomonas putida* 17 на накоплення фітогормонів у вермикомпості / М. В. Гаценко [та ін.] // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2011. – Вип. 13 – С. 82–91.
7. Вчені Львівського національного аграрного університету виробництву : каталог інноваційних розробок / за заг. ред. В. В. Снітинського, В. І. Лопушняка. – Вип. 12. – Львів : Львів. нац. аграр. ун-т, 2012. – 101 с.
8. Рекомендації з ефективного застосування мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / С. І. Мельник, В. А. Жилкін, М. М. Гаврилюк [та ін.]. – Київ : Мінагрополітики УААН, 2007. – 52 с.
9. Гнидюк В. С. Вплив органічного добрива Біопрoferм на екологічні, біологічні і агрохімічні властивості ґрунтів та продуктивність пшениці озимої // Збалансоване природокористування. Екологічна безпека. – 2012. – № 2. – С. 98–103.
10. Волкогон В. В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві // Сільськогосподарська мікробіологія : міжвід. темат. зб. – Чернівці, 2005. – Вип. 1–2. – С. 6–29.
11. Мерзлая Г., Степанов А., Дмитриева В. Приготовление компостов и вермикомпостов из осадков сточных вод // Биоконверсия органических отходов и охрана окружающей среды : тез. докл. IV конгресса. – Киев, 1996. – С. 42–43.
12. Статистичний щорічник України : стат. збірник. – Київ: Держстат України, 2013. – 758 с.
13. Биорегуляция микробно-растительных систем : монография / Г. А. Иутинская, С. П. Пономаренко, Е. И. Андреюк [и др.] ; под ред. Г. А. Иутинской, С. П. Пономаренко. – Київ: Ничлава, 2010. – 464 с.

Глава 6. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ РЕЖИМОВ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ

6.1. Формирование температурного режима почв и его экологическая оценка

Среди почвенных режимов при оценке уровня эффективного плодородия почв важное место занимает температурный. Среди других он один из наименее регулируемых. Практически происходит преимущественно опосредованное регулирование температуры почвы в результате проведения гидротехнических мелиораций, оструктурирования почв и т. п., поэтому он менее изучен. Особенно это относится к почвам зон лесостепи, степи, южной тайги, которые имеют относительно большие тепловые ресурсы. Большинство работ по изучению температурного режима почв относится к регионам более северным [1, 2, 3, 4]. Это преимущественно работы, посвященные северной и центральной тайге. Изучению температурного режима почв в зоне Украинского Полесья посвящены лишь одиночные труды.

Температурный режим почвы не только определяет общую скорость выветривания горных пород и почвообразовательного процесса, но и влияет на биологическую и биохимическую активность почв, темпы минерализации органических остатков и накопление гумуса. Температура – важный элемент климата почв, влияющий на формирование питательного и окислительно-восстановительного режимов, скорость процессов преобразования ряда микро- и макроэлементов.

Несмотря на важную роль температуры как почвообразовательного фактора, ее влияние на формирование почв изучено недостаточно. Регион Полесья имеет самые низкие тепловые ресурсы в Украине, а торфяные почвы, характеризующиеся неблагоприятными тепловыми свойствами и составляющие значительную часть сельскохозяйственных угодий, относят к холодным почвам. Сельскохозяйственное освоение дерново-подзолистых и других почв в зоне Полесья в большей мере меняет температурный режим, чем освоение почв в других зонах. Особенно значительные изменения испытывает температура осушаемых почв. Более детально представлено формирование температурного режима торфяных почв в работах В. В. Калинина, А. Т. Кардашова, А. П. Семка, П. К. Кузьмича, С. Т. Вознюка [5, 6, 7, 8].

Особенностям формирования температурного режима дерново-подзолистых почв и влияния на него агротехнических и мелиоративных приемов посвящено меньшее количество работ, тут можно вспомнить труды М. И. Афанасьева и С. И. Веремеенко [9, 10]. Активное регулирование теплового режима почв за счет дополнительных источников тепла начало изучаться лишь в последней четверти прошлого столетия [10].

Вместе с тем следует отметить, что температурный режим в средних и высоких широтах есть один из главных факторов, которые определяют биологическую продуктивность земель. Длительность вегетационного периода, суммы активных температур и абсолютные величины температуры почвы определяют набор выращиваемых сельскохозяйственных культур и сортов, условия минерального питания растений, скорость их роста и развития, вероятность созревания урожая, что отмечается в работах М. И. Афанасьева, В. Г. Дадыкина, А. И. Коровина и других [9, 11, 12].

Несмотря на то, что величина тепловых ресурсов зависит от прихода солнечной энергии, то есть от широты местности, на формирование температурного режима почв влияет ряд дополнительных факторов, которые определяют специфику и особенности его формирования.

В. Н. Димо и Н. Н. Розов, рассматривая термический фактор прежде всего в омографическом аспекте как критерий классификации почв, все же отмечают влияние растительного покрова, деятельности человека и других аспектов на формирование температурного режима почв [13, 14]. Это влияние может быть довольно значительным, особенно при освоении почв таежной зоны. Вместе с этим сельскохозяйственные культуры по-разному влияют на формирование температурного режима почв. Поэтому наряду с географическим при формировании и оценке температурного режима почв важно учитывать влияние других факторов.

Регион Украинского Полесья характеризуется самыми низкими тепловыми ресурсами по сравнению с другими зонами. Но эти ресурсы согласно классификации почвенного климата В. Н. Димо относят почвы данного региона к почвам с теплообеспеченностью выше средней с умеренно теплой зимой. По классификации температурного режима почвы Полесья относятся к сезонно промерзающим умеренно теплого подтипа.

Вместе с тем, анализируя температурный режим разных типов почв, можно отметить, что одни и те же типы почв, в зависимости от способа их использования имеют разную теплообеспеченность, поэтому важно оценить их температурный режим на основании существующих классификаций. В еще большей степени отличаются почвы разного состава и генезиса. Дадим оценку температурного

режима исследуемых почв на основании предложенной нами классификационной схемы [15], построенной с учетом экологических принципов. По типу температурного режима все почвы региона относятся к сезонно промерзающим с периодом отрицательных температур почвы меньше 5 месяцев. Вместе с тем в пределах данного типа почвы заметно отличаются по глубине промерзания от 100 см для дерново-подзолистых до 10 см для болотных (табл. 6.1). Наиболее холодные – болотные почвы.

Таблица 6.1

Характеристика почв Западного Полесья по основным показателям температурного режима (многолетние данные)

Почвы	Среднегодовая температура, °С	Сумма температур выше 10 °С на глубине 0,2 м	Коэффициент нагревания Димо	Индекс прогреваемости почвы	Глубина промерзания, см
Торфяно-болотные неосушенные	7,0	< 2000	0,80	0,30	10-20
Торфяные осушенные	7,7	2292	0,94	0,37	10-30
Торфяные структурные	7,8	2427	0,95	0,37	15-30
Дерново-подзолистые глинисто-песчаные осушенные	8,2	2516	1,03	0,56	50-100
Дерново-подзолистые с подогревом	12,4	4158	1,71	0,71	0-10

В зависимости от характера растительности, степени обводнения они характеризуются очень слабой или слабой теплообеспеченностью и суммой температур выше 10 °С меньше 2000°. Почвы слабо прогреваются, поэтому коэффициент нагревания по Димо невысокий для данного региона. Индекс прогреваемости почвы (по Веремеенко) очень низкий, что свидетельствует о непригодности термических условий для роста теплолюбивых растений. Осушение заметно улучшает температурный режим почв. Так, осушаемые торфяные почвы имеют более высокую теплообеспеченность и, что важно, заметно повышается степень прогревания почв, но они остаются прохладными, поскольку индекс прогреваемости почвы меньше 0,50.

Дерново-подзолистые осушаемые почвы отличаются значительно меньшей термобуферностью, глубже промерзают зимой и лучше прогреваются летом. По теплообеспеченности они относятся к среднеобеспеченным почвам, а в отдельных случаях могут быть хорошо обеспечены. На них можно выращивать без ограничений большинство сельскохозяйственных культур, включая районированные сорта теплолюбивых культур. Для выращивания более требовательных культур и растений, которые требуют сумм температур почвы выше 3000...3500° необходимо осуществлять дополнительные мероприятия, включая обогрев с использованием дополнительных источников тепла. Это дает возможность поднять среднегодовую температуру почвы выше 10 °С, а сумму температур – выше 4000°. Особенно резко растет сумма активных и эффективных температур (табл. 6.1). Коэффициент нагревания по Димо достигает 1,7. При круглогодичном обогреве почвы практически не промерзают, и лишь в верхнем 0...10 см слое отмечаются кратковременно отрицательные температуры.

Оценка теплообеспеченности основных почв зоны Украинского Полесья приведена в таблице 6.2. Самыми низкими тепловыми ресурсами характеризуются болотные почвы. Без осушения тепловые ресурсы болот недостаточны для выращивания большинства сельскохозяйственных культур. Переувлажненные минеральные и осушаемые торфяные почвы также отличаются недостаточными тепловыми ресурсами и требуют дополнительных приемов при выращивании требовательных культур.

Таблица 6.2

Характеристика температурного режима почв Западного Полесья

Почвы	Теплообеспеченность, °С	Приемы по регулированию температурного режима
Торфяные и минеральные болота	Очень слабая, слабая 2000-1200° и ниже	Осушение, глубокое рыхление
Дерновые глеевые переувлажненные	Ниже средней	Осушение, глубокое рыхление
Дерново-подзолистые, оглеенные переувлажненные, торфяные осушаемые	2400–2000°	Структурные мелиорации торфов
Дерново-подзолистые глинисто-песчаные, супесчаные осушаемые	Средняя 3000–2400°	Мульчирование, гребневание
Дерново-подзолистые песчаные, боровы террас, песчаных бугров, дюн	Хорошая 3500–3000°	Повышение термобуферности, структурные мелиорации, увлажнение
Почвы с обогревом	Достаточная, повышенная 3500–5000°	Дополнительное увлажнение

Дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава, осушаемые и богара имеют среднюю и хорошую теплообеспеченность. Суммы активных температур составляют 2400...3500°. Повышение температур для данных почв необходимо только в отдельных случаях при выращивании наиболее требовательных культур и сортов. Данные почвы в большей мере нуждаются в повышении термобуферности для снижения суточных и годовых амплитуд температур.

Применение такого сложного приема, как обогрев, дает возможность повышать теплообеспеченность в необходимых пределах. На почвах, которые обогреваются, температурный фактор не лимитирует рост и развитие сельскохозяйственных культур.

6.2. Формирование водного режима и его оценка

Вода – один из основных факторов, которые определяют интенсивность почвенных процессов и уровень эффективного плодородия. Исследованию водного режима почв посвящены работы А. Н. Костякова, А. А. Роде, А. И. Ивицкого, С. А. Вериги, Л. О. Разумовой, Б. С. Маслова и других [16, 17, 18, 19, 20], а изучению и регулированию водного режима торфяных и минеральных почв Украинского Полесья – работы С. М. Перехреста, А. М. Янголя, Г. И. Сапса и других [21, 22, 23].

Накоплен богатый материал по формированию водного режима в зависимости от метеорологических, гидрологических факторов. В литературных источниках довольно глубоко проработаны вопросы влияния норм осушения на урожайность сельскохозяйственных культур. Рекомендуется ряд приемов по регулированию водного режима гидроморфных и осушаемых почв.

Вместе с тем необходимо отметить, что при значительном количестве трудов большинство из них имеет узкую направленность, цель которых – решение чисто прикладных вопросов. Отсутствуют работы обобщающего плана, по глобальным изменениям, которые происходят при формировании водного режима почв зоны Украинского Полесья под влиянием широкомасштабных мелиораций, интенсивного сельскохозяйственного использования и климатических изменений. Слабо изучены и экологические проблемы, связанные с изменениями в процессе освоения и мелиорации земель. Важно оценить изменения, которые происходят при сельскохозяйственном освоении гидроморфных почв, и определить экологические подходы к оценке водного режима этих почв относительно требований сельскохозяйственных культур. Специфика почвенно-геологического строения Украинского Полесья предполагает дифференцированный подход к изучению водного режима почв разного генезиса, состава и использования. Почвенный покров зоны Полесья относится к четвертой и пятой категориям сложности, то есть это регион с очень сложным покровом. Высокая неоднородность почв требует учитывать особенности их водного режима при выборе мелиоративных, агротехнических и других приемов с целью их рационального и эффективного сельскохозяйственного использования.

Уровень влажности почвы, его изменчивость есть один из основных показателей обеспеченности сельскохозяйственных растений водой. Многолетние исследования показывают, что режим влажности как дерново-подзолистых, так и других почв зоны Полесья имеет общие закономерности. Динамика влажности характеризуется, как правило, следующим: максимальная увлажненность почвенного профиля на уровне ПВ–НВ характерна для зимне-весеннего периода, а самая низкая влажность отмечается в июле-августе. В зависимости от гранулометрического состава и интенсивности осушения влажность 0...30 см слоя летом может опускаться до уровня 0,5 НВ–ВЗ и ниже, что характерно для дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава.

Интенсивность увлажнения почвенного профиля земель, которые используются в качестве сельскохозяйственных угодий, зависит от гидрологических и гидротермических условий года, интенсивности осушения, а также от состава почв.

Анализ эпюр влажности дерново-подзолистых почв, построенных по многолетним данным, свидетельствует о том, что почвы легкого гранулометрического состава характеризуются нестойким водным режимом. Влажность почвы при глубоком залегании грунтовых вод уже в начале вегетации опускается до уровня наименьшей влагоемкости (НВ) и к середине мая колеблется в пределах 0,8–0,6 НВ. В конце июня-июля влажность 0...50 см слоя почвы снижается до влажности разрыва капилляров (ВРК), и растения переходят на использование труднодоступных форм влаги. В этот период при глубоком залегании грунтовых вод (более 1,5...2,0 м) практически отсутствует питание корневым местимого слоя почвы за счет капиллярного поднятия влаги. На глубине 40...80 см формируется горизонт влажностью ниже ВРК, то есть на протяжении двух и более месяцев в этих почвах формируется «мертвый горизонт», характерный для почв с непромывным типом водного режима. Этому способствуют определенные генетические особенности дерново-подзолистых почв, которые сформировались на флювиогляциальных отложениях легкого состава и на глубине 40...50 см часто представлены рыхлыми песками.

Верхняя часть пахотного слоя почвы во второй половине лета также пересыхает до ВРК, а когда поверхность почвы после уборки урожая открыта, то и до влажности завядания (ВЗ). Повышение влажности почвы наблюдается во второй половине сентября при снижении температуры воздуха и с началом осенних осадков. В осенне-зимний период происходит накопление влаги за счет осадков, поднятия уровня грунтовых вод и криогенного накопления влаги в процессе замерзания почвы. В этот период влажность почвы колеблется в пределах НВ–ПВ. Такие почвы не бывают длительно переувлажнены.

Дерново-подзолистые легкие почвы гидроморфного ряда, которые находятся в зоне влияния осушительных систем, и осушаемые почвы характеризуются схожими закономерностями формирования водного режима, как и песчаные автоморфные дерново-подзолистые почвы. Анализ наблюдений за формированием водного режима дерново-подзолистых связнопесчаных почв на протяжении длительного периода показывает, что в условиях отсутствия двухстороннего регулирования на осушаемых системах происходит глубокое срабатывание влагозапасов почвы за вегетационный период. Максимальная влажность почвы наблюдается на момент полного размерзания почвы и достигает полной влагоемкости. Хотя часто в результате оттепелей зимой почва бывает увлажненной на начало марта до уровня НВ и ниже. В последние годы по уровню влажности физическая спелость почвы наступает иногда в январе-феврале, что дает возможность их обрабатывать, как это отмечалось, например, в 1990...1991 гг.

Насыщение исследуемых почв влагой происходит за счет таяния снега и подъема грунтовых вод. Начиная с конца марта происходит постепенное снижение влажности почвы. Но до середины июля влажность метрового слоя почвы находится в пределах НВ–0,8НВ, что является практически оптимальным для большинства сельскохозяйственных культур. Лишь во второй половине лета влажность почвы снижается до уровня 0,8НВ–ВРК и ниже. Этот период длится от одного до двух месяцев. Формируется на глубине 50...80 см и слой почвы с влажностью на уровне ВРК–ВВ.

Для осушаемых дерново-подзолистых глеевых почв, как и для неосушаемых, во второй половине вегетации существует период с низкой влажностью, что приводит иногда к потерям урожая, а также затрудняет выращивание пожнивных культур.

Сравнивая динамику влажности более тяжелых супесчаных почв, которые сформировались на моренных отложениях с зарегулированным водным режимом, можно отметить определенные отличия. Почвы, насыщаясь в зимний период до ПВ, находятся кратковременно в переувлажненном состоянии. Избыточная влага отводится из почвы, и на протяжении большей части вегетации влажность почвы находится в пределах НВ–0,6НВ. Лишь периодически влажность верхней части грунтового профиля снижается до уровня ВРК–ВЗ.

Гидротермические условия года влияют в некоторой степени на динамику влажности почвы. Оценим, как меняется влажность почвы за вегетационный период в сухой, средний и влажный годы на примере дерново-подзолистой глеевой связнопесчаной осушаемой почвы. Низкая гидробуферность песчаных почв способствует ухудшению влагообеспеченности сельскохозяйственных культур при осушении таких почв. В условиях сухого вегетационного периода (обеспеченность по осадкам 85 %) в 1983 г. почва в августе исчерпала запасы продуктивной влаги практически для всего 0...100 см слоя. Осадки в первую очередь увеличивают влажность пахотного слоя почвы, улучшая обеспеченность растений доступной влагой. Но даже в среднем по влагообеспеченности 1984 г. (55 %) на протяжении двух декад влажность верхнего слоя была в пределах ВРК–ВЗ.

В условиях влажного вегетационного периода 1988 г. на протяжении всей вегетации влажность 0...50 см слоя почвы колебалась в пределах 0,8НВ–ВРК, что близко к оптимуму для водопотребления сельскохозяйственных культур. Влажность пахотного слоя почвы не опускалась ниже 12 весовых процентов, что довольно высокий показатель для данных почв. В то же время, даже при количестве осадков в 210 мм за июнь, что составляет около 40 % среднегодовой нормы, не наблюдалось длительного переувлажнения почвы. Насыщенность почвы до НВ–ПВ отмечена лишь на глубине 60...80 см, что было следствием подъема уровня грунтовых вод и не отобразилось негативно на росте и развитии сельскохозяйственных культур.

Таким образом, можно сделать вывод, что особенности увлажнения конкретного года в определенной степени влияют на уровень и динамику влажности дерново-подзолистых почв. В условиях сухого и нормального по увлажнению вегетационного периода при максимальных весенних влагозапасах к началу августа влажность почвы снижается до уровня ВРК–ВЗ. И только во влажные годы на протяжении всей вегетации влажность почвы близка к оптимальным значениям. Отсутствие осадков на протяжении одной декады в теплый период года приводит к резкому снижению влажности почвы, особенно в периоды, когда отсутствует растительный покров. Избыточное количество осадков не

приводит к длительному переувлажнению дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава и развитию анаэробных процессов.

Более высокой влагообеспеченностью характеризуются дерновые почвы, которые имеют более тяжелый гранулометрический состав, и торфяно-болотные почвы. Как свидетельствуют исследования, проведенные Л. С. Кельчевской, С. А. Вериги, Л. О. Разумовой, почвы, которые сформировались на суглинках разной степени оглеения и близком залегании грунтовых вод, характеризуются довольно высоким уровнем увлажнения на уровне ПВ–НВ с недлительным снижением влажности части пахотного слоя до ВРК [24, 19].

Исследования, проведенные в условиях Западного Полесья Украины на дерново-карбонатных легкосуглинистых почвах, свидетельствуют о том, что даже в условиях интенсивного осушения при одностороннем действии осушительных систем влажность корнеместимого слоя почвы на протяжении вегетации колеблется в пределах НВ–0,5НВ. И только в 0...30 см слое почвы влажность может снижаться до 0,5–0,3НВ. В таких почвах, как правило, не наблюдается переувлажнения на протяжении вегетационного периода. Водный режим таких почв более стойкий, чем песчаных почв, и на них не отмечено длительного падения влажности ниже ВРК в слое 0...50 см.

Органогенные торфяные почвы генетически сформировались при протекании болотного почвообразовательного процесса в условиях избыточного увлажнения. В сельскохозяйственное использование такие почвы вводятся после осушения, поэтому водный режим торфяных почв зависит в значительной степени от особенностей и интенсивности осушения. Исследованию водного режима торфяных почв посвящено значительное количество трудов, среди которых можно отметить работы А. Н. Костякова, А. И. Ивицкого, Б. С. Маслова [16, 18, 20] и других. Большинство работ посвящено разработке вопросов норм осушения и способов регулирования водного режима.

Оценивая особенности водного режима торфяных почв с точки зрения требований сельскохозяйственных культур, можно сделать вывод: торфяные почвы характеризуются значительными запасами продуктивной влаги, которые значительно выше, чем в минеральных почвах. Наблюдения, проведенные нами, а также другими исследователями, показывают, что на протяжении весеннего периода влажность почвы составляет 90 % ПВ и выше. Большую часть вегетационного периода влажность верхнего 0...50 см слоя поддерживается на уровне 70...75 % ПВ, что близко к оптимальным значениям. И только кратковременно пахотный слой пересыхает до ВРК, что негативно не отображается на водопотреблении растений. Нижняя часть почвенного профиля большую часть года находится в переувлажненном состоянии на уровне 90 % ПВ и выше, что обеспечивает дополнительное питание влагой верхнего слоя почвы. На протяжении вегетационного периода после больших ливней такие почвы периодически переувлажняются, особенно при медленном отводе избыточной влаги дренажной системой.

Водный режим, безусловно, не только один из определяющих морфогенетических факторов почвообразовательного процесса, но и один из наиболее важных условий роста и развития растений. Сельскохозяйственное освоение и интенсивное использование земель предполагает изменения в формировании водного режима почв с целью улучшения условий развития растений. Целью регулирования водного режима в сельскохозяйственных целях стало поддержание оптимального уровня влажности почвы в корнеобитаемом слое. После регулирования в отдельных случаях существенно отличается водный режим освоенных почв от их целинных аналогов.

Зона Украинского Полесья относится к наиболее влажным регионам Украины. Вместе с тем анализ климатических условий показывает, что коэффициент увлажнения за вегетационный период колеблется от 1,4 до 0,4. А в многолетнем разрезе как за вегетацию, так и за год наблюдается превышение испаряемости над осадками, что свидетельствует о некотором дефиците влаги в регионе.

Еще С. М. Перехрест отмечал, что Полесье Украины по условиям увлажнения и влагообеспеченности сельскохозяйственных культур нельзя считать зоной избыточного увлажнения [21]. В последние годы, в связи с нарастанием процессов глобального потепления, усиливается аридизация территории, что сопровождается ухудшением влагообеспечения сельскохозяйственных культур в летний период [25].

Влагообеспеченность же растений на почвах разного состава и расположения в условиях Полесья может колебаться очень сильно – от переувлажнения до резко засушливых условий, на что отмечала Романова Е.Н. [26,27]. При этом исследования показывают, что даже в более северных районах, чем Украинское Полесье в пахотном слое почвы за период вегетации полностью расходуются запасы влаги до ВРК и ниже. Снижение влажности почвы в слое 0...30 см до уровня ВРК и даже ВЗ в дерново-подзолистых и торфяных почвах наблюдается в условиях Полесья Украины, по нашим данным, почти ежегодно.

Учитывая отсутствие работ, в которых анализировалась бы влагообеспеченность сельскохозяйственных культур на разных по составу и генезису почвах, нами был проведен такой анализ для региона Западного Полесья Украины на основании классификации водного режима, которая была разработана нами [15].

Водный режим почв региона относится к промывному и периодически промывному типам. На уровне подтипа по степени увлажнения грунтового профиля в почвах формируется водный режим от полного промачивания с длительным периодом влажности на уровне ПВ до слабого промачивания, когда максимальная влажность почвы не превышает НВ, что характерно для автоморфных супесчаных почв. В верхнем 0...50 см слое почвы, который обеспечивает растения водой, влажность почвы может колебаться на протяжении года от ПВ для большей части года, что характерно для болотных почв, до ВЗ от нескольких дней до трех-четырех декад.

Более детально опишем, какие виды водного режима характерны для разных типов почв зоны Полесья (табл. 6.3).

Таблица 6.3

Характеристика водного режима основных типов почв Полесья Украины

Вид водного режима	Длительность переувлажнения или переосушения, дни		УГВ, м	Типы почв	Приемы улучшения водного режима
	ПВ–НВ	ВРК–ВЗ			
Постоянно переувлажненный	150-200 и больше	-	0	Торфяные и минеральные болотные обводненные почвы	Осушение, глубокое рыхление
Долговременно переувлажненный	90-150 За вегетацию до 60	-	0-0,5	Торфяно-болотные, муловато-болотные неосушенные луговые и дерновые глеевые суглинистые	Осушение, глубокое рыхление
Длительно переувлажненный	до 60 За вегетацию до 30	-	0-0,5	Дерновые глеевые суглинистые, дерново-подзолистые глеевые суглинистые на морене и мергелях	
Кратковременно избыточно увлажненный	до 30 За вегетацию эпизодически 3-5 дней после ливней	-	0-0,7	Дерновые глеевые и дерново-подзолистые глеевые легкосуглинистые и супесчаные на морене и мергелях неосушенные и осушенные в блюде подобных снижении, луговые суглинистые, торфяно-болотные осушаемые	Глубокое рыхление, структурные мелиорации торфов. Во влажные годы агротехнические мероприятия
Стойкий	до 10	эпизодически ВРК	0,4-1,0	Дерновые и дерново-подзолистые глееватые супесчаные, дерновые и дерново-карбонатные легкосуглинистые осушаемые. Осушенные торфяные почвы	
Умеренно-изменчивый	Периодически весной	ВРК 10-15	0,5-1,5	Дерновые и дерново-подзолистые супесчаные и легкосуглинистые на песках осушаемые и глинисто-песчаные в зоне действия осушительных систем	Поддержание УГВ летом Снежные мелиорации зимой. Структурные мелиорации песчаных почв
Контрастный	До НВ весной	ВРК 15-30	1,0-2,5	Дерново-подзолистые песчаные и глинисто-песчаные автоморфные, сформированные на борových террасах, водоразделах, плато, подстилаемые рыхлыми песками Дерново-подзолистые супесчаные на песках, осушаемые на системах одностороннего действия	Дополнительное увлажнение, регулирование УГВ на уровне 0,8-1,2 м структурные мелиорации песчаных почв
Резко изменчивый	До НВ весной периодически	ВРК >30 ВЗ до 10	1,0-2,5 и больше	Дерново-слабоподзолистые глинисто-песчаные и песчаные, сформированные на песчаных буграх, дюнах и песчаные почвы на повышениях на осушаемых системах одностороннего действия	Дополнительное увлажнение. Поддержание УГВ на уровне 0,7–1,0 м, структурные мелиорации песчаных почв. Снежные мелиорации зимой

Водный режим с постоянным переувлажнением на уровне ПВ до 300 дней формируется в обводненных болотах с незначительным колебанием УГВ, уровень которого редко опускается ниже дневной поверхности почвы. К избыточно переувлажненным почвам, которые относятся к долговременно- и длительно переувлажненным видам водного режима с разной длительностью переувлажнения на уровне ПВ, относятся преимущественно болотные и гидроморфные почвы тяжелого гранулометрического состава. Почвы имеют неудовлетворительный водный режим, поэтому их используют преимущественно как кормовые угодья. При введении их в состав пахотных земель требуется проведение осушения и других приемов (табл. 6.3).

Для освоения пахотных земель, как правило, нужен характерный периодически-промывной тип водного режима. Для полугидроморфных почв суглинистых и супесчаных неосушаемых, которые подстилаются мергелями и суглинками, а также для умеренно осушенных торфяных и глеевых почв характерен кратковременно избыточно увлажненный вид водного режима. Этому виду свойственно ежегодное повышение влажности почвы до ПВ весной и кратковременное летом после ливней.

Стойкий вид водного режима характерен для почв более легкого гранулометрического состава, легкосуглинистых и супесчаных осушаемых почв, когда УГВ не опускается ниже 1,2 м, а также нормально осушаемых торфяников.

Умеренно изменчивый вид водного режима формируется на супесчаных и глинисто-песчаных дерново-подзолистых почвах, которые расположены в зоне влияния осушаемых систем при снижении УГВ летом до 1,5 м, а также на интенсивно осушаемых легкосуглинистых почвах, которые подстилаются песками.

Для легких почв характерен нестойкий водный режим с ежегодным снижением влажности 0...50 см слоя до уровня ВРК и даже ВЗ. Так, контрастный вид водного режима формируется в песчаных дерново-подзолистых и бурых почвах борových террас, повышенных плато и водоразделов, а также супесчаных почвах, которые размещены на осушаемых системах одностороннего действия со снижением УГВ до 1,5...2,0 м.

Резко изменчивый водный режим наблюдается в песчаных почвах, на верхушках песчаных дюн, бугров из УГВ на протяжении лета 2,0 м и ниже.

Таким образом, анализ существующих материалов и наши исследования показали, что Полесье Украины нельзя однозначно относить к регионам достаточного или избыточного увлажнения. Для разных почв водный режим может колебаться от избыточно переувлажненного до недостаточно увлажненного. Влажность верхнего активного слоя почвы на протяжении года может меняться от ПВ до ВРК и ВЗ. При этом влагообеспеченность растений колеблется от резко избыточной в болотных оглеенных почвах тяжелого гранулометрического состава до недостаточной в легких песчаных и переосушенных почвах. Формирование водного режима зависит от состава, генезиса и гидрологических условий почв. При оценке водного режима и обосновании необходимости применения агротехнических приемов или гидротехнических мелиораций по регулированию водного режима необходимо учитывать вышеотмеченные факторы как основные.

6.3. Экологические принципы оценки и классификации температурного режима почв

Температурный режим – один из наиболее важных экологических факторов, которые обуславливают как особенности протекания почвенных процессов, так и условия роста и развития растений. Тепловые режимы, длительность периодов с физиологически активными температурами в значительной степени определяют видовой состав и продуктивность растительности в природных и культурных ценозах. Поэтому термическому фактору, его оценке всегда уделялось внимание, особенно в регионах с ограниченными тепловыми ресурсами. Вместе с тем этот фактор считается одним из наименее регулируемых в сравнении с другими почвенными режимами. Очевидно, это одна из причин того, что в существующих классификационных разработках господствуют географические и климатические принципы. Это касается и критериев, которые используются в классификационных построениях. Основными критериями, примененными в разработках В. М. Димо и других, были длительность и глубина промерзания почвы, среднегодовая температура на глубине 0,2 м, суммы температур почвы на данной глубине и некоторые другие показатели. Большинство из них были направлены на то, чтобы дать энергетическую характеристику условий почвообразования, и лишь отображают отдельные аспекты развития растительности. Одним из таких показателей стал коэффициент прогреваемости почв по Димо, но все же в значительной мере он имеет географическую сущность. По нему сложно оценить экологические условия роста и развития растений на почвах разного генезиса, состава и, особенно, изменения, которые происходят при сельскохозяйственном освоении почв, локальные особенности формирования теплового режима.

Многолетние исследования температурного режима почв показали, что на формирование температурного режима, кроме природных нерегулируемых, влияет и ряд антропогенных факторов. В пределах одного региона формирование температурного режима зависит от состава, условий увлажнения, характера растительности. Особенно значительные изменения происходят в процессе сельскохозяйственного освоения. Уничтожение природной растительности, обработка почвы, влияние мелиоративных приемов приводят к изменениям в амплитуде суточных, годовых температур, нарастают абсолютные температуры почвы в летнее время и глубина их проникновения, увеличивается глубина промерзания почвы, суммы активных и эффективных температур. Анализ экспериментальных материалов показал, что данные изменения можно объективно характеризовать величиной соотношения периода в днях с температурами почвы выше 15 °С (эффективными) к периоду с температурами почвы выше 5 °С. Данный показатель, предложенный нами [15], отображает особенности и изменения одного из элементов климата почвы, которые характеризуют экологические условия развития растений.

Доказано, что в зависимости от особенностей генезиса, состава и использования почв предложенный показатель, названный индексом нагреваемости почвы ($I_{пр}$), может колебаться от 0,3 до 0,6 и выше. Причем изменение $I_{пр}$ мало зависит от погодных особенностей конкретного года и определяется названными факторами, поэтому в зависимости от величины $I_{пр}$ почвы разделены на пять групп:

- $I_{пр} < 0,3$ – почвы очень слабо прогреваются
- 0,3...0,4 – почвы слабо прогреваются
- 0,4...0,5 – почвы умеренно прогреваются
- 0,5...0,6 – почвы хорошо прогреваются
- $> 0,6$ – почвы сильно прогреваются

Оценка температурного режима показывает, что почвы, которые относятся к холодным, согласно производственному делению характеризуются показателем $I_{пр}$ ниже 0,5, теплые – имеют значение индекса нагреваемости выше 0,5.

Исходя из современных экологических представлений и базируясь на собственных и существующих критериях, мы предложили схему оценки температурного режима почв относительно зоны Украинского Полесья (рис. 6.1). Данная схема, опираясь на существующие классификации, пригодна, на наш взгляд, для оценки температурного режима почв как умеренной, так и субтропической зон. Схема предполагает выделение следующих таксономических единиц: тип, подтип и род температурного режима.

Т и п температурного режима выделяется на основании общепринятых положений и разработок В. Н. Димо. Критериями служат глубина промерзания почвы и длительность морозного периода с температурами почвы ниже нуля градусов. Для региона Украинского Полесья все почвы относятся к сезонно промерзающим с длительностью морозного периода до пяти месяцев и глубиной промерзания меньше 1 м.

По д т и п температурного режима выделяется в пределах типа. Разделение на подтипы проводится на основании среднегодовой температуры почвы на глубине 0,2 м по индексу нагреваемости почвы ($I_{пр}$). В типе длительно сезонно промерзающих почв выделяют один подтип холодных почв (рис. 6.1). В типе сезонно промерзающих почв выделяют почвы с прохладным и умеренно теплым подтипами температурного режима. В типе непромерзающих почв выделяют теплый и жаркий подтипы температурного режима. Как показывают исследования, почвы Полесья характеризуются прохладным и умеренно теплым подтипами температурного режима. И только при активном регулировании температуры почвы их можно отнести к типу непромерзающих почв с теплым подтипом.

Р о д температурного режима выделяется в пределах подтипа на основании величины суммы активных температур на глубине 0,2 м и дает возможность оценить теплообеспеченность растений на протяжении вегетации на конкретных почвах. В каждом подтипе выделяется по два рода температурного режима. В пределах холодного подтипа выделяют почвы с очень низкой и низкой теплообеспеченностью и суммами температур меньше 800° и 800...1200° соответственно. В прохладном подтипе выделяются почвы со слишком слабой и слабой теплообеспеченностью. Суммы температур колеблются от 1200° до 2400°. В умеренно теплом подтипе выделяют роды со средней (сумма 2400...3000°) и доброй теплообеспеченностью (3000...3500°). В теплом подтипе выделяют почвы с достаточной и повышенной теплообеспеченностью, и в жарком подтипе – с высокой и очень высокой теплообеспеченностью и суммами температур от 4500° до 5000° и выше 5000°.

Нашими исследованиями выявлено, что в пределах Украинского Полесья теплообеспеченность почв в зависимости от генезиса, состава и использования колеблется от слишком слабой с суммами

температур ниже 2000° для торфяно-болотных неосушаемых до достаточной и даже повышенной для дерново-подзолистых почв с активным подогревом. Таким образом, теплообеспеченность почв колеблется от низкой до оптимальной для большинства требовательных сельскохозяйственных культур. Значительная часть почв, включая гидроморфные торфяно-болотные, глеевые и большинство полугидроморфных почв отличаются невысокими тепловыми ресурсами и нуждаются в дополнительном улучшении температурного режима, особенно при выращивании требовательных сельскохозяйственных культур. Автоморфные дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава характеризуются довольно высокими тепловыми ресурсами, достаточными для выращивания большинства культур. Для данных почв достаточно лишь некоторое повышение их термобуферности.

Температурный и водный режимы тесно связаны один с другим и обуславливают в значительной степени показатели тепло- и влагообеспеченности почвы, поэтому ученые пытаются увязать эти режимы через комплексные показатели и критерии, которые объединяют их, отображая формирование гидротермического режима почвы. Как пример можно назвать гидротермический коэффициент, предложенный В. Н. Димо, который представляет соотношение осадков за период с температурами почвы выше 10°C к сумме активных температур.

Вместе с тем при существующих критериях оценки гидротермического режима отсутствуют системы их классификации, поэтому мы сделали попытку объединения температурного и водного режимов в единое классификационное построение и проведена типизация гидротермического режима. Объединив водный и температурный режимы, выделяем 5 типов гидротермического режима (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Классификация гидротермического режима почв

Оптимальным считается гидротермический режим с теплообеспеченностью почв от средней до достаточной из суммой активных температур от 2400° до 4000°C при колебании влажности в пределах $\text{НВ}-0,6\text{ПВ}$. То есть сбалансированность по температуре и влажности обеспечивает оптимальный гидротермический режим. Разбалансированность по одному из показателей приводит к ухудшению в целом гидротермического режима как в правом, так и в левом крыле. Причем как дефицит, так и избыток по каждому показателю ухудшает общее состояние соответственно положениям закона минимума, оптимума и максимума. В левом крыле неудовлетворительный гидротермический режим обу-

словлен низкими тепловыми ресурсами при значительном избытке влаги. Удовлетворительный гидротермический режим обеспечивает развитие наиболее холодостойких малотребовательных к теплу культур при незначительном избытке влаги. В данных условиях можно выращивать без ограничений культуры, стойкие к кратковременному затоплению и переувлажнению, такие как многолетние луговые травы, некоторые зерновые культуры.

Правое крыло представленной схемы характеризует гидротермический режим почвы с избытком тепла и недостатком влаги. Неудовлетворительный режим обусловлен значительным дефицитом влаги с полным истощением продуктивных запасов продуктивной влаги во второй половине вегетации на фоне высоких абсолютных температур и суммы активных температур выше 5000 °С.

Удовлетворительный гидротермический режим формируется в условиях повышенной теплообеспеченности и нестойкого водного режима, что характеризуется определенным дефицитом влаги. При этом растения используют до конца вегетации легкодоступные формы влаги и переходят на использование труднодоступных форм влаги. В таких условиях лучше выращивать теплолюбивые засухоустойчивые культуры, так как влаголюбивые культуры снижают при этом продуктивность.

Предложенная типизация гидротермического режима, построенная на экологических принципах, дает возможность оценить условия роста и развития сельскохозяйственных культур по двум основным факторам: температуре и влажности.

6.4. Экологические принципы оценки и классификации водного режима почв

Оценка водного режима, его соответствие требованиям выращиваемых культур имеют важное практическое и научное значение. Критерием такой оценки служат классификации водного режима почв. Впервые типизацию водного режима почв осуществил Г. Н. Высоцкий, который выделил три типа водного режима. Эта классификация была дополнена и расширена в работах А. А. Роде и в данное время является общепризнанной.

В основу этих классификаций положены следующие признаки: наличие вечной мерзлоты, характер, направление и глубина перемещения влаги в грунтовой толще, источники и степень увлажнения почвы [28]. Имея важное научное значение, классификация Высоцкого – Роде и другие подобные им могут служить теоретическим обоснованием применения гидротехнических мелиораций, но они не дают возможности оценить влагообеспеченность растений на разных почвах, то есть экологически они малоинформативны. Вместе с тем известно, что влагообеспеченность растений в значительной степени обуславливается свойствами почв и динамикой уровня грунтовых вод, что отмечают С. В. Зонн, Л. С. Кельчевская [29, 24]. В последней четверти прошлого столетия были попытки разработать классификации водного режима почв с определенными экологическими элементами [30, 31]. Но, к сожалению, большинство разработок касается природных ценозов [31] или лесных биогеоценозов [30, 27]. К сожалению, известные классификации водного режима разработаны для почв целинных, а изменения, которые происходят в формировании водного режима при освоении почв, в них не учитываются.

В разработанной нами классификации, построенной на экологических принципах, заложена возможность оценки влагообеспеченности растений как на протяжении года, так и вегетационного периода с учетом особенностей генезиса, состава и способа использования почв.

Оценка водного режима осуществляется согласно положениям закона «оптимума» и проводится в соответствии с требованиями главной группы сельскохозяйственных культур. Классификационная система предполагает выделение следующих таксономических единиц: тип, подтип, род, вид. На уровне высшей таксономической единицы – типа – группировка почв осуществляется с использованием подходов, разработанных Г. Н. Высоцким и А. А. Роде.

Т и п водного режима выделяется по условиям увлажнения почвенного профиля и оценивается коэффициентом увлажнения ($K_{ув}$). Выделяют мерзлотный, промывной, периодически промывной, непромывной режимы и т. д. Для условий Украинского Полесья можно выделить три типа водного режима: промывной, периодически промывной и непромывной.

П о д т и п выделяется в зависимости от интенсивности увлажнения и степени снижения влажности почвенного профиля на протяжении года. В пределах рассматриваемых типов для почв Полесья выделяем следующие подтипы: полного промачивания с колебанием влажности от ПВ до 0,8 ПВ или НВ, умеренного промачивания с влажностью от ПВ до 0,65 ПВ и слабого промачивания с влажностью в почвенном профиле на протяжении года от 0,8 ПВ до ВЗ.

Р о д ы выделяются в пределах подтипа в зависимости от степени и длительности увлажнения верхнего корнеместимого (0...50 см) слоя почвы и интенсивности снижения влажности летом. В пределах подтипа с полным промачиванием почвенного профиля выделяют один род избыточно переувлажненных почв с влажностью почвы на уровне ПВ от 60 до 300 дней и больше и снижением

влажности до 0,8 ПВ летом. Для периодически промывного типа с умеренным промачиванием почвенного профиля выделяют два рода: временно избыточно увлажненные почвы, с колебанием влажности почвы от ПВ до 30 дней на протяжении года преимущественно в холодный период и снижением до 0,6 ПВ в летом, и достаточно увлажненные почвы с максимальным увлажнением верхнего 0...50 см слоя почвы до 0,8 ПВ весной и периодическим кратковременным снижением влажности почвы летом до ВРК.

В пределах непромывного типа со слабым промачиванием выделяют один род недостаточно увлажненных почв с колебанием влажности от 0,8 ПВ весной до влажности завядания летом.

В и ды водного режима выделяются в зависимости от длительности переувлажнения и динамики влажности корнеместимого (0...50 см) слоя почвы на протяжении активной вегетации растений. В пределах рода избыточно переувлажненных почв выделяют вид постоянно переувлажненных почв с влажностью верхнего слоя на уровне ПВ от 90 до 300 дней за год и дольше. Почвы с длительным переувлажнением с влажностью на уровне ПВ от 60 до 90 дней и грунты с кратковременным переувлажнением на уровне ПВ до 60 дней за год, но не менее 30 дней.

В пределах рода с временно избыточно увлажненными почвами выделяют почвы со стойким водным режимом с влажностью от ПВ ежегодно весной до 0,7 ПВ летом. Влажность почвы на уровне ПВ поддерживается меньше 30 дней и преимущественно до начала вегетации растений.

Другой вид водного режима называется периодическим, для которого характерно кратковременное увлажнение 0...50 см слоя почвы в отдельные годы до ПВ весной и снижение влажности на протяжении вегетации до 0,6 ПВ. В роду достаточно увлажненных почв выделяют один вид с умеренно изменчивым водным режимом. Для этих почв характерно увлажнение до 0,8 ПВ в начале вегетации и снижение влажности периодически до ВРК на протяжении 1...2 декад во второй половине вегетационного периода. Для рода водного режима недостаточного увлажнения выделяют два вида водного режима: контрастный с влажностью почвы от 0,8 ПВ весной до ВРК во вторую половину вегетации на протяжении 30 дней и дольше и резко изменчивый водный режим с колебанием влажности почвы от 0,8 ПВ до влажности завядания летом.

Анализ формирования водного режима разных почв Украинского Полесья свидетельствует о том, что в зоне достаточного увлажнения, которым является данный регион, есть почвы как избыточного увлажнения с длительностью переувлажнения от постоянного до кратковременного, так и почвы недостаточно увлажненные с контрастным и резко изменчивым водным режимом. Переувлажненными являются болотные неосушенные почвы, нормально увлажненными – почвы полугидроморфные и гидроморфные осушаемые с двусторонним регулированием водного режима и супесчаные и суглинистые почвы; недостаточно увлажненными с выраженным дефицитом влаги на протяжении вегетационного периода – почвы легкого гранулометрического состава, сформированные на водоразделах, переосушенные дерново-подзолистые почвы, подстилаемые рыхлыми песками с низким содержанием гумуса.

Оценка условий увлажнения почв и обеспечение растений влагой в период вегетации показывает, что в пределах одного региона формируются разные условия: от избыточного до недостаточного увлажнения, поэтому экологические условия роста и развития растений будут зависеть от особенностей состава, генезиса, размещения и сельскохозяйственного использования почв. В связи с этим нами и была предложена данная классификация водного режима почв, которая дает возможность учитывать особенности формирования водного режима почв в зависимости от их генезиса и использования и оценивать его с экологической точки зрения. Это позволяет теоретически обосновать необходимость использования приемов по регулированию водного режима.

6.5. Принципы оценки и классификация питательного режима почв

Содержание доступных для растений форм питательных элементов есть одним из основных диагностических показателей эффективного плодородия почв. Питательный режим наиболее активно регулируется путем внесения минеральных и органических удобрений, поэтому изучение и характеристика питательного режима почв – постоянный объект внимания как агрохимиков, так и почвоведов. Генезис, состав почвы, климатические условия и другие факторы обуславливают специфику питательного режима тех или иных почв. Высокая степень химизации сельскохозяйственного производства, разнообразие почв обусловили необходимость глубокого изучения закономерностей формирования питательного режима, который оценивается преимущественно на основании данных о содержании подвижных форм питательных элементов. Разработан ряд методик изучения содержания подвижных форм питательных элементов. Наиболее известны методы определения подвижных форм фосфора и калия по Кирсанову, Маслоу, Пэйве, Чирикову для разных типов почв. При этом оценка обеспеченности почв питательными элементами осуществляется преимущественно на основании

данных о содержании доступных растениям подвижных форм питательных элементов, формирование питательного режима также оценивается на основании баланса питательных элементов, который формируется под отдельными культурами и в севооборотах.

Интенсивная химизация во второй половине прошлого столетия обострила экологические проблемы, связанные с применением минеральных удобрений. Высокие их дозы привели к изменениям в процессах почвообразования, которые сопровождаются не только улучшением обеспеченности почв питательными элементами, но и загрязнением окружающей среды в результате нерационального использования удобрений. В последнее время появились работы, в которых предлагается учитывать экологический питательный режим, величину урожая, продуктивность почв. Вместе с тем не предложено новых экологически обоснованных критериев оценки питательного режима почв. Но в современных условиях важно оценивать не только содержание питательных элементов, но и величину их запасов относительно уровня запланированного или полученного урожая, поскольку, если существует дефицит элементов питания, это обусловит снижение урожая, а избыток несет экологическую опасность для окружающей среды. Не менее важно соотношение между отдельными элементами питания для определения элементов, которые находятся в минимуме и обуславливают уровень урожая.

Довольно слабо разработаны классификационные схемы для оценки питательного режима. Агрохимические картограммы, паспорта и схемы распределения и использования удобрений составляются на основании деления почв на классы по содержанию подвижного азота, фосфора, калия и других элементов. По существующим схемам почвы разделяют на 4...6 классов в зависимости от метода определения подвижных форм питательного элемента. На основании этого в хозяйствах и разрабатывается план применения удобрений.

Учитывая несовершенство существующих подходов, мы предлагаем оценивать питательный режим почв на основании экологических принципов с учетом потребностей сельскохозяйственных культур [15]. Общепринятое деление почв на классы по содержанию питательных элементов дополняется оценкой запасов питательных элементов в почве и определением, какой элемент находится в первом и втором минимуме. Схема классификации питательного режима представлена в таблице 6.4. В данной схеме сохранено традиционное деление почв на шесть классов соответственно содержанию подвижных форм питательных элементов. Кроме того, каждый класс мы оцениваем по запасу питательных элементов, который может быть использован сельскохозяйственной культурой до уровня выноса его средним или ожидаемым урожаем.

Таблица 6.4

Эколого-агрохимическая классификация питательного режима почв

Обеспеченность подвижными формами питательных элементов	По запасам питательных элементов		По сбалансированности (порядок минимумов)
	терминология	% от потребности	
Очень низкая	Острodefицитный	< 20	Указывается, какой элемент находится в первом или втором минимуме за запасами питательных элементов
Низкая	Недостаточный	20-50	
Средняя	Достаточный	50-70	
Повышенная	Оптимальный	70-90	
Высокая	Избыточный	90-120	
Очень высокая	Экологично опасный	>120	

При запасах, которые обеспечивают меньше 20 % выноса питательный режим оценивается как острodefицитный; при уровне обеспечения 20...50 % – как недостаточный; при уровне 50...70 % – как достаточный; при 70...90 % обеспечения – как оптимальный; при запасах, которые составляют 90...120 % потребности, – как избыточный и при более высоких запасах – как экологично опасный.

Итак, оценка запасов питательных элементов базируется на данных о выносе элементов питания средним за последние годы урожаем в регионе, или, если осуществляется программирование, то запланированным урожаем. Количество питательного элемента, который будет использован урожаем конкретной культуры, сравнивается с запасом этого элемента в почве с учетом коэффициента использования. При этом отклонением от нормы считается как дефицит, так и избыточные запасы элементов питания, поскольку это несет угрозу загрязнения. Если питательный режим оценивается как острodefицитный или недостаточный, получить запланированный урожай сложно даже при повышенных нормах внесения удобрений, да это экологически и экономически неоправданно. При избыточных запасах надо улучшать агротехнику или вводить новые, более продуктивные сорта растений.

Оценка питательного режима дополняется определением, какой из элементов находится в первом или втором минимумах, то есть дается оценка сбалансированности по питательным элементам. Такой подход дает возможность определить, какие культуры потребуют удобрения в первую очередь и какие виды минеральных удобрений необходимо вносить. Это может служить достаточным обос-

нованием для более рационального использования удобрений как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Предложенные нами подходы к оценке и классификации питательных режимов построены на экологических принципах, учитывают потребности сельскохозяйственных культур и могут служить обоснованием для использования соответствующих приемов по оптимизации условий роста и развития растений. Такой подход вытекает из предложенной схемы управления продуктивностью почв и базируется на положениях основных законов земледелия.

6.6. Системно-экологические принципы управления продуктивностью почв

На современном этапе развития производства сельскохозяйственная наука дает возможность обеспечить необходимый уровень продуктивности агрогеоценозов для полного удовлетворения населения продуктами питания и сельскохозяйственным сырьем. Одним из главных путей решения этой проблемы является управление продуктивностью почв. Решение этой задачи, теоретическое и практическое обоснование ее обеспечивает агропочвоведение.

В соответствии с современными представлениями управление продуктивностью почв представляет собой сложную динамическую систему направленных антропогенных влияний на почвенный покров с целью расширенного воспроизводства потенциального и эффективного плодородия почв. При этом комплекс приемов предполагает максимально возможное ограничение влияния на результаты хозяйствования нерегулируемых природно-климатических факторов и других стохастических влияний. Почва вместе с сельскохозяйственными растениями рассматривается как единый комплекс, который выступает объектом управления [33]. Большинство авторов относит почву и растительный покров к единому блоку в системе управления плодородием почвы. На наш взгляд, это не совсем верно, поскольку объектом управления, на который направлено антропогенное влияние, может быть только почва. Растительный покров, который регулярно меняется, скорее, задает уровень требований, согласно которым человек пытается оперативно менять почвенные условия.

В соответствии с существующими разработками почва рассматривается как сложная система, которая подразделяется на две составляющие, или подсистемы – структурную и функциональную. К структурной части относят морфологию, состав и свойства, к функциональной – режимы и диагностические показатели, которые характеризуют состояние и уровень окультуривания почвы. Деление в определенной степени штучное, поскольку есть тесные взаимосвязи и взаимообусловленность между двумя частями, составляющими функциональную и структурную подсистемы почвы.

Для Украинского Полесья со специфическим почвенным покровом высока взаимообусловленность между отдельными блоками общей системы управления и продуктивностью почв. Для большинства почв главными факторами, которые ограничивают уровень эффективного плодородия, выступают прежде всего показатели состава, что в конкретных природных условиях служит основной причиной неблагоприятного протекания процессов, формирования главных режимов.

Принципы системности требуют комплексного подхода при решении поставленной задачи с учетом и оценкой всех факторов. При этом в основе управления и повышения плодородия почв Украинского Полесья должно лежать целенаправленное качественное изменение функциональной части, и прежде всего состава и регулирования условий, которые определяют направленность элементарных почвенных процессов, формирования режимов, поскольку низкое потенциальное и эффективное плодородие легких дерново-подзолистых и болотных почв обусловлено их составом и генезисом. Грунтовый комплекс Полесья характеризуется низкой экологической емкостью и стойкостью к антропогенным влияниям, невысокой буферностью почвенного плодородия. Система управления продуктивностью почв должна это учитывать и быть направленной на улучшение этих параметров. Высокая экологическая уязвимость почвенного покрова должна быть одним из главных факторов.

Экологический кризис, который возник в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, требует скорректированных подходов при разработке систем управления плодородием почв. Общепринятый подход к развитию сельскохозяйственного производства, в основу которого положены экономические цели, не оправдывает экологических потерь. По мнению А. Г. Тихонова [34], дальнейшая интенсификация сельскохозяйственного производства будет обуславливаться экологическими ограничениями. Поэтому система управления плодородием почв в регионах с повышенным радиоактивным загрязнением, к которым относится и Украинское Полесье, должна предусматривать наряду с повышением продуктивности решение экологических проблем. Прежде всего усилия должны быть направлены на снижение дозы облучения населения за счет сельскохозяйственных продуктов, предупреждения миграции радионуклидов в окружающей среде. На наш взгляд, вместе с традиционной стратегической целью – сохранить и повысить плодородие почв – в современных условиях как один

из главных приоритетов следует ставить и решать проблему оценки и улучшения экологического состояния почвенного покрова. Достичь поставленной цели можно за счет решения следующих задач:

- использование экологических принципов оценки формирования почвенных режимов, исходя из положений основных законов земледелия;
- повышение продуктивности почв Украинского Полесья при условии соответствующего наращивания потенциального плодородия и роста экологической стойкости почвенного комплекса;
- применение комплекс приемов по повышению продуктивности почв, обеспечивающего решение двуединой задачи: повышение их плодородия при условии получения экологически чистой продукции.



Рис. 6.2. Общая схема оценки экологического состояния и управления продуктивностью почв

Рассмотрим общую систему оценки экологического состояния и управления продуктивностью почв (рис. 6.2). Предложенная структура складывается из блока мониторинга, аналитического блока, блока управления и объекта управления. Отдельными элементами выделены внешние факторы, которые не регулируются, растение, на оптимизацию условий роста которого и направлены основные приемы и оценка эффективности системы мероприятий по конечному результату. Согласно схеме система решений по управлению продуктивностью почв разрабатывается на основании данных о состоянии почвы, полученных в результате мониторинговых наблюдений с учетом потребностей сельскохозяйственных культур, внешних нерегулируемых факторов и эффективности предыдущих мероприятий. Исследования показывают, что отдельные приемы по регулированию процессов и режимов, которые используются в производстве, часто дают неоднозначные результаты и не обеспечивают повышения продуктивности почв и улучшения их экологического состояния. Это обусловлено тем, что часто лимитирующим фактором выступает несовершенство состава и неблагоприятные свойства, а это приводит к несоответствию условий требованиям сельскохозяйственных культур. В данных конкретных условиях наиболее обоснованно осуществлять комплексное регулирование всех факторов, базируясь на рациональном соединении природных и антропогенных составляющих. Доказано, что для объективного информационного обеспечения и принятия верных взвешенных решений блок мониторинга должен обеспечивать исходные, поточные и периодические данные об основных характеристиках почвенного покрова. Обязательные оценочные критерии: гранулометрический и минералогический состав, данные гумусового состояния почвы, оценочные данные формирования водного, температурного, питательного, окислительно-восстановительного и других режимов, а также показатели экологического состояния почвы.

В зависимости от характера контролируемой информации и поставленных целей в блоке мониторинга можно выделить следующие виды: перспективный, отдаленный и оперативный мониторинг почвенного комплекса (табл. 6.5).

Виды почвенного мониторинга, оценочные критерии и процессы, которые контролируются для зоны Полесья

Виды мониторинга, периодичность наблюдений	Показатели, оценочные критерии	Процессы, которые контролируются
<p>1. Перспективный Не чаще 1 раза за 10 лет</p>	<p>1. Гранулометрический состав: - содержание физической глины и песка; - соотношение фракций по горизонтам.</p> <p>2. Химический состав: - валовое содержание макро- и микроэлементов, тяжелых металлов; - молекулярные соотношения $SiO_2: R_2O_3$; - фракционный состав макроэлементов.</p> <p>3. Минералогический состав: - количественный и качественный состав минералов иллитистой фракции</p>	<p>Лессиваж, кольматаж</p> <p>Оподзаливание, оглеение, выщелачивание и аккумуляция химических элементов</p> <p>Скорость и направленность процессов трансформации минеральной части почвы</p>
<p>2. Отдаленный 1 раз в 5...10 лет</p>	<p>1. Оценка гумусового состояния почвы: - содержание гумуса; - валовые запасы гумуса; - качественный состав гумуса; - баланс органического вещества.</p> <p>1.1. Оценка темпов сработки торфяных почв: - мощность органогенного горизонта и запасы органики; - зольность та степень разложения торфа; - степень гумификации торфа.</p> <p>2. Оценка агрофизического состояния: - плотность; - агрегатное состояние; - водопроницаемость и водоудерживающая способность; - теплопроводность и теплоемкость;</p> <p>3. Биологическая активность: - азотфиксация, нитрификация и денитрификация; - целлюлозолитическая активность; - общая биологическая активность; - ферментативная активность.</p> <p>4. Оценка физико-химического состояния почвы: - рН солевое и водное; - гидролитическая кислотность; - емкость катионного обмена; - степень насыщения основаниями</p>	<p>Особенность и интенсивность трансформации почвенной органики.</p> <p>Направленность процесса в сторону дегумификации или гумусонакопления.</p> <p>Скорость и направленность процессов трансформации торфяников.</p> <p>Проявление и интенсивность процессов физической деградации, изменение водно-физических, физико-механических и тепловых свойств.</p> <p>Интенсивность и направленность процессов трансформации свежих органических остатков и гумуса, миграция макроэлементов.</p> <p>Смена физико-химических свойств почвы, проявление физико-химической деградации почв</p>
<p>3. Оперативный</p> <p>Ежегодно</p> <p>Режимные наблюдения осуществляются на протяжении года или вегетационного периода</p>	<p>1. Питательный режим: - содержание подвижных форм макро- и микроэлементов - используемые запасы макроэлементов.</p> <p>2. Водный режим: - влажность почвы; - запасы продуктивной влаги.</p> <p>2.1. Режим УГВ на мелиорируемых землях.</p> <p>3. Температурный режим: - температура почвы; - Индекс нагреваемости; - суммы активных и эффективных температур.</p> <p>3. Оценка агроэкологического состояния: - сбалансированность по питательным элементам; - уровень радиоактивного загрязнения; - содержание подвижных форм тяжелых металлов; - содержание пестицидов.</p> <p>3.1. Оценка интенсивности проявления эрозии: - развитие водной линейной и плоскостной эрозии; - дефляция и возникновение пылевых бурь; - ирригационная эрозия</p>	<p>Обеспеченность почвы питательными элементами.</p> <p>Особенности накопления и расходования влаги в почве.</p> <p>Теплообмен в почвах, теплообеспеченность почвы.</p> <p>Возможность обеспечения урожая питательными элементами почвы и получение экологически чистой продукции.</p> <p>Развитие и интенсивность эрозионных процессов</p>

Перспективный и отдаленный мониторинг служит для контроля за показателями, которые характеризуют состояние так называемой структурной части почвы, по которой оценивают потенци-

альное плодородие. Сюда можно отнести изменение валового химического, минералогического, гранулометрического состава, содержания валовых запасов и качественного состава гумуса, валовых запасов и фракционный состав азота, фосфора, калия, микроэлементов, тяжелых металлов, остатков пестицидов, радионуклидов, другие показатели. Оценочные критерии, которые относятся к первым двум видам мониторинга, малодинамичные и количественно меняются очень медленно, поэтому контроль за ними следует осуществлять не чаще одного раза в 5...10 лет.

Оперативный мониторинг служит для постоянного наблюдения за наиболее динамичными показателями, которые определяют уровень эффективного плодородия и агроэкологическое состояние почв. В систему показателей оперативного мониторинга следует отнести показатели содержания подвижных форм питательных элементов, данные о кислотном-основном режиме ($pH_{\text{сол}}$ и $pH_{\text{вод}}$, гидроролитическая кислотность, ЕКО и т. д.), физическом состоянии (температура, влажность), содержания подвижных форм тяжелых металлов, интенсивности проявления эрозионных процессов.

Полный комплекс оценочных критериев по видам мониторинга приведен в таблице 6.5. При этом в современных условиях на основании данных мониторинговых наблюдений наряду с данными о генезисе, хозяйственном, агрохимическом состоянии следует оценивать экологическое состояние почвенного покрова. Все оценочные показатели можно разделить на три группы: генетические, агрономические и агроэкологические (табл. 6.6).

Таблица 6.6

Перечисление показателей оценки состояния почв

Генетические	Агрономические	Агроэкологические
Тип, подтип, род, вид, разновидность, разряд	Степень окультуренности, данные содержания гумуса, макро- и микроэлементов, $pH_{\text{сол}}$, H_T , ЕКО, агрегатное состояние, водно-физические свойства	Оценка влаготеплообеспеченности, обеспеченность и сбалансированность по питательным элементам, степень деградированности по уровню загрязнения радионуклидами тяжелыми металлами, пестицидами, уровень эродированности общей биологической активности

Производственная характеристика агрогрупп почв осуществляется на основании агроэкологических принципов и наряду с хозяйственными показателями включает данные об экологическом состоянии. Например, дерново-подзолистые глееватые песчаные почвы с удовлетворительным гидротермическим режимом (умеренно изменчивым водным и повышенной теплообеспеченностью), остродефицитным режимом по азоту и калию и недостаточным по фосфору, средне деградированные по содержанию радионуклидов, с низкой биогенностью.

Базируясь на данных о состоянии почвы и учитывая потребности сельскохозяйственных культур, проводят анализ и разрабатывают комплекс приемов по регулированию как функциональной, так и структурной части почвы. При этом объектами непосредственного управления в равной степени выступают все составляющие, что характеризует состояние почвы: состав, свойства, режимы и процессы. Необходимость проведения регулирования обосновывают исходя из положений закона «минимума» и экологических требований.

Оперативное регулирование почвенных режимов, как доказано нами, следует проводить на основании экологических принципов, исходя из положений закона «оптимума». Детальное обоснование оценки и классификации почвенных режимов наведено выше.

Интегральным показателем оценки регулирования состава, свойств, режимов является урожайность сельскохозяйственных культур, соответствие качества продукции экологическим требованиям и экологическое состояние почв. Соответствие полученных результатов запланированным оценивается на заключительном этапе и учитывается при корректировке перспективных планов управления продуктивностью почв.

Литература

1. Семко А. П. Гидрометрический режим целинных окультуренных почв северной тайги Кольского полуострова. – Л., 1980. – 24 с.
2. Семко А. П. Гидрометрический режим почв лесной зоны Кольского полуострова. – Апатиты, 1982. – 142 с.
3. Кононенко А. В. Гидротермический режим таежных и тундровых почв европейского северо-востока. – Л.: Наука, 1986. – 144 с.
4. Еруков Г. В., Власкова Г. В. Гидротермический режим почв сосновых лесов Карелии. – Л.: Наука, 1986. – 110 с.
5. Калинина В. В. Влияние пескования торфяных почв на воднофизические свойства // Почвоведение. – 1968. – № 10. – С. 135–139.

6. Кардашов А.Т. Динамическая связь температуры и режима влажности осушаемых земель // Актуальные проблемы водохозяйственного строительства : сб. ст. – Львов, 1975. – С. 9–12.
7. Кузьмич П. К., Веремеенко С. И., Клименко Н. А. Об определении биологической активности почв // Почвоведение. – 1990. – № 6. – С. 108–113.
8. Вознюк С. Т., Оліневич В. О., Кардашов А. Т. Вплив піскування на теплові властивості і температурний режим торфового ґрунту // Агрохімія і ґрунтознавство. – 1977. – Вип. 34. – С. 101–103.
9. Афанасьев Н. И. Температура почв и почвообразование // Доклады АН БССР. – Т. XIX. – 1975. – № 7. – С. 633–635.
10. Веремеєнко С. І. До критеріїв оцінки температурного режиму ґрунтів // Матеріали 2-ої наук.-техніч. конф. професорсько-викладацького складу та аспірантів академії. – Ч. 1. – Рівне, 1996. – С. 18.
11. Дадыкин В. П. Температура почвы как один из факторов, определяющих эффективность удобрений // Почвоведение. – 1951. – № 9. – С. 557–561.
12. Коровин А. И. Растения и экстремальные температуры. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 270 с.
13. Димо В. Н. Физические параметры климата почв СССР, их классификация и количественная оценка // Почвоведение. – 1985. – № 7. – С. 36–44.
14. Комплексная экологическая, агромелиоративная и агрохимическая характеристика природносельскохозяйственных зон и провинций СССР / Н. Н. Розов, В. Н. Димо [и др.] // Агрохимическая характеристика почв СССР. Агропочвенное районирование почв СССР. – М.: Наука, 1976.
15. Веремеєнко С. І. Еволюція та управління продуктивністю ґрунтів Полісся. – Луцьк: Надстир'я, 1997. – 312 с.
16. Костяков А. М. Основы мелиорации. – М., 1960. – 750 с.
17. Роде А. А. Водный режим почв и его регулирование. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 116 с.
18. Ивицкий А. И. Исследование норм осушения болот // Труды ИМиВХАСХН БССР. – Минск, 1958. – Т. VIII. – С. 35–54.
19. Вериго С. А., Разумова Л. А. Почвенная влага. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 328 с.
20. Маслов Б. С., Мінаєв І. В. Мелиорация и охрана природы. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 270 с.
21. Перехрест С. М. Меліорація надмірно зволжених мінеральних земель України. – Київ: Наук. думка, 1966. – 130 с.
22. Янголь А. М. Двустороннее регулирование влажности при осушении. – М.: Колос, 1970. – 135 с.
23. Сапсай Г. И. Определение оптимальной степени дренирования минеральных переувлажненных почв // Почвенно-мелиоративные проблемы и пути повышения плодородия почв Нечерноземной зоны УССР. – М., 1979. – С. 299.
24. Кельчевская Л. С. Влажность почв Европейской части СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 182 с.
25. Веремеєнко С. І., Фурманець О. А. Изменение климатических условий Ровенской области в контексте глобального потепления климата // Устойчивое развитие : міжнар. Журнал. – Варна, Болгарія. – 2011. – № 1. – С. 34–37.
26. Романова Е. Н. Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 279 с.
27. Романова Т. А. Водный режим в генетической характеристике почв гумидной зоны // Почвоведение. – 1994. – № 4. – С. 32–39.
28. Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – Т. 2. – 288 с.
29. Зонн С. В. Почва как компонент лесного биогеоценоза // Основы лесной биогеоценологии. – М.: Наука, 1964. – С. 132–261.
30. О классификации водного режима почв и лесных местообитаний / Ефремов Д. Ф. [и др.] // Почвоведение. – 1986. – № 3. – С. 129–136.
31. Лопатин В. Д. Типы режимов увлажнения почвы и их общеэкологическое значение // Экология. – 1993. – № 2. – С. 82–84.
32. Минеев В. Г. Экологические аспекты воспроизводства плодородия почвы // Тез. докл. 8-го Всесоюз. съезда почвоведов. – Новосибирск, 1989. – С. 152–158.
33. Современные и перспективные задачи по управлению плодородием почв Украинской ССР / Б. С. Носко [и др.] // Почвы Украины и повышение их плодородия. – Т. 2. – Киев: Урожай, 1988. – С. 161–174.
34. Тихонов А. Г. Економіко-екологічні аспекти інтенсифікації у землеробстві. – Київ: Урожай, 1990. – 210.

Глава 7. РАЦИОНАЛЬНОЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ (исследования Сарненской исследовательской станции ИВПиМ НААН)

7.1. Развитие мелиорации на Ровенщине

Еще в конце XVII века в земледелии зоны чрезмерного увлажнения, и в частности на Полесье, практиковалась грядовая культура. Крестьяне при возделывании почв оставляли между узкими полосами своего земельного надела борозды, по которым стекали поверхностные воды при весеннем снеготаянии и после ливней.

Исторические сведения об отведении излишней воды с избыточно увлажненных земель в Западной Украине и Белоруссии с помощью сети каналов встречаются в начале XIX века, а уже в 1853 г. А. Н. Козловским недалеко от Минска заложен первый в Российской империи гончарный дренаж сельскохозяйственного назначения.

Попытки широкомасштабного осушения болот и заболоченных земель в бывшей Волынской губернии были осуществлены в 1873–1898 гг. Западной экспедицией под руководством генерал-лейтенанта И. И. Жилинского. Экспедиция организовала строительство магистральных каналов и разреженной неглубокой мелиоративной сети на площади около 500 тыс. гектаров. Прокладывание каналов проводилось вручную, без каких либо научных исследований.

Первые попытки поставить дело осушения и освоения полесских болот Украины на научную основу связаны с созданием в 1912 г. Рудня-Радовельской (под Олевском Житомирской области) и Сарненской (возле Сарн Ровенской области) болотных станций. Научные работы этих учреждений были направлены на определение параметров осушительных систем и набора сельскохозяйственных культур, пригодных для выращивания на осушаемых торфяных почвах.

Приостановленные в связи с Первой мировой войной научные и строительные мелиоративные работы на Волынском Полесье, которое отошло к Польше, возобновились только в 1924 г. На протяжении следующих 15 лет осушительные мелиорации проводились в незначительных масштабах для индивидуальных хозяйств на болотных угодьях, которые примыкали к ранее построенным магистральным каналам, где, преимущественно, проводилось улучшение и окультуривание естественных лугов и пастбищ.

После Второй мировой войны мелиорация на территории Ровенской области развивалась высокими темпами. За первое послевоенное десятилетие было осушено и передано хозяйствам 84 тыс. га сельскохозяйственных земель, а в 1966 г. осушительная сеть была создана уже на площади около 175 тыс. га. Но следует отметить, что, хотя по официальным статистическим данным под посевы сельскохозяйственных культур использовалось 70–76 % осушаемых земель, фактически же под так называемыми естественными поверхностно улучшенными лугами и пастбищами оставалось больше половины этих земель.

Одной из главных причин этого было то, что в послевоенные годы мелиоративные работы в Ровенской области, как и во всей гумидной зоне, проводились без достаточного научно-технического обоснования по упрощенной проектной документации методом «народной стройки». Мелиоративные системы с открытой сетью каналов, деревянными шлюзами-регуляторами и фашинно-жердяным или дощато-трубчатым дренажем не обеспечивали надлежащее регулирование водного режима, поэтому значительная часть площадей оставалась избыточно увлажненной. В дальнейшем, учитывая разработанные профильными научными учреждениями технические и агрономические основы осушения и сельскохозяйственного использования болот и избыточно увлажненных земель, стали строить мелиоративные системы с двойным регулированием водного режима. Снизилось количество открытых осушительных каналов, увеличилась площадь контуров полей. Начали создавать орошаемые культурные пастбища, технологические водохранилища, эксплуатационные дороги.

С 1966 по 1976 год государственным и коллективным сельскохозяйственным предприятиям было передано около 200 тыс. га земель со вновь построенными и реконструированными мелиоративными системами. Введено в эксплуатацию больше 10 тыс. га орошаемых культурных пастбищ, проведены культуртехнические работы на площади 140 тыс. га земель, которые не нуждались в осушении.

Высокие темпы строительства, соответствующий технический уровень и качество выполнения мелиоративных работ в этот период обусловлены эффективной деятельностью Ровенского облводхоза, треста «Полесьеводстрой» с его многочисленными передвижными механизированными колоннами (ПМК). Содействие высоким темпам развития мелиорации в Ровенской области оказали созданный Ровенский филиал института «Укркипродхоз» и введенный в эксплуатацию Могиланский завод по производству гончарной трубки. Образцами передового опыта высокоэффективного использования

осушаемых земель стали многие хозяйства региона, и прежде всего колхоз им. 1 Мая Сарненского района, совхоз «Тучинский» Гоцанского района, колхозы «Рассвет» и им. XXII съезда КПСС Костопольского района.

Достижения мелиораторов Ровенской области в проведении широкомасштабных мелиоративных работ с использованием гончарного дренажа были признаны лучшими в Украине, свидетельством чему стало сооружение в 1979 г. соответствующего памятного знака на одной из мелиоративных систем Ровенской области.

Интенсивному развитию осушительных мелиораций и эффективному использованию осушаемых земель как в Ровенской области, так и Украинском Полесье в целом оказывали содействие научно-исследовательские работы Сарненской исследовательской станции Института водных проблем и мелиорации НААН Украины.

7.2. Сарненская исследовательская станция – история становления, основные направления и результаты деятельности

«Дело культуры болот в Волынской губернии никогда не станет на прочную основу, если Волынское губернское земство не придет к убеждению, что для успеха культуры болот в губернии, где имеется более полумиллиона десятин болот, необходима организация опытной болотной станции».

(Е. Я. Сербин, 1912)

Сарненская исследовательская станция – одно из самых старых научно-исследовательских учреждений мелиоративного земледелия в Европе. Среди предпосылок ее создания была работа специальной правительственной комиссии, организованной в 1872 г. для изучения состояния сельского хозяйства в северных и западных губерниях Российской империи, которая определила, что развитие земледелия и животноводства данного региона в значительной мере тормозится из-за переувлажнения и заболоченности больших площадей потенциальных сельскохозяйственных угодий. Для решения данной проблемы правительством была создана Западная экспедиция по осушению болот под руководством генерала И. И. Жилинского, которой с 1873 по 1902 год на территории Полесья построены первые осушительно-сплавные каналы. Они и положили начало организованному проведению осушительных работ на Полесской низменности. Один из тех каналов – Хвощеванский магистральный канал – и сегодня функционирует на массиве «Чемерное» Сарненской исследовательской станции.

Второй Южно-Российский мелиоративный съезд, который состоялся в Киеве 15–20 января 1912 г. с целью дальнейшей мелиорации болотных массивов, учитывая большое количество болот на Полесье, принял решение об организации в полесских губерниях сети болотных станций.

На выполнение решений этого съезда Волынская губернская земская управа, учитывая особенности физико-географических и климатических условий региона, 26 октября 1912 г. приняла постановление о создании в пределах Волынского Полесья двух исследовательских болотных учреждений. В северо-восточной его части (Олевский район Житомирской области) была создана Рудня-Радовельская станция, которая просуществовала до 1932 г., а в северо-западной части (Ровенская область) – Сарненская болотная станция. Болотные массивы для организации этих учреждений были отобраны специалистом по культуре болот Е. Я. Сербиным и утверждены специальной высокой комиссией под руководством известных ученых А. О. Флерова и В. С. Доктуровского. Они не только были типичными географически для своего региона, но и отвечали ряду других требований: близость железных дорог, наличие существующих каналов и гидротехнических сооружений, созданных экспедицией Жилинского, и др.

На создание в районе железнодорожной станции Серны Волынского болотного исследовательского поля (а со временем станции) губернское земство ассигновало на начальные затраты 24 750 рублей, значительную по тем временам сумму. Первой и главной задачей нового исследовательского учреждения было решение вопросов, связанных с преобразованием болот в культурные земли, и их эффективное использование для нужд населения.

На организационном этапе и в начале деятельности станции ее работу опекал непосредственно Е. Я. Сербин (1882–1913). В 1910 г. он окончил Санкт-Петербургский университет, а в 1911 г. по приглашению Департамента земледелия изучал вопросы болотоведения и луговодства на болотных исследовательских станциях Голландии, Швеции, Дании, Австрии, Северной Германии и Баварии под руководством ведущих специалистов Европы, таких как основоположники болотоведения профессора Такке и Беккер. По возвращении на родину в 1912 г. Сербин был назначен старшим инструктором по культуре болот и луговодству Департамента земледелия Волынской губернии.

Е. Я. Сербин был глубоко убежден, что любое агрономическое мероприятие, а особенно в болотном деле, не может быть внедрено в жизнь, если оно не базируется на научных обоснованиях. Он наладил тесное сотрудничество с научными учреждениями страны, чтобы дело практического применения научных данных основывалось исключительно на предыдущих исследованиях в местных условиях. Таким образом, благодаря Е. Я. Сербину в 1912 г. на Волыни положено начало глубокому научному и практическому изучению и сельскохозяйственному освоению болот. Он организовывал и проводил исследование болот, собирал образцы болотной растительности, почв и торфов, открыл при Волынском музее болотный отдел, заложил ряд исследовательских пунктов и участков. Одновременно Сербин входил в число сотрудников первого в Российской империи специализированного научного журнала «Болотоведение», на страницах которого освещал результаты исследования болот Волынского Полесья.

Уже в июле 1913 г. на станции прошло масштабное конкурсное испытание специальных болотных плугов ведущих мировых производителей, организованное губернским земством. В сентябре 1913 г. станцию возглавил Л. В. Кузнецкий, приглашенный с Минской болотной станции, где он работал помощником А. О. Флерова. Кузнецкий считается первым директором Сарненской станции. Тогда же был разработан проект осушения болотного массива станции, начаты мелиоративные работы, разработана многолетняя (до 1919 г.) программа научно-исследовательских работ, начаты полевые и лабораторные исследования, строительство зданий и сооружений, организация научной библиотеки и метеорологических наблюдений. В 1914 г. в Минской губернской типографии уже был выдан первый том научных работ станции (авторы Л. В. Кузнецкий, Ф. П. Шаблыгин), а в 1915–1916 гг. – первые отчеты о результатах научных исследований. К сожалению, начало деятельности станции совпало с военными действиями Первой мировой войны, а первый этап работы станции (в составе Российской империи) завершился со смертью ее первого директора Л. В. Кузнецкого в 1917 г. По его завещанию он был похоронен на территории станции, где и сейчас находится его могила. Во время войны усадьбу станции занимали оккупационные войска, потом Красная Армия, эпидемиологический госпиталь и, наконец, польский военный гарнизон.

В 1923 г. глава Сарненского окружного сельскохозяйственного общества Щ. Понятовский проявил инициативу к восстановлению деятельности болотной станции. Это стало реально благодаря усилиям начальника отдела мелиорации министерства сельского хозяйства Речи Посполитой профессора С. Тучиновича. В январе этого же года окружное сельскохозяйственное общество в Сарнах подписывает контракт с Министерством финансов, с помощью которого весь бывший участок, около 120 га торфяников и несколько гектаров минеральных почв, выделяется для научно-исследовательской деятельности. В 1924 г. окружное сельскохозяйственное общество получает от Министерства сельского хозяйства первую финансовую помощь, которая дает возможность восстановить работу станции (Zakład Doswiadczalny Uprawy Torfowisk pod Sarnami Wolynskiej Izby Rolniczej в составе Польского государства). В ноябре этого же года учреждение возглавляет директор Бронислав Хамец – в будущем выдающийся польский ученый.

Руководство возобновившей работу станции поставило перед собой цель создания научно-исследовательского учреждения, способного выполнять задачи, связанные с мелиорацией и сельскохозяйственным использованием болотных площадей, разработкой практических указаний к их сельскохозяйственному использованию.

В 1925 г., кроме отдела полеводства, управляемого в первые годы непосредственно директором учреждения, был организован отдел гидротехники, который в 1929–1934 гг. возглавлял доктор С. Бац, а с 1935 г. Ю. Остроменский – также в дальнейшем выдающиеся польские ученые. В 1926 г. на станции был организован зоотехнический отдел, в 1927 – отдел луговодства (возглавил известный луговод и ботаник В. Михальский), а в 1928 г. – отдел полеводства с агрохимической лабораторией, который с 1932 г. возглавлял уже тогда известный ученый доктор Б. Свентоховский. В то время по инициативе нескольких молодых сотрудников станции было создано «Общество луговодов», которое в кратчайшие сроки своей деятельности охватило всю Польшу. Издавался официальный печатный орган Общества ежемесячник «Луговодческий обзор». В 1933 г. в Сарнах был организован и проведен 5-дневный съезд луговодов.

С целью углубления сотрудничества между станцией и государственными органами в 1934 г. был организован визит на станцию министра сельского хозяйства Я. Понятовского. При финансовой помощи Министерства сельского хозяйства в 1935–1936 гг. был реализован проект станции по закладке исследовательских полей на разных типах торфяников в 5 пунктах на территории Волыни и Полесья. В 1935 г. станция начинает издавать под редакцией директора Ю. Заленского и при участии «Общества луговодов» общегосударственный ежеквартальный журнал «Луга и торфяники» с научным приложением – «Луговой и торфяной ежегодник».

С 1939 г., после объединения украинских земель в составе СССР, станция перестроила свою работу в соответствии с требованиями социалистического сельского хозяйства. Но уже с началом Второй мировой войны по 1944 г. станция осуществляла свою деятельность в условиях немецкой оккупации. С первых дней прихода в январе 1944 г. советских войск в Сарны станция начала работать под руководством советской администрации (директор А. Я. Харьков). В основных помещениях усадьбы станции расквартировался военный гарнизон. На должностях научных работников и технического персонала оставались, в основном, поляки, которые работали на станции до войны и в период немецкой оккупации (со временем, на протяжении 1945 г., они массово увольнялись и выезжали в Польшу). Постановлением Совета народных комиссаров СССР от 17.06.1944 № 678 учреждение было реформировано в Сарненскую научно-исследовательскую станцию по освоению болот Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР. В 1948 г. к существующим отделам станции был добавлен отдел селекции и семеноводства луговых трав и организована экспериментальная база для проведения производственных проверок и внедрения научных разработок.

Основными задачами, которые решались станцией в послевоенные годы, было преобразование болот и заболоченных земель Полесья в культурные сельскохозяйственные земли, разработка агротехнических приемов мелиоративного земледелия, создание на освоенных болотных массивах высокопродуктивных лугов и пастбищ. Со временем станция сформировалась и остается по сегодняшний день комплексным научно-исследовательским учреждением, задачей которого является решение проблем мелиорации и эффективного сельскохозяйственного использования земель Полесья.

За годы своего послевоенного существования станция подчинялась Наркомзему УССР, Министерству сельского хозяйства УССР, Министерству мелиорации и водного хозяйства СССР, Украинской академии аграрных наук. С 1949 г. станция принадлежит к исследовательской сети УкрНИИ-ГиМ (впоследствии – Института гидротехники и мелиорации УААН, Института водных проблем и мелиорации НААН). Свое современное название Сарненская исследовательская станция Института водных проблем и мелиорации Национальной академии аграрных наук Украины получила в 2011 г.

Сарненская исследовательская станция внесла существенный вклад в развитие отечественной мелиоративной науки. На разных этапах ее деятельности было изучено осушительное действие и долговечность 19 видов материального дренажа при разном расстоянии между дренами, заложенными на торфяных и минеральных почвах. Изучены такие важные вопросы, как влияние условий водного режима на урожай сельскохозяйственных культур, регулирование водного режима с помощью подпочвенного увлажнения и дождевания, нормы и сроки полива сельскохозяйственных культур и культурных пастбищ. Довольно широко исследованы вопросы возделывания целинных и старопашотных торфяных грунтов, а также нормы, формы, сроки и способы внесения органических и минеральных удобрений. Проведены многолетние опыты с микроудобрениями на осушаемых землях.

На станции разработаны основные агротехнические приемы выращивания на мелиорированных землях зерновых культур (сроки посева, предшественники, нормы высева). Установлена высокая эффективность химической борьбы с сорняками в посевах зерновых культур на осушенных торфяниках. Разработаны технологии по выращиванию кормовых бобов и гороха на торфяных почвах, а также комплекс агрономических приемов выращивания высоких урожаев картофеля. Разработанные и внедренные станцией комплексные мероприятия и технологии дают возможность получать на торфяных почвах при соблюдении соответствующей агротехники и подбора урожайных сортов 500–700 ц/га зеленой массы кукурузы, 350–400 ц/га сахарной свеклы, 700–1000 ц/га кормовой свеклы, 25–30 ц/га и больше зерновых, 80–120 ц/га сена многолетних трав, 3–4 ц/га семян многолетних трав и др.

Начиная с 80-х годов XX века главным направлением работ станции стало усовершенствование приемов освоения и использования мелиорированных земель. Это прежде всего разработка мероприятий по эффективному использованию торфяных почв, изучение и внедрение системы севооборотов, возделывание и удобрение разных типов осушенных земель, усовершенствование технологий выращивания основных сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях.

Разработаны и внедрены методы программирования, прогнозирования и формирования высоких урожаев сельскохозяйственных культур. В значительном объеме проведены исследования по разработке конструкций осушительно-увлажнительных систем, в том числе польдерных, на базе горизонтального и вертикального дренажа совместно с дождеванием и внутрпочвенным увлажнением. Разработаны методы определения элементов водного баланса и установлены границы оптимальной влажности для торфяных почв. Исследованы основные закономерности передвижения влаги, тепла, газов и питательных веществ в мелиорированной почве, разработаны методы управления этими процессами.

Большое внимание в исследованиях станции отводится изучению влияния мелиораций на окружающую среду, сохранение плодородия и рациональному использованию торфяных почв, разработке типичных схем природоохранных мер для осушительно-увлажнительных систем в условиях Полесья.

Большая работа проводится по вопросам луговодства. Из местных полесских дикорастущих популяций многолетних луговых трав отобрано 12 наиболее урожайных и ценных видов, которые отличаются стойкостью против неблагоприятных условий и богатой высококачественной кормовой массой. На их основе ведется сортовая селекция и высокорепродуктивное семенное размножение. На сегодня 3 сорта трав селекции станции занесено в Государственный реестр растений Украины. Ряд сортов передается в Государственное сортоиспытание. Ведется селекционная работа с новыми видами трав. Разработана технология ускоренного размножения семян трав и технологии создания высокопродуктивных многолетних лугопастбищных угодий на основе трав селекции станции. Изучены разные способы улучшения естественных лугов на торфяных грунтах и состав травосмесей разного назначения для выращивания в разных условиях водно-воздушного режима.

В результате исследований по семеноводству многолетних трав доказана возможность и целесообразность семеноводства основных видов луговых трав на осушаемых торфяниках, что длительное время отрицали большинство исследователей, учитывая специфику данных почв.

В последние десятилетия станцией проведены исследования по усовершенствованию конструкций мелиоративных систем (как для полевых севооборотов, так и для культурных пастбищ) и оптимизации параметров регулирующей сети, работоспособности разных фильтрующих материалов. Изучались гидравлические закономерности движения воды в закрытой сети, вопрос автоматизации водорегулирования. Проведен ряд исследований по изучению основных элементов водного баланса лизиметрическим методом и разработке ресурсо- и энергосберегающих технологий водорегулирования. Изучена эффективность и безопасность применения полевых и кормовых севооборотов на торфяных почвах, оптимизация питательного режима сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях. Разработаны меры по улучшению общей экологической обстановки на мелиорированных и близлежащих к ним землях.

В связи с аварией на Чернобыльской АЭС, которая усложнила использование мелиорированных земель, в 1990 г. на станции был создан и работает радиэкологический центр (сегодня лаборатория агроэкологии и радиэкологических исследований). Целями исследований этого подразделения являются системный мониторинг, анализ и прогнозирование радиэкологического состояния пострадавших территорий, оценка эффективности ведения сельскохозяйственного производства в условиях радиационного загрязнения и разработка мероприятий по получению экологически чистой продукции в данных условиях. Проведен ряд исследований по выращиванию основных сельскохозяйственных культур в условиях радиоактивного загрязнения. Разработана технология создания лугов и пастбищ на радиоактивно загрязненных землях, которые дают возможность получать продукцию животноводства в пределах допустимых норм загрязнения радионуклидами. Проведен радиэкологический мониторинг и картографирование загрязненных сельхозугодий, изучены процессы миграции радионуклидов в почве, а также в системе почва – растение – (животное) – человек. Изучены факторы, формирующие дозы облучения населения региона, разработан ряд рекомендаций безопасного проживания и ведения сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения.

Значительная часть исследований станции посвящена проблемам усовершенствования технологий и технических средств водорегулирования для комплексной реконструкции и модернизации осушительных систем зоны Полесья; разработки программно-информационного комплекса систем точного земледелия для мелиорированных торфяных почв; обобщения агротехнических и агроэкологических основ сохранения плодородия торфяных почв; селекции и семеноводства многолетних трав и др. Станция выполняет задачи по разработке основ формирования устойчивых агроэкосистем на мелиорированных почвах Западного Полесья в условиях радиоактивного загрязнения; проводит исследование процессов трансформации мелиорированных органогенных почв Западного Полесья, разработки способов и технологий их эффективного использования в современных экономических и климатических условиях; изучает эффективность и приемы применения регуляторов роста при выращивании сельскохозяйственных культур на осушаемых землях Полесья.

Основные результаты научных исследований станции последних лет:

- энергосберегающая экологически безопасная система сельскохозяйственного использования осушаемых торфяных почв Западного Полесья;
- технология создания высокопроизводительных травостоев сенокосного и пастбищного использования на мелиорированных радиоактивно загрязненных почвах Западного Полесья;

- рекомендации по эффективному использованию мелиорированных радиоактивно загрязненных земель Западного Полесья на основании выращивания новых и малораспространенных кормовых культур;
- технология создания и использования высокопродуктивных семенников многолетних злаковых трав на осушаемых торфяных почвах Западного Полесья;
- концепция ведения кормопроизводства на мелиорированных радиоактивно загрязненных землях Западного Полесья;
- рекомендации по использованию регуляторов роста при выращивании картофеля и овса на осушаемых землях Полесья и др.

На станции ведется многолетний стационарный опыт по изучению трансформации торфяных почв под действием осушения и длительного сельскохозяйственного использования, который функционирует с 1955 г. и является уникальным не только для украинской науки. Также проводятся исследования по рекультивации торфяных пожарищ и их возвращению к полноценному сельскохозяйственному использованию. Решение этой проблемы довольно актуально для полесского региона, где в засушливые годы пожарами повреждаются тысячи гектаров торфяных полей, которые выводятся из сельскохозяйственного использования. На станции разработана и апробирована технология, которая позволяет за 2–4 года вернуть земли после пожарищ в сельскохозяйственное использование и получать на них высокие урожаи.

В советский период истории станции здесь работали или руководили исследованиями доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент АН Украины Н. А. Тюленев, доктор технических наук, профессор А. М. Янголь; доктор сельскохозяйственных наук Н. Н. Шевченко, доктор сельскохозяйственных наук Х. М. Стариков, доктор технических наук, профессор В. Е. Алексеевский, доктор технических наук О. В. Скрипник и др. Здесь начинал свою научную деятельность Г. С. Кияк, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент Академии наук Украины, один из основоположников современного отечественного луговодства. Почти 40 лет (1937–1976) его дело продолжал доктор сельскохозяйственных наук Б. И. Демянчик, с именем которого связаны фундаментальные разработки по вопросам луговодства и создания культурных пастбищ на мелиорированных почвах, выведения сортов многолетних трав. Работали и защитили диссертации более 50 кандидатов и докторов сельскохозяйственных, биологических и технических наук.

Существенный вклад в организацию и развитие инфраструктуры станции (в советский период) внесли бывшие директора: И. Хмара, А. Гордийчук, Л. Сушицкий, А. Загорулько. Становлению высокого уровня научной работы станции способствовали научные сотрудники кандидат биологических наук Б. Демянчик, доктор сельскохозяйственных наук М. Проскура, кандидат сельскохозяйственных наук Ф. Дудинец, кандидат биологических наук М. Бувальцев, кандидаты сельскохозяйственных наук А. Ванькевич, Е. Гнида, Ю. Коробченко, С. Скрипниченко и др.; научные работники В. Варавкина, П. Багнак, Л. Потапович, Г. Левчук, О. Пугач, М. Столяр и многие другие.

Сарненская исследовательская станция награждена Почетной грамотой Президиума Верховной Рады УССР (1965 г.), Почетным дипломом Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР (1977), Почетной грамотой Министерства мелиорации и водного хозяйства УССР (1989 г.). Станция имеет ряд дипломов выставок передового опыта в народном хозяйстве Украины за разработку и внедрение в производство мероприятий по эффективному использованию осушенных земель.

За заслуги в научной деятельности Орденом Трудовой Славы III степени награжден А. С. Гордийчук. Медалями за доблестный труд награждены кандидаты сельскохозяйственных наук А. С. Гордийчук, Б. И. Демянчик, А. М. Загорулько, Почетной грамотой Кабинета министров Украины награжден директор станции Н. Г. Стецюк.

За достижение высоких результатов в экспериментальном хозяйстве станции орденами Трудового Красного Знамени и Октябрьской Революции награждена Н. П. Тивончук. Кавалерами ордена Трудового Красного Знамени являются М. И. Виговская, Е. К. Дебела, Т. С. Мартиноук, А. Я. Долид, кавалерами ордена «Знак Почета» – Г. В. Катрук, Е. В. Савсюк, а кавалерами ордена Трудовой Славы III степени – Л. О. Волощук. По результатам работы много работников и специалистов станции неоднократно награждались медалями и дипломами ВДНХ СССР.

7.3. Краткая характеристика гидроморфных осушаемых почв

Гидроморфные почвы на территории Украины широко распространены на Полесье, в Западной Лесостепи, Прикарпатье и Закарпатье. Общая площадь болотных и заболоченных гидроморфных земель в пределах сельскохозяйственных угодий составляет 4 млн 884 тыс. га, в том числе почв с осушительной сетью (брутто) – 3 млн 300 тыс. га.

К гидроморфным относятся почвы, в образовании которых ведущую роль играют подпочвенные воды и верховодка, которая приводит их к постоянному или длительному переувлажнению. Земледелие на этих почвах без проведения гидромелиорации невозможно. После проведения дренажных работ и сброса избыточных грунтовых вод гидроморфные почвы трансформируются в полугидроморфные и становятся пригодными для реализации всех необходимых для выращивания сельскохозяйственных культур технологических операций.

Целый ряд разнообразных по своему генезису, составу и свойствам гидроморфных почв делится на две большие и отличающиеся агроэкологические группы: торфяные и минеральные заболоченные почвы.

В экосистемах данные группы почв выполняют важные функции, которые обязательно должны учитываться в практике мелиорации и мелиоративного земледелия. Среди них торфяники с мощностью органогенного слоя от 20 см до 3 и больше метров в экологическом отношении наиболее уязвимы. После осушения торфяные горизонты, которые находятся в верхней аэрированной зоне почвенного профиля, очень быстро минерализуются, расплываются (особенно под пропашными культурами) и подвергаются интенсивной дефляции (ветровой эрозии), срабатываются и оседают.

Освоение осушенных торфяных почв под сельскохозяйственные культуры имеет свою специфику и нуждается в таком чередовании культур, которое обеспечивало бы почвозащитную функцию. Длительность лугового периода в структуре севооборота не должна быть меньше 50 %.

Вторая группа гидроморфных почв – минеральные заболоченные. Экологически это более стойкие почвы, чем торфяные. Тем не менее после осушения они также, в зависимости от характера использования и режима водорегулирования, могут подвергаться разным видам деградации, а именно дегумификации, ветровой эрозии, вторичному подкислению, алюминизации и т. п. Замедлить развитие указанных отрицательных явлений в современном почвообразовании можно только в условиях рационального объединения гидротехнических мелиораций с агротехническими мероприятиями по окультуриванию и воспроизведению плодородия осушенных земель. Данные мероприятия должны дифференцироваться согласно структуре грунтового покрова и свойств осушаемых почв.

7.4. Характеристика торфяных почв Сарненской исследовательской станции

Болото Чемерное, на котором проводит свои работы Сарненская исследовательская станция, размещено в западной, наиболее заболоченной части Полесья. Общая площадь болота составляет более 4500 га. Своей формой оно напоминает два круга неправильной формы, которые соединены узким (1,5–2,0 км) перешейком. В нижней части перешейка и расположены поля станции.

К сожалению, первоначальный вид болота Чемерное установить тяжело. Имеющиеся источники (материалы маршрутного описания Западной экспедиции генерала И. И. Жилинского) довольно ограничены. Однако, исходя даже из этого маршрутного описания, можно указать, что его поверхность в силу разных гидрологических условий была покрыта разнообразной растительностью. В восточной части болота была, в основном, травяная растительность – осока омская, камыш, овсяница красная, калужница, пушица узколистная. Центральная и северная части болота были покрыты березой белой, березой приземистой. В травяном ярусе преобладали осоки. Встречались также камыш, плаун-трава, горец болотный, пушица узколистная и хвощ.

В районе слияния двух магистральных каналов, проложенных в период работы Западной экспедиции, поверхность болота представляла собой сплошной покров гипнового мха. В свободных местах, не покрытых мхами, росли овсяница красная, калужница, изредка камыш.

Более детальное исследование болота было проведено в 1958 г. при реконструкции осушительной сети. Полученные результаты показали, что местоположение болота Чемерное – широкая, пролегающая из юго-запада на северо-восток долина, которая возникла на Горынь-Случанском водоразделе в период максимального обледенения суши. Сложившиеся в послеледниковый период физико-географические условия оказывали содействие накоплению здесь флювиогляциальных, а после отступления ледника атмосферных и особенно почвенных вод. В отдельных местах вода застаивалась, создавая условия для поселения и роста влаголюбивых растений. Ими были камыш, вахта трехлистная, гипновые мхи и др.

Результатом их жизнедеятельности стало накопление мощного пласта (до 2,5–3,0 м) гипново-осокового торфа. С увеличением мощности торфа уменьшалось поступление зольных веществ от дна до периферии. Происходило интенсивное вытеснение требовательных к зольному питанию растений менее требовательными. Это особенно заметно в восточной части болота, где в травостое преобладали гипновые мхи. Формировался гипново-осоковый торф, мощность которого измерялась в пределах от 25 до 100 см.

Северную и центральную часть болота занимала древесная растительность, береза приземистая, береза белая, ива пепельная. В травяном ярусе росли разные виды осок, камыш, плаун-трава, горец болотный, гипновые мхи. Формировался гипново-древесно-осоковый торф мощностью до 140 см. В юго-западной части болота преобладали осока, камыш и отдельные виды деревьев. В результате их жизнедеятельности образовался древесно-камышовый торф мощностью до 50 см.

Имеющиеся данные (Б. А. Ганжа, 1913) анализов болота Чемерное показывают, что общая зольность верхнего слоя торфа до осушения составляла 15,34–16,55 %. Количество общего азота изменялось в пределах 3,25–3,36 %, кальция – 1,81–2,19 %. Содержание общего фосфора составляло 1,41–2,19 %. Полная влагоемкость торфа достигала 546,3–577,8 %.

После осушения и сельскохозяйственного использования условия среды резко изменились. Усилился окислительный процесс, а вместе с ним интенсивное разложение самой органической породы – торфа. Воздействие вспашки, внесение минеральных удобрений, а также жизнедеятельность сельскохозяйственных растений и разных групп микроорганизмов обусловили направление грунтовых процессов. Морфологически эти изменения привели к созданию качественно нового типа почв – торфяных. Последние, в отличие от торфа, характеризуются переменным содержанием влаги, имеют аэробные микроорганизмы и живую корневую систему, владеют эффективным плодородием.

По существующей классификации на осушаемом торфоболотном массиве Чемерное распространены, в основном, три разновидности торфяных почв:

- мощные торфяные средnezольные железисто-вивианитовые почвы;
- мощные торфяные малозольные почвы;
- среднеторфяные высокозольные почвы.

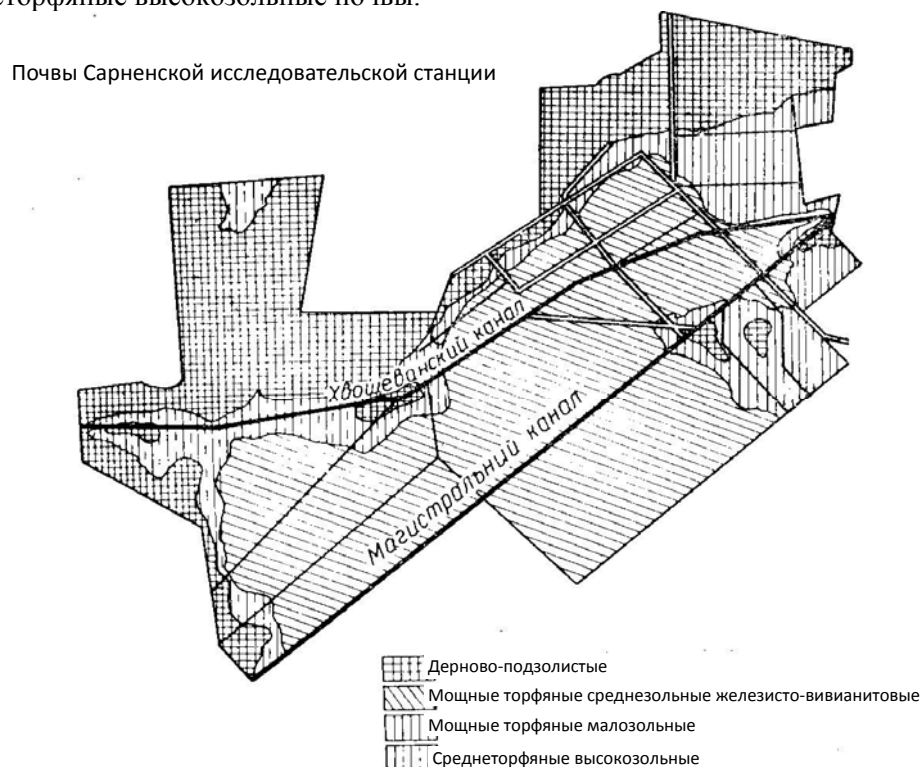


Рис. 7.1. Почвы Сарненской исследовательской станции ИВПиМ НААН

Строение и мощность торфа характеризуют приведенные ниже описания нескольких наиболее типичных почвенных разрезов.

Разрез 39 заложен на мощных торфяных средnezольных железисто-вивианитовых почвах в центральной части болота на участке, осушенном в 1924 г. и введенном в культуру в 1926 г.

T_1 – 0–33 см. Торф черно-бурый, землистый, очень хорошо разложен со слабо выраженной мелкокомковатой структурой, рыхлый. Сильно пронизан корнями растений, влажный. Переход резкий.

T_2 – 33–60 см. Торф черно-бурый, волокнистый с неразложившимися останками осок и мхов, слабо уплотненный, средне разложен. Встречаются корневища и стебли камыша. Торф влажный, переход заметный.

T_3 – 60 см и глубже. Торф светло-бурый с желтоватым оттенком, рыхлый, с остатками полуразложившихся корней и стеблей камыша и осоки. На глубине 72–78 см и 107–117 см отмечены желтовато-серые прослойки вивианита, которые на воздухе приобретают синий цвет. Начиная из глубины

190 см вклиниваются грунтовые воды. Глубина уровней грунтовых вод в данном районе достигала 90 см. Мощность торфа – 3,8 м. Общая площадь, занимаемая мощными среднезольными железисто-вивианитовыми почвами, составляет 222,9 га.

Разрез 59 заложен на мощных торфяных малозольных почвах в 140 м восточнее от поворота автомагистрали на г. Дубровица, на участке, осушенном и освоенном в 1940 г.

T₁ – 0–33 см. Торф темно-коричневого цвета, хорошо разложенный, рыхлый, влажный, пронизанный корням растений. Переход к следующему горизонту резкий.

T₂ – 30–70 см. Торф светло-бурый, слабо разложенный, мелковолокнистый с хорошо сохранными корнями и стеблями осок и гипновых мхов. Слегка уплотненный, влажный. Переход заметный.

T₃ – 70 см и глубже. Торф темно-бурый, рыхлый, сложен из хорошо сохранных останков осок, гипновых мхов и камыша. Насыщен влагой более сильно, чем предыдущий горизонт. На глубине 250 см стоят грунтовые воды.

Глубина уровней грунтовых вод 70 см от поверхности почвы. Мощность торфяника в данном месте составляет 3,7 м. Распространение этих почв на массиве Чемерное довольно значительна, однако в землепользовании станции их насчитывается всего 41,3 га.

Разрез 20 заложен на среднеторфяных высокозольных почвах в юго-западной части болота на участке «Хвощеватая».

T₁ – 0–22 см. Торф темно-коричневого цвета, рыхлый, с заметным включением песчаных зерен, хорошо разложенный, влажный, переход резкий.

T₂ – 22–107 см. Бурый, средней степени разложения, осоково-древесно-камышовый торф. Влажный, переход постепенный.

S_{г1} – 107 см и глубже. Песок серый, среднезернистый, оглеенный, обогащенный органическими остатками.

Приведенное описание почвенных разрезов указывает на наличие ярко выраженного двучленного профиля этих почв – верхнего (0–30 см) хорошо окультуренного и нижнего (40 см и ниже), почти не затронутого почвообразующим процессом. Пахотный слой этих почв в отличие от нижних горизонтов обладает более темной, почти черного цвета окраской, уплотненный, сильно гумифицированный, почти землистый, характеризуется мелкокомковатой структурой и, в основном, слабо увлажненный.

Нижние горизонты, наоборот, почти всегда влажные, торф слабо разложен, волокнистый, более рыхлый, светло-желтого цвета. Плотность почвы в подпахотном слое составляет 0,137–0,190 г/см³, в пахотном слое – 0,221–0,265 г/см³.

7.5. Вегетационный период на торфяно-болотных массивах Западного Полесья в условиях современного климата (на примере массива Чемерное)

Характер и режим процессов, которые происходят в окружающей среде, определяет прежде всего температура воздуха как одна из основных метеорологических величин. Изучая ее роль в биологических процессах, П. И. Колосков пришел к заключению о том, что для развития растений температура есть основной метеорологический фактор, а рост и развитие растений определяется комплексом таких факторов. Гаспарен еще в 1844 г. предложил за «биологический нуль» развития яровых хлебных злаков принять температуру 5 °С, а в 30-х годах прошлого столетия Г. Т. Селянинов, проанализировав многолетние фенологические наблюдения по разным видам растений, предложил климатическим признаком вегетационного периода (ВП) нетребовательных к теплу растений считать даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 5 °С весной и осенью [25]. Эти даты и сегодня в мировой практике считаются временной границей периода вегетации большинства культурных и дикорастущих растений зоны умеренного климата. Определение вегетационного периода как устойчивого отрезка времени со средней суточной температурой воздуха, большей 5 °С, применяется и в современной отечественной агрометеорологии [16].

Таким образом, исследования дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через границы 5 °С весной и осенью дает представление о динамике температурного режима территории на протяжении года, разделяя его на теплый (вегетационный) и холодный периоды. Длительность этих температурных интервалов в первом приближении информирует о тепловых ресурсах региона, которые влияют на ритмы развития растительности, жизнь животного мира и жизнедеятельность самого человека. Эти знания широко используются работниками сельского хозяйства для принятия стратегических решений относительно выращивания тех или иных культур в разных природных зонах и определения сроков проведения агротехнических мероприятий, а также во многих других сферах деятельности человека.

Современные изменения дат устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 5 °С являются одним из проявлений глобального потепления на региональном и ландшафтном уровне и, как следствие, приводят к трансформации длительности вегетационного периода, в частности на территории Западного Полесья в условиях торфоболотных массивов.

В 2015 г. Межправительственная группа экспертов с изменения климата (МГЭИК) при ООН представила V оценочный доклад об изменениях климата. Авторы доклада констатируют, что средняя глобальная температура на планете с 1880 по 2012 год повысилась на 0,85 °С, при этом ее повышение происходит как на поверхности планеты, так и в тропосфере (на высоте до 10 км). В более высоких слоях – в стратосфере и мезосфере, наоборот, холодает. Это признано весомым подтверждением того, что потепление на Земле происходит именно из-за деятельности человека [12]. По информации той же МГЭИК и Всемирной метеорологической организации (ВМО), средняя скорость повышения глобальной температуры до 1970 г. составляла 0,05 °С за 10 лет, а в последние десятилетия она удвоилась [4].

Анализ изменений температуры воздуха в Украине за период XX – начало XXI столетия, проведенный климатологами Центральной геофизической обсерватории МЧС, также подтверждает ее стремительный рост и региональную неоднородность этого процесса. Так, в первой половине прошлого столетия потепление (положительный тренд годовой температуры воздуха) по всей территории страны составляло 0,1–1,4 °С за 60 лет. За последние же 40 лет наблюдалась другая ситуация: в Степи увеличение температуры было сравнительно незначительным (0,5 °С), а в Лесостепи и Полесье происходило ее стремительное повышение – на 1,3–3,4 °С. Изменения годового температурного режима также имели региональные особенности. Наибольшее потепление в последние четыре 10-летия наблюдалось в зимние месяцы: в степной зоне – на 1,1 °С, в лесостепной и полеской – на 2,6–6,3 °С. За весенне-летний период в Лесостепи и Полесье температура поднялась на 1,3–3,6 °С, а в Степи – на 0,7–7,0 °С. Осенью же, наоборот, наблюдалось снижение температуры на 0,1–1,2 °С на всей территории Украины. Учитывая это, сегодня среди основных усилий ученых, направленных на изучение этих процессов, так называемая проблема регионализации климата, или изучение того, каким образом глобальное потепление проявляется на отдельных географических территориях, одна из приоритетных.

Кроме экологических последствий, глобальное потепление имеет и социально-экономическое влияние, особенно в сельском хозяйстве – наиболее уязвимой области экономики относительно колебаний и изменений климата. Учитывая его инерционный характер и зависимость от погодных условий, уже сейчас необходимо принимать своевременные и адекватные решения относительно проблем, обусловленных изменениями климата. Это предусматривает оценку влияния существующих и ожидаемых изменений климата на агроклиматические условия выращивания сельскохозяйственных культур, и в первую очередь пересмотр временных границ вегетационного периода, особенно на региональном уровне.

Важность и актуальность данной темы доказывает ряд публикаций, которые появились в последнее время в специализированной научной литературе и посвящены этому аспекту [9, 18–20, 27]. Опубликованные данные наблюдений показывают, что тенденция изменения сроков наступления и продолжительности вегетационного сезона приобрела стойкий характер. Эти изменения в некоторых случаях создают благоприятные условия для развития земледелия [18, 26], но в целом сложно дать однозначный ответ на вопрос о том, благоприятными ли для сельского хозяйства будут изменения климата. Дело в том, что с повышением температуры тесно связано изменение режима осадков, поэтому во многих сельскохозяйственных регионах основным будет влияние изменений характера и количества осадков, а также гидротермический баланс в широком понимании.

Изучение особенностей трансформации продолжительности вегетационных периодов под влиянием глобального потепления связано с практической значимостью сезонной динамики природы и сельскохозяйственной деятельности. Кроме того, оценки тенденции изменения этих агроклиматических показателей разрешают исследовать нестационарность проявления климатических изменений за определенный временной отрезок. Таким образом, учитывая последнее замечание, продолжительность вегетационного периода в проведенном исследовании рассматривали в первую очередь как климатическую характеристику.

Учитывая то, что на территории Западного Полесья торфяно-болотные массивы охватывают значительную часть территории, общей целью проведенного исследования было обобщение, анализ и интерпретация многолетних значений показателей, которые характеризуют наступление и продолжительность вегетационного периода в этих специфических условиях. Основной целью было определить реакцию продолжительности периода вегетации на глобальное потепление, т. е. то, каким образом и насколько изменились указанные климатические характеристики в исследуемых экотопах.

Для исследования были использованы непрерывные статистические ряды данных среднесуточных температур за период 1946–2013 гг. по метеопосту Сарненской исследовательской станции, который расположен на осушаемом торфяно-болотном массиве Чемерное (Ровенская область). Этот массив по условиям образования, морфологическим признакам, ботаническому составу, физическим, водно-физическим и агрохимическим свойствам почв является типичным для Западного Полесья глубоким среднезольным непоименным гипново-осоковым болотом низинного типа (Г. И. Танфильев, 1895; Б. А. Ганжа, 1913; В. С. Доктуровский, 1932; S. Tolpa, 1933; S. Tomaszewski, 1935; А. Ф. Бачурина, Э. М. Брадис, 1954 и др.).

Методы исследования – статистический, регрессионный, корреляционно-регрессионный и графический анализ. В основу сравнительного анализа положена стандартная климатическая норма (СКН) среднемесячной температуры воздуха согласно «Климатическому кадастру Украины» [15] за контрольный период (1961–1990 гг.). Согласно современным рекомендациям ВМО [16] период выбран на основе довольно обоснованных физико-климатических соображений, суть которых заключается в том, что этот промежуток времени есть оптимальный, когда уменьшалось к минимуму влияние междугодных климатических флуктуаций, с одной стороны, и длительно периодических с другой. По СКН температур с помощью статистического метода гистограмм А. А. Шепелевского и формулы Е. С. Улановой была рассчитана СКН дат перехода среднесуточной температуры воздуха через 5 °С. Даты перехода для каждого года рассчитаны по среднесуточным температурам по методу А. Б. Федорова, который используется Украинским гидрометеорологическим центром.

Известно, что форма рельефа и характер подстилающей поверхности играют значительную роль в формировании погодных условий. Особенно это касается торфоболотных массивов, которые расположены в понижениях рельефа. Их органогенные почвы имеют низкую теплопроводность и высокую теплоемкость. Они слабо проводят тепло из глубоких слоев к поверхности и быстро охлаждаются после заката Солнца [29]. В справочной литературе, как правило, приведены данные по метеостанциям, расположенным на суходольных территориях, но практика показывает, что погодные условия на болотных массивах значительно отличаются от условий на суходолах, расположенных даже в непосредственной близости.

Для сравнения температурного режима на суходоле и болоте, расположенных на расстоянии нескольких километров друг от друга, нами проведено сопоставление стандартных климатических норм температуры воздуха по метеостанции Сарны Госгидрометеослужбы Украины [15] (суходол) и этого же показателя, рассчитанного для болотного массива Чемерное (табл. 7.1).

Таблица 7.1

СКН температуры воздуха на суходоле и болоте (Сарненский р-н Ровенской обл.)

Месяц	Средняя температура воздуха, °С		Разница значений	
	суходол	болото	абсолютная, °С	относительная, %
Январь	–5,4	–5,40	0,00	0,0
Февраль	–4,0	–4,03	–0,03	0,0
Март	0,6	0,43	–0,17	–27,8
Апрель	8,0	7,72	–0,28	–3,6
Май	14,1	14,04	–0,06	–0,4
Июнь	17,0	16,98	–0,02	–0,0
Июль	18,2	18,06	–0,14	–0,8
Август	17,4	17,04	–0,36	–2,1
Сентябрь	13,1	12,54	–0,56	–4,3
Октябрь	7,7	7,34	–0,36	–4,7
Ноябрь	2,3	2,23	–0,07	–2,8
Декабрь	–2,2	–2,28	–0,08	–3,8
ВП	13,64	13,39	–0,25	–1,9
ГОД	7,23	7,05	–0,18	–2,5

По представленным данным видно, что лишь в феврале и июне среднемесячные температуры воздуха практически одинаковые, в других месяцах температура на болотном массиве ниже. Наибольшая абсолютная разница температур между суходолом и болотом наблюдается в августе – октябре (0,4–4,6 °С). При этом показательна значительная относительная разница температур между этими ландшафтами в марте (28 %) – последнем месяце перед началом теплого периода. Таким образом, приведенный анализ подтверждает целесообразность отдельного изучения агроклиматических характеристик вегетационного периода в условиях торфоболотных массивов региона.

Рассчитанные по данным таблицы 7.1 даты устойчивого перехода температуры воздуха через 5 °С весной ($D_{T>5^{\circ}\text{C}}$) и осенью ($D_{T<5^{\circ}\text{C}}$) приведены в таблице 7.2. По этим данным видно, что через особенности температурного режима низинных болот, продолжительность сезона вегетации здесь на 2 дня короче, чем на суходоле.

Таблица 7.2

СКН дат устойчивого перехода температуры воздуха через 5 °С и длительности вегетационного периода на суходоле и болоте (Сарненский р-н Ровенской обл.)

Вегетационный период	Дата перехода температуры через 5 °С		Разница показателей, дни
	суходол	болото	
Начало ($D_{T>5^{\circ}\text{C}}$)	03.04	04.04	1
Окончание ($D_{T<5^{\circ}\text{C}}$)	30.10	29.10	1
Продолжительность, дней	210	208	2

Для более полной характеристики исследуемых параметров вегетационного периода проведено вероятностно-статистический анализ полного ряда наблюдений (табл. 7.3).

Таблица 7.3

Продолжительность вегетационного периода в условиях торфоболотных ландшафтов Западного Полесья (массив Чемерное Сарненской исследовательской станции, 1946-2013 гг.)

Показатель	min	Вероятность, %							max	$\pm\sigma$, дней	C_v , %
		5	10	25	50	75	90	95			
$D_{T>5^{\circ}\text{C}}$	21.02	17.03	21.03	28.03	04.04	12.04	19.04	23.04	29.04	11,4	12,0
$D_{T<5^{\circ}\text{C}}$	06.10	12.10	16.10	23.10	31.10	08.11	15.11	19.11	26.11	11,6	3,8
ВП, дни	179	184	190	199	210	220	229	235	263	15,3	7,3

Итак, за 68 лет наблюдений средняя продолжительность вегетационного периода (средняя многолетняя норма, СМН) составляла 210 дней (дов. инт. 95 % = $\pm 3,7$; ст. откл. = 1,9), т. е. была равной СКН. Самый короткий ВП за время наблюдений (179 дней) был в 1997 г., а самый длинный – в 1990 г. (263 дня). Дифференциальное распределение продолжительности ВП приведено на рисунке 7.2. Как видно из гистограммы, в 49 % случаев продолжительность периода вегетации составляла 200–220 дней, а в 35 % – ВП длился 190–200 и 220–230 дней.

Гистограмма распределения продолжительности вегетационного периода
 $K-S d=0,06116$; $p>0,20$; Лиллиефорса $p>0,20$; Шапиро-Уилка $W=0,97076$, $p=0,11031$

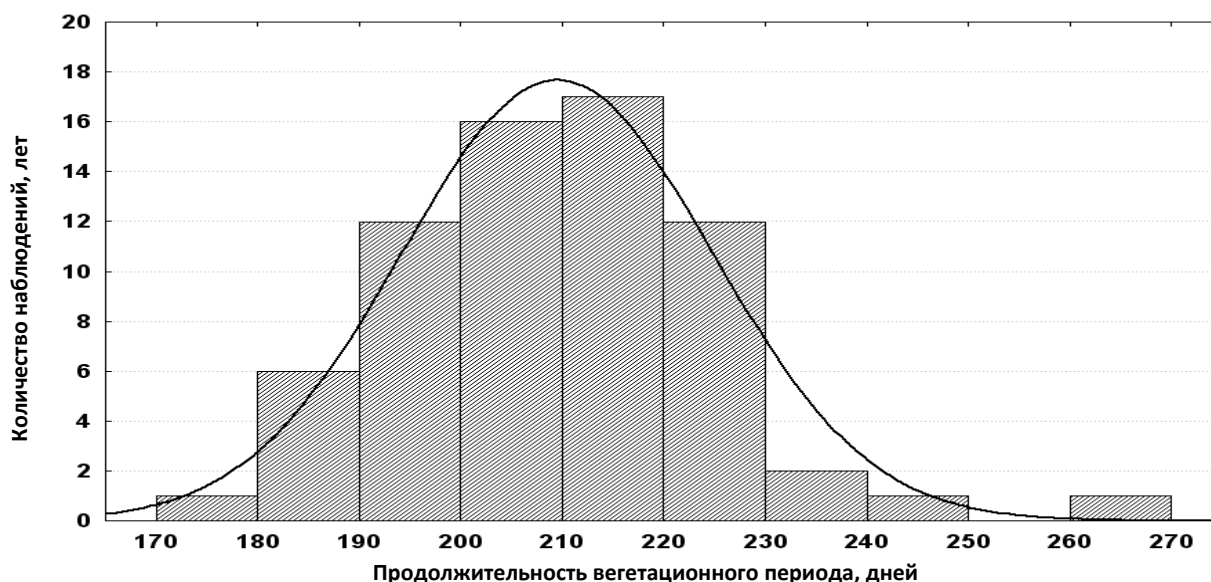


Рис. 7.2. Дифференциальное распределение продолжительности вегетационного периода в условиях торфоболотного массива Чемерное (Ровенская обл.), 1946-2013 гг.

Самое раннее начало ВП наблюдалось 21 февраля 1990 г., а самое позднее – 29 апреля 1954 г. при среднем многолетнем значении 4 апреля. Самое раннее завершение вегетационного периода отмечено в 1951 г. (6 октября), а самое позднее – в 1969 г. (26 ноября) при СМН 31 октября. На III декаду марта – I декаду апреля приходится 60 % дат весеннего перехода температуры, а на III декаду октября – I декаду ноября – 63 % осенних дат.

Стандартное отклонение ($\pm\sigma$), которое включает 68,3 % данных исследуемого ряда, для обеих дат перехода температур было близким ($\approx 11,5$), что характеризует одинаковую интенсивность междугодичных флуктуаций исследуемых величин. Коэффициенты вариации (C_v) указывают на большую вариативность дат начала периода вегетации, чем дат его завершения. Кроме того, величины коэффициентов вариации исследуемых характеристик ($C_v < 40\%$) служат ориентировочным критерием принадлежности данных выборок к нормальному типу, что подтверждено и графически (рис. 7.1).

Для расчета обеспеченности дат устойчивого перехода температуры через границы $5\text{ }^\circ\text{C}$ использована формула М. Г. Чегодаева. На основе полученных показателей нами разработана градационная классификация дат начала и завершения вегетационного периода (табл. 7.4).

Таблица 7.4

Обеспеченность дат наступления и завершения вегетационного периода в условиях осушаемых торфяников Западного Полесья (массив Чемерное Сарненской ИС, 1946-2013 гг.)

Характеристика дат	Обеспеченность, %	Вегетационный период		Повторяемость, 1 раз / n лет
		начало ($D_{T>5^\circ\text{C}}$)	конец ($D_{T<5^\circ\text{C}}$)	
Очень ранняя	больше 95	< 18.03	< 14.10	≥ 25
Ранняя	75-75	18.03–29.03	14.10–22.10	5-24
Средняя	25-25	30.03–12.04	23.10–07.11	2-2
Поздняя	5-25	13.04–25.04	08.11–24.11	5-24
Очень поздняя	до 5	> 25.04	> 24.11	≥ 25

По тем же критериям классифицирована продолжительность вегетационного периода: очень короткий – 185 дней, короткий – 186–199 дней, средний – 200–220 дней, продолжительный – 221–233 дня и длительный – 234 дня.

Для выяснения вопроса о том, как и насколько изменилась продолжительность вегетационного периода, был проведен графический анализ хронологического ряда наблюдений путем построения линейных трендов и 5-летних скользящих усреднений (рис. 7.3).

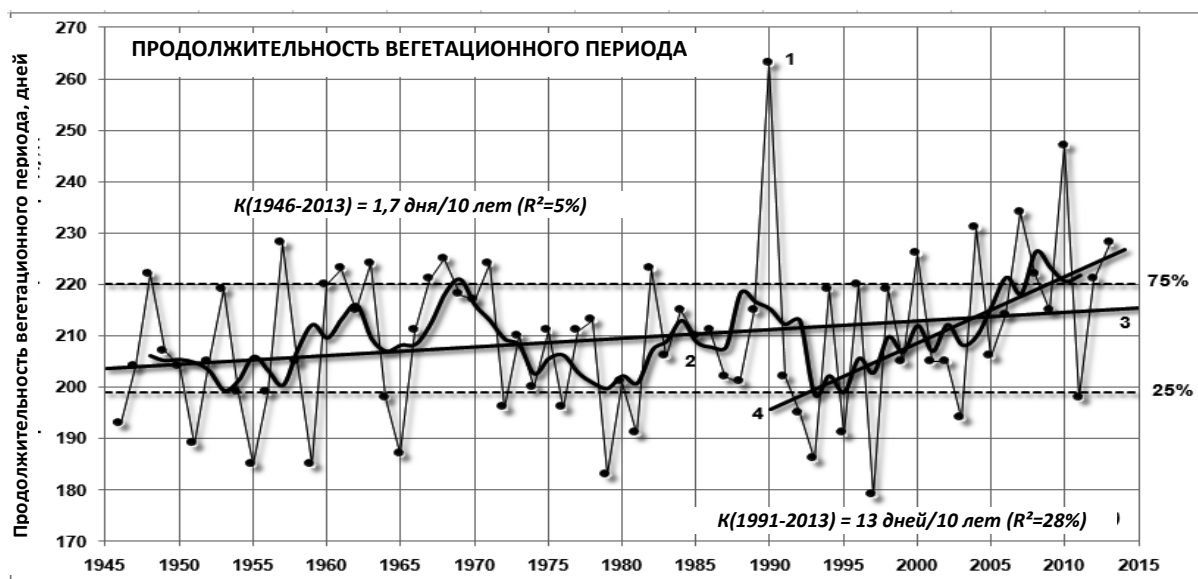


Рис. 7.3. Многолетний ряд наблюдений продолжительности вегетационного периода в условиях торфоболотного массива Чемерное (Ровенская обл.): 1 – хронологический ряд; 2 – 5-летнее скользящее усреднение; 3 и 4 – линейные тренды 1946-2013 и 1991-2013 гг.; 25-75 % – межквартальный размах показателей (включает 50 % всех наблюдений)

Как видно на рисунке 7.3, на протяжении 68 лет наблюдалась общая тенденция к увеличению продолжительности ВП: коэффициент линейного тренда (3) составляет 1,7 дней/10 лет. Но 5-летнее скользящее усреднение ряда (2) показывает, что на разных промежутках времени этот процесс имел разную направленность, т. е. наблюдались колебания продолжительности разной амплитуды. В то же время по завершении контрольного периода (с 1991 г.) до сегодняшнего дня наблюдается стремительный рост продолжительности периода вегетации с динамикой 13 дней/10 лет.

Нужно подчеркнуть, что полученные коэффициенты линейных трендов имеют относительную прогностическую ценность, то есть характеризуют динамику процесса, который уже состоялся за исследуемый период времени, и показывают общую тенденцию на ближайшее время при условии,

что не будет значительных противоположно направленных изменений процесса. Дело в том, что значение коэффициентов линейных трендов гидрометеорологических параметров существенно зависит от выбранного для их оценки периода, что хорошо иллюстрирует тренд последних двух десятилетий. Сделанные замечания ясно отображают коэффициенты линейных трендов характеристик ВП, рассчитанные для разных отрезков ряда наблюдений (табл. 7.5).

Таблица 7.5

Коэффициенты линейных трендов дат начала и завершения вегетационного периода и его продолжительности на разных этапах наблюдения (массив Чемерное, 1946–2013 гг.)

Годы наблюдений	Коэффициенты линейных трендов, дней/10 лет		
	Начало ВП ($D_{T>5^{\circ}\text{C}}$)	Конец ВП ($D_{T<5^{\circ}\text{C}}$)	Продолжительность ВП
1946–1960	10,1	11,7	1,6
1961–1990	-4,1	-3,5	0,6
1991–2013	-9,0	4,0	13,0
1946–2013	-1,2	0,4	1,7

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ показал, что продолжительность ВП имеет практически одинаковые корреляционные связи как с весенней датой перехода температуры через 5°C ($r = -0,659$; $p < 0,001$), так и с осенней ($r = 0,678$; $p < 0,001$). Но поскольку зависимость продолжительности ВП от даты весеннего перехода ($D_{T>5^{\circ}\text{C}}$) имеет определенное прогностическое значение, нами исследована регрессионная связь между ними:

$$\text{ВП} = 293,8 - 8,89 \times D_{T>5^{\circ}\text{C}} \text{ (дней).}$$

Выведенная зависимость показывает, что с увеличением (уменьшением) даты весеннего перехода температуры на каждые 10 дней продолжительность ВП (при неизменной $D_{T<5^{\circ}\text{C}}$) сокращается (увеличивается) на ≈ 9 дней. Коэффициент детерминации ($r^2 = 0,43$; $p < 0,001$) показывает, что эта модель описывает продолжительность ВП лишь на 43 % (рис. 7.4), а зависимость от $D_{T<5^{\circ}\text{C}}$ составляет 46 %.

$$\text{ВП} = 293,83 - 0,89 \times D_{T>5^{\circ}\text{C}} \text{ (0,95 предв. инт.)}$$

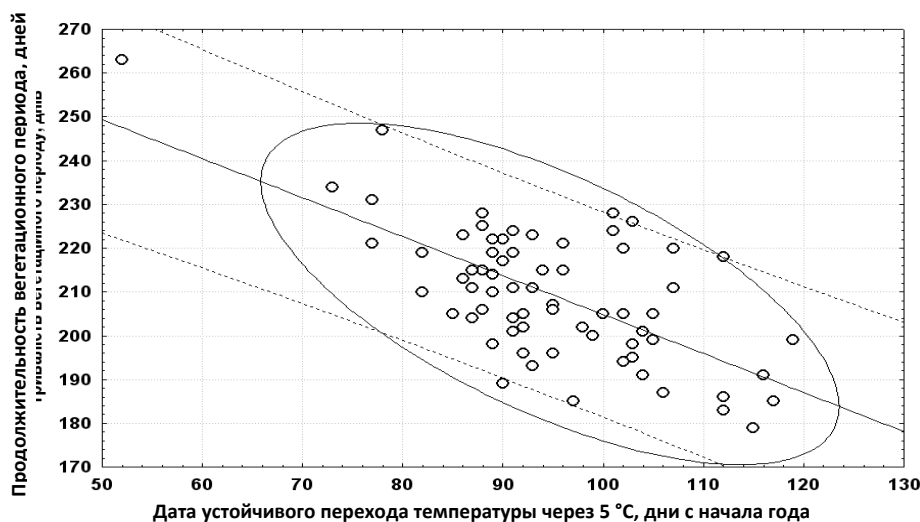


Рис. 7.4. Зависимость продолжительности вегетационного периода от даты весеннего перехода температуры через 5°C (торфоболотный массив «Чемерное» Ровенской обл.)

Итак, в результате проведенного исследования установлены количественные и качественные показатели реакции продолжительности вегетационного периода в условиях осушаемых торфоболотных массивов Западного Полесья на потепление климата. Выявлено, что начиная с 1991 г. трансформация показателей проходила наиболее стремительно. Так, тенденция к более раннему наступлению периода вегетации весной имела динамику 9 дней/10 лет, а к более позднему завершению осенью – 4 дня/10 лет. Это обусловило динамику увеличения продолжительности вегетационного сезона со скоростью 13 дней/10 лет при том, что этот показатель за контрольный период (1961–1990 гг.) был почти стабильным (0,6 дня/10 г.). Установлены корреляционно-регрессионные зависимости ($r = 0,66-0,68$; $p < 0,001$) продолжительности вегетационного периода от дат устойчивого перехода температуры, которые определяют его начало и завершение. На основе рассчитанной обеспеченности показателей разработана градационная классификация характеристик вегетационного периода. Установлены количественные отличия этих характеристик в условиях болотного массива и соседнего суходола.

7.6. Потенциал кормовой продуктивности многолетних трав и малораспространенных кормовых культур на осушаемых торфяных почвах

Осушаемые торфяные почвы, в отличие от близлежащих минеральных почв, богаты азотом и имеют достаточную обеспеченность влагой. Растения здесь формируют мощную вегетативную массу, которую можно использовать как на корм животным, так и, при необходимости, на производство биотоплива.

Многолетними исследованиями Сарненской исследовательской станции и других научных учреждений доказано, что наиболее интенсивная минерализация торфа происходит под пропашными культурами, а наименьшая – под многолетними травами. С увеличением срока использования травостоев процесс минерализации сводится к минимуму. Это послужило теоретической основой для обязательного широкого использования на торфяных почвах посевов многолетних трав. Вместе с тем многолетними исследованиями доказано, что не все виды многолетних трав в специфических условиях осушаемых торфяных почв обеспечивают высокую и стабильную урожайность [23, 32, 33]. Поэтому определение наиболее продуктивных видов в условиях осушаемых торфяных почв имеет важное значение.

Для изучения потенциала урожайности и продуктивного долголетия луговых злаков на протяжении 1982–2007 гг. проведен ряд многолетних исследований по разным биоэкологическим группам растений. Одновидовые травостои закладывали широкорядным способом (для верховых корневищных злаков междурядья 45–50, для других 30–45 см), применяли оптимальные нормы высева. Для определения сравнительного потенциала каждого вида трав применялась одинаковая агротехника: весенняя подкормка фосфорно-калийными удобрениями ($P_{60}K_{120}$), при необходимости – азотными (N_{30}) и 3-разовое междурядное рыхление почвы (табл. 7.6).

Таблица 7.6

Средняя многолетняя продуктивность сухой биомассы луговых злаков в одновидовых посевах длительного использования на осушаемых торфяных почвах (1982–2007 гг.)

Биоэкологические группы	Виды трав	Урожайность сухой биомассы ($\pm\delta$), т/га
Ксерофиты	Овсяница овечья	6,90 \pm 0,7
	Ежа сборная	9,67 \pm 1,9
Мезофиты	Полевица белая	7,56 \pm 1,4
	Кострец безостый	12,13 \pm 1,8
	Тимофеевка луговая	10,98 \pm 1,8
	Овсяница луговая	8,38 \pm 1,5
	Райграс пастбищный	8,25 \pm 0,8
	Овсяница красная	8,56 \pm 2,4
Гигромезофиты	Лисохвост луговой	10,59 \pm 2,3
	Бекмания обыкновенная	10,21 \pm 2,8
	Двукосточник тростниковый	12,90 \pm 1,5
	Овсяница тростниковидная	9,34 \pm 1,1
	Мятлик болотный	7,65 \pm 1,2
Средняя многолетняя продуктивность злаков		9,90 \pm 2,5

Установлено, что наиболее урожайными из исследуемых видов многолетних злаковых трав на торфяных почвах были двукосточник тростниковый и кострец безостый, сбор сухого вещества которых в среднем за 25 лет исследований составлял больше 12 т/га. Средняя продуктивность травостоев тимофеевки луговой, лисохвоста лугового и бекмании обыкновенной за годы исследований была более 10 т/га. С учетом этого перечисленные виды трав на осушаемых торфяных почвах должны быть основными при создании лугов интенсивного сенокосного использования.

При сельскохозяйственном использовании осушаемых торфяных почв наряду с лугопастбищным использованием не менее важное место принадлежит полевому кормопроизводству. Многолетними исследованиями научных учреждений доказано, что такие высокобелковые культуры, как кукуруза, клевер, люцерна и др., в специфических условиях осушаемых торфяных почв не всегда обеспечивают высокую и стабильную урожайность вегетативной массы. Поэтому важным и не использованным в полной мере резервом полевого кормопроизводства могут стать малораспространенные кормовые культуры, которые вместе с традиционными способны обеспечить увеличение производства кормов на осушаемых торфяных почвах.

За период 2007–2014 гг. станцией проведен ряд исследований по изучению потенциала продуктивности свыше 30 видов одно- и многолетних малораспространенных в регионе перспективных

культур для получения максимального выхода биомассы на основных типах осушаемых почв. Исследования проводились на 2 типах наиболее распространенных в регионе осушаемых почв – дерново-подзолистых и торфяных.

Таблица 7.7

Средняя продуктивность зеленой биомассы однолетних кормовых культур на разных типах осушаемых почв, 2007–2014 гг., т/га

Культура	Торфяная почва	Дерново-подзолистая почва
Пайза	80,5	69,9
Редька масляная	58,2	46,8
Тифон	50,0	35,8
Люпин узколистый	17,8	26,2
Люпин	16,2	23,8
Соя Северная звезда	33,2	31,6
Соя Юг-30	21,1	21,6
Горчица	17,5	18,1
Амарант метельчатый	32,3	30,0
Амарант хвостовой	36,1	37,1
Вика яровая	11,5	8,9
Просо	27,0	23,2
Кормовые бобы	18,7	16,3
Фацелия	22,8	32,4

В результате проведенных исследований установлено несколько наиболее перспективных видов малораспространенных кормовых культур для выращивания на осушаемых торфяных и минеральных почвах, которые формируют высокий урожай биомассы. Так, среди однолетних культур самыми перспективными оказались редька масличная и пайза, которые обеспечивали получение на торфяных почвах – 58,2–80,5 т/га вегетативной массы, а на дерново-подзолистых – 46,8–69,9 т/га. Нужно также отметить и ряд других перспективных культур, в частности тифон, амаранты метельчатый и хвостовой, которые обеспечивали получение свыше 30 т/га качественной вегетативной массы.

Показатели урожайности многолетних малораспространенных кормовых культур на осушаемых дерново-подзолистых и торфяных почвах приведены в таблице 7.8.

Таблица 7.8

Средняя урожайность зеленой массы многолетних кормовых культур на разных типах осушаемых почв, 2007–2014 гг., т/га

Культура	Торфяная почва	Дерново-подзолистая почва
Горечак забайкальский	101,4	53,4
Козлятник восточный	47,6	39,2
Медовая трава	43,7	29,2
Райграс пастбищный	43,3	-
Люцерна синегибридная	42,8	28,6
Черноголовник	42,6	32,4
Астрагал нутовый	-	40,8
Астрагал серповидный	29,9	13,4
Клевер луговой	39,1	31,9
Клевер гибридный	38,9	36,2
Клевер белый	38,1	29,4
Лядвенец болотный	30,2	27,1
Лядвенец рогатый	39,3	41,7
Люпин многолетний	38,7	35,9
Мараловый корень	36,8	45,2
Вайда красильная	28,8	34,4
Эхинацея многолетняя	13,6	53,5

Среди многолетних культур наиболее перспективными оказались горчак забайкальский и козлятник восточный, которые обеспечивали получение на торфяных почвах – 47,6–101,4 т/га вегетативной массы, а на дерново-подзолистых – 39,2–53,4 т/га.

7.7. Применение стимуляторов роста сельскохозяйственных культур при их выращивании на осушаемых торфяных почвах

На современном этапе перед сельским хозяйством Украины стоят сложные задачи относительно определения путей дальнейшего развития и получения экологически чистой продукции в условиях рыночных отношений. Также через кризис в экономике нужно рационально использовать имеющиеся материально-технические ресурсы. Несоблюдение научно обоснованной структуры посевов, неправильное чередование культур, необоснованное использование химических препаратов и минеральных удобрений приводят к ухудшению экологического состояния земель (загрязнение почв пестицидами, нитратами, нитритами, тяжелыми металлами и т. д.). Все это побуждает к изучению и разработке новых, экологически безопасных, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям систем земледелия [3, 10].

Результаты исследований и производственной проверки показывают, что применение новых стимуляторов роста растений в земледелии – одно из наиболее доступных и высокоэффективных мероприятий повышения урожайности сельскохозяйственных культур. В частности, в странах Западной Европы (Германия, Франция, Великобритания) стимуляторами роста обрабатывается соответственно 76, 55 и 67 % посевов зерновых [10].

Одной из основных и традиционных сельскохозяйственных культур в зоне Полесья остается картофель. В продовольственном балансе населения он занимает второе место после зерна. Важным резервом увеличения его производства являются осушаемые торфяные почвы, на которых при соблюдении определенных агротехнических и агроуправляющих мероприятий возможно получение высоких и стабильных урожаев этой культуры. Кроме того, использование на минеральных землях посадочного материала картофеля, выращенного на торфяных почвах, обеспечивает существенную прибавку урожая [18].

Влияние стимуляторов роста растений в последние годы широко изучается в зоне Лесостепи и Степи на многих сельскохозяйственных культурах [10, 14, 22]. Вместе с тем на осушаемых торфяных почвах Западного Полесья этот вопрос до последнего времени остается мало изученным. Для его изучения на осушаемых торфяных почвах Сарненской исследовательской станции на протяжении 2011–2013 гг. в 2 полевых опытах проводили исследования влияния стимуляторов роста на продуктивность и качество урожая картофеля и овса.

В одном полевом опыте изучали 4 стимулятора роста (Потейтин, Радостим, Регоплант, Стимпо) на посевах картофеля сорта Беллароза (табл. 7.9). Во всех вариантах опыта применяли предпосевную обработку клубней картофеля протравителем Престиж и проводили 2-разовое опрыскивание посевов фунгицидом Акробат М. Такие стимуляторы роста, как Потейтин, Радостим и Регоплант, применяли вместе с предпосевной обработкой клубней протравителем Престиж, а препарат Стимпо – на вегетирующих растениях картофеля в фазе начала бутонизации. Минеральные удобрения под картофель вносили в норме $N_{45}P_{60}K_{120}$.

Во втором полевом опыте изучали влияние стимулятора роста Биолан в композиции с микродозами комплексного минерального удобрения нитроаммофоска и извести гашеной $Ca(OH)_2$ на урожайность овса сорта Черниговский 28. Минеральные удобрения под овес вносили в норме $P_{60}K_{120}$.

Торфяная почва опытных участков высокозольная, имеет слабокислую реакцию $pH_{\text{сол.}}$ 5,0–5,2, хорошо обеспечена азотом, средне фосфором и слабо калием.

Проведенные нами исследования показали эффективность применения стимуляторов роста на продуктивность и качество урожая картофеля и овса на осушаемых торфяных почвах.

Таблица 7.9

Влияние стимуляторов роста на урожайность картофеля сорта Беллароза, среднее за 2011-2013 гг.

Варианты применения стимуляторов роста растений	Урожайность		
	средняя, т/га	± к контролю	
		т/га	%
Контроль – без стимуляторов роста	26,4	-	-
Потейтин (7 мл/т)	27,8	1,4	5,3
Радостим (50 мл/т)	31,5	5,1	19,2
Регоплант (50 мл/т)	30,1	3,7	13,8
Регоплант (50 мл/т) + Стимпо (20 мл/га)	30,6	4,2	16,1
Стимпо (20 мл/га)	27,8	1,4	5,3
НСР _{0,5} , т/га		0,48	

Проведенные исследования показали, что наивысшую урожайность картофеля обеспечила обработка клубней препаратом Радостим (50 мл/т) – 31,5 т/га. Прирост урожая от его применения составил 5,1 т/га, или 19,2 %. Обработка клубней препаратом Регоплант, а также его применение в комплексе с препаратом Стимпо обеспечили повышение урожайности на 3,7–4,2 т/га, или 13,8–16,1 %. Обработка клубней стимулятором роста Потейтин, как и опрыскивание посевов в фазе бутонизации препаратом Стимпо, обеспечило увеличение урожайности на 1,4 т/га, или на 5,3 %.

При выращивании картофеля важным показателем является выход товарных клубней, поэтому нами был проведен анализ структуры урожая в зависимости от применяемых стимуляторов роста (табл. 7.10).

Таблица 7.10

Структура урожая картофеля сорта Беллароза в зависимости от применяемых стимуляторов роста, среднее за 2011–2013 гг.

Варианты применения биопрепаратов	Распределение клубней по фракциям, %		
	до 40 г	40–80 г	> 80 г
<i>Контроль</i> – без стимуляторов роста	10	31	59
Потейтин (7 мл/т)	7	25	68
Радостим (50 мл/т)	4	18	78
Регоплант (50 мл/т)	5	20	75
Регоплант (50 мл/т) + Стимпо (20 мл/га)	5	19	76
Стимпо (20 мл/га)	6	23	71

Анализ структуры урожая картофеля показал, что для сорта Беллароза характерен высокий выход товарных клубней. Так, основную часть урожая (59–78 %) составляли клубни массой больше 80 г. Количество клубней массой 40–80 г составляло 18–31 %, а массой до 40 г – 4–10 %. Применение стимуляторов роста оказывало содействие улучшению товарности клубней. В вариантах, где их применяли, уменьшалось количество клубней мелкой и увеличивалось количество средней и крупной фракции (табл. 7.11).

Таблица 7.11

Влияние стимулятора роста Биолан на урожайность овса сорта Черниговский 28, среднее за 2011–2013 гг.

Варианты применения стимуляторов роста	Урожайность		
	средняя, ц/га	± к контролю	
		ц/га	%
<i>Контроль</i> – без стимуляторов роста	29,4	-	-
Биолан 25 мл/т	30,4	1,0	3,3
Нитроаммофоска 3 кг/т	30,6	1,2	4,0
Биолан 25 мл/т + нитроаммофоска 3 кг/т	31,5	2,1	7,1
Известь гашеная Ca(OH) ₂ 3 кг/т	29,7	0,3	0,9
Биолан 25 мл/т + Ca(OH) ₂ 3 кг/т	30,8	1,4	4,6
Биолан 25 мл/т + нитроаммофоска 3 кг/т + Ca(OH) ₂ 3 кг/т	32,1	2,7	9,2
Биолан 25 мл/т + нитроаммофоска 5 кг/т	32,3	2,9	10,0
Биолан 25 мл/т + Ca(OH) ₂ 5 кг/т	31,4	2,0	6,8
<i>НИР_{0,5}</i> , ц/га		0,63	

Проведенные исследования показали, что предпосевная обработка семян овса стимулятором роста Биолан (25 мл/т семян) обеспечивала повышение его урожайности на 1,0 ц/га, или на 3,3 %. Предпосевная обработка семян овса нитроаммофоской (3 кг/т семян) обеспечила повышение урожайности на 1,2 ц/га, или на 4,0 %. Почти не повлияла на урожайность овса обработка семян известью (3 кг/т семян). Наилучший эффект обеспечила предпосевная обработка семян овса стимулятором роста Биолан 25 мл/т в сочетании с нитроаммофоской 5 кг/т семян. Прирост урожайности от их применения составлял 2,9 ц/га, или 10 %.

Таким образом, проведенные нами исследования показали относительно невысокую эффективность стимулятора роста Биолан на посевах овса при выращивании на осушаемых торфяных почвах. Его применение обеспечивало практически одинаковый результат, что и предпосевная обработка семян комплексным минеральным удобрением нитроаммофоска 3 кг/т семян.

Учитывая то, что исследования проводились на радиоактивно загрязненных почвах (плотность загрязнения радионуклидом ¹³⁷Cs составляет 54,2 кБк/м²), мы изучали также влияние стимуляторов роста на накопление радионуклида ¹³⁷Cs в растениеводческой продукции (табл. 7.12).

Загрязненность картофеля радионуклидом ^{137}Cs и коэффициенты его перехода в зрелую почву – растение под действием стимуляторов роста, среднее за 2011–2013 гг.

Варианты применения стимуляторов роста	Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг	КП ^{137}Cs из почвы в растение
Контроль – без стимуляторов роста	27	0,50
Потейтин (7 мл/т)	15	0,28
Радостим (50 мл/т)	15	0,28
Регоплант (50 мл/т)	15	0,28
Регоплант (50 мл/т) + Стимпо (20 мл/га)	14	0,26
Стимпо (20 мл/га)	13	0,24

Проведенный спектрометрический анализ показал, что обработка стимуляторами роста посадочного материала картофеля, сравнительно с контролем, оказывала содействие снижению загрязненности клубней радиоцезием в 1,8–2,1 раза. В целом, удельная активность радионуклида ^{137}Cs в картофеле по вариантам опыта была в пределах 16–29 Бк/кг, что не превышало допустимых санитарно-гигиенических норм – 60 Бк/кг (ДР-2006). Таким образом, применение стимуляторов роста при выращивании картофеля не только обеспечивает увеличение его урожайности, но и дает возможность существенно снизить поступление радионуклида ^{137}Cs в растениеводческую продукцию (табл. 7.13).

Таблица 7.13

Удельная активность радионуклида ^{137}Cs в соломе и зерне овса и коэффициенты его перехода в зрелую почву – растение, среднее за 2011–2013 гг.

Варианты применения стимуляторов роста	Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг		КП ^{137}Cs из почвы в растение	
	солома	зерно	солома	зерно
Контроль – без стимуляторов роста	97	84	1,8	1,6
Нитроаммофоска 3 кг/т	72	61	1,3	1,1
Известь гашеная $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3 кг/т	72	57	1,3	1,1
Биолан 25 мл/т	69	52	1,3	1,1
Биолан 25 мл/т + нитроаммофоска 3 кг/т + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3 кг/т	56	30	1,0	0,5
Биолан 25 мл/т + нитроаммофоска 5 кг/т	54	27	1,0	0,5
Биолан 25 мл/т + нитроаммофоска 3 кг/т	48	27	0,9	0,5
Биолан 25 мл/т + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3 кг/т	43	26	0,8	0,5
Биолан 25 мл/т + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 5 кг/т	36	13	0,7	0,2

Как показал проведенный спектрометрический анализ, в соломе овса удельная активность радионуклида ^{137}Cs на контроле, где не применялся стимулятор роста Биолан, составляла 97 Бк/кг. На вариантах, где применяли предпосевную обработку семян стимулятором роста Биолан в сочетании с микродозами нитроаммофоски и извести гашеной, эти показатели составили 36–72 Бк/кг.

В зерне овса удельная активность радионуклида ^{137}Cs на контроле составляла 84 Бк/кг, в то время как на вариантах, где применялся стимулятор роста Биолан в сочетании с микродозами нитроаммофоски и гашеной извести, эти показатели равнялись 13–61 Бк/кг. Наиболее эффективным для уменьшения накопления радионуклидов ^{137}Cs зерном овса оказалось сочетание стимулятора роста Биолан с известью гашеной в дозе 5 кг/т, а также варианты опыта, где его применяли в комплексе с нитроаммофоской (3 кг/т) и известью (3 кг/т). Удельная активность радионуклида ^{137}Cs в соломе овса составляла 36, а в зерне 13 Бк/кг.

В целом, в данных условиях радиоактивного загрязнения удельная активность радионуклида ^{137}Cs в зерне овса на 4 из 9 вариантов опыта превышала допустимые санитарно-гигиенические нормы – 50 Бк/кг (ДР-2006). Применение стимулятора роста растений Биолан в сочетании с микродозами нитроаммофоски и извести гашеной разрешает существенным образом снизить поступление радионуклида ^{137}Cs в зерно и солому овса.

Исследования показали, что при выращивании картофеля на осушаемых торфяных почвах наилучший результат обеспечивает предпосевная обработка клубней стимулятором роста Радостим. Он увеличивает урожайность на 5,1 т/га, или 19,2 %. Предпосевная обработка семян овса стимулятором роста Биолан (25 мл/т семян) в сочетании с микродозами комплексного минерального удобрения нитроаммофоска (5 кг/т семян) повышает урожайность овса на осушаемых торфяных почвах на 2,9 ц/га, или 10 %.

7.8. Продуктивность осушаемых органогенных почв в зависимости от оптимизации факторов

В последнее время все чаще ставится вопрос о перспективах развития полесских регионов Украины. Приобретает широкое распространение мнение о целесообразности ренатурализации полесских агроландшафтов [21–24, 30]. При этом нужно учитывать то, что с изменением климата в Степи и Лесостепи снижается благоприятность условий выращивания полевых культур, а в гумидной зоне, наоборот, с уменьшением ГТК можно ожидать положительных тенденций в повышении продуктивности сельскохозяйственных угодий. В то же время в Центральном и Левобережном Полесье вероятность лет с недостаточным влагообеспечением составляет соответственно 10 и 20 %, что свидетельствует об актуальности регулирования водного режима в этих регионах.

Целью наших исследований была оценка потенциала биопродуктивности торфяных почв Западного Полесья. Вопрос объективной оценки и рационального использования агроресурсного потенциала гумидной зоны, в частности осушаемых агроэкосистем, сейчас приобретает особое значение. Площадь мелиорированных земель в Полесье составляет 3,3 млн га, из них минеральные грунты занимают 2,5, органогенные – 0,8 млн га. На примере левобережной части Полесья было показано, что при оптимизации водно-воздушного и питательного режимов, а также севооборотного фактора продуктивность дерново-подзолистых почв может достигать 19 т к.ед./га, что превышает естественный потенциал в 4 раза [28].

Исследования осуществляли на информационной базе многолетнего стационарного полевого опыта Сарненской исследовательской станции ИВПиМ НААН. Почвы территории низинные, высококозольные, мощные осушаемые торфяники с напорным питанием подпочвенными водами. Мощность торфяных отложений 1–3 м. Реакция почвенного раствора сильноокислая с pH 4,0–4,2, подпочвенные воды слабо минерализованные – 250–270 мг/л. Обеспеченность почвы легкогидролизированными соединениями азота 150–200 мг/кг, подвижным фосфором – 250, обменным калием – 41–80 мг/кг.

Схема опыта: 1) контроль (без удобрений); 2) $P_{60}K_{120}$; 3) $N_{45}P_{60}K_{120}$. Севооборот: многолетние травы, рожь озимая, картофель, ячмень, овес, кукуруза на силос. Для сравнительной оценки продуктивности культур и севооборотов использовали показатель кормовой ценности – кормовую единицу (к.ед.) [6]. Учитывали кормовую ценность основной и побочной продукции.

Определяли среднюю урожайность культур севооборота стационарного опыта за 1980–2011 гг. Считали, что вариант без удобрений имитирует естественный фон плодородия. Максимальная за этот период урожайность на контроле моделирует работу осушительно-увлажнительной системы, которая сейчас не работает. Систематическое применение минеральных удобрений обеспечивает оптимизацию питательного режима почвы, а максимально полученная урожайность культур на этом фоне показывает потенциал производства продукции при одновременном улучшении водно-воздушного режима и условий питания растений.

Тимофеевка луговая. На фоне без удобрений урожай зеленой массы за 1980–2011 гг. изменялся с 85 ц/га в 2010 г. до 300 ц/га в 1984 г. со средним значением 214 ц/га. Значит, при планировании отраслевой структуры аграрного производства нужно ориентироваться именно на этот показатель. В 1984 г. сложились наиболее благоприятные за период наблюдений условия для роста и развития культуры с получением 300 ц/га зеленой массы. На фоне систематического внесения минеральных удобрений урожайность тимофеевки за эти годы также существенным образом изменялась. Минимальные значения зафиксированы в 1982, 1990 и в 1992 гг. на уровне 300 ц/га зеленой массы, максимальный показатель в 1984 г. составлял 570 ц/га. Среднее значение 400 ц/га можно использовать во время планирования производства с систематическим применением $N_{45}P_{60}K_{120}$, а максимальное – имитирует оптимизацию водно-воздушного и питательного режимов почвы.

Рожь озимая. Урожайность ржи на фоне без удобрений составляла 13,4–28,0 ц/га. При использовании естественного потенциала продуктивности торфяных почв средний показатель выхода зерна был 20,7 ц/га. В наиболее благоприятный для выращивания ржи 1989 г. получено 28 ц/га. Средняя урожайность культуры на удобренном фоне составила 31,4 ц/га, максимальный показатель – 42,2 ц/га.

Картофель. Среднемноголетняя урожайность картофеля на варианте без удобрений – 145 ц/га. Наиболее низкие ее показатели – 100–110 ц/га отмечали в 1983, 1986, 1990, 1992 и 1997 гг. В наиболее благоприятном для культуры 2009 г. в варианте без удобрений было собрано 196 ц/га клубней. С применением минеральных удобрений на протяжении 30 лет средняя урожайность картофеля выросла до 275 ц/га, максимальный показатель составлял 358 ц/га.

Ячмень и овес. Эти яровые зерновые культуры на контроле и при систематическом применении минеральных удобрений обеспечивали почти одинаковый сбор зерна, соответственно 18 и 27 ц/га. На естественном фоне плодородия, в близких к оптимальным условиям увлажнения, ячмень обеспечивал

29 ц/га зерна, овес – 25 ц/га. При внесении минеральных удобрений этот показатель по культурам составляет 37 ц/га. Можно считать одинаковой способностью этих культур реализовывать потенциальное плодородие торфяных почв, но для ячменя по уровню благоприятности заметно отличался 1986 г., для овса – 1984 и 1991 гг.

Кукуруза на силос. Естественный фон плодородия почвы опытного участка дает возможность в среднем за 20 лет получать 243 ц/га зеленой массы кукурузы. Наиболее благоприятные погодные условия для ее выращивания были в 1985, 1991 и 1994 гг., когда урожайность составляла 340 ц/га. При минеральной системе удобрения среднемноголетний выход зеленой массы увеличивался до 375 ц/га, а в благоприятные 1985 и 1991 гг. на этом фоне получали 517 ц/га зеленых кормов. То есть, сравнительно с контролем, удобрения оказывают содействие увеличению средней урожайности кукурузы в 1,5 раза, а в близких к оптимальным условиям водно-воздушного режима – в 2,1 раза.

Продуктивность севооборота. В расчетах производительности севооборота принимали, что соотношение основной продукции к побочной у ржи составляет 1,9, овса – 1,6, ячменя – 1,2 [8]. Коэффициенты перевода зерна и соломы этих культур в кормовые единицы соответственно составляют 1,1 и 0,2, 1,2 и 0,4, 0,9 и 0,3. Кормовую ценность 1 кг зеленой массы тимофеевки принимали 0,2 к.ед., клубней картофеля и кукурузы МВС – 0,3 к.ед. [7]. Производительность севооборота определяли как среднее арифметическое продуктивности отдельных ее культур. По средним многолетним данным этот показатель без применения удобрений составляет 39,2 ц к.ед./га. В наиболее благоприятные годы, которые моделируют искусственное создание оптимальных водно-воздушных условий, продуктивность севооборота возрастает до 54,5 ц к.ед./га. Улучшение питательного режима почвы на удобренном фоне в среднем за годы исследований обеспечивает производительность на уровне 65,9 ц к.ед./га. При максимальных урожайностях культур (при систематическом внесении удобрений и в наиболее благоприятные годы) производительность севооборота составляла 90,1 ц к.ед./га. Кроме улучшения питательного и водно-воздушного режимов почвы, значительным резервом повышения продуктивности севооборота стала оптимизация состава культур, поскольку их участие в его продуктивности весьма разное. Скажем, на контроле наибольшее участие принадлежит кукурузе – 29 %, многолетним травам – 20, картофелю – 17, зерновым культурам – 10–12 %. Для более полного использования потенциала продуктивности торфяных почв можно предложить такой севооборот: кукуруза, многолетние травы, картофель. Хотя производительность многолетних трав и картофеля приблизительно одинакова себестоимость последнего намного выше, поэтому в случае ориентации на развитие животноводства более приемлем севооборот: кукуруза, многолетние травы. Поскольку кукуруза отличается более высокой продуктивностью и принадлежит к культурам, которые в бессменных посевах не снижают урожайности, можно рассмотреть вариант ее выращивания в монокультуре (табл. 7.14).

В общем, улучшение условий увлажнения в благоприятные годы по сравнению со средними многолетними показателями сопровождается ростом производительности пашни в 1,4 раза. С переходом к монокультуре кукурузы и при улучшении питательного режима почвы этот показатель возрастет в 1,7 раза (рис 7.5). Одновременная оптимизация севооборотного и водно-воздушного факторов, а также водно-воздушного и питательного режимов будет оказывать содействие увеличению выхода продукции в 2,3 раза. При бессменном выращивании кукурузы на фоне систематического применения удобрений в сравнении с 4-польным севооборотом на естественном фоне плодородия производительность пашни возрастет с 39,2 до 101,1 ц к.ед./га, или в 2,6 раза. Наконец, при оптимизации всех факторов можно ожидать рост выхода продукции до 140 ц к.ед./га, или в 3,6 раза сравнительно с естественным фоном.

Таблица 7.14

Продуктивность севооборотов в зависимости от состава выращиваемых культур, ц к.ед./га

Культура	Контроль (без удобрений)								Минеральная система удобрения							
	Средняя продуктивность				Максимальная продуктивность				Средняя продуктивность				Максимальная продуктивность			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Рожь озимая	28,5	-	-	-	40,6	-	-	-	45,6	-	-	-	61,2	-	-	-
Многолетние травы	47,0	47,0	47,0	-	64,9	64,9	64,9	-	86,8	86,8	86,8	-	124,5	124,5	124,5	-
Картофель	40,8	40,8	-	-	50,1	50,1	-	-	81,6	81,6	-	-	102,6	102,6	-	-
Ячмень	29,1	-	-	-	46,8	-	-	-	43,8	-	-	-	61,2	-	-	-
Овес	24,5	-	-	-	33,5	-	-	-	36,5	-	-	-	51,3	-	-	-
Кукуруза	65,5	65,5	65,5	65,5	91,3	91,3	91,3	91,3	101,1	101,1	101,1	101,1	139,6	139,6	139,6	139,6
Производительность севооборота	39,2	51,1	56,2	65,5	54,5	68,8	78,1	91,3	65,9	89,8	93,9	101,1	90,1	122,2	132,1	139,6

Примечание: 1 – VI-польная, 2 – III-польная, 3 – II-польная, 4 – монокультура кукурузы

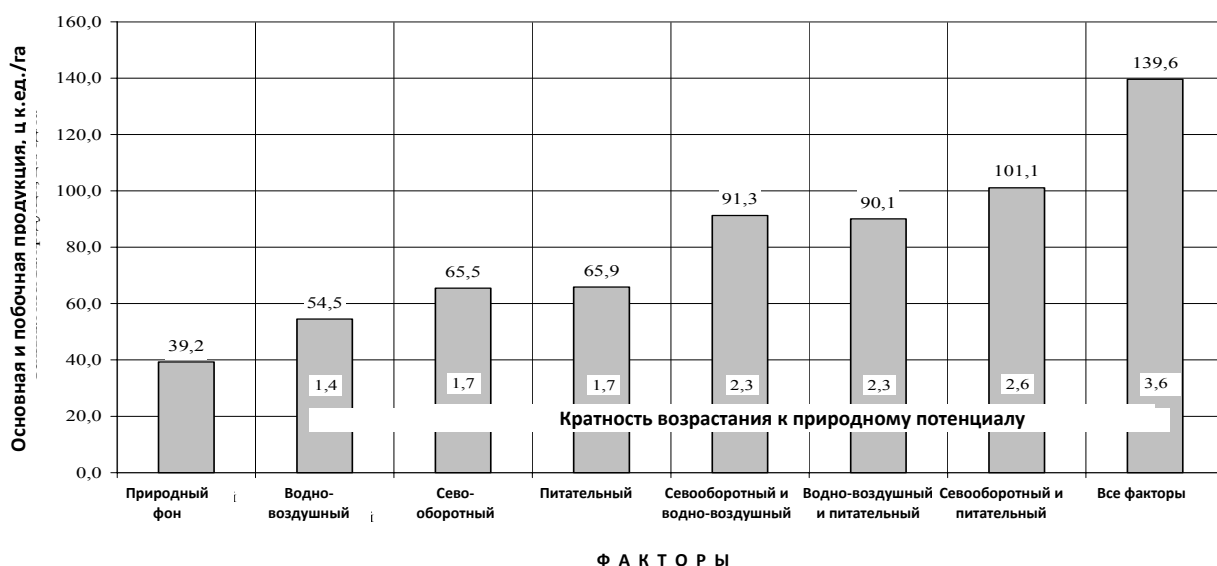


Рис. 7.5. Рост продуктивности пашни на осушаемых торфяных почвах в зависимости от оптимизации разных факторов

Итак, более всего кормовых единиц на органогенных почвах Полесья можно получить при выращивании в монокультуре кукурузы на зерно и силос при регулировании водного режима и применении удобрений.

Перерасчет зеленой массы кукурузы МВС на зерно и побочную продукцию в случае ее доведения к полной зрелости осуществляли по формуле:

$$X = V \times СВ / (КЦЗ + СЗП \times КЦП), \quad (7.1)$$

где: X – выход зерна кукурузы, ц/га; V – урожайность кукурузы МВС, ц/га; СВ – сухое вещество, %; КЦЗ – кормовая ценность зерна, кг/к. ед.; КЦП – кормовая ценность побочной продукции, кг/к. ед.; СЗП – соотношение зерна к побочной продукции.

Если считать, что содержимое сухого вещества в силосной массе составляет 21 %, то соотношение сухой массы основной продукции к побочной составит 1,3, а их кормовая ценность, соответственно, 1,31 и 0,34 к. ед./кг. Тогда при урожайности кукурузы МВС 52 т/га, в случае ее доведения к полной зрелости, выход зерна будет составлять 6,2 т/га. Значит, с регулированием соотношения площадей посева зерновой и силосной кукурузы относительно производительности животных устанавливают их оптимальную численность. По белку зерновая кукуруза балансируется совместным посевом с кормовыми бобами, силосная – с люпином или крестоцветными кормовыми культурами.

Итак, при наиболее распространенной в регионе производственной практике выращивания культур, которые дают товарную продукцию на естественном фоне плодородия, производство картофеля на 1 га пашни будет составлять 73 ц/га, зерна – 9 ц/га. При создании соответствующей производимой биомассе современной инфраструктуре с осушительно-увлажнительной системой, высокопроизводительным животноводством, биоэнергетическим комплексом, переработкой и хранением продукции, с 1 га пашни максимально можно получать 15 тыс. кВт·час тепло- и электроэнергии, 0,18 т мяса, 0,64 т твердых сыров, 0,68 т сливок. Благодаря высокому уровню рециркуляции биогенных элементов экономия азотных минеральных удобрений в действующем веществе составит 120 кг/га, фосфорных – 50, калийных – 160 кг/га. На природном фоне плодородия, с приобретением комплекса техники и строительства хранилищ для полученной продукции, чистый доход в среднем по годам составит около 3 тыс. грн./га, в случае создания современной инфраструктуры с осушительно-увлажнительной системой – 50 и более тыс. грн./га, со сроком окупаемости инфраструктуры, соответственно, 3,4 и 2,7 года.

В гумидной зоне на торфяных почвах оптимизация водно-воздушного и питательного режимов дает возможность увеличить продуктивность типичного севооборота с 40 до 90 ц к.ед./га. При таких условиях переход на монокультуру кукурузы сопровождается ростом этого показателя до 140 ц к.ед./га. Очевидно, лучше использовать концентрированные корма внешнего происхождения, поскольку зерновые в этих условиях имеют низкую урожайность, а кукуруза на зерно не всегда вызревает. Для эффективного использования полученной биомассы нужно создавать современную биоэнергетическую инфраструктуру, которая быстро окупается.

7.9. Подбор видов многолетних трав для эффективного лугового хозяйства на осушаемых торфяных почвах

Важной частью сельского хозяйства для Украинского Полесья является животноводство, которое не только обеспечивает население продуктами питания, но и служит основным источником органических удобрений, без которых выращивание отдельных сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах становится проблематичным. Восстановление эффективности этой отрасли без создания полноценной кормовой базы невозможно. Основу кормовой базы в зоне осушения составляют многолетние злаковые и бобовые травы, имеющие высокую продуктивность и кормовую ценность. Они занимают первое место среди других групп кормовых культур и играют важную роль в сохранении плодородия почвы, поскольку в пахотном слое могут накапливать до 140 ц/га корневых остатков, которые надежно регулируют плодородие почвы, а также предотвращают распространение водной и ветровой эрозии [5, 23].

Вместе с тем многими исследователями [23, 33] установлено, что не все виды трав и их травосмеси могут обеспечивать получение высоких и стабильных урожаев, особенно в специфических условиях торфяных почв, где их видовой ассортимент значительно сокращается. Так, бобовые виды трав (клевер луговой или гибридный, люцерна синегридная) при включении их в состав травосмесей в количестве 25–30 % от нормы высева на нормально осушенных торфяных почвах Полесья уже на второй-третий год использования полностью выпадают из травостоя. Соответственно одной из проблем кормопроизводства в регионе стала низкая обеспеченность белком кормов лугопастбищного происхождения, получаемых с осушаемых торфяников. Поэтому в современных условиях важное значение приобретают исследования широкого спектра многолетних трав с целью подбора наиболее пригодных и адаптированных к специфическим почвенно-климатическим условиям осушаемых торфяников.

На Сарненской исследовательской станции в 2007–2010 гг. проведены исследования по изучению продуктивности отдельных видов многолетних трав и их травосмесей, а также однолетних малораспространенных кормовых культур при разных режимах удобрения. В полевом опыте с многолетними травами изучалось 7 одновидовых травостоев многолетних трав и 4 травосмеси (табл. 7.15).

Таблица 7.15

Состав травосмесей многолетних трав и нормы их высева, кг/га

Виды луговых трав и их травосмеси	Название компонентов						
	костер безостый	тимофеевка луговая	райграс пастбищный	бекмания обычная	овсяница овечья	лядвенец рогатый	лядвенец болотный
Костер безостый (Горынский 231)	28						
Тимофеевка луговая (Сарненская 35)		16					
Райграс пастбищный (Горизонт)			26				
Бекмания обыкновенная (Сарненская ДС–1914)				14			
Овсяница овечья (Забава)					26		
Лядвенец рогатый (Динамо)						15	
Лядвенец болотный (Сарненский местный)							15
Травосмесь 1	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
Травосмесь 2	10	10	10				
Травосмесь 3	7,5	7,5	7,5			7,5	
Травосмесь 4	7,5	7,5	7,5				7,5

Исследуемые виды многолетних трав и их травосмеси изучались при 2- и 3-укосном режиме использования. Варианты удобрения: без удобрения; P₆₀K₁₂₀; N₆₀P₆₀K₁₂₀.

Исследования проводили на мелиорированном торфоболотном массиве Чемерное, который по условиям образования, морфологическим признакам, ботаническому составу, физическим и водно-физическим свойствам типичен для Западного Полесья глубоким среднезольным непоименным гипново-осоковым болотом низинного типа. Кислотность почвы составляет рН_{сол.} 5,0–5,2. Территория, где проводились исследования, подверглась радиоактивному загрязнению вследствие аварии на ЧАЭС, плотность загрязнения радионуклидом ¹³⁷Cs составляет до 2 Ки/км².

Анализ погодных условий в годы исследований показал, что количество осадков на протяжении вегетационного периода 2007 г. составляло 292,3 мм, 2008 г. – 431,0 мм, 2009 г. – 266,8 мм, а в 2010 г. – 435,6 мм, при многолетней норме 400 мм. Средняя суточная температура воздуха за период

вегетации 2007 г. составляла 15,9 °С, 2008 г. – 15,3 °С, 2009 г. – 15,6 °С, а 2010 г. – 16,7 °С при многолетней норме 14,6 °С. Обобщая погодные условия в годы исследований, можно сказать о существенных отклонениях основных показателей от средних многолетних значений. Условия вегетационных периодов в годы исследований были более теплыми с неравномерным распределением осадков по месяцам вегетационных периодов.

Наблюдение за водным режимом на опытных участках показали, что при условии выпадения атмосферных осадков в пределах климатической нормы уровни грунтовых вод находились в оптимальных границах для обеспечения исследуемых кормовых культур влагой на протяжении вегетации. При недостатке осадков мелиоративная система обеспечивала удержание уровней грунтовых вод в необходимых границах (60–80 см от поверхности почвы).

Многими исследователями [23] отмечено, что на видовой состав травосмесей более всего влияют такие факторы, как водно-воздушный режим почвы, система удобрения и режим использования травостоя. Чем лучше растения обеспечены влагой и питательными веществами, которые стимулируют рост отдельных, наиболее чувствительных к этим факторам растений, тем быстрее и интенсивнее происходит изменение видового состава травостоя.

Проведенные исследования показали, что внесение минеральных удобрений наиболее влияет на ботанический состав травостоев. Так, на протяжении 3 лет исследований на участках, где вносили минеральные удобрения, травостои более чем на 90 % состояли из сеяных видов. В то же время на участках, где минеральные удобрения не вносили, в конце 2-го года пользования наблюдалось значительное выпадение сеяных видов трав. Особенно это отмечалось на вариантах, где применяли 3-укосный режим скашивания. Место сеяных видов трав здесь занимал мятлик луговой и разнотравье.

На ботанический состав исследуемых травосмесей существенным образом влияет количество компонентов, из которых они состоят. Так, в составе травосмеси 1, которая состояла из семи видов (табл. 7.15), уже в первый год использования доминировали 2–3 вида трав (костер безостый, райграс пастбищный и тимфеевка луговая), которые и формировали основную часть травостоя. Проведенный ботанический анализ показал, что в 1-й год использования райграс пастбищный доминировал во всех без исключения травосмесях, и на отдельных вариантах его часть составляла свыше 80 %. На 2-й год использования в составе всех травосмесей при 2-укосном использовании доминировала тимфеевка луговая, а при 3-укосном – райграс пастбищный. Следует отметить, что начиная со второго года использования и в дальнейшем, в составе всех исследуемых травосмесей постепенно увеличивалось участие костра безостого. Более интенсивно он вытеснял другие виды трав на вариантах, где вносились азотные удобрения. Лишь в составе травосмеси 1, на вариантах без внесения удобрений начиная со 2-го года пользования доминировала овсяница овечья.

Следует отметить, что среди семи исследуемых видов трав на участках, где минеральные удобрения не вносились, даже на 3-й год использования не отмечалось выпадения овсяницы овечьей, что указывает на ее неприхотливость к условиям выращивания. Процент лядвенца рогатого и лядвенца болотного в составе злаково-бобовых травосмесей 3 и 4 за период исследований не превышал 8–9 %, хотя высевались они в одинаковом количестве с тимфеевкой луговой, райграсом пастбищным и костром безостым – по 25 % каждого вида.

Таким образом, на осушаемых старопахотных торфяных почвах в состав травосмесей интенсивного сенокосного использования целесообразнее включать такие виды многолетних трав, как костер безостый, тимфеевка луговая и райграс пастбищный, а из бобовых видов – лядвенец рогатый.

Ведение сельскохозяйственного производства на осушаемых землях значительно усложнила авария на ЧАЭС. Радиологической наукой [12] доказано, что мелиорированные торфяные почвы в этом отношении наиболее критичны, поскольку коэффициент перехода радионуклида ^{137}Cs в звене почва – растение здесь колеблется в пределах 3,7–30,0, тогда как на дерново-подзолистых почвах – в пределах 0,2–7,6. Поэтому для Западного Полесья исследование закономерностей накопления радионуклидов растениями, а также разработка и внедрение мероприятий, направленных на получение качественных экологически чистых кормов, особенно актуальны.

Основными причинами повышенного накопления радиоактивных элементов в продукции, выращиваемой на торфяных почвах, являются очень низкое содержание в них калия, который представляет собой биохимический антагонист ^{137}Cs , а также высокое содержание органики и повышенная влажность этих почв, которая оказывает содействие накоплению радионуклидов в растениях. К тому же высокое содержание азота в торфяных почвах ускоряет этот процесс. Поэтому разрабатывать методы, направленные на снижение содержания радионуклидов в продукции растениеводства, необходимо с учетом названных факторов. Исследования показали, что накопление радионуклида ^{137}Cs в разных видах многолетних трав в одинаковых почвенных условиях зависело от их биологических осо-

бенностей, системы удобрения, режима скашивания и увлажненности вегетационного периода (табл. 7.16).

Таблица 7.16

Удельная активность радионуклида ^{137}Cs в сухой массе многолетних трав в зависимости от режима удобрения на осушаемых торфяных почвах (среднее за 2008–2010 гг.)

Виды многолетних трав и их травосмеси	Удельная активность, Бк/кг			Коэффициент перехода			Удельная активность, Бк/кг			Коэффициент перехода		
	двух укосное использование						трех укосное использование					
	удобрение											
	без удобрений	$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	без удобрений	$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	без удобрений	$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	без удобрений	$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$
Костер безостый	280	140	152	5,6	2,6	3,1	247	133	148	4,9	2,4	3,0
Тимофеевка луговая	254	145	173	5,0	2,6	3,5	301	159	235	6,0	2,9	4,7
Райграс пастбищный	178	121	130	3,5	2,2	2,6	136	77	94	2,7	1,4	1,9
Бекмания обычная	268	167	177	5,3	3,0	3,6	336	156	186	6,7	2,9	3,7
Овсяница овечья	453	238	256	9,0	4,3	5,1	440	224	271	8,8	4,1	5,5
Лядвенец рогатый	385	263	297	7,7	4,8	6,0	418	167	198	8,3	3,0	4,0
Лядвенец болотный	376	232	284	7,5	4,2	5,7	447	207	240	8,9	3,8	4,8
Травосмесь 1	298	161	195	5,9	2,9	3,9	320	191	217	6,4	3,5	4,4
Травосмесь 2	257	166	179	5,1	3,0	3,6	321	154	180	6,4	2,8	3,6
Травосмесь 3	282	158	181	5,6	2,9	3,1	287	161	182	5,7	2,9	3,7
Травосмесь 4	291	163	179	5,0	3,0	3,5	253	159	176	5,0	2,9	3,5
НСР _{0,5}	8,5			0,2			8,8			0,2		

Внесение фосфорно-калийных удобрений в норме $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ уменьшало показатели удельной активности и коэффициенты перехода ^{137}Cs из почвы в растения по сравнению с неудобренными участками в 1,2–2,9 раза и в 1,1–2,1 раза при внесении полного минерального удобрения в норме $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$. Итак, азотные удобрения на осушаемой торфяной почве обеспечивали тенденцию к увеличению перехода радиоцезия в растения многолетних трав по сравнению с фосфорно-калийным фоном.

Наибольшая удельная активность радионуклида ^{137}Cs , независимо от варианта удобрения и режима скашивания, была отмечена у овсяницы овечьей, лядвенца рогатого и лядвенца болотного, а наименьшая – у райграса пастбищного. В 1-й год использования травостоев удельная активность радионуклида ^{137}Cs в сухой массе многолетних трав на неудобренных участках составляла 140–438, на 2-й год – 171–487, а на 3-й год – 224–501 Бк/кг. Подобную закономерность наблюдали и при внесении фосфорно-калийного и полного минерального удобрения, то есть отмечена тенденция к увеличению уровня накопления радиоцезия растениями многолетних трав со старением травостоев. Высшие показатели накопления радиоцезия были также отмечены во 2-м и 3-м укосах по сравнению с первым. Кроме того, повышенное накопление радионуклида ^{137}Cs наблюдалось при переувлажнении почвы. Таким образом, накопление радиоцезия существенным образом зависело от вида многолетних трав, внесения минеральных удобрений, возраста травостоя и периода его скашивания, а также условий увлажнения почвы. Тем не менее в опытах содержание радионуклидов в корме не превышало допустимых санитарно-гигиенических норм – ДР-2006.

Проведенные исследования показали, что основным фактором в повышении урожайности многолетних трав на осушаемых торфяных почвах было внесение минеральных удобрений (табл. 7.17).

Анализ литературных источников [21, 23, 33] показывает, что продуктивность многолетних трав, высеванных в смеси, более высокая, чем их одновидовые посевы, в среднем на 14–25 %. Отмечается также, что они долговечнее и более выровнены по урожайности. Проведенные нами исследования тоже показали, что злаково-бобовые травосмеси при внесении минеральных удобрений оказались более урожайными по сравнению с одновидовыми травостоями. Так, урожайность исследуемых травосмесей по сравнению с костром безостым (самым продуктивным из одновидовых посевов), в зависимости от варианта опыта, была выше до 24 %. Наибольшая продуктивность травосмесей, сравнительно с одновидовыми посевами, была при 3-укосном режиме скашивания и меньшая – при 2-укосном.

Анализ урожайности многолетних трав показал, что на неудобренных участках при 2-укосном режиме она была в пределах 2,02–3,13 т/га абсолютно сухой массы, а при 3-укосном режиме скаши-

вания – 1,74–3,05 т/га. При внесении $P_{60}K_{120}$ урожайность составляла соответственно 4,66–8,75 и 4,25–8,46 т/га, а при внесении $N_{60}P_{60}K_{120}$ – 5,36–10,45 и 4,63–9,98 т/га абсолютно сухой массы. Внесение $P_{60}K_{120}$ обеспечивало увеличение урожайности многолетних трав, сравнительно с неудобренными участками, в 1,7–2,8 раза при 2-укосном и в 1,9–3,4 раза – при 3-укосном режиме скашивания.

Таблица 7.17

Урожайность многолетних трав в зависимости от удобрения и режима скашивания на осушаемых торфяных почвах, т/га абсолютно сухой массы (среднее за 2008-2010 гг.)

Виды многолетних трав и их травосмеси	2-укосное использование			3-укосное использование			НСР _{0,5} по удобрению, т/га	НСР _{0,5} по режимам, т/га
	без удобрений	$P_{60}K_{120}$	$N_{60}P_{60}K_{120}$	без удобрений	$P_{60}K_{120}$	$N_{60}P_{60}K_{120}$		
Костер безостый	2,85	8,04	9,74	2,46	7,30	8,78	0,35	0,17
Тимофеевка луговая	2,64	7,43	8,99	2,28	6,76	7,62	0,29	0,15
Райграс пастбищный	2,02	5,05	5,62	2,07	5,20	6,19	0,27	0,13
Бекмания обыкновенная	2,64	6,82	8,46	2,25	6,35	7,61	0,22	0,11
Овсяница овечья	2,52	5,49	6,47	2,22	5,46	6,27	0,32	0,16
Лядвенец рогатый	3,04	5,28	5,68	2,43	4,85	5,03	0,28	0,14
Лядвенец болотный	2,56	4,66	5,36	1,74	4,25	4,63	0,29	0,14
Травосмесь 1	2,88	8,15	9,41	2,81	7,77	9,25	0,39	0,19
Травосмесь 2	3,03	8,59	9,98	3,00	8,30	9,79	0,28	0,14
Травосмесь 3	3,13	8,75	10,45	3,05	8,46	9,98	0,30	0,15
Травосмесь 4	3,09	8,73	10,27	3,01	8,44	9,90	0,36	0,18

При внесении $N_{60}P_{60}K_{120}$ урожайность многолетних трав увеличилась сравнительно с не удобренными участками в 2,0–3,0 раза при 2-укосном и в 2,1–3,6 раза при 3-укосном режиме скашивания. Внесение $N_{60}P_{60}K_{120}$ обеспечивало увеличение урожайности многолетних трав сравнительно с внесением $P_{60}K_{120}$ на 4–27 % при 2-укосном и 4–28 % при 3-укосном режиме скашивания. Со старением травостоев эффективность азотных удобрений усиливалась. Травосмеси при всех вариантах удобрения оказались в среднем на 18–33 % более урожайными, чем одновидовые посева. Среди одновидовых травостоев самую высокую урожайность в среднем за три года обеспечил костер безостый – 2,46–9,74 т/га, а самую низкую – райграс пастбищный – 2,02–6,19 т/га сухой массы. Однако в первый год пользования он не уступал в продуктивности тимофеевке луговой и костру безостому, наиболее распространенным в производстве на осушаемых торфяниках видам. Наибольшая прибавка урожайности при внесении фосфорно-калийного и полного минерального удобрения (до 3,6 раза) отмечалась при выращивании травосмесей и костра безостого, а наименьшая – в одновидовых посевах лядвенца рогатого и лядвенца болотного.

Следует отметить, что лядвенец рогатый на неудобренных участках по урожайности превосходил почти все виды злаковых трав. Так, в среднем за 3 года урожайность лядвенца рогатого составляла 2,43–3,04 т/га, в то время как злаковых видов – 2,02–2,85 т/га сухой массы. Среди злаковых видов на неудобренных участках высшую урожайность обеспечивал костер безостый – 2,85 т/га. Овсяница овечья на осушаемом торфянике при внесении фосфорно-калийного и полного минерального удобрения обеспечивала стабильную, в течение 3 лет, урожайность – 5,46–6,47 т/га сухой массы, которую нельзя получить в типичных для нее условиях выращивания. Лядвенец рогатый в одновидовых травостоях стойко удерживался в травостое в течение 3 лет и обеспечивал, в зависимости от варианта удобрения, 3,96–6,21 т/га сухой массы, хотя некоторые авторы [7, 15] указывают, что осушаемые торфяники являются малопригодными для его возделывания. Малораспространенная в производстве на осушаемых торфяниках бекмания обыкновенная при внесении полного минерального удобрения, в среднем за 3 года, обеспечивала урожайность сухой массы 7,61–8,46 т/га в то время как наиболее распространенная на этих почвах тимофеевка луговая – 7,62–8,99 т/га. Кроме того, последний вид более требователен к водно-воздушному и питательному режимам почв.

По возрастанию продуктивности многолетние травы разместились в таком порядке: лядвенец болотный, лядвенец рогатый, овсяница овечья, райграс пастбищный, бекмания обыкновенная, тимофеевка луговая, костер безостый. Трехукосное использование обеспечивало большую урожайность трав по сравнению с 2-укосным в 1-й год выращивания в условиях избыточно увлажненного 2008 года. В условиях 2009–2010 гг., когда в отдельные периоды вегетации наблюдался недостаток влаги, большую продуктивность травы имели при 2-укосном режиме. В целом за 3 года исследований разница в урожайности травостоев между двух- и трехукосным использованием была незначительной.

Проведенный зоотехнический анализ продукции показал, что в среднем за 2008–2010 гг. наивысший выход кормовых единиц и протеина (7,98 и 1,03 т/га) был получен в бобово-злаковой травосмеси, которая состояла из костра безостого, тимофеевки луговой, райграса пастбищного и лядвенца рогатого при внесении полного минерального удобрения в норме $N_{60}P_{60}K_{120}$ (табл. 7.18).

Таблица 7.18

Кормовая ценность многолетних трав и их травосмесей в зависимости от удобрения и режима скашивания, среднее за 2008-2010 гг.

Виды многолетних трав и их травосмеси	Кормовые единицы, т/га			Протеин, т/га			Кормовые единицы, т/га			Протеин, т/га		
	2-укосное использование						3-укосное использование					
	без удобрений	$P_{60}K_{120}$	$N_{60}P_{60}K_{120}$	без удобрений	$P_{60}K_{120}$	$N_{60}P_{60}K_{120}$	без удобрений	$P_{60}K_{120}$	$N_{60}P_{60}K_{120}$	без удобрений	$P_{60}K_{120}$	$N_{60}P_{60}K_{120}$
Костер безостый	1,94	5,71	6,92	0,18	0,59	0,74	1,67	5,48	6,59	0,18	0,59	0,70
Тимофеевка луговая	1,77	5,20	6,29	0,16	0,56	0,69	1,53	5,00	5,64	0,15	0,55	0,63
Райграс пастбищный	1,35	3,54	3,93	0,12	0,36	0,41	1,39	3,85	4,58	0,13	0,39	0,48
Бекмания обыкновенная	1,74	4,71	5,84	0,15	0,46	0,57	1,49	4,64	5,56	0,14	0,46	0,57
Овсяница овечья	1,51	3,51	4,14	0,12	0,31	0,38	1,33	3,49	4,01	0,11	0,32	0,38
Лядвенец рогатый	2,46	4,49	4,83	0,33	0,72	0,79	1,97	4,37	4,53	0,26	0,70	0,74
Лядвенец болотный	2,07	3,96	4,56	0,28	0,64	0,75	1,41	3,83	4,17	0,19	0,61	0,69
Травосмесь 1	1,93	5,71	6,59	0,16	0,59	0,70	1,88	5,75	6,85	0,18	0,60	0,74
Травосмесь 2	2,06	6,10	7,09	0,19	0,65	0,79	2,04	6,23	7,34	0,21	0,67	0,80
Травосмесь 3	2,25	6,65	7,94	0,22	0,80	0,99	2,20	6,77	7,98	0,24	0,84	1,03
Травосмесь 4	2,22	6,63	7,81	0,22	0,80	0,98	2,17	6,75	7,92	0,24	0,84	1,02
$НСР_{0,5, т/га}$	0,214			0,027			0,221			0,029		

Среди одновидовых травостоев самый высокий сбор кормовых единиц и протеина при внесении полного минерального удобрения обеспечил костер безостый, соответственно 6,92 и 0,74 т/га. Самые низкие показатели кормовой ценности в большинстве вариантов удобрения были отмечены у овсяницы овечьей. Внесение минеральных удобрений в нормах $P_{60}K_{120}$ и $N_{60}P_{60}K_{120}$ увеличивало содержание протеина в сухой массе всех видов многолетних трав и их травосмесей, что улучшило их качество по сравнению с неудобренными участками. Нужно также отметить, что внесение полного минерального удобрения $N_{60}P_{60}K_{120}$ довольно существенно увеличивало содержание протеина в сухой массе трав по сравнению с внесением фосфорно-калийного удобрения в дозе $P_{60}K_{120}$. Применение 3-укосного режима скашивания обеспечивало больший выход кормовых единиц и протеина, чем 2-укосного, в большинстве вариантов опыта.

Таким образом, при 3-укосном использовании травостоев в условиях осушаемых торфяников урожайность сена многолетних трав уменьшалась, а его качество повышалось. При 2-укосном использовании наблюдалась обратная зависимость.

Исходя из изложенного, сельскохозяйственным предприятиям разных форм собственности на осушаемых торфяных почвах Западного Полесья с плотностью загрязнения радионуклидом ^{137}Cs до 2 Ки/км² рекомендуется выращивать травосмесь из костра безостого, тимофеевки луговой, райграса пастбищного и лядвенца рогатого в травосмесях (из расчета по 7,5 кг/га каждого вида) при ежегодном внесении полного минерального удобрения в норме $N_{60}P_{60}K_{120}$ с применением 2-укосного режима скашивания травостоя. Это обеспечит получение нормативно чистых кормов с их урожайностью 10,3–10,5 т/га абсолютно сухой массы.

В состав травосмесей интенсивного сенокосного использования на осушаемых торфяниках целесообразно включать райграс пастбищный, который в 1-й и 2-й год использования доминирует в травостое, увеличивает его продуктивность и отличается наименьшим коэффициентом перехода радиоцезия из почвы в растение (до 178 Бк/кг), что обеспечивает получение наиболее высококачественных, нормативно-чистых кормов.

7.10. Выращивание биоэнергетических культур на осушаемых торфяных почвах Западного Полесья

Осушаемые земли в зоне Западного Полесья, как и в целом по стране, в последние годы стали использоваться ненадлежащим образом, что связано с существенным сокращением животноводства,

которое было главным потребителем кормов, выращиваемых на этих землях. Так, по обобщенным данным, только в Ровенской области не используется больше 129 тыс. га осушаемых земель, в том числе 94 тыс. га из-за неудовлетворительного эколого-мелиоративного состояния. К тому же в последние десятилетия происходит подкисление осушаемых земель и снижение содержания подвижных форм азота, фосфора и калия. Вследствие нехватки значительных средств, необходимых для проведения агрохимической мелиорации, таких почв в регионе становится все больше. Они часто выводятся из полноценного сельскохозяйственного использования и в лучшем случае используются под малопродуктивные пастбища или сенокосы либо просто зарастают кустарниковой растительностью [31]. Поэтому сегодня остро стоит вопрос их дальнейшего рационального использования.

В последнее время в научных и экономических кругах все чаще рассматривается и изучается возможность целесообразности отведения этих земель под плантации биоэнергетических культур [8, 31]. Весомым аргументом для развития «зеленой» энергетики стало то, что многие энергетические культуры способны произрастать на малоплодородных землях, почвах с повышенной кислотностью и, что особенно важно для зоны Полесья, на избыточно увлажненных землях с неурегулированным водно-воздушным режимом, а также других землях, которые выведены из сельскохозяйственного использования или временно не используются. Следовательно, эти культуры должны занимать соответствующую почвенно-территориальную нишу, чтобы не создавать в регионе выращивания конкуренции для основных продовольственных сельскохозяйственных культур. Выращивание здесь биоэнергетических культур, в первую очередь нетребовательных к водно-воздушному режиму, позволит вернуть эти земли для эффективного использования.

Учитывая это, Сарненская исследовательская станция в последние годы проводит исследования по изучению перспектив выращивания биоэнергетических культур на мелиорированных землях Западного Полесья. Изучение биологической и энергетической продуктивности новых и отнесенных мировой практикой к наиболее перспективным культурам проводится на осушаемом торфяном массиве Чемерное (Ровенская область) на участках со слабокислой и кислой реакцией почвенного раствора.

Проведенные нами исследования показали перспективность выращивания на осушаемых торфяных почвах ряда древесных и травянистых биоэнергетических культур. Полученные результаты урожайности биоэнергетических культур на органогенных почвах Полесья приведены в таблице 7.19.

Таблица 7.19

Продуктивность биоэнергетических культур на осушаемых торфяных почвах Западного Полесья (массив Чемерное Ровенской обл.), среднее за 2014–2015 гг.

Культура	Продуктивность, т/га		Энергетическая продуктивность, ГДж/га
	вегетативной массы	сухого вещества	
Древесные			
Ива прутьевидная (2-летний прирост)	62,3	31,2	526,4
Ива трехтычинковая (2-летний прирост)	63,8	32,0	540,8
Многолетние травянистые			
Мискантус	53,1	24,1	407,3
Топинамбур	86,6	21,7	366,7
Сида	74,0	23,1	390,4
Сорго прутьевидное	41,2	14,7	248,4
Трава Колумба	40,2	12,6	212,9
Двукосточник тростниковидный	34,7	12,4	209,6
Однолетние травянистые			
Сорго сахарное	83,8	18,2	307,6
Пайза	63,6	15,2	256,9
Сорго веничное	68,5	14,9	251,8
Кукуруза	57,3	11,9	201,1
Сорго зерновое	51,0	11,1	187,6
Суданская трава	47,4	10,3	174,1
Чумиза	39,1	8,7	147,0
Амарант	38,2	7,4	125,1
Просо	33,0	7,2	121,7

Установлено, что на осушаемых торфяных почвах среди исследуемых многолетних культур наиболее перспективными являются мискантус, топинамбур и сида, энергетическая продуктивность которых составляла 366,7–407,3 ГДж/га, что в 2 раза и более превышает показатели других много-

летников. Среди однолетних культур наиболее перспективными оказались сорго сахарное и веничное, а также пайза, энергетическая продуктивность которых составляла 251,8–307,6 ГДж/га.

Исследованиями подтверждена перспективность выращивания ивы прутьевидной и трехтычинковой на осушаемых торфяных землях с кислой реакцией почвенного раствора. Достаточное количество влаги в этих почвах и высокая обеспеченность азотом оказывают содействие быстрому их росту и накоплению мощной биомассы. Так, 2-годовые посадки ивы прутьевидной и трехтычинковой в этих условиях обеспечивали получение 31,2 и 32,0 т/га сухой массы или энергии 526,4–540,8 ГДж/га.

Известно, что для успешного внедрения новых культур в производство необходимо сформировать надежную семенную базу. С этой целью нами параллельно были проведены исследования по изучению возможности получения семенного материала исследуемых биоэнергетических культур в специфических условиях осушаемых органогенных почв. Из-за особенностей рельефа и теплового режима на осушаемых торфяниках вегетационный период здесь немного короче, чем на близлежащем суходоле, поэтому некоторые теплолюбивые растения в этих условиях не всегда дают физиологически спелые семена. Полученные результаты семенной продуктивности исследуемых культур приведены в таблице 7.20.

Таблица 7.20

Семенная продуктивность биоэнергетических культур в условиях осушаемых торфяников Западного Полесья (массив Чемерное)

Культура	Урожайность семян, ц/га	Возможная площадь посева полученными семенами, га
Трава Колумба	9,9	80-85
Сорго сахарное	19,5	110-120
Сорго веничное	22,1	90-100
Пайза	21,8	220-230
Сорго зерновое	29,2	90-100
Суданская трава	10,3	110-120
Чумиза	14,6	160-180
Амарант	19,0	1200-1300
Просо	32,9	90-95

Из приведенных данных видно, что для большинства исследуемых биоэнергетических культур существует возможность организовать собственную семенную базу в регионе выращивания, так как они дают довольно высокие урожаи физиологически спелых семян. Итак, на осушаемых торфяных почвах Западного Полесья при условии надлежащей агротехники можно успешно заниматься семеноводством большинства исследуемых культур, в том числе таких теплолюбивых, как сорго, пайза и чумиза. Учитывая высокий коэффициент размножения семян, данные культуры можно быстро внедрить в производство на необходимой площади.

Отдельно следует отметить, что перспективность выращивания в регионе большинства исследуемых культур возрастает, учитывая современные изменения климата – сокращение зимнего (холодного) периода, повышение температуры в зимние месяцы, увеличение продолжительности вегетационного периода и его теплообеспеченности при достаточном количестве влаги.

7.11. Трансформация водно-физических и агрохимических свойств осушаемых торфяных почв под влиянием длительного сельскохозяйственного использования

Широкомасштабные работы по осушению гидроморфных почв были направлены на увеличение производства валовой продукции сельского хозяйства. По разным оценкам, ныне в Украине около 1 млн га осушаемых торфяных почв. Вместе с тем в силу своих специфических водно-физических и агрохимических свойств осушаемые торфяные почвы очень динамичны и легко подвергаются деградации (в первую очередь интенсивной минерализации и сработке). Вследствие осушения в Украине за несколько последних десятилетий произошло уменьшение торфяных ресурсов на 120–150 млн т. Отрицательный баланс в трансформации органического вещества торфяных почв ежегодно достигает 7–10 т/га [23, 31].

В процессе использования изменяются также агрофизические показатели органогенных почв, происходит изменение водного, воздушного и питательного режимов. Это, в свою очередь, приводит к снижению производительности торфяных почв: росту дефицита питательных веществ, переуплотнению, подкислению и т. п. [2, 8, 23].

Сарненская исследовательская станция на протяжении многих десятилетий исследует агроэкологические изменения в осушаемых торфяных почвах Западного Полесья под влиянием осушения и

длительного сельскохозяйственного использования. Исследования на объектах проводились до и после осушения и продолжаются многие десятилетия в процессе их сельскохозяйственного использования. В среднем на Полесье уменьшение пласта торфа, преимущественно через уплотнение, составляет в начальный период 10–35 мм в год. Наименьшие потери органики, по результатам многолетних исследований Сарненской исследовательской станции, наблюдались на площадях, занятых многолетними травами, когда их процент в севообороте составляет 50–60 %. Наибольшая среднегодовая потеря органики в пропашном севообороте – 8,1–22,5 т/га.

Изменения водно-физических свойств осушаемых торфяных почв изучали в длительном стационарном полевом опыте Сарненской исследовательской станции, заложенном в 1955–1956 гг. с 9-польными полевыми и кормовыми севооборотами, в пропашном севообороте и на лугах длительного срока использования (травы 1955 года посева).

Многолетними исследованиями станции установлено, что срок и интенсивность освоения торфяных почв влияют на изменение их водно-физических свойств (табл. 7.21).

Таблица 7.21

Влияние длительного сельскохозяйственного использования осушаемых торфяных почв на изменение их плотности, г/см³

Севооборот	1913	1958	1974	1983	1993	2001	2007	2013
Целина	0,151	-	-	-	-	-	-	-
Длительные луга	-	0,210	0,240	0,260	0,280	0,300	0,320	0,333
С 4-летним луговым периодом	-	0,210	0,270	0,290	0,300	0,360	0,400	0,427
Пропашной	-	0,210	0,280	0,290	0,310	0,380	0,420	0,446

Из приведенных данных видно, что в зависимости от режима использования увеличение плотности почвы происходит с разной интенсивностью: на длительных лугах – в 1,6 раза (1958 г. – 0,210 г/см³, 2013 г. – 0,333 г/см³), а в пропашном севообороте – в 2,1 раза (1958 г. – 0,210 г/см³, 2013 г. – 0,446 г/см³). Введение в севооборот четырех полей многолетних трав также способствует замедлению процесса уплотнения пахотного слоя торфа. В пропашном севообороте уплотнение почвы в разные периоды шло с разной интенсивностью, что зависело от погодных условий вегетационных периодов. В то же время под лугами длительного срока пользования уплотнение и оседание торфяного слоя почвы происходило более равномерно (рис. 7.6).

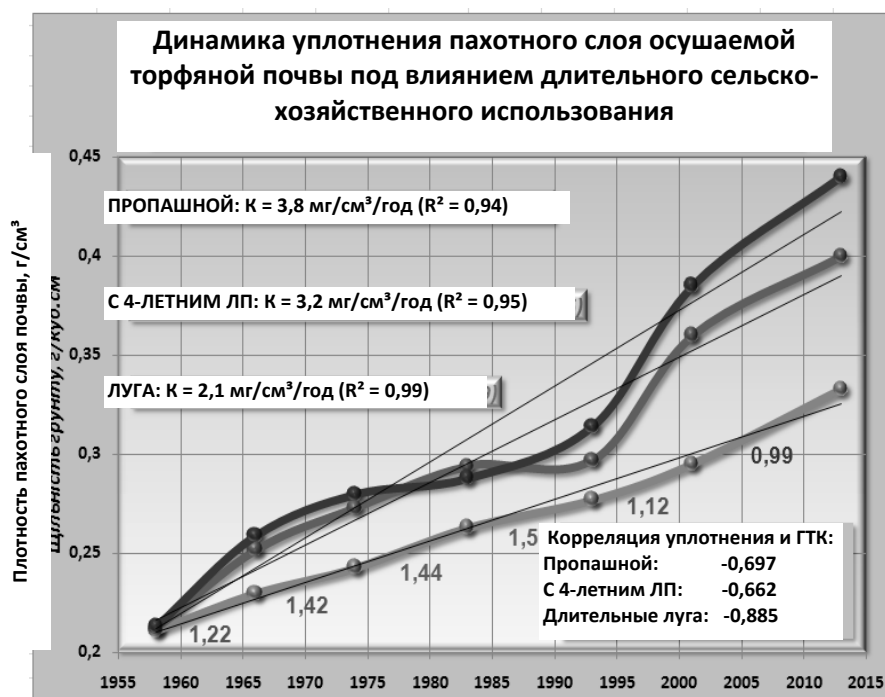


Рис. 7.6. Динамика уплотнения пахотного слоя осушаемой торфяной почвы под влиянием длительного сельскохозяйственного использования

Исследованиями установлено, что в условиях глобального потепления, когда повышается температура воздуха и уменьшается количество осадков за вегетационный период, процессы уплотнения торфяных почв усиливаются (рис. 7.7).

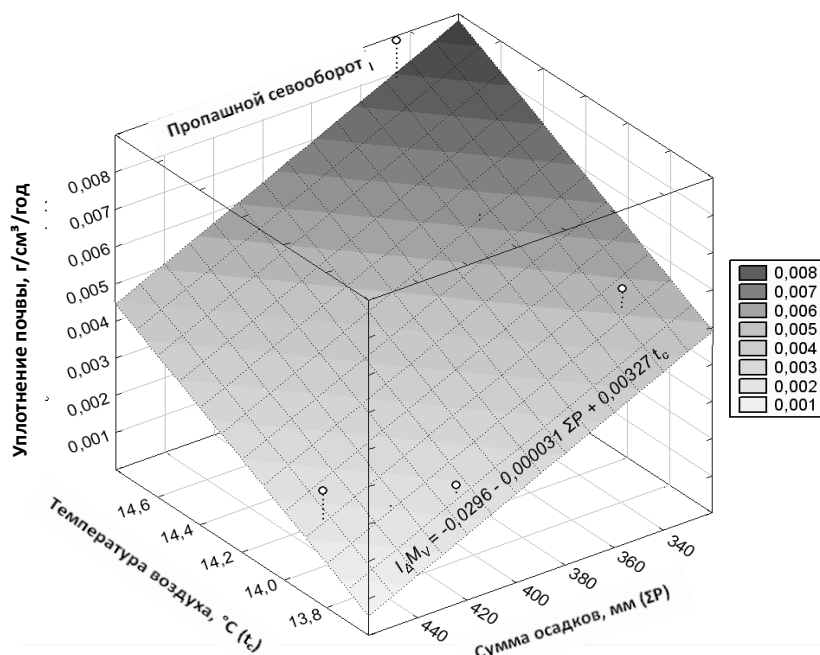


Рис. 7.7. Влияние температуры воздуха и количества осадков вегетационного периода на уплотнение пахотного слоя осушаемой торфяной почвы (1958–2013 гг.)

При выращивании многолетних трав и с увеличением продолжительности лугового периода в севообороте процессы минерализации органического вещества торфа и его уплотнение замедляются до минимума (рис. 7.8).

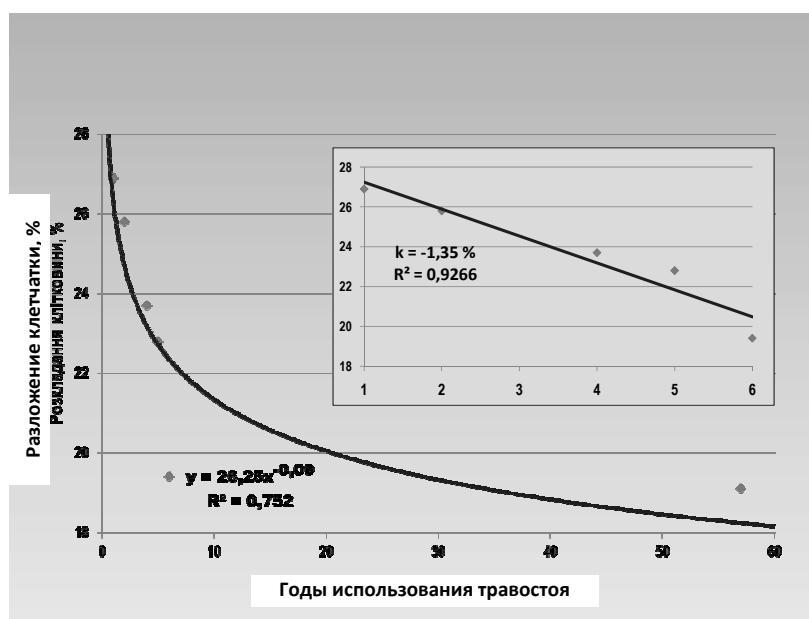


Рис. 7.8. Замедление процессов минерализации органики торфяной почвы с увеличением длительности лугового периода многолетних трав

Рост плотности торфа, который проходит под влиянием осушения, является основным фактором уменьшения его полной влагоемкости и удельной влагоотдачи. При интенсивном сельскохозяйственном использовании на протяжении 55 лет в пропашном севообороте полная влагоемкость пахотного слоя уменьшилась на 39 %, в севообороте с 4-годовичным луговым периодом – на 37 %, а под длительными лугами – на 30 % (рис. 7.9).

Многолетними исследованиями установлено, что показатели водно-физических свойств осушаемых торфяных почв не являются постоянными, а изменяются в зависимости от длительности и способов использования. Так, за 50 лет (1958–2008 гг.) плотность почвы в пропашном севообороте увеличилась на 200 %, а под длительными лугами – на 147 %. Полная влагоемкость в пахотном слое под длительными лугами уменьшилась на 38 %, а при интенсивном использовании в пропашном севообороте – на 48 %. Уплотнение торфяных почв и уменьшение их полной влагоемкости приводят к

потере органической массы торфа, уменьшению мощности торфяного слоя, снижению плодородия торфяных почв. Поэтому при сельскохозяйственном использовании осушаемых торфяных почв для снижения интенсивности их минерализации, уплотнения и сработки необходимо придерживаться рациональной структуры посевных площадей, в которой доминирующее место должно быть отведено многолетним травам.

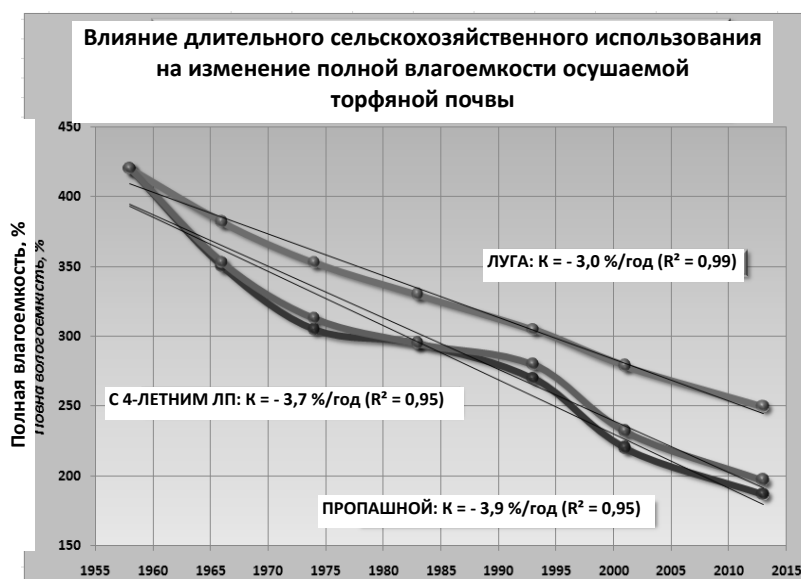


Рис. 7.9. Влияние длительного сельскохозяйственного использования на изменение полной влагоемкости пахотного слоя осушаемой торфяной почвы

Торфяные почвы, в отличие от близлежащих минеральных, отличаются специфическими агрохимическими свойствами. Они большей частью имеют кислую или слабокислую реакцию, хорошо обеспечены азотом и слабо – фосфором, а особенно калием [5, 23, 33].

Питательный режим осушаемых торфяных почв (в первую очередь фосфорно-калийный) формируется за счет минерализации органического вещества торфа и, как следствие, высвобождения питательных элементов и внесенных минеральных удобрений [5, 31].

Сарненской исследовательской станцией на протяжении многих десятилетий исследуется изменение агрохимических свойств осушаемых торфяных почв под влиянием осушения и их длительного сельскохозяйственного использования в условиях Западного Полесья (табл. 7.22, 7.23).

Таблица 7.22

Динамика содержания обменных форм калия в пахотном слое торфяной почвы за длительный период использования, мг/100 г почвы

Севооборот	Года исследований						
	1913	1958	1973	1983	1993	2001	2013
Пропашной	-	26	38	42	45	18	16
Длительные луга		28	30	31	33	16	14
Целина	5	-	-	-	-	-	-

Проведенные исследования показали, что количество обменного калия в осушаемой торфяной почве за годы исследований зависело от вида минеральных удобрений, которые применялись при их сельскохозяйственном использовании, и изменялась в зависимости от норм их внесения.

Таблица 7.23

Изменение содержания подвижных форм фосфора в пахотном слое торфяной почвы за длительный период использования, мг/100 г почвы

Севооборот	Года исследований						
	1913	1958	1973	1983	1993	2001	2013
Пропашной	-	135	235	265	259	202	267
Длительные луга	-	180	140	155	143	114	166
Целина	110	-	-	-	-	-	-

Как видно из данных, приведенных в таблице, наибольшее содержание обменных форм калия за 55-летний период исследований было отмечено в первые 15 лет использования торфяных почв (1958–1973 гг.). Его количество за этот период увеличилось на 12 мг на 100 г почвы. За следующие

20 лет наблюдений (1973–1993 гг.) содержание калия возросло на 7 мг на 100 г почвы. С 1993 по 2013 год количество обменного калия уменьшилась на 29 мг на 100 г почвы. Содержание обменного калия на лугах длительного срока пользования за 55 лет уменьшилось на 14 мг на 100 г почвы, а по сравнению с целиной – на 9 мг на 100 грамм.

Исследование динамики подвижных форм фосфора показало, что активный слой органогенной почвы с 1973 г. имел высокую, свыше 200 мг/100 г почвы, обеспеченность фосфором. Такое явление можно объяснить обогащением почвы этим элементом в результате разложения вивианитовых прослоек, закреплением фосфора из минеральных удобрений и поступлением его из разложившихся органических остатков. Опытный участок находится в пользовании свыше 80 лет, где ежегодно вносилось 45–60 кг д.в. фосфора. Большое его количество не усваивается растениями и не выносится из поля с урожаем, а остается в почве и постепенно накапливается. На лугах длительного срока пользования рост содержания фосфора происходит за счет накопления органических остатков.

Таблица 7.24

Трансформация показателей кислотности в пахотном слое торфяной почвы за длительный период использования

Год исследований	pH солевое	H _f мг/экв. на 100 г сухого грунта
1958	4,8	92,0
1974	4,6	77,6
1983	4,3	68,5
1993	4,1	56,1
2015	3,8	41,5

За время осушения и интенсивного сельскохозяйственного использования реакция почвенно-поглощительного комплекса осушаемых торфяных почв ухудшается – проходит процесс их интенсивного подкисления. Данные из таблицы 7.24 свидетельствуют о том, что за 57 лет исследований кислая реакция почвы (pH_{сол.}) увеличилась на 1,0, а величина гидролитической кислотности снизилась на 51,5 мг/экв. на 100 г почвы.

Одним из важных агрохимических показателей торфяных почв считается ее зольность. Как показали проведенные исследования, этот показатель постепенно повышается в процессе сельскохозяйственного использования осушаемых торфяных почв. Наиболее интенсивно зольность возрастает в пропашных севооборотах, а наименее интенсивно – под многолетними травами.

Таблица 7.25

Трансформация зольности низинной гипново-осоковой осушаемой торфяной почвы под влиянием осушения и длительного сельскохозяйственного использования, %

Севооборот	Годы исследований						
	1958	1974	1983	1993	2001	2008	2013
Пропашной	14	17	19	23	29	35	39
С 4-летним луговым периодом	16	20	22	24	26	28	29
С 6-летним луговым периодом	14	17	19	22	24	26	28
Длительные луга	15	18	19	21	24	27	30

За 55-летний период использования осушаемых торфяных почв их зольность в пропашном севообороте возросла в 2,8 раза, с 14 до 39 %. Увеличение зольности отмечено также под лугами длительного срока использования – с 15 до 30 %, т. е. в 2 раза. В севообороте с 4 полями многолетних трав она увеличилась с 16 до 29 %, а с шестью полями – с 14 до 28 %. Значит, более чем за столетия сельскохозяйственного использования осушаемых торфяных почв, они из низко- и среднезольных трансформировались в высокозольные.

7.12. Водопотребление сельскохозяйственных культур на осушаемых торфяных почвах

Для повышения производительности сельскохозяйственных культур на осушаемых торфяных почвах одной из основных задач является их обеспечение таким количеством влаги, которая удовлетворяла бы потребность растений во всех фазах роста и развития. Для успешного решения этой задачи прежде всего необходимо знать, какие условия влагообеспечения для выращиваемых культур являются оптимальными. Это нужно для рационального размещения сельскохозяйственных культур по площадям и оперативного регулирования водного режима почвы в процессе их выращивания.

Основные факторы, которые определяют величину водопотребления (осадки, температура воздуха, глубина залегания грунтовых вод, биологические особенности культуры и т. д.) значительно отличаются в разных регионах, поэтому водопотребление сельскохозяйственных культур целесообразно изучать в конкретных почвенно-климатических условиях. Закономерности водопотребления

сельскохозяйственных культур на торфяных почвах, их количественные характеристики, изменения во времени при разных уровнях грунтовых вод и мощности торфа до недавнего времени оставались мало изученными.

Для установления влияния норм осушения на урожайность основных сельскохозяйственных культур на Сарненской исследовательской станции были проведены лизиметрические исследования, где изучались многолетние травы, ячмень, горохово-овсяная смесь, капусту, тритикале, столовая морковь и столовая свекла, а также влияние норм осушения на урожайность перечисленных сельскохозяйственных культур при разной мощности слоя торфа. Условия глубоких и неглубоких торфяных почв моделировали путем отбора монолитов с ненарушенным строением, которые закладывали в лизиметры. Металлические лизиметры имели цилиндрическую форму с площадью поперечного сечения 0,502 м². Влагозапасы монолитов определяли путем отбора почвы на влажность термостатно-весовым методом послойно через каждые 0,1 м до глубины 0,5 м. Агротехника выращивания и удобрения сельскохозяйственных культур в опыте были стандартными для исследуемых условий.

Проведенные исследования показали, что норма осушения и мощность торфяного слоя имеют довольно важное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур (табл. 7.26).

Таблица 7.26

Водопотребление и урожайность сельскохозяйственных культур на торфяных почвах разной мощности за вегетационный период в зависимости от уровней грунтовых вод

Культура	Мощность торфа, см	Водопотребление, мм					Урожайность, ц/га					Среднее	Выход ц к.ед./га					Среднее
		уровни грунтовых вод, см					уровни грунтовых вод, см						уровни грунтовых вод, см					
		60	80	100	120	140	60	80	100	120	140		60	80	100	120	140	
Многолет. травы (зеленая масса)	0,25	592	536	467	464	462	440	370	280	300	210	320	79,2	66,6	50,4	54,0	37,8	57,6
	0,50	572	501	465	454	443	430	400	300	320	260	342	77,4	72,0	54,0	57,6	46,8	61,6
	1,0	557	465	461	446	425	370	310	310	290	290	314	66,6	55,8	55,8	52,2	52,2	56,5
Ячмень	0,25	474	461	450	430	427	47	57	56	52	37	49,8	56,4	68,4	67,2	62,4	44,4	59,8
	0,50	507	473	468	460	429	44	58	56	53	49	52,0	52,8	69,6	67,2	63,6	58,8	62,4
	1,0	505	502	440	424	411	43	58	59	53	51	52,8	51,6	69,6	70,8	63,6	61,2	63,4
Горохово-овсяная смесь (зеленая масса)	0,25	366	356	341	311	273	570	670	680	660	530	622	102,6	120,6	122,4	118,8	95,4	112,0
	0,50	352	347	332	291	282	660	720	710	620	580	658	118,8	129,6	127,8	111,6	104,4	118,4
	1,0	379	358	319	269	253	620	660	720	560	580	628	111,6	118,8	129,6	100,8	104,4	113,0
	>1,0	364	337	336	265	269	730	790	910	820	800	810	131,4	142,2	163,8	147,6	144,0	145,8
Кормовая капуста (зеленая масса)	0,25	584	420	213	145	185	280	390	340	340	280	326	33,6	46,8	40,8	40,8	33,6	39,1
	0,50	544	242	180	159	156	260	260	240	190	190	228	31,2	31,2	28,8	22,8	22,8	27,4
	1,0	555	318	166	132	140	160	220	170	210	210	194	19,2	26,4	20,4	25,2	25,2	23,3
	>1,0	604	359	355	309	303	540	490	460	490	560	508	64,8	58,8	55,2	58,8	67,2	61,0
Тритикале (зеленая масса)	0,25	470	343	294	213	278	500	490	390	300	350	406	80,0	78,4	62,4	48,0	56,0	65,0
	0,50	435	374	317	233	255	480	420	500	380	340	424	76,8	67,2	80,0	60,8	54,4	67,8
	1,0	414	308	318	230	163	530	400	380	370	250	386	84,8	64,0	60,8	59,2	40,0	61,8
	>1,0	505	400	239	214	190	600	610	630	710	620	634	96,0	97,6	100,8	113,6	99,2	101,4
Морковь столовая	0,25	1005	740	590	555	515	870	1140	890	810	690	880	191,4	250,8	195,8	178,2	151,8	193,6
	0,50	925	670	585	550	505	910	1050	870	870	740	888	200,2	231,0	191,4	191,4	162,8	195,4
	1,0	805	630	565	545	500	930	1060	700	800	660	830	204,6	233,2	154,0	176,0	145,2	182,6
	>1,0	1176	874	764	628	522	1160	1010	920	700	520	862	255,2	222,2	202,4	154,0	114,4	189,6
Свекла столовая	0,25	469	448	304	298	276	490	610	420	320	370	442	73,5	91,5	63,0	48,0	55,5	66,3
	0,50	486	398	292	284	281	550	650	320	360	290	434	82,5	97,5	48,0	54,0	43,5	65,1
	1,0	422	387	302	295	296	440	650	350	400	360	440	66,0	97,5	52,5	60,0	54,0	66,0
	>1,0	557	450	408	385	383	720	690	570	490	480	590	108,0	103,5	85,5	73,5	72,0	88,5

Многолетние травы. Как показали проведенные исследования, многолетние травы в опыте обеспечивали урожайность на уровне 210–440 ц/га зеленой массы, или 37,8–79,2 ц к.ед./га, а их суммарное водопотребление за вегетацию составляло 425–592 мм. Наивысшую урожайность многолетние травы обеспечивали при уровнях грунтовых вод (УГВ) на глубине 60–80 см от поверхности почвы. Мощность торфа при выращивании многолетних трав имела несущественное влияние на их урожайность.

Ячмень. Урожайность ячменя была в пределах 37–59 ц/га, или 44,4–70,8 ц к.ед./га. Суммарное водопотребление ячменя за вегетацию составило 411–507 мм. Наивысшую урожайность ячменя получили при залегании УГВ на глубине 80–100 см от поверхности почвы. Мощность торфа при выращивании ячменя имела несущественное влияние на его урожайность.

Горохо-овсяная смесь на зеленую массу обеспечивала урожайность в пределах 530–910 ц/га, или 95,4–163,8 ц к.ед./га. Суммарное водопотребление горохо-овсяной смеси за вегетацию составляло 253–379 мм. Наивысшую урожайность она обеспечивала при УГВ 80–100 см от поверхности почвы и мощности торфа больше 1 м.

Кормовая капуста обеспечивала урожайность в пределах 190–560, или 22,8–67,2 ц к.ед./га. Суммарное водопотребление за вегетацию составляло 132–604 мм. Наивысшую урожайность кормовой капусты получили при залегании УГВ на глубине 80–100 см от поверхности почвы и мощности торфа больше 1 м.

Тритикале на зеленую массу обеспечивало урожайность на уровне 250–710 ц/га, или 40–100,8 ц к.ед./га. Суммарное водопотребление тритикале составляло 163–505 мм. Наивысшую урожайность культура обеспечивала при УГВ 60–100 см от поверхности почвы и мощности торфа больше 1 м.

Морковь столовая обеспечивала урожайность на уровне 520–1160 ц/га, или 114,4–255,2 ц к.ед./га. Наивысшую урожайность морковь давала при залегании УГВ на глубине 60–80 см. Мощность торфа имела несущественное значение для ее урожайности.

Свекла столовая обеспечивала урожайность на уровне 290–720 ц/га, или 43,5–108,0 ц к.ед./га. Наивысшую урожайность свеклы обеспечивали УГВ на глубине 80 см от поверхности при мощности торфа больше 1 м.

Оценивая в общем показатели урожайности исследуемых сельскохозяйственных культур, можно сказать, что наиболее урожайной на осушаемых торфяных почвах оказалась морковь, причем наивысшую урожайность получили при залегании уровней грунтовых вод на глубине 60 см от поверхности почвы. Снижение УГВ до 80, 100, 120 и 140 см от поверхности приводило к снижению ее урожайности. Это объясняется ее высоким водопотреблением, поскольку на формирование урожайности порядка 1000 ц/га ее суммарное водопотребление составляло около 900–1000 мм. Высокие показатели урожайности также были отмечены в горохо-овсяной смеси – больше 600 ц/га вегетативной массы или 120 ц/га к.ед.

7.13. Использование осушаемых радиоактивно загрязненных земель (общие рекомендации из накопленного опыта)

Вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС около 782 тыс. га сельскохозяйственных угодий Полесья и частично Лесостепи получили радиоактивное загрязнение свыше 1 Кюри на квадратный километр (1,0 Ки/км²). Из них до 600 тыс. га приходится на Житомирскую, Ровенскую и Волынскую области. Мелиорированные земли занимают в этих областях почти 60 % от площади сельскохозяйственных угодий [23]. Радиоактивное загрязнение земель представлено преимущественно такими изотопами, как цезий-137 с периодом полураспада 30 лет и стронций-90 с периодом полураспада 129 лет. Главная проблема рационального сельскохозяйственного использования загрязненных земель заключается в получении на них продукции с допустимым уровнем радиоактивного загрязнения.

В результате обобщения данных научных исследований, а также имеющегося практического опыта можно считать, что основным направлением сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязненных землях должно быть получение кормов, семеноводство и выращивание технических культур, т. е. получение продукции не прямого продовольственного назначения.

Организация кормопроизводства является важнейшим звеном в использовании загрязненных земель, поскольку это дает возможность существенным образом уменьшить или целиком исключить поступление радиоактивных веществ в организм человека уже на начальных этапах цепочки почва – растение – (животное) – человек. Ограничение поступления радионуклидов в рацион животных является основным мероприятием радиационной защиты человека, так как участие молока и мяса в суточном поступлении радионуклидов в организм человека с продуктами питания может достигать 90 % [5, 23].

К числу факторов, которые влияют на поступление радионуклидов в растения при определенном уровне радиоактивного загрязнения угодий, входят:

- вид угодий и почв (естественные угодья или пахотные земли, торфяные или минеральные почвы);
- система возделывания почвы;
- влажность почвы;
- системы удобрения и мелиорантов;
- видовой состав сельскохозяйственных культур и другие.

На естественных лугах основная часть радиоцезия (70–98 % в зависимости от типа почвы) содержится в дернине и поверхностном корнеобитаемом почве. Особенность миграции радионуклидов

на лугах определяется периодическим затоплением большинства этих угодий во время половодий, паводков и разливов рек. Это обстоятельство оказывает содействие не только интенсивному перемещению радионуклидов вглубь почвенного профиля, но и большему усвоению цезия-137 луговыми растениями. Например, коэффициенты перехода цезия-137 из почвы в растения на переувлажненных лугах в 3–8 раз выше, нежели на суходольных [8, 25].

Наблюдение за цезием-137 в условиях Полесья показали, что на однотипных почвах при снижении уровня грунтовых вод с 0,5 до 1,0 м концентрация этого элемента в растениях уменьшается в 3–10 раз. Отсюда можно сделать вывод, что на мелиоративных системах в условиях радиоактивного загрязнения уровни грунтовых вод необходимо поддерживать по возможности на более глубоких отметках оптимального интервала.

Важным фактором уменьшения поступления радионуклидов в растениеводческую продукцию является возделывание почвы с оборотом пласта и захоронением радиоактивного слоя вглубь грунтового профиля. В наших опытах захоронение загрязненного пласта почвы на глубину лишь 5 см обеспечивало уменьшение содержания цезия-137 в травостое в 1,4 раза, а коренное улучшение (глубокая пахота) естественного сенокоса на осушенном торфянике давало уменьшение содержимого радионуклидов в травостое в 2–16 раз в зависимости от сочетания доз извести и удобрений.

В условиях радиоактивного загрязнения почв норма внесения извести должна быть увеличена в 1,5–2 раза по сравнению с рассчитанной по гидролитической кислотности почвы. Также следует отказаться от применения физиологически кислых удобрений, в которых азот находится в катионной форме. Излишек азотных удобрений активизирует подвижность цезия и его переход в продукцию растениеводства. Оптимальное соотношение питательных веществ (азота, фосфора, калия) на загрязненных цезием почвах должно быть 1:1,5:2,0.

Системное внесение органических и минеральных удобрений в севообороте, известкование дают возможность уменьшить загрязнение урожая ячменя, пшеницы, картофеля в 1,5–2 раза, люпина, многолетних трав и льна – в 2–3, зеленой массы кукурузы – в 5 раз. В целом по севообороту за счет внесения оптимальных доз удобрений загрязнение продукции растениеводства снижается в 3 раза.

Нужно учитывать также, что избыточные дозы извести создают условия для распространения возбудителей болезней растений, особенно культур, для которых благоприятны кислые почвы (лен, картофель и др.).

Одним из простейших и экономически выгодных мероприятий по снижению загрязнения урожая является расширение посевных площадей под отдельные виды и сорта растений, которые отличаются низким коэффициентом накопления радионуклидов. Среди зерновых культур более всего накапливает цезий-137 овес, за ним озимая пшеница, яровой ячмень и меньше всего озимая рожь.

Основной источник накопления дозы внутреннего облучения человека – продукция животноводства – молоко и мясо. Уровень загрязнения животноводческой продукции зависит в первую очередь от состояния лугов и пастбищ. Обследование загрязненных угодий показало, что, как правило, уровень загрязнения лугов и пастбищ значительно выше по сравнению с пахотными землями, поэтому необходимо обязательно проводить коренное улучшение лугов и пастбищ, которое заключается в глубокой вспашке почвы, внесении органических и минеральных удобрений, химических мелиорантов и посева оптимизированных травосмесей многолетних трав.

В рационах животных, состоящих из кормов, полученных на землях с разным уровнем радиоактивного загрязнения, нужно придерживаться такого подхода: часть кормов, выращенных на землях с высоким уровнем загрязнения, должна быть такой, чтобы она не давала значительного вклада калия и кальция в рацион, а основное количество минеральных элементов в рационе должно обеспечиваться из кормов с наименее загрязненных земель.

О необходимости отдельного хранения и использования кормов с разным уровнем радиоактивного загрязнения свидетельствуют особенности усвоения и выведения радионуклидов из организма животных при их откорме. Радиоактивный цезий сравнительно быстро выводится из организма, поэтому при откорме на мясо уровень его загрязнения в момент забоя определяется лишь поступлением радионуклидов в предубойный период продолжительностью 2–4 месяца. Скорость выведения радионуклидов из мышечных тканей выше у молодых животных и уменьшается с их возрастом.

Для экономного расходования относительно «чистых» кормов их нужно использовать лишь для кормления дойных коров и животных мясного направления в предубойный период.

С учетом изложенного в использовании радиоактивно загрязненных осушенных земель нужно придерживаться таких рекомендаций:

1. Наиболее эффективным методом первичного возделывания осушаемых минеральных земель является двухъярусная глубокая вспашка на 30–40 см, а в последующие годы – поверхностная обра-

ботка. На торфоболотных почвах перед глубокой вспашкой нужно провести фрезерование в один-два следа или дискование тяжелыми болотными боронами в три-четыре следа да полной разработки дернины.

2. Не допускать переувлажнения почвы.

3. На осушенных дерново-подзолистых почвах проводить химическую мелиорацию с внесением извести, навоза и минеральных удобрений:

а) на кислых и слабокислых почвах вносить 1,0–1,5 нормы извести по гидролитической кислотности, периодичность известкования – дважды за ротацию в 9-польном севообороте;

б) дозы органических удобрений под пропашные и овощные культуры должны составлять 60–80 т/га, под зерновые – 20–30 т/га;

в) минеральные удобрения нужно вносить в соотношении 1,0 : 1,5 : 2,0 (азот : фосфор : калий), излишек азота активизирует подвижность цезия и его переход в растениеводческую продукцию, поэтому его норму целесообразно вносить половинными дозами дважды;

г) на осушенных минеральных почвах следует практиковать послеуборочные посевы культур, которые обогащают почву органическим веществом. Для повторного посева пригодны все рекомендованные для этой зоны культуры, за исключением люпина, который усваивает значительное количество радиоцезия.

4. На лугах и пастбищах необходимо обеспечивать их коренное улучшение путем глубокого возделывания почвы, внесения органических удобрений и мелиорантов, посева высокопродуктивных, оптимальных по составу травосмесей:

а) на торфяных почвах при коренном улучшении целесообразно осуществлять структурную мелиорацию путем пескования нормой 150–250 т/га и ежегодное внесение минеральных удобрений, особенно повышенных доз калия, азот из удобрения нужно исключить;

б) перезалужение загрязненных лугов и пастбищ следует проводить через каждые 4–5 лет, а на возвышенных участках с бедными почвами – через 2–3 года с внесением 30–40 т/га органических удобрений;

в) при повторном перезалужении площадь следует дисковать несколько раз с целью предотвращения поднятия захороненного в предыдущие годы загрязненного слоя.

5. Для контроля необходимо проводить систематический радиологический контроль радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодий, а также продукции растениеводства и животноводства на всех этапах производства.

Литература

1. Артеменко В. И., Безкровный А. К. Сельскохозяйственное использование осушенных торфяно-болотных почв. – Киев: Урожай, 1972. – 230 с.

2. Бамбалов Н. Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения. – Минск: Наука и техника, 1984. – 81 с.

3. Веремеенко С. И., Трушева С. С. Біологічні системи землеробства : навчальний посібник. – Рівне, 2011. – 196 с.

4. Всемирная конференция по изменению климата : тез. докл. – М., 2003. – 700 с.

5. Сільськогосподарське використання осушуваних земель Гумідної зони : метод. рек. / В. Р. Гімбаржевський, Слюсар І. Т., Коваленко Т. М. [та ін.]. – Київ. : Аграрна наука, 2000. – 75 с.

6. Довідник поживності кормів / М. М. Карпусь, С. І. Карпович [та ін.]; за ред. М. М. Карпуся. – Київ: Урожай, 1988. – 400 с.

7. Зименко Т. Г. Микробиологические процессы в мелиорированных торфяниках Белоруссии и их направленное регулирование. – Минск: Наука и техника, 1977. – 208 с.

8. Зубец В. М., Дубрава В. И. Изменение водно-физических свойств торфа при мелиорации болот // Почвоведение. – 1981. – № 4. – С. 79–85.

9. Зойдзе Е. К. О системе оценок агроклиматических ресурсов Российской Федерации // Метеорология и гидрология. – 2002. – № 3. – С. 90–100.

10. Енергозберігаючі агроєкосистем. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України : рекомендації. – Київ: Дія, 2011. – 575 с.

11. Електронний ресурс: <http://www.marsop.info>.

12. Ильина И. Климат – нервозность нарастает // Наука и жизнь. – 2014. – № 5. – С. 13–14.

13. Картоплярство: складові високого врожаю // Аграрний тиждень. – 2010. – № 11 (137). – С. 8–9.

14. Комплексне застосування біопрепаратів на основі азотфіксуючих, фосфор мобілізуючих мікроорганізмів, фізіологічно активних речовин і біологічних засобів захисту рослин : рекомендації. – Київ: Аграрна наука, 2000. – 36 с.

15. Кліматичний Кадастр України. – Київ: Центральної геофізичної обсерваторії МНС України, 2006. – Електронний ресурс (CD).

16. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. – Київ: В-во Раєвського, 2003. – 344 с.
17. Методика суцільного ґрунтово-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України. – Київ, 1994. – 162 с.
18. Минин А. А. Изменчивость дат устойчивых переходов средней суточной температуры воздуха через пороговые значения на Русской равнине // Метеорология и гидрология. – 1998. – № 1. – С. 56–68.
19. Мирвис В. М., Гусева И. П. Мещерская А. В. Тенденция изменения временных границ теплого и вегетационных сезонов на территории бывшего СССР за длительный период // Метеорология и гидрология. – 1996. – № 9. – С. 106–116.
20. Мирвис В. М., Гусева И. П. Оценка изменения продолжительности безморозного периода вегетации на территории России и сопредельных государств в XX веке // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 1. – С. 106–113.
21. Природоохоронне та ефективне використання осушуваних органогенних ґрунтів гумідної зони : метод. Рекомендації / Слюсар І. Т., Ткачов О. І., Соляник О. П. [та ін.]. – Київ, 2014. – 79 с.
22. Регуляторы роста в растениеводстве : рекомендации / Государственное предприятие межведомственный научно-технологический центр «Агроботех» НАН Украины и МОН Украины. – Київ, 2009. – 32 с.
23. Рижук С. М., Слюсар І. Т. Агроекологічні основи ефективного використання осушуваних ґрунтів Полісся і Лісостепу України. – Київ: Аграр. наука, 2006. – 424 с.
24. Сидоренко О. О. Оцінка сучасного еколого-меліоративного стану осушуваних земель // Вісн. Аграрної науки. – 2012. – № 11. – С. 58–60.
25. Синицына Н. И., Гольцберг И. А., Струнников Э. А. Агрометеорология. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. – 344 с.
26. Сиротенко О. Д., Абашина Е. В. Влияние глобального потепления на агроклиматические ресурсы и продуктивность сельского хозяйства России // Метеорология и гидрология. 1994. – № 4. – С. 101–112.
27. Сніжко С. І., Скриник О. А., Щербань І. М. Особливості тривалості вегетаційного періоду і періоду активної вегетації на території України (тенденції зміни внаслідок глобального потепління) // Український гідрометеорологічний журнал. – 2007. – № 2. – С. 119–128.
28. Тараріко Ю. О., Личук Г. І. Моделювання агроєкосистем на інформаційній базі стаціонарного дослідження в Поліссі // Вісн. аграрної науки. – 2013. – № 3. – С. 53–58.
29. Чирков Ю. И. Агрометеорология. – Л.: Гидрометеоздат. – 1979. – 230 с.
30. Трускавецький Р. С., Трускавецький Є. С. Антропогенна деградація гігморфних біоценозів і проблеми їх раціонального використання [Електронний ресурс]. – URL: <http://eprints.zu.edu.ua/2158/1/01trsirv.pdf>.
31. Трускавецький Р. С. Торфові ґрунти і торфовища України. – Харків: Міськдрук, 2010. – 278 с.
32. Шевченко В. П. Агротехника сельскохозяйственных культур на осушаемых землях. – М.: Агропромиздат, 1985. – 303 с.
33. Землеробство на осушених землях / М. Г. Цюпа, В. С. Бистрицький, І. Т. Слюсар [та ін.]. – Київ: Урожай, 1990. – 183 с.

Глава 8. ОПТИМИЗАЦИЯ ВОДНОГО И ПИТАТЕЛЬНОГО РЕЖИМОВ ОСУШАЕМОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

8.1. Формирование водного и воздушного режимов на дерново-подзолистых почвах Полесья

Почвенный покров Полесья формировался в достаточно сложных условиях под непосредственным действием ледников и их талых вод при участии трех типов почвообразования: подзолистого, дернового и болотного. Их последующее развитие происходило под воздействием соответствующих растительных формаций: деревянистой, травянистой, луговой и болотной. На повышенных элементах рельефа формировались дерново-подзолистые почвы разной степени оподзоливания, оглеения и гранулометрического состава. В заводях рек и сниженных частях – луговые, глинистые, легкосуглинистые, болотные и торфоболотные почвы.

По гранулометрическому составу дерново-подзолистые почвы разделяются на песчаные, глинисто-песчаные и супесчаные, в которых количество иловатых частиц соответственно составляет 2,0; 2–5; 5–15 %. Для них характерное низкое содержание гумуса (< 2 %), емкости катионного обмена (15–85 мг-экв. на кг). Они бедны на кальций, магний и питательные вещества. Имеют повышенную реакцию грунтового раствора: рН солевой вытяжки — 4,2–5,6, гидролитическую кислотность — 15–35 мг-экв на кг почвы. При таком уровне естественного плодородия для экономически оправданного их использования они нуждаются в постоянном внесении органических и минеральных удобрений.

Кроме низкого агрохимического обеспечения, дерново-подзолистые почвы имеют неудовлетворительные водно-физические свойства. По своей природе они бесструктурны, с повышенной объемной массой (1,45–1,65 г/см³), скважностью в пределах 33–41 % (табл. 8.1), с широким диапазоном запасов продуктивной влаги в метровом слое (125–240 мм) и высоким коэффициентом водоотдачи (80–84 %) (табл. 8.2). Поэтому у них всегда есть потребность в регуляции воздушного и водного режимов, особенно она заостряется при избыточном переувлажнении, когда после дождей на поверхности почвы наблюдается подтопление посевов с последующим образованием корки, которая, с одной стороны, препятствует поступлению воздуха к корням растений, с другой – повышает потери влаги из почвы в результате усиления интенсивности испарения.

Таблица 8.1

Основные водно-физические свойства дерново-среднеподзолистой супесчаной почвы

Слой почвы, см	Плотность почвы, г/см ³	Общая скважность, %	Максимальная гигроскопическая влажность, %	Предельная полевая влагоемкость		Влажность завядания	
				%	мм	%	мм
0-10	1,51	41	1,71	18,6	28,1	2,3	3,5
10-20	1,51	41	1,71	16,9	25,6	2,3	3,5
20-30	1,53	41	1,71	15,8	24,1	2,3	3,5
30-40	1,56	40	1,34	12,8	19,9	1,8	2,8
40-50	1,63	37	1,60	12,7	20,8	2,1	3,4
50-60	1,64	37	1,60	12,6	20,7	2,1	3,4
60-70	1,70	35	4,70	13,2	22,4	6,3	10,7
70-80	1,75	33	4,70	13,2	23,1	6,3	11,0
80-90	1,76	23	4,70	12,6	22,2	6,3	11,1
90-100	1,76	33	4,70	12,4	21,8	6,3	11,1

Таблица 8.2

Наименьшая влагоемкость и максимально возможные запасы продуктивной влаги в метровом слое в основных типах почв

Почва, гранулометрический состав	Наименьшая влагоемкость, мм	Коэффициент водоотдачи, %	Максимально возможные запасы продуктивной влаги, мм
Дерново-подзолистые песчаные	125	84	105
-//- супесчано-пылеватые	190	84	160
-//- супесчано-легкосуглинистые	240	80	190
Серые лесные легкосуглинистые	270	74	200
Черноземы оподзоленные среднесуглинистые	310	61	190

Научными исследованиями установлено, что каждая сельскохозяйственная культура имеет индивидуальные параметры влагообеспечения. Так, верхний предел оптимальной влажности активного слоя почвы для многолетних трав составляет около 70–80 %, зерновых – 73–76 % и пропашных культур – 68–73 % от наименьшей влагоемкости почвы. Кроме этого, обнаружена прямая зависимость

между влагообеспечением и урожайностью сельскохозяйственных культур: при 10%-ном влагообеспечении от оптимального количества влаги урожайность зерновых и кормовых культур составляет 20–25 % потенциальной урожайности; 30%-ном влагообеспечении – урожайность зерновых составляет 50 % и кормовых культур – 40 %; при 80–90%-ном – соответственно 85 и 90 % полного урожая [1].

Не менее важной является оптимизация воздушного режима почвы, которая имеет не меньшее значение для роста и развития сельскохозяйственных культур, чем водный, питательный и тепловой. Это связано с постоянным газообменом между грунтовым и атмосферным воздухом, пополняющим запасы кислорода в почве, который находится в пределах 20–40 % пористости почвы. При содержании в почве воздуха менее 15–20 % отмечается дефицит кислорода, при этом медленно разлагается органическое вещество, повышается кислотность, преобладают анаэробные процессы, что приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур и потере азота. Оптимальный уровень аэрации почвы должен обеспечивать свободный газообмен между почвой и атмосферой.

Улучшение аэрации минеральных почв под воздействием осушения способствует оптимизации их теплового режима и микроклимата. Весной температура дренируемых почв выше на 1–5 °С, поэтому их можно обрабатывать на 5–10 дней раньше, чем неосушаемые. Vegetационный период при этом продолжается на 15–30 дней, делая почвы более пригодными для посева ранних зерновых, зернобобовых культур.

При выращивании многолетних злаковых трав аэрация активного слоя почвы не должна быть ниже 17–22 %, для клевера лугового, овса, картофеля и кукурузы – 20–30 %, пшеницы озимой, ржи озимой, ячменя, сахарной и кормовой свеклы – 30–40 %.

В связи с тем, что у дерново-подзолистых почв достаточно короткий срок возвращения к равновешенному состоянию, в Институте сельского хозяйства Полесья НААН вместе ННЦ «Институт земледелия НААН» проработаны теоретические принципы и практические подходы двухфазового возделывания почвы под яровые зерновые, зернобобовые и их смеси с целью улучшения аэрации почвы и снижения засоренности посевов. Установлено, что при таком способе возделывания снижаются показатели объемной массы почвы верхнего слоя (0–10 см) на 0,23 г/см³, или на 15,6 %, по слою 11–30 см – на 0,04 г/см³, или на 2,3 % (рис. 8.1), уменьшается засоренность посевов многолетними видами в 3–8 раз. В результате значительного снижения конкуренции со стороны сорняков и улучшения физических условий роста и развития растений урожайность зерна растет на 5–14, а соломы – на 12–27 % в сравнении с традиционной технологией возделывания почвы.

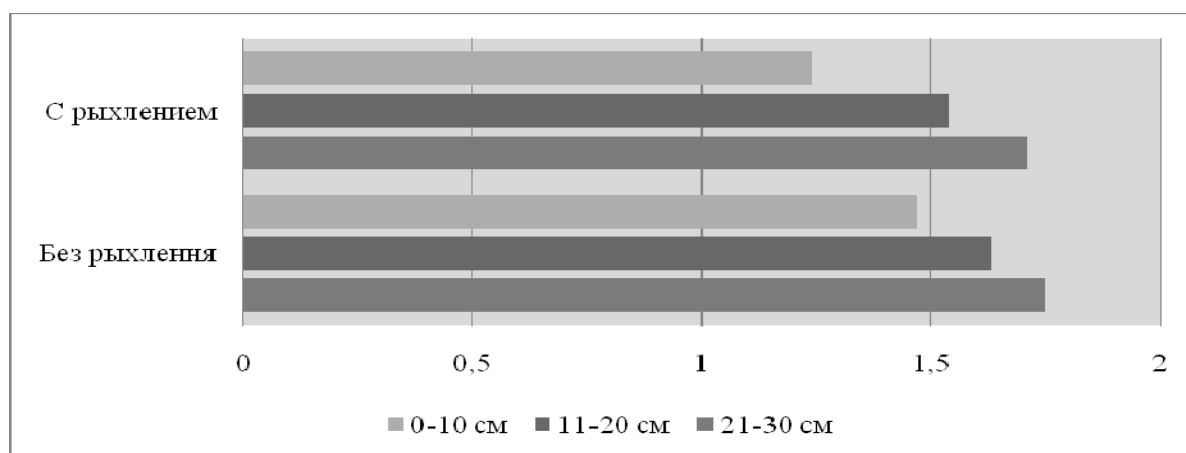


Рис. 8.1. Влияние довсходового рыхления на показатели плотности почвы под тритикале яровым в фазе всходов, г/см³, 2011 г.

Создание оптимальной влажности и аэрации почвы на осушаемых землях в соответствии с требованиями растений достигается регулированием уровней грунтовых вод. Уровень грунтовых вод, который обеспечивает наиболее благоприятный водно-воздушный режим почвы в период вегетации сельскохозяйственных культур, называется нормой осушения. Она уменьшается от наименьшего своего значения перед севом культур к наибольшему в конце вегетации.

Норма осушения определяется в первую очередь биологическими свойствами выращиваемых культур, структурой севооборота, потребностью растений в водно-воздушном режиме почвы в отдельные периоды роста и развития. Оптимальные уровни грунтовых вод на минеральных почвах при выращивании многолетних трав и зерновых культур при посеве и в начале всходов 50–60, в период интенсивного роста – 60–75, перед сбором 75–90 см, при выращивании пропашных в период всходов – 60–70, в фазе интенсивного роста – 70–80 и в период созревания – 100–120 см.

Оптимальные уровни грунтовых вод способствуют сохранению органического вещества, эффективному использованию плодородия почвы, экономной затрате воды и питательных веществ на образование единицы продукции. Практика показала, что оптимальный интервал изменения УГВ в течение вегетации находится в пределах 0,5–1,2 м от поверхности почвы. Постепенным снижением УГВ, начиная с посевного периода к рекомендуемому на период уборки урожая, создают более благоприятные условия для развития корневой системы и в то же время увеличения активного слоя почвы, который поставляет растениям питательные вещества и кислород. В засушливые периоды нормы осушения уменьшают приблизительно на 5 см, а во влажные увеличивают на 10 см.

При снижении уровня грунтовых вод ниже 190–200 см влажность слоя 0–150 см обуславливается исключительно атмосферными осадками. Неудовлетворительные водно-физические свойства почвы (низкая влагоемкость, незначительная водоподъемная способность, «провальная» водопроницаемость) в засушливые годы и бездождевые периоды в течение вегетации приводят к тому, что в условиях осушения без дополнительного увлажнения в корнеобитаемом слое возникает дефицит продуктивной влаги. При запасах влаги 20–25 мм в 20–30-сантиметровом пахотном слое почвы испарение в засушливые периоды составляет в среднем 3–5 мм за сутки, и при отсутствии осадков в течение 6–7 дней большинство культур испытывают недостаток влаги и нуждаются в орошении.

Сложность вопроса регуляции водно-воздушного режима дерново-подзолистых почв объясняется неравномерным и малопредполагаемым распределением атмосферных осадков в течение вегетационного периода и неблагоприятным водно-воздушным режимом. Важными факторами регуляции водно-воздушного режима осушаемых земель является комплекс агромелиоративных мероприятий: глубокое рыхление, кротование, узкозагонная вспашка.

Самым распространенным мелиоративным мероприятием улучшения водного режима осушенных гончарным дренажом оглеенных суглинистых почв (особенно поверхностно оглеенных) с коэффициентом фильтрации подпахотных горизонтов менее 0,1 м/сутки, а также средне водопроницаемых суглинистых почв с коэффициентом фильтрации подпахотных слоев 0,1–0,3 м/сутки при умеренной оподзоленности и оглеении является глубокое рыхление.

Благодаря глубокому рыхлению временное переувлажнение перемещается из пахотного в подпахотный слой, достигается более равномерное распределение влаги по глубине грунтового профиля в течение вегетационного периода. Установлено, что глубокое рыхление значительно влияет на водно-физические свойства почв и их питательный режим. Под воздействием рыхления плотность почвы уменьшается на 9–15 %, общая скважность увеличивается на 10–18 %, в 3–10 раз вырастает коэффициент фильтрации. Усиливается биологическая активность почвы, ускоряются процессы нитрификации, повышается доступ и накопление питательных веществ.

В кратковременном опыте на осушаемой гончарным дренажом дерново-среднеподзолистой глеевой почве, которая подстилается мореной, изучали влияние мелиоративных мероприятий (глубокого рыхления, мелиоративной пахоты, внесения мелиорантов) и междреннего расстояния на водный режим почвы и урожайность культур севооборота. В опыте наблюдается четкая закономерность по влиянию густоты дренажной сети на запасы продуктивной влаги во все периоды вегетации. В этом случае запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы более высоки при закладывании дрен на ширину 12 м в сравнении с междренним расстоянием 18 и 24 м (табл. 8.3). Даже весной в пахотном слое почвы отмечено большое количество влаги на участках с густой дренажной сеткой. Это связано с тем, что при размещении дрен на расстоянии 24 м значительная часть воды при оттаивании почвы отводится поверхностным стоком, а влага, которая осталась, поступает в более глубокие слои почвы.

При густой дренажной сетке с оттаиванием почвы поверхностный сток воды уменьшается и начинается более интенсивное отведение дренами избыточной влаги.

В засушливые годы на вариантах с проведением глубокого рыхления и мелиоративной пахотой запасы в метровом слое почвы были практически одинаковыми. При избыточном поступлении осадков при уменьшении междреннего расстояния наблюдается закономерность по повышению запасов продуктивной влаги от глубокого сплошного к разреженному рыхлению и к мелиоративной пахоте.

Определение водопроницаемости показало, что в первые два часа она была выше на варианте с мелиоративной пахотой, а затем увеличилась на участке с глубоким рыхлением. При размещении дрен на ширину 12 м урожайность зерна ячменя повысилась на 3,5, пшеницы озимой – на 10,4 ц/гектар, многолетних трав – на 15,6 ц/га сухого вещества в сравнении с 24-метровым расстоянием. Наибольшая производительность кормовых культур получена при сочетании глубокого сплошного рыхления с внесением двойной нормы извести на участке с закладкой дрен на ширину 12 м. Это дало возможность получить максимальный урожай зерна ячменя – 22,1 ц/га, озимой пшеницы – 42,6 ц/га, абсолютно сухого вещества многолетних трав – 113 ц/га.

Влияние глубокого рыхления и мелиоративной пахоты на запасы продуктивной влаги на дерново-среднеподзолистой глинистой почве, мм (среднее за 3 года)

Горизонт, см	Варианты возделывания почвы								
	сплошное рыхление через 60 см + обычная пахота			разреженное рыхление через 120 см + обычная пахота			мелиоративная пахота на глубину 30–32 см		
	всходы	колошение	после сбора	всходы	колошение	после сбора	всходы	колошение	после сбора
Расстояние между дренами 12 м									
0-20	28,4	14,4	14,6	31,0	9,8	8,2	29,8	13,4	14,3
20-40	30,2	30,5	16,3	32,3	22,7	14,6	28,0	25,5	9,6
40-60	30,9	39,9	17,8	35,1	40,6	22,0	31,0	40,3	18,9
60-80	34,2	42,7	18,1	38,1	36,5	27,4	33,7	39,1	25,2
80-100	35,8	36,4	21,1	35,2	38,6	25,9	33,2	37,0	29,7
0-100	159,5	163,8	87,9	171,7	148,2	98,1	155,7	155,3	97,7
Расстояние между дренами 18 м									
0-20	30,9	8,4	4,4	29,7	9,8	7,4	24,9	9,9	8,3
20-40	19,3	9,2	0,7	22,1	9,0	2,1	26,3	10,7	7,0
40-60	20,7	19,5	7,3	24,1	18,6	6,1	35,1	31,5	11,3
60-80	31,0	26,7	15,3	29,2	31,6	14,1	35,5	39,2	21,5
80-100	30,2	35,7	22,7	27,1	35,6	24,5	37,5	37,4	27,9
0-100	132,1	99,5	50,4	132,2	104,6	54,2	159,3	128,7	76,0
Расстояние между дренами 24 м									
0-20	25,4	7,0	6,1	28,7	7,9	7,6	32,7	8,4	7,5
20-40	21,2	1,9	1,0	16,1	4,1	2,6	19,6	6,7	2,7
40-60	8,5	1,4	0,4	10,7	0,4	3,9	7,9	2,1	1,9
60-80	10,9	8,8	8,7	16,6	8,6	5,0	8,0	9,7	5,8
80-100	16,0	16,5	13,7	20,5	23,3	5,2	21,0	17,7	5,3
0-100	82,0	35,6	29,9	92,6	44,3	24,3	89,2	44,6	23,2

В долгосрочном стационарном опыте (1986–1994 гг.) Института сельского хозяйства Полесья НААН, заложенном на осушаемой гончарным дренажом мелиоративной системе двустороннего водорегулирования, дерново-подзолистой супесчаной почве, образованной на водноледниковых отложениях и подстеленной из глубины 1,5–2,0 м каолинами, изучали влияние разных способов возделывания почвы в сочетании с рекомендованной и расчетной нормами удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур. Запасы продуктивной влаги как в корнеобитаемом (0–30 см), так и в метровом слое почвы находились в прямой зависимости от количества осадков и уровня грунтовых вод. Так, под ячменем с подсевом многолетних трав в период полных всходов запасы влаги в корнеобитаемом слое почвы были более высоки на варианте без удобрений и составили соответственно 33,5 и 73,9 мм. На варианте с рекомендованной нормой удобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$) снижение запасов влаги в корнеобитаемом слое почвы составило 9,9 мм, по расчетной норме удобрений ($N_{90}P_{100}K_{80}$) – 12,2 мм и по расчетной норме удобрений в интенсивной технологии ($N_{90}P_{100}K_{80}$) – 16,0 мм, что можно объяснить большим развитием вегетативной массы и увеличением расходов влаги на этих вариантах. Перед сбором ячменя запасы влаги по разным нормам удобрений уравнились и находились в пределах 46,6–51,0 мм – в слое 0–30 см и 86,6–90,8 мм – в метровом слое.

Под озимой пшеницей запасы влаги в слое 0–30 см были значительно больше по расчетной норме удобрений в интенсивных технологиях ($N_{120}P_{135}K_{125}$) – 76,5 мм, на 12,1 мм меньше при расчетной норме удобрений ($N_{120}P_{135}K_{125}$) и на 17,5 мм – по рекомендуемой норме ($N_{70}P_{70}K_{70}$). В период цветения и перед сбором запасы влаги также были более высоки на варианте с расчетной нормой удобрений в интенсивных технологиях.

В сравниваемых вариантах пахоты на 18–20 см по расчетной норме в интенсивных технологиях на нерегулированном участке запасы влаги были на 20,9 мм меньше в период возобновления вегетации и на 13,6 мм – в период цветения и выравнивались перед сбором в сравнении с участком, где регулировался уровень грунтовых вод. При выращивании озимой пшеницы, льна и клевера наиболее эффективной оказалась рекомендованная норма удобрений; для озимой ржи, ячменя и люпина – расчетная норма.

Полученные урожайные данные картофеля в стационарном опыте (1978–1985 гг.) на дерновой легкосуглинистой почве показывают, что эти почвы не пригодны для выращивания требовательной к водно-воздушному режиму культуры. Высокие уровни грунтовых вод в отдельные периоды вегета-

ции приводили к значительному снижению урожайности, а в отдельные годы и полной гибели посевов (табл. 8.4). Так, из шести лет в двух – посевы полностью погибли, а в двух отмечен низкий урожай картофеля.

Таблица 8.4

Уровень грунтовых вод на опытном участке за годы проведения исследований на дерновой легкосуглинистой почве, см (опытное поле «Чеповичи»)

Месяц	Среднемесячный уровень грунтовых вод по годам								Среднее многолетнее
	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	
Январь	145	168	212	137	146	176	213	215	177
Февраль	172	166	212	150	168	153	207	206	179
Март	103	138	214	147	167	141	193	201	163
Апрель	99	101	116	152	120	104	105	143	118
Май	104	127	121	96	119	114	116	107	113
Июнь	73	160	110	72	115	147	130	130	117
Июль	69	189	105	80	101	182	125	139	124
Август	101	202	152	120	135	203	145	157	152
Сентябрь	163	204	170	138	158	217	157	182	174
Октябрь	192	219	155	145	180	221	157	195	183
Ноябрь	190	220	140	192	189	224	165	200	190
Декабрь	173	207	116		188	222	181	203	181
В среднем за год	132	175	152	130	149	175	158	170	156

При внесении рекомендованной нормы удобрений для зоны за годы исследований в зависимости от водного режима почвы в период вегетации получен урожай клубней в пределах 176-341 ц/га. Оптимальный уровень грунтовых вод наблюдался только в начале вегетации, а рост и развитие культур проходил при сниженном УГВ на 10-40 см, что повлияло на уровень урожайности сельскохозяйственных культур.

С целью усовершенствования элементов технологий выращивания культур на осушаемых системах с двусторонним регулированием в условиях Полесья на базе балансово-лизиметрической станции Института сельского хозяйства Полесья НААН лизиметрическим методом в течение 2006–2010 гг. изучали влияние подпочвенного увлажнения и полива на производительность культур в севообороте и определяли оптимальные параметры влагозапасов почвы по фазам развития культур.

В опыте использовали лизиметры металлические, цилиндрической формы, диаметром 100 см, заполненные монолитом почвы с ненарушенной структурой, глубиной 170 см, с площадью поверхности 0,8 м². Работа лизиметров основана на принципе установления заданного уровня грунтовых вод от поверхности почвы и поддержания его за счет отведения или подачи воды с помощью водорегулирующего устройства. Количество воды, поданной в лизиметр или отведенной из него в процессе стабилизации заданного уровня, составляет соответственно величину потери грунтовых вод в зоне аэрации и их пополнения за счет инфильтрации.

Почва в лизиметрах дерново-среднеподзолистая супесчаная, с глубины 50–60 см подстиляется моренным суглинком. Глубина пахотного слоя 20–22 см с содержанием гумуса 1,1–1,3 %, подвижного фосфора и обменного калия – соответственно 40 и 120 мг на кг почвы. Опыт проводился в звене севооборота с таким чередованием культур: кукуруза на зеленый корм, рапс озимый, пелюшко-овсяная смесь на зерно, рожь озимая.

В лизиметрических устройствах согласно программе исследований моделировались постоянные (65, 110, 155 см от поверхности почвы и 155 см + полив) уровни грунтовых вод и плавающие 65–110 и 110–155 см (с периодическим установлением верхнего предела уровня грунтовых вод по мере его опускания к нижнему пределу).

Погодные условия периода исследований в целом были достаточно контрастными, отличались нестабильностью в отдельные периоды вегетации культур, а следовательно, неоднозначно влияли на них. Это отображают значения гидротермического коэффициента Селянинова (рис. 8.2). 2006, 2008 и 2009 гг. были благоприятными для роста и развития зерновых культур, а 2010 г. – излишне увлажненным, температура воздуха в июне и июле была выше на 3,1 и 4,1 °С в сравнении со средними многолетними показателями.

Результаты исследований показали, что при разных уровнях грунтовых вод от поверхности (65, 110 и 155 см) обеспечиваются соответствующие условия увлажнения. При уровне грунтовых вод 65 см подгрунтовые воды залегают слишком близко к поверхности, переувлажняют почву и ухудшают аэрацию; при уровне грунтовых вод 110 см создаются оптимальные условия для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур; при уровне грунтовых вод 155 см условия для роста и развития культур ухудшаются.

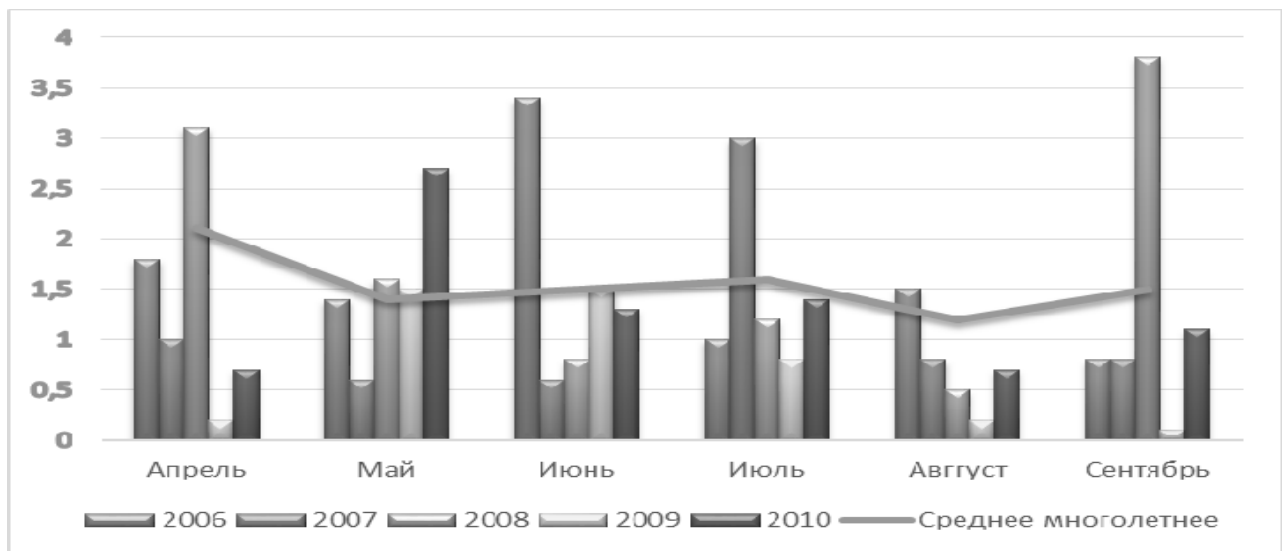


Рис. 8.2. Погодные условия вегетационного периода (по ГТК Селянинова), 2006-2010 гг.

В результате моделирования разных условий увлажнения путем регулирования глубины залегания уровней грунтовых вод установлены оптимальные запасы продуктивной влаги в 0–30 см слое почвы для сельскохозяйственных культур по фазам их развития: для рапса озимого на начало возобновления вегетации и стеблевания – 54,0–59,7 мм, в фазу цветения и формирования стручков – 52,8–54,6 мм, в фазу дозревания – 49,4 мм; для кукурузы на зеленый корм в фазы 6–8 и 8–12 листьев – 57,3–62,4 мм, а в фазу выброса метелки – 50 мм; для пелюшко-овсяной смеси при формировании вегетативной массы и бутонизации – 56,0–64,4 см; под рожью озимой в фазы колошения и цветения 64–50 мм и в фазы восковой и молочной спелости – 53,2–68,6 мм.

Оптимальные пределы влаги почвы при выращивании кукурузы на зеленую массу, рапса озимого, ржи озимой, пелюшко-овсяной смеси на зерно в пахотном слое обеспечивает плавающий уровень грунтовых вод 65–110 см в течение вегетации (рис. 8.3). На варианте с плавающим УГВ 65–110 см в течение вегетации получено в среднем 27,8 ц/га (рис. 8.4) семян рапса озимого, что на 17,3 % выше, чем при уровне грунтовых вод 65 см в течение вегетации и на 44,8 % в сравнении с постоянным уровнем грунтовых вод 155 см (контроль) от поверхности почвы. Прибавка урожая семян по сравнению с контролем составила 0,86 т/га и была получена за счет увеличения количества стручков на растениях и количества семян в стручке.

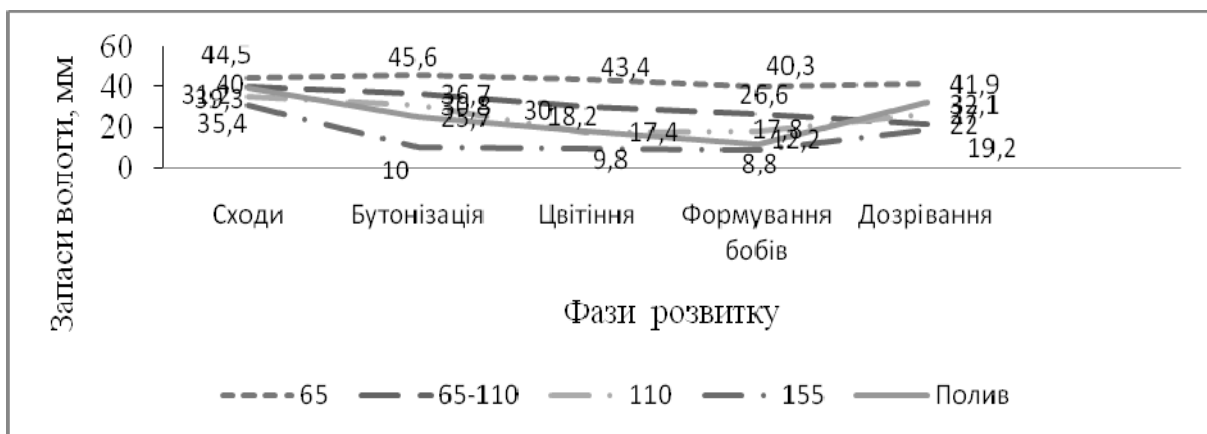


Рис. 8.3. Влияние разных уровней грунтовых вод и полива на запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы под пелюшко-овсяной зерносмесью, мм, 2006-2009 гг.

При оптимизации водного и питательного режима получено 65,8 т/га зеленой массы кукурузы. Прирост урожая к контролю (УГВ 155 см в течение вегетации) составляет 24,6 т/га, или 39,4 % (рис. 8.5). Максимальный урожай зеленой массы кукурузы получен за счет увеличения высоты и толщины стеблей растений, которые составляют на этом варианте соответственно 194,0 см и 14,2 мм. На 1,1 т/га меньший урожай от максимального в среднем за годы исследований обеспечил постоянный УГВ 110 см в течение вегетации – 64,7 т/га. Водоиспользование урожаем при оптимальном увлажнении составляло в среднем за период исследований 380,8 мм, со снижением уровня грунтовых вод до 155 см уменьшается до 331,8 мм.

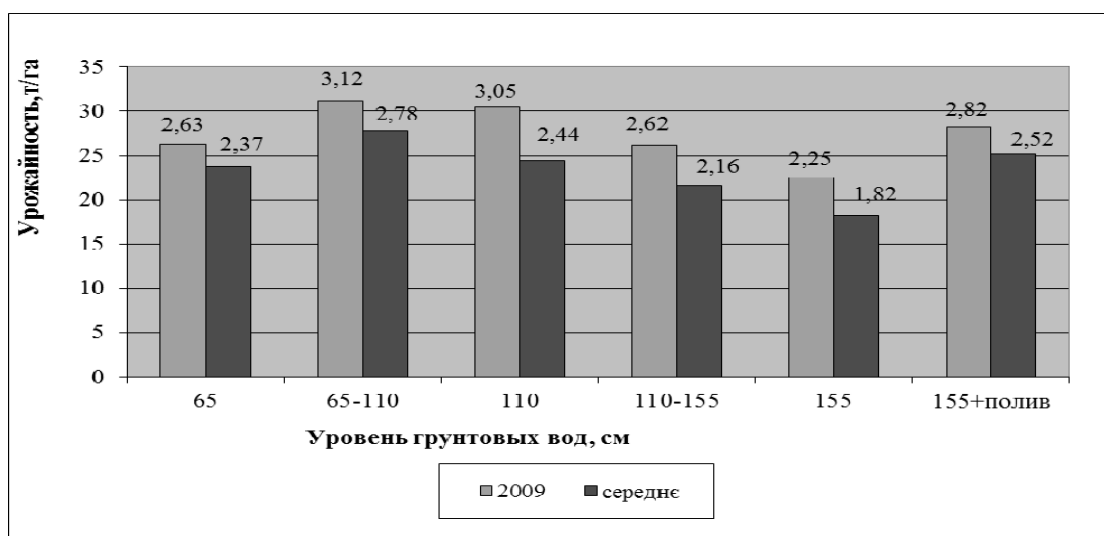


Рис. 8.4. Влияние подпочвенного увлажнения и полива на производительность рапса озимого, т/га, 2006-2009 гг.



Рис. 8.5. Влияние подпочвенного увлажнения и полива на урожайность кукурузы (зеленая масса), т/га, 2006-2009 гг.

При оптимальном влагообеспечении в среднем за годы исследований получено 1,97 т/га зерна пелюшко-овсяной смеси, что в 1,8 раза выше, чем при уровне грунтовых вод 155 см в течение вегетации. На вариантах из РГВ 65 и 110 см сформировался одинаковый уровень урожайности зерна, соответственно 1,56 и 1,52 т/га. Полив обеспечил урожайность зерносмеси 1,46 т/га. Водоиспользование урожаем пелюшко-овса снижается из 451,9 мм при уровне грунтовых вод 65 см до 325,8 при постоянном уровне 155 см в течение вегетации.

Рожь озимая за годы исследований при оптимальном уровне грунтовых вод 65–110 см сформировала урожай зерна 4,15 т/га, что на 35 % выше, чем на контроле. Прирост урожая – за счет увеличения количества зерен в колосе. Водоиспользование урожаем ржи озимой снижается с 424,9 мм при уровне грунтовых вод 65 см до 342 мм при уровне грунтовых вод 155 см. При оптимальном уровне грунтовых вод водоиспользование составляет 406,8 мм (рис. 8.6).

По пятилетним результатам исследований определены нормативы расхода влаги на формирование одного центнера основной продукции, которые составляют для рапса озимого 10,7 мм, кукурузы – 0,58 мм, ржи озимой – 9,80 мм, для пелюшко-овсяной смеси – 22,23 мм.

При оптимальном влагообеспечении отмечена и наивысшая производительность севооборота – 6,66 т/га зерновых единиц (табл. 8.5). На 0,45 т/га зерновых единиц самый низкий (6,21 т/га) данный показатель на варианте с постоянным уровнем грунтовых вод 110 см в течение вегетации. Со снижением уровня грунтовых вод до 155 см производительность севооборота снижается до 4,62 т/га.

Уровень подпочвенного увлажнения влияет и на качество сельскохозяйственной продукции. Наибольшее содержание протеина в зерне ржи озимой и пелюшко-овса (15,38 и 9,25 % от сухой массы) сформировалось при постоянном уровне грунтовых вод 110 см в течение вегетации. С понижением уровня грунтовых вод снижается и содержание протеина в продукции. При оптимальном уровне

грунтовых вод отмечено, что в среднем за годы исследований содержание протеина в зерне ржи озимой – 9,06, пелюшко-овса – 15,25, в зеленой массе кукурузы – 6,25 % от сухой массы (табл. 8.6).

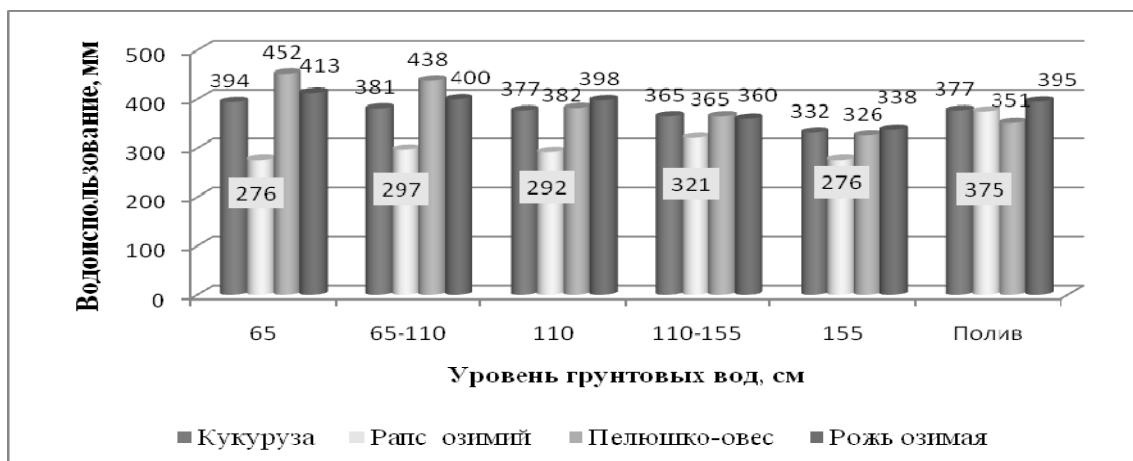


Рис. 8.6. Водопользование культур севооборота в зависимости от влагообеспечения, мм 2006-2010 гг.

Таблица 8.5

Производительность звена севооборота в зависимости от уровня грунтовых вод, зерновых единиц, т/га, 2006-2010 гг.

№ вар.	Уровень грунтовых вод, см	Урожайность, т/га										Сумма зерновых единиц	Продуктивность севооборота, т/га
		кукуруза		рапс озимый		пелюшка + овес			рожь озимая				
		з/м	зерновых единиц	семена	зерновых единиц	зерно	солома	зерновых единиц	зерно	солома	зерновых единиц		
1	Постоянный 65	60,9	10,3	2,37	4,74	1,56	3,74	3,37	3,70	7,03	5,1	23,61	5,90
2	Плавающий 65-110	65,8	11,1	2,78	5,56	1,97	4,72	4,25	4,15	7,89	5,72	26,63	6,66
3	Постоянный 110	64,7	11,0	2,44	4,88	1,52	3,64	3,28	4,12	7,83	5,69	24,85	6,21
4	Плавающий 110-155	56,0	9,52	2,16	4,32	1,34	3,20	2,88	3,54	6,73	4,90	21,62	5,41
5	155	47,2	8,02	1,92	3,84	1,10	2,64	2,38	3,06	5,81	4,22	18,46	4,62
6	155+ полив	56,4	9,60	2,52	5,04	1,46	3,50	3,15	3,37	6,40	4,65	22,44	5,61

Существенных отклонений по содержанию калия и кальция в сельскохозяйственной продукции в зависимости от уровня грунтовых вод не отмечено.

Применение лизиметрического метода исследований при моделировании разного влагообеспечения дает возможность определить оптимальный водный режим для каждой культуры по фазам их развития, исследовать изменение плодородия почвы и получить научный прогноз мелиорируемого состояния осушаемых земель.

Следует заметить, что сложность регуляции водно-воздушного режима в условиях Полесья на дерново-подзолистых почвах в агроландшафтах объясняется высокой пестротой почв и неравномерным и мало прогнозируемым распределением атмосферных осадков в течение вегетации. Максимальное поднятие уровня грунтовых вод в большинстве случаев складывается из выпадения осадков ливневого характера и длительных затяжных дождей с минимальными величинами испарения. Наибольшее понижение уровня грунтовых вод отмечается при долговременном отсутствии осадков в летний период. В таких условиях сельскохозяйственные культуры нуждаются в оптимизации параметров влагообеспечения.

Влияние подпочвенного увлажнения и полива на качественные показатели сельскохозяйственной продукции, среднее 2006-2010 гг.

№ вар.	Азот	Фосфор	Калий	Кальций	Зола % сухой речов.	Протеин сухого вещества	Жир	Клетчатка, абс. сухое вещество	БЭР
	%					%			
Пелюшко-овес (зерно)									
1	2,37	0,55	0,66	0,23	3,5	14,81	0,68	6,15	75,86
2	2,44	0,55	0,67	0,23	3,45	15,25	1,21	6,92	73,17
3	2,46	0,58	0,59	0,19	3,47	15,38	0,78	6,82	73,55
4	2,38	0,56	0,59	0,21	3,50	14,88	1,16	7,02	73,44
5	2,39	0,55	0,65	0,20	3,38	14,94	0,58	7,28	73,82
6	2,23	0,55	0,56	0,20	3,40	13,94	0,56	7,46	74,64
Рожь (зерно)									
1	1,44	0,49	0,54	0,28	1,56	9,00	0,94	1,98	86,52
2	1,45	0,50	0,45	0,27	1,52	9,06	0,94	1,78	86,70
3	1,48	0,51	0,52	0,27	1,53	9,25	0,79	2,06	86,37
4	1,48	0,49	0,53	0,27	1,44	9,25	0,88	2,24	86,19
5	1,44	0,50	0,55	0,26	1,14	9,00	1,04	2,57	86,25
6	1,43	0,49	0,56	0,22	1,44	8,94	0,90	2,58	86,14
Кукуруза (зеленая масса)									
1	1,0	0,31	0,69	0,31	3,96	6,25	1,83	27,38	60,58
2	1,0	0,31	0,73	0,32	3,83	6,25	1,27	27,31	61,34
3	1,12	0,30	0,68	0,30	4,25	7,00	1,20	26,77	60,78
4	1,08	0,30	0,65	0,32	4,11	6,75	1,59	27,16	60,39
5	1,21	0,31	0,75	0,34	4,73	7,56	1,66	27,23	58,82
6	1,04	0,29	0,66	0,35	3,82	6,50	1,69	28,08	59,91

На мелиоративных осушаемых системах с двусторонней регуляцией водно-воздушного режима при высоком стоянии, близко к поверхности (65 см) грунтовых вод отмечается переувлажнение почвы и ухудшение аэрации; при уровне грунтовых вод 110 см создаются оптимальные условия для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур; при уровне грунтовых вод 155 см условия для роста и развития культур ухудшаются.

На осушаемых глинистых дерново-подзолистых почвах с низким коэффициентом фильтрации для улучшения водно-воздушного режима необходимо применять глубокое рыхление. На легких почвах, где влага быстро фильтруется в нижние горизонты грунтового профиля, на мелиоративных системах для уменьшения потерь влаги в пределах осушаемой территории следует проводить шлюзование, дополнительную подачу воды на подувлажнение из естественных источников водоснабжения.

Преимуществом осушительно-увлажнительных систем является не только создание оптимального водно-воздушного режима, но и возможность аккумулировать большое количество питательных элементов, которые выносятся дренажными водами. Использование дренажных вод для дополнительного увлажнения возвращает в среднем на 1 гектар сельскохозяйственных угодий 20–70 кг азота, 15–20 кг калия, 50–150 кг кальция и 300–600 м³ воды, которая способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

8.2. Формирование питательного режима на дерново-подзолистых почвах Полесья

Почва в сельском хозяйстве одновременно выступает как средство производства и среда для роста и развития сельскохозяйственных культур. От ее обеспеченности питательными веществами, содержания гумуса зависят уровень урожайности, качество продукции и соответственно уровень рентабельности производства.

По обобщенным результатам исследований ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени О. Н. Соколовского» установлено, что почвы зоны Полесья имеют наивысшие показатели потерь гумуса (75 т/га в год), а часть почв с низким и средним содержанием фосфора и калия составляет соответственно 52,3 и 75,3 % всей площади пашни (табл. 8.7). Это свидетельствует о том, что при ведении сельскохозяйственного производства в таких условиях особое внимание должно сосредоточиваться на оптимизации всех факторов жизни с помощью разных видов мелиораций: химической, гидротехнической, культуртехнической, тепловой, фитомелиорации.

Качественное состояние плодородия почв Украины, НИЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени О. Н. Соколовского»

Естественная зона	Потери гумуса, т/га в год	Почвы с низким и средним содержанием питательных веществ, %	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
Степь	0,55	60,0	17,5
Лесостепь	0,65	43,2	28,8
Полесье	0,75	52,3	75,3
Всего	0,55	60,0	17,5

8.2.1. Влияние долговременного применения удобрений на агрохимические свойства почвы. В Институте сельского хозяйства Полесья НААН в течение долгого времени (1947–1978 гг.) в стационарном опыте проводились исследования по определению экономически самых выгодных систем удобрения в полевом севообороте, которые включали в себя варианты сочетания подстилочного навоза с разными нормами минеральных удобрений. Целью одного из ключевых составных исследований было установить оптимальные нормы удобрений, которые направлены на воссоздание плодородия и улучшение качественного состава гумуса дерново-подзолистых почв.

Органические и минеральные удобрения по-разному влияют на агрохимические свойства почвы (табл. 8.8). Подстилочный навоз внесен в норме 4,4 т на гектар площади (40 т за ротацию девятипольного севооборота), что повысило содержание гумуса на 0,04 абсолютного процента (а%), или на 4 относительных процента (в%). Эквивалентные содержанию в навозе количества минеральных удобрений (N₂₂P₁₆K₂₄) не изменили содержания гумуса в сравнении с контролем, а на контроле он был таким, как и перед закладкой опыта. Сочетание такого количества навоза и минеральных удобрений резко повысило содержание гумуса – на 0,18 а%, или 17,1 в%.

При повышении норм навоза в 1,5 и 2 раза на том же фоне минеральных удобрений содержание гумуса выросло соответственно на 0,28 и 0,33 а% (27,7 и 32,7 в%). Каждая из 40, 60 и 80 т навоза на фоне N₂₀₀P₁₄₀K₂₂₀ за ротацию севооборота обеспечила образование соответственно 165, 140 и 124 кг гумуса, то есть с повышением нормы навоза эффективность гумификации снижается.

Кроме того, удобрения неодинаково воздействовали на фракционный состав гумуса. Навоз в норме 8,9 т на фоне N₂₂P₁₆K₂₄ на гектар площади севооборота увеличил количество гуминовых кислот в сравнении с контролем с 6,45 до 9,57 т/га, или на 48,4 %, а фульвокислот – с 13,00 до 15,16 т/га (лишь на 16,6 %). С уменьшением нормы навоза в 2 и повышением норм минеральных удобрений в 4 раза количество гуминовых кислот уменьшились до 6,66 т/га (на 30,4 %), а фульвокислот – до 12,78 т/га (на 15,7 %). Следовательно, удобрения в большей степени влияли на смену содержания гуминовых кислот, чем фульвокислот в гумусе.

Органо-минеральные удобрения увеличили отношение гуминовых кислот к фульвокислотам с 0,49 до 0,52 и 0,63, то есть улучшили качество гумуса: по типу он перешел с фульватного к фульватно-гуматному.

Достаточно важным вопросом является определение влияния системы удобрения на смену агрохимических показателей и реакции грунтового раствора дерново-подзолистой почвы. Так, внесение лишь подстилочного навоза в норме 4,4 т/га площади севооборота и применения отдельно минеральных удобрений N₂₂P₁₆K₂₄ не изменило содержания общего азота в почве в сравнении с контролем, а их сочетание в севообороте повысило этот показатель на 20–60 %.

Отмечено позитивное влияние удобрений (подстилочный навоз + NPK) на повышение содержания подвижного фосфора в почве в сравнении с контролем в 1,4–3,1, а обменного калия – в 1,3–3,0 раза, хотя при этом почва относится к группе с низким содержанием этих элементов.

Органо-минеральные удобрения повысили содержание обменного кальция в почве в сравнении с контролем на 9,1–18,2, магния на 14,3–57,1 %. Следует отметить негативное влияние на эти показатели высоких норм (N₈₀P₆₇K₁₀₀) минеральных удобрений, которые непосредственно воздействовали на степень кислотности грунтового раствора и тем самым повысили содержание алюминия в почве в 2,4 раза в сравнении с контролем (без внесения удобрений) и 1,5–1,9 раза в сравнении с вариантами, где минеральные удобрения были соединены с подстилочным навозом.

Промывной режим, свойственный для дерново-подзолистых и торфяных почв, приводит к вымыванию макро- и микроэлементов из почвы. Особенно это касается двухвалентных катионов Са и Mg, которые непосредственно влияют на смену кислотности почвенного раствора. В результате потерь Са и Mg из почвы от вымывания и выноса этих элементов с основной и побочной продукцией в почвенном растворе наблюдается избыток ионов водорода, алюминия и марганца, которые соответственно созда-

ют условия, ограничивающие усвоение азота, фосфора, калия, кальция, магния и цинка и уменьшают микробиологическую активность грунтовой микрофлоры.

Подстилочный навоз ВРХ в своем составе содержит 0,42 % кальция и 0,13 % магния. В зависимости от нормы его внесения в почву поступает от 1,2–1,8 т Са и 0,42–0,5 т Mg. Такого количества внесенных элементов Са и Mg достаточно, чтобы существенно повлиять на смену реакции грунтового раствора.

Внесение подстилочного навоза в норме 4,4 т на гектар площади севооборота привело к снижению содержания подвижного алюминия в почве в сравнении с контролем в 2,3 раза, а эквивалентное количество НРК повысило его в 2,1 раза. При совместном применении навоза и минеральных удобрений (в сравнении с НРК) содержание алюминия снизилось в 1,7 раза (вар. 5 и 7). Повышение нормы навоза в 1,5 и 2 раза на фоне N₂₂P₁₆K₂₄ привело к снижению содержания алюминия соответственно в 1,3 и 4 раза. С ростом доз минеральных удобрений в четыре раза на фоне 4,4 т навоза содержание алюминия повысилось в 5,4 раза.

Таблица 8.8

Влияние долговременного применения удобрений на агрохимические свойства дерново-среднеподзолистой супесчаной почвы в слое 0–20 см, 1980 г. (стационарный опыт по изучению экономически самых выгодных систем удобрений в полевом севообороте)

№ вар.	Внесено удобрений на 1 га площади севооборота	Содержание					Сгк/Сфк	Содержание, мг на кг почвы					pH _{KCl}	Мг-экв. на кг почвы		Степень насыщения основаниями, %
		гумуса, %	азота общего, %	гуминовых кислот (Сгк) % от гумуса	фульвокислот (Сфк)	P ₂ O ₅		K ₂ O	Al	Ca	Mg	гидролитическая кислотность		сумма поглощенных оснований		
1	Без удобрений (контроль)	1,00	0,050	21,5	43,2	0,49	14	26	16	1,21	0,14	4,5	23	26	53	
12	4,4 т гумуса + N ₈₀ P ₆₇ K ₁₀₀	1,18	0,063	18,8	36,1	0,52	41	65	38	1,32	0,16	4,2	29	30	51	
24	8,9 т гумуса + N ₂₂ P ₁₆ K ₂₄	1,34	0,072	23,8	37,7	0,63	43	78	5	1,43	0,22	4,8	23	34	59	
3	4,4 т гумуса	1,04	0,050	-	-	-	20	34	7	-	-	4,7	23	27	54	
5	N ₂₂ P ₁₆ K ₂₄	1,01	0,050	-	-	-	31	38	34	-	-	4,3	26	25	49	
7	4,4 т гумуса + N ₂₂ P ₁₆ K ₂₄	1,23	0,060	-	-	-	41	61	20	-	-	4,4	22	32	59	
13	6,7 т гумуса + N ₂₂ P ₁₆ K ₂₄	1,29	0,080	-	-	-	44	64	15	-	-	4,5	22	33	60	

Величина pH_{KCl} под воздействием 4,4 т навоза, внесенного на гектар площади севооборота, увеличилась на 0,2 единицы (4,4 %) в сравнении с контролем, а N₂₂P₁₆K₂₄ уменьшили ее в такой же мере. При сочетании такого количества удобрений наметилась тенденция к росту pH_{KCl} в сравнении с минеральной системой удобрения, которая в дальнейшем усиливалась (на 0,2 и 0,5 единицы, или на 4,7 и 11,6 %) с внесением повышенных норм навоза – 6,7 и 8,9 т на гектар площади севооборота. Высокие дозы (N₈₀P₆₇K₁₀₀) минеральных удобрений в сравнении с фоном 4,4 т гумуса снизили pH_{KCl} с 4,7 до 4,2 (на 10,6 %). Почва по степени кислотности перешла из группы сильно кислой к группе средне кислой под воздействием 4,4 т навоза в чистом виде и при сочетании 8,9 т навоза из N₂₂P₁₆K₂₄ на гектар площади севооборота. Гидролитическая кислотность почвы под действием N₂₂P₁₆K₂₄ в чистом виде в сравнении с контролем и N₈₀P₆₇K₁₀₀ на фоне 4,4 т навоза выросла на 0,3 и 0,6 мг-экв на 100 г почвы (на 13,0 и 26,1 %). На остальных вариантах удобрения она находилась на уровне контроля (без удобрений).

Навоз и минеральные удобрения, внесенные отдельно под культуры севооборота, существенно не изменили сумму поглощенных оснований. Сочетание из N₂₂P₁₆K₂₄ одинарной (4,4 т/га), полуторной (6,7) и двойной (8,9 т/га) норм гумуса увеличило сумму поглощенных оснований на 0,7; 8,0 и 9,0 мг-экв на кг почвы (соответственно на 28, 32 и 36 %).

Минеральные удобрения в чистом виде и высокие нормы их внесения на фоне 4,4 т навоза снизили степень насыщенности почвы основами на 4 и 3 а%, или на 7,5 и 5,6 в%. Навоз на фоне $N_{22}P_{16}K_{24}$ повысил его на 10–11 а% (20,4–22,4 в%). Обобщенные результаты исследований позволили сделать вывод о позитивном действии структуры посевов культур в севооборотах на плодородие почвы на фоне одинакового количества внесенных удобрений (табл. 8.9). Так, при комплексном сочетании 20 т навоза из $N_{29}P_{47}K_{47}$ и насыщении севооборота зерновыми культурами до 55 % содержание гумуса за две ротации севооборота (18 лет) повысилось на 67,8 в%, тогда как по насыщению севооборота пропашными культурами до 55% на том же фоне удобрения он вырос лишь на 25,0 в%.

Моделирование разных вариантов удобрения в зерновом и пропашном севооборотах позволило установить следующее:

при уменьшении нормы подстилочного навоза в два раза и норм минеральных удобрений до $N_{14}P_{31}K_{31}$ в зерновом севообороте содержание гумуса снизилось на 6,7 в%;

при повышении нормы минеральных удобрений в два раза на фоне 20 т навоза на гектар площади севооборота в пропашном севообороте содержание гумуса выросло на 42,5 в%, или на 17,5 в% (сравн. вар. 16 и 17).

В среднем по севооборотам и вариантам удобрения содержание гумуса повысилось за первую ротацию севооборота на 19,9 в% в сравнении с выходным, за вторую ротацию он вырос на 24,6 в% в сравнении с первой, то есть со временем эффективность гумификации растет.

В девятипольном зерно-пропашном (по 22,2 % зерновых и пропашных культур) севообороте, насыщенном бобовыми культурами (одно поле многолетних бобово-злаковых трав, три – люпина в основном и два – в пожнивном посевах), без применения удобрений содержание гумуса за две ротации севооборота в среднем не изменилось (0,02 по наименьшей существенной разнице 0,023 а%).

8.2.2. Эффективность минеральной и органо-минеральной систем удобрения. Ключевым моментом в изучении действия системы удобрения является установление оптимальных норм внесения удобрений, которые обеспечивают наивысшую продуктивность культур и окупаемость расходов прибавкой урожая. В этом направлении проанализированы результаты долговременных исследований стационарного опыта: «Изучение агротехнических основ создания полевых севооборотов на дерново-подзолистых супесчаных почвах Полесья», 1973–1981 гг. Использование в севообороте только минеральных удобрений $N_{54}P_{51}K_{91}$ на гектар площади севооборота обеспечило формирование продуктивности культур в среднем за 9 лет – 3,83 т/га зерновых единиц (табл. 8.10).

С повышением дозы азота в 2,0, фосфора – 1,7, калия – 1,8 раза ($N_{109}P_{87}K_{167}$) средняя продуктивность культур (в зерновых единицах) существенно не изменилась. По чувствительности к повышенной дозе азотно-фосфорно-калийного удобрения культуры можно расположить в такой восходящий ряд: клевер с тимофеевкой (–14,5 %) < пшеница озимая (–10,4) < рожь озимая (1,8) < лен-долгунец (4,3) < кукуруза (8,1) < картофель (9,2) < люпин на зеленую массу (72,1) < люпин на зерно (85,2 %), то есть клевер с тимофеевкой и пшеница озимая реагировали на повышение нормы от $N_{54}P_{51}K_{91}$ к $N_{109}P_{87}K_{167}$ негативно, лен, кукуруза, картофель и люпин, – положительно, рожь озимая проявила нейтральную реакцию.

При внесении одинакового количества питательных веществ ($N_{54}P_{51}K_{91}$) с разными видами удобрений, замене 10 т навоза $N_{40}P_{20}K_{60}$ (столько их содержится в навозе), или сочетании 10 т навоза с $N_{14}P_{31}K_{31}$ средняя продуктивность культур повысилась на 8,4 %. С повышением нормы навоза и дозы азота в 2, доз фосфора и калия – 1,5 раза (эквивалентно $N_{109}P_{87}K_{167}$) обнаружена лишь тенденция повышения продуктивности культур. По повышению чувствительности к органо-минеральным удобрениям в сравнении с минеральными (в среднем) культуры можно разместить таким образом: люпин на зерно (–9,7 %) < люпин на зеленую массу (–1,6) < лен-долгунец (4,3) < рожь озимая (6,2) < картофель (8,5) < клевер с тимофеевкой (9,4) < пшеница озимая (9,6) < кукуруза (17,6 %).

Таким образом, по влиянию на продуктивность культур органо-минеральные удобрения преобладали над минеральными (при одинаковом количестве NPK) на 8,2 при наименьшей существенной разнице 3,4 %. Следовательно, для получения стабильных и постоянных урожаев на дерново-подзолистых почвах целесообразно совмещать органические удобрения с минеральными.

8.2.3. Продуктивность культур в зависимости от удобрения и фактора севооборота. В предыдущих опытах отмечалось позитивное действие насыщения севооборота разными культурами на повышение производительности культур при одинаковом количестве внесенных удобрений. Для дополнительной проверки рабочей гипотезы позитивного влияния севооборота в сравнении с монокультурой был заложен долгосрочный стационарный опыт по изучению совместимости и самосовместимости сельскохозяйственных культур в севооборотах, разработке мероприятий по устранению их несовместимости в условиях Полесья на осушенных гончарным дренажом почвах.

Таблица 8.9

Динамика содержания гумуса (%) в дерново-среднеподзолистой супесчаной почве в зависимости от удобрений и севооборотов в стационарном опыте по изучению агротехнических основ построения полевых севооборотов

Культура	Год					
	1959	1969	1978	1959	1969	1978
Зерновой севооборот (55,5 % зерновых)						
	Вариант 2а			Вариант 12		
Люпин	0,96	1,40	1,70	0,91	1,25	1,62
Озимая пшеница + поживный люпин	-	-	-	-	-	-
Картофель	0,96	1,30	1,56	-	-	-
Люпин	-	-	-	-	-	-
Озимая рожь с подсевом многолетних трав	0,73	0,92	1,29	-	-	-
Клевер с тимофеевкой	0,96	1,08	1,48	-	-	-
Лен	-	-	-	0,76	1,05	1,40
Озимая пшеница	-	-	-	1,02	1,19	1,49
Озимая рожь	-	-	-	0,92	1,05	1,29
В среднем	0,90	1,18	1,51	0,90	1,14	1,45
Пропашной севооборот (55,5 % пропашных)						
	Вариант 16			Вариант 17		
Кукуруза	1,21	1,21	1,45	-	-	-
Озимая пшеница + поживный люпин	-	-	-	1,20	1,34	1,50
Картофель	-	-	-	0,98	1,08	1,55
Кукуруза	-	-	-	-	-	-
Озимая рожь с подсевом многолетних трав	1,00	1,03	1,21	0,87	0,96	1,29
Клевер с тимофеевкой	-	-	-	0,82	1,35	1,52
Лен + питательный люпин	1,27	1,33	1,70	-	-	-
Кукуруза	-	-	-	1,19	1,52	1,72
Сахарная свекла	-	-	-	-	-	-
В среднем	1,16	1,19	1,45	1,01	1,25	1,52
Севооборот, насыщенный бобовыми культурами (без удобрений)						
Люпин	-		-		-	
Озимая пшеница + поживный люпин	1,08		1,01		0,88	
Картофель	-		-		-	
Люпин	-		-		-	
Озимая рожь с подсевом многолетних трав	0,90		0,93		1,07	
Клевер с тимофеевкой	0,90		0,91		1,00	
Лен + поживный люпин	-		-		-	
Люпин	-		-		-	
Кукуруза	-		-		-	
В среднем	0,96		0,95		0,98	

Примечание: внесено удобрений на 1 гектар площади севооборота по вариантам: 2а – 20 т навоза + N₂₉P₄₇K₄₇
 12 – 10 т навоза + N₁₄P₃₁K₃₁;
 16 – 20 т навоза + N₂₉P₄₇K₄₇;
 17 – 20 т навоза + N₅₈P₉₃K₉₃.

**Эффективность минеральной и органо-минеральной систем удобрения
на дерново-среднеподзолистой супесчаной почве, 1973-1981 гг.**

№ вар.	Количество удобрения, внесенного на 1 га площади севооборота	Урожай культуры, т/га										Сбор зерновых единиц с 1 га севооборотной площади, ц
		Рожь озимая (зерно)	Клевер с ти-моф. (из. м.)	Лен (во-лок-но)	Пшени-ца озимая (зерно)	Рожь озимая (зерно)	Люпин (зеле-ная масса)	Пшени-ца озимая (зерно)	Карто-фель (клуб-ни)	Лю-пин (зер-но)	Куку-руза (зел. масса)	
2	N ₁₀₉ P ₈₇ K ₁₆₇	2,69	32,4	0,97	2,82	2,39	21,0	2,54	22,6	0,5,0	32,0	3,90
2а	20 т навоза + N ₂₉ P ₄₇ K ₄₇	2,79	37,3	0,99	3,14	2,78	18,6	2,69	23,4	0,44	37,6	4,21
22	N ₅₄ P ₅₁ K ₉₁	2,52	37,9	0,93	3,17	2,47	11,7–12,7	2,82	20,7	0,27	29,6	3,83
22а	10 т навоза + N ₁₄ P ₃₁ K ₃₁	2,57	39,3	0,99	3,48	2,54	12,3–14,1	3,14	23,5	0,25	34,8	4,15
	НИР ₀₅	0,082	0,84	0,031	0,086	0,078	7,8	0,083	0,55	0,012	0,98	0,11

На основе результатов исследований установлено, что производительность культур в большой мере зависит от того, где они выращиваются, в севообороте или монокультуре, а не только от удобрения (табл. 8.11).

Сбор зерновых единиц в среднем по культурам, фонам удобрения и годам, составил в севообороте 3,32, в монокультуре 1,94 т/га (в 1,71 раза меньше). За расширением отношения производительности в севообороте к производительности в монокультуре, то есть за усилением негативного влияния монокультуры, культуры, можно разместить так: рожь озимая (1,43 раза) < кукуруза (1,52) < картофель (1,93) < пшеница озимая (1,96 раза).

За сужением отношения производительности в среднем по культурам и годам, или за снижением негативного влияния монокультуры, фоны удобрения можно расположить таким образом: без удобрений (1,77 раза) = 10 тонн навоза + N₁₅P₃₀K₃₀ (1,77) > 20 тонн навоза + N₄₅P₄₅K₄₅ (1,59 раза). С годами негативное влияние выращивания культур на одном и том же участке на их урожайность усиливается. Так, во второй ротации (в сравнении с первой) он был больше в 1,31 раза, в том числе на продуктивность ржи озимой – 1,04; кукурузы – 1,11; пшеницы озимой – 1,26; картофеля – 1,84 раза.

8.2.4. Известкование в системе удобрения культур в севообороте на дерново-подзолистых почвах Полесья. Повышение плодородия кислых дерново-подзолистых почв Полесья невозможно без проведения периодического известкования, которое изменяет состав впитанных катионов, насыщающих грунтовый впитывающий комплекс кальцием, нейтрализуя при этом вредное действие алюминия, водорода и марганца, создавая оптимальные условия для роста и развития культур.

Стационарный опыт «Изучение эффективности органической, минеральной, органо-минеральной системы удобрения в сочетании с известкованием и их влияние на производительность севооборота и плодородие почвы» проводилось в течение 1968–1977 гг. Была установлена равнозначность вышеназванных систем удобрения на известкованном фоне в севообороте.

Установлено, что удобрения и известкование улучшали агрохимические свойства дерново-среднеподзолистой супесчаной почвы. Анализы грунтовых образцов через 3 года после известкования показали, что известь в половинной норме значительно снижала все показатели кислотности почвы (табл. 8.12). Под его влиянием в 4 раза уменьшалось содержание в пахотном слое подвижного алюминия, а количество поглощенного кальция увеличивалось в 1,7 раза. Навоз и минеральные удобрения без извести за 3 года практически не изменили реакцию грунтового раствора. При внесении удобрений и известковании навоз способствовал позитивному действию извести на реакцию почвы, содержание подвижного алюминия и поглощенного кальция, а минеральные удобрения, напротив, уменьшали влияние в сравнении с вариантом, где вносили только известь.

Под воздействием удобрений и извести изменился фракционный состав фосфатов почвы и увеличивалось их содержание (табл. 8.13). Подстилочный навоз и минеральные удобрения повышали содержание фосфатов главным образом за счет водорастворимого, рыхлосвязанного фосфора и фосфатов алюминия, а количество фосфатов железа и высокоосновных фосфатов кальция под их влиянием изменялись в незначительной мере. Нейтрализация кислотности почвы внесением половинной нормы извести способствовала мобилизации фосфатов почвы: водорастворимого и рыхлосвязанного фосфора стало больше на 20% в сравнении с контролем.

Таблица 8.11

Производительность сельскохозяйственных культур в зависимости от севооборота и монокультуры на дерново-среднеподзолистой супесчаной почве, 1961-1969 и 1973-1981 гг.

Количество удобрений, внесенных на 1 гектар площади севооборота или монокультуры	Место выращивания	Урожай культуры, т/га								Сбор зерновых единиц из 1 гектара площади севооборота, тонн		
		кукуруза (зеленая масса)		рожь озимая (зерно)		пшеница озимая (зерно)		картофель (клубни)		1961-1969	1973-1981	ср.
		1961-1969	1973-1981	1961-1969	1973-1981	1961-1969	1973-1981	1961-1969	1973-1981			
Без удобрений	севооборот	12,5	13,2	1,26	1,54	1,42	1,70	7,3	6,8	1,85	2,02	1,94
	монокультура	7,90	7,20	0,65	0,76	0,66	0,69	5,8	4,1	1,12	1,03	1,08
10 т/га навоза + N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀	севооборот	20,4	20,7	1,87	2,44	2,82	2,69	19,6	19,7	3,60	3,76	3,68
	монокультура	13,3	13,1	1,43	1,74	1,54	1,35	10,6	6,00	2,18	1,92	2,05
20 т/га навоза + N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	севооборот	26,8	35,2	2,33	2,77	2,97	3,31	16,7	21,2	3,89	4,77	4,33
	монокультура	18,6	21,2	1,96	2,29	1,90	1,35	13,6	7,10	2,88	2,51	2,70
НИР ₀₅ , т/га		0,56	0,59	0,054	0,062	0,064	0,048	0,42	0,35	0,088	0,084	0,086

Таблица 8.12

Влияние удобрений и извести на отдельные агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы (слой 0-20 см)

Система удобрения		рН			Гидролитическая кислотность, мг-экв. на кг почвы	Подвижный алюминий мг на кг почвы	Поглощенный Са ⁺⁺
картофеля		ржи озимой	солевое	водное			
1	Контроль (без удобрений)	-	4,3	5,4	24,3	19,1	20,6
2	Известь (0,5 нормы по ГК)	-	4,9	5,9	16,3	4,70	35,5
3	Навоз 40 т/га	-	4,4	5,5	23,3	9,90	40,2
4	Навоз 40 т/га + известь 0,5 нормы	-	5,2	6,1	16,5	3,60	42,8
5	Навоз, 40 т/га + известь (1 норма)	-	5,6	6,5	11,4	1,80	56,8
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀	4,3	5,3	23,6	10,9	33,8
7	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + известь (0,5 нормы)	N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀	4,8	5,9	19,0	5,00	38,0
8	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + известь (1 норма)	N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀	5,5	6,4	13,4	2,20	44,6
9	Навоз 20 т/га + N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀ + известь (0,5 нормы)	N ₂₅ P ₁₅ K ₂₅	4,8	5,8	17,2	4,30	37,6

Внесение удобрений на фоне извести способствовало последующему росту в почве содержания фосфатов. Если на варианте с навозом и минеральными удобрениями без извести суммарное количество первых трех фракций фосфатов в почве увеличилось в сравнении с контролем на 19,6 %, то при таком количестве удобрений на фоне полной нормы извести – соответственно на 31,5 и 34,8 %. Содержание в почве подвижного (по Кирсанову) фосфора больше всего повышалось под воздействием удобрений при внесении их на фоне половинной нормы извести. На фоне же полной нормы он рос в меньшей степени. Это предопределено значительным изменением реакции грунтового раствора. С применением удобрений содержание водорастворимого, обменного калия и степень его подвижности в почве стали выше (табл. 8.14). При внесении навоза водорастворимого калия стало в 1,5 раза, а обменного – в 1,3 раза больше в сравнении с контролем, а минеральные удобрения обеспечили рост

соответственно в 2 и 1,5 раза. Больше содержание необменного калия в почве, напротив, наблюдалось на варианте, где вносили навоз.

Таблица 8.13

Влияние удобрений и извести на содержание в почве форм минеральных фосфатов (слой 0-20 см)

Удобрения, внесенные под		По Аскинази, Гинзбург и Лебедевой				По Кирсанову	Степень подвижности, мг P ₂ O ₅ на 1 л	
картофель	рожь озимая	1 н. NH ₄ Cl	0,5 н. NH ₄ F	0,1 н. NaOH	0,5 н. H ₂ SO ₄	P ₂ O ₅ мг на кг почвы		
1	Контроль (без удобрений)	-	1,0	4,5	3,7	3,0	21	0,074
2	Известь (0,5 нормы по ГК)	-	1,2	4,6	3,8	3,1	21	0,083
3	Навоз 40 т/га	-	1,6	5,3	4,1	3,2	24	0,083
4	Навоз 40 т/га + известь (0,5 нормы)	-	1,7	5,4	4,0	3,3	30	0,104
5	Навоз 40 т/га + известь (1 норма)	-	1,7	6,2	4,2	3,4	27	0,093
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀	1,9	5,2	3,9	2,8	31	0,093
7	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + известь (0,5 нормы)	N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀	2,5	5,9	4,0	3,2	46	0,128
8	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + известь (1 норма)	N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀	2,3	5,8	4,3	3,2	31	0,109
9	Навоз+20 т/га N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀ + известь (0,5 нормы)	N ₂₅ P ₁₅ K ₂₅	2,3	5,4	4,0	3,4	30	0,104

Известкование почвы уменьшало количество водорастворимого и обменного калия и степень его подвижности, а необменного – увеличивало. Уменьшение подвижных форм калия при известковании почвы, очевидно, предопределено большей его фиксацией почвой и увеличением выноса с урожаями сельскохозяйственных культур.

Таблица 8.14

Влияние удобрений и извести на содержание в почве форм калия (слой 0-20 см), мг на кг почвы

Удобрения, внесенные под		Водорастворимый	Обменный	Необменный	Степень подвижности	
картофель	рожь озимая					
1	Контроль (без удобрений)	-	10,2	50,0	49,2	10,9
2	Известь (0,5 нормы по ГК)	-	8,7	47,3	56,8	8,3
3	Навоз 40 т/га	-	15,7	66,6	57,5	17,4
4	Навоз 40 т/га + известь (0,5 нормы)	-	12,3	58,3	55,8	12,5
5	Навоз 40 т/га + известь (1 норма)	-	12,3	61,0	57,3	12,5
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀	20,8	74,6	48,3	20,5
7	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + известь (0,5 нормы)	N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀	12,8	61,5	58,5	14,1
8	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + известь (1 норма)	N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀	12,3	61,3	52,8	12,9
9	Навоз 20 т/га + N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀ + известь (0,5 нормы)	N ₂₅ P ₁₅ K ₂₅	13,0	65,3	51,3	13,4

Важное значение для правильной оценки систем удобрения имеет баланс питательных веществ в севообороте. Расчет баланса питательных веществ за 8 лет исследований приведен в таблице 8.15. В статью поступления баланса азота не включено количество азота, который поступает с семенами, с атмосферными осадками и фиксированного в почве свободно живущими бактериями, которое балансируется газообразными потерями азота из удобрений и вымыванием его из почвы атмосферными осадками.

Для расчета количества азота, вынесенного бобовыми культурами из почвы и фиксированного из воздуха, использовали коэффициент Гипкинса – Питерса – 70 %.

Как свидетельствуют данные таблицы 8.15, баланс по азоту и калию за 8 лет исследований почти на всех вариантах опыта был отрицательным. Позитивный баланс по азоту получен только на варианте с минеральными удобрениями без извести (вар. б), что объясняется низкой урожайностью в связи с подавленными действиями кислотности почвы на развитие растений. Баланс фосфора на удобренных вариантах оказался позитивным.

Таблица 8.15

Влияние известкования и удобрений на баланс питательных веществ в севообороте, кг/га (сумма за 8 лет)

Вариант опыта		Внесено с навозом и минеральными удобрениями			Вынесено урожаем			Баланс питательных веществ		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Контроль (без удобрений)	0	0	0	243,8	140,2	269,7	-243,8	-140,2	-269,7
2	Известь (0,5 нормы за ГК)	0	0	0	305	145,6	294,4	-305	-145,6	-294,3
3	Навоз 80 т/га	276	256	424	394,1	195,8	380,3	-18,1	60,2	-156,4
4	Навоз 80 т/га + известь (0,5 нормы)	376	256	424	469,5	237,7	625,6	-93,5	18,3	-201,6
5	Навоз 80 т/га + известь (1 норма)	376	256	424	508,3	241,7	552,2	-132,3	14,3	-128,2
6	N ₄₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀	400	240	400	382,1	181,4	558,1	17,9	58,6	-158,1
7	N ₄₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀ + известь (0,5 нормы)	400	240	400	476,5	215	623,3	-76,5	25	-223,3
8	N ₄₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀ + известь (1,0 норма)	400	240	400	524,6	235,7	661,8	-124,6	4,3	-261,8
9	Навоз 40 т/га + N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₂₀₀ + известь (0,5 нормы за ГК)	388	248	412	471,2	221,2	623,3	-83,2	26,8	-211,3

Органическая и минеральная системы удобрения на произвесткованной почве обеспечили практически одинаковый вынос питательных веществ, увеличивая при этом дефицит азота и калия. Следовательно, доступные для растений формы азота и калия из удобрений были использованы полностью, более того значительная часть этих элементов (16–25 % N и 23–40 % K₂O от выноса), особенно на произвесткованных вариантах, взяты из грунтовых запасов.

В то же время фосфор удобрений в неполной мере использовался растениями, и значительная его часть оставалась в почве. Учитывая слабую подвижность фосфатных ионов, считаем, что фосфор, который вносится с удобрениями, размещается главным образом в пахотном слое почвы. Путем вычитания из количества фосфора удобрений суммы фосфатов, которая используется растениями и находится в подвижной форме, высчитывается величина закрепления внесенного фосфора почвой.

Нами рассчитано, что в пахотном слое почвы 6–14 % (на вариантах с органической системой удобрения) и 18–21 % (на вариантах с минеральной системой удобрения) от внесенного количества фосфора находится в подвижной форме, а соответственно 46–72 % и 42–62 % закрепляется почвой.

Коэффициент использования питательных веществ растениями, рассчитанный методом разницы и балансовым методом, также показывает, что их величины практически одинаковы на произвесткованных вариантах органической и минеральной систем удобрения (табл. 8.16).

Более реальную оценку использования питательных веществ в севообороте дает балансовый метод расчета коэффициентов использования растениями азота, фосфора и калия. Балансовые коэффициенты наглядно показывают обогащение или обеднение почвы элементами питания. Если величина коэффициента 100 %, почва обогащается этим элементом, то есть плодородие его повышается; при <100 % питательные элементы используются из почвы, тем самым снижается его плодородие.

Балансовые коэффициенты можно использовать для усовершенствования системы удобрения с целью увеличения урожаев и сохранения плодородия почвы.

Итак, наиболее полное использование питательных веществ из удобрений органическая и минеральная системы удобрения обеспечивают на фоне извести, что способствует формированию высокого урожая. Как показывают расчеты, системы удобрения, которые изучались в опыте, особенно на фоне извести, не обеспечивают сохранения плодородия почвы. Для обеспечения высоких урожаев сельскохозяйственных культур и обогащения почвы элементами питания при изученных системах удобрения, особенно на известкованном фоне, надо увеличить нормы внесения азота до 60–65 и калия до 78–86 кг/га площади севооборота при желаемом коэффициенте их использования до 100 %.

**Влияние извести и удобрений на коэффициент использования культурами питательных веществ
(среднее за 1969-1979 гг.)**

Вариант опыта		Коэффициент использования питательных веществ, %					
		по методу разницы			по балансовому методу		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
3	Навоз 80 т/га	40	22	73	105	76	137
4	Навоз 80 т/га + известь (0,5 нормы)	60	38	84	125	93	148
5	Навоз 80 т/га + известь (1 норма)	70	40	67	135	94	130
6	N ₄₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀	35	17	72	96	76	140
7	N ₄₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀ + известь (0,5 нормы)	58	31	88	119	90	156
8	N ₄₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀ + известь (1 норма)	70	40	98	131	98	165
9	Навоз 40 т/га + N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₂₀₀ + известь (0,5 нормы по ГК)	59	33	86	121	89	151

Улучшение агрохимических свойств кислой дерново-среднеподзолистой почвы под воздействием удобрений и извести положительно повлияло на урожайность культур севооборота (табл. 8.17).

Результаты учета урожая показали, что на кислой известкованной почве наблюдалось преимущество органической системы удобрения перед минеральной для большинства культур севооборота, за исключением льна и пшеницы озимой, где урожай был выше на вариантах с минеральной системой удобрения. Это объясняется затухающим действием навоза и высокой чувствительностью этих культур, особенно льна, на легкодоступные формы питательных веществ минеральных удобрений.

Влияние известкования и удобрения на урожай культур в севообороте, т/га (среднее)

Вариант опыта	Картофель	Люпин (з. м.)	Рожь озимая (зерно)	Кукуруза (з. м.)	Овес (зерно)	Клевер (сено)	Лен (солома)	Пшеница озимая (зерно)	Сбор зерновых единиц
1 Контроль (без удобрений)	7,30	21,8	2,45	10,4	1,30	2,19	2,61	1,87	2,30
2 Известь (0,5 нормы по ГК)	8,50	22,8	2,60	18,7	1,53	3,89	2,90	2,13	2,76
3 Навоз 80 т/га	15,3	29,1	3,11	28,5	1,94	5,82	3,55	2,70	3,76
4 Навоз 80 т/га + известь (0,5 нормы)	16,2	28,0	3,46	37,3	1,96	7,63	3,83	3,10	4,25
5 Навоз 80 т/га + известь (1 норма)	16,1	27,1	3,61	37,5	1,99	7,99	4,23	3,09	4,38
6 N ₄₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀	12,8	27,5	2,88	16,1	1,83	4,05	3,94	3,28	3,40
7 N ₄₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀ + известь (0,5 нормы)	15,2	26,3	3,60	29,0	2,03	5,73	4,41	3,64	4,14
8 N ₄₀₀ P ₂₄₀ K ₄₀₀ + известь (1 норма)	16,2	25,9	3,57	36,7	2,13	6,79	4,61	3,89	4,44
9 Навоз 40 т/га + N ₂₀₀ P ₁₂₀ K ₂₀₀ + известь (0,5 нормы по ГК)	14,9	26,3	3,58	35,1	2,14	6,69	4,20	3,71	4,30

При известковании почвы преимущество органической системы удобрения перед минеральной уменьшалось тем больше, чем выше норма молотого известняка. Особенно это наблюдалось на культурах, чувствительных к повышенной кислотности почвы, которые положительно реагируют на известкование. При внесении органических и минеральных удобрений совместно с известью их эффективность выравнивается.

Эффективность навоза под воздействием известкования повышалась мало на культурах с высокой стойкостью к кислой реакции почвы и значительно – на кукурузе и клевере, которые характеризуются высокой чувствительностью к известкованию. В то же время эффективность минеральных удобрений под воздействием извести резко повышалась на всех культурах севооборота. Внесение минеральных удобрений по фону извести увеличивало урожай культур, которые изучали в опыте, в 1,5–2,5 раза по сравнению с неизвесткованными вариантами. Только прирост урожая зеленой массы люпина от последствия минеральных и органических удобрений на известкованном фоне снижается, что связано с изменением реакции грунтового раствора от оптимального значения для этой культуры. Наибольшее увеличение рН почвенного раствора было отмечено на 3-й год после внесения извести. В конце ротации севооборота величина рН находилась в пределах 4,9–5,1 на всех вариантах опыта, независимо от систем удобрения.

Производительность севооборота в пересчете основной и побочной продукции в зерновые единицы также свидетельствует о том, что эффективность органической, минеральной и комбинированной систем удобрения на известкованной почве является равной. Следует заметить, что полная норма извести не имела существенного преимущества перед половинной, что объясняется недостаточным количеством внесенных удобрений, особенно калийных, на бедных питательными веществами почвах. Применение удобрений и извести в севообороте одновременно с увеличением урожая сельскохозяйственных культур влияет на качество продукции (табл. 8.18). Применение органических и минеральных удобрений на неизвесткованной кислой дерново-подзолистой почве снижает содержание крахмала в клубнях картофеля.

Таблица 8.18

Влияние удобрений и извести на химический состав картофеля и содержание крахмала и витамина С

Вариант опыта		Содержание в % на абсолютно сухое вещество				Содержание	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	крахмала %	витамина С, мг/%
1	Контроль (без удобрений)	1,35	0,60	1,57	0,31	16,9	16,5
2	Известь (0,5 нормы по ГК)	1,72	0,67	1,57	0,35	17,5	15,7
3	Навоз 40 т/га	1,21	0,76	2,37	0,31	15,0	15,4
4	Навоз 40 т/га + известь (0,5 нормы)	1,47	0,66	2,04	0,34	16,4	15,9
5	Навоз 40 т/га + известь (1 норма)	1,29	0,65	2,24	0,31	15,7	16,6
6	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	1,36	0,59	2,16	0,29	15,6	17,3
7	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + известь (0,5 нормы)	1,51	0,61	1,80	0,33	15,5	16,3
8	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + известь (1 норма)	1,42	0,59	2,28	0,32	16,1	16,9
9	Навоз 20 т/га + N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀ + известь (0,5 нормы)	1,49	0,65	2,22	0,36	15,1	15,6

Негативное воздействие удобрений на содержание крахмала в клубнях картофеля согласно литературным источникам связано с продолжением периода вегетации растений, поэтому при сборе растения на контрольном варианте, как правило, достигают физиологической спелости и содержат большее количество крахмала, чем на удобренных вариантах, которые не достигают спелости. При применении удобрений на фоне извести последнее несколько уменьшает их негативное влияние на крахмальность клубней картофеля. Под воздействием удобрений и извести улучшалось качество зерна озимой ржи (табл. 8.19), повышалось содержание белка и изменялся его фракционный состав, увеличивалась доля растворимых белков за счет нерастворимого остатка.

Наиболее заметно качество белков улучшалось при внесении удобрений на фоне извести. При этом органические и минеральные удобрения как при совместном, так и раздельном их внесении одинаково влияют на сумму растворимых фракций белков. Накопление растворимых белков происходит главным образом за счет увеличения относительного количества высокомолекулярных (глиадины + глютелин) запасных белков.

Применение удобрений и извести положительно влияет на хлебопекарные качества зерна. Под их влиянием увеличивается объем хлеба, улучшается внешний вид, пористость и структура мякиша. При сочетании удобрений с известью их влияние усиливается. Наиболее высокую общую оценку имело зерно при сочетании навоза с половинной нормой извести.

Влияние удобрения на фракционный состав белков и хлебопекарское качество зерна ржи озимой

Удобрения, внесенные под		Содержание белка, %	N фракций, % от белкового N				Конституционные белки % от суммы растворимых	Нерастворимый остаток %	Качество хлеба				
картофель	рожь озимая		альбумины и глобулины	глиадины	глутелины	сумма растворимых белков			Объем, см	внешний вид	пористость	структура мякisha	общая оценка
		баллы											
1. Контроль (без удобрений)	-	5,8	41,0	17,3	14,4	72,7	56,4	27,3	317	3,7	4,0	3,5	3,4
2. Известь (0,5 нормы по гидролитической кислотности)	-	5,3	41,5	16,9	15,4	73,8	56,2	26,2	336	3,7	4,0	3,5	3,4
3. Навоз, 40 т/га	-	6,6	42,7	16,6	17,8	77,1	55,4	22,9	337	3,8	4,2	3,5	3,4
4. Навоз, 40 т/га + известь (0,5 нормы)	-	5,0	43,3	17,9	18,7	79,9	54,2	20,1	356	3,8	4,5	3,8	3,8
5. Навоз, 40 т/га + известь (1 норма)	-	6,4	43,9	21,3	18,3	83,5	53,8	16,5	356	4,0	4,2	3,8	3,6
6. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀	6,8	39,9	19,6	18,4	77,9	51,2	22,1	340	3,6	4,0	3,5	3,4
7. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + известь (0,5 нормы)	N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀	5,2	41,5	20,7	19,5	81,7	50,8	18,3	340	3,8	3,8	4,0	3,6
8. N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + известь (1 норма)	N ₅₀ P ₃₀ K ₅₀	6,4	43,9	20,6	19,4	83,9	52,3	16,1	358	3,8	3,8	3,8	3,5
9. Навоз, 20 т/га + N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀ + известь (0,5 нормы)	N ₂₅ P ₁₅ K ₂₅	5,5	41,9	19,4	20,6	81,9	51,2	18,1	350	4,0	4,2	3,8	3,7

8.2.5. Влияние влагообеспечения на биологические и агрохимические показатели осушаемых дерново-подзолистых почв. По результатам лизиметрических исследований установлено, что подпочвенное увлажнение и полив существенно влияют на биологические процессы в корнеобитаемом слое почвы под культурами севооборота.

Увлажнение корнеобитаемого слоя почвы при поддержании уровня грунтовых вод на глубине 65 см и полив способствовали более интенсивному прохождению биологических процессов на названных вариантах под кукурузой. Наивысшие показатели интенсивности выделения CO₂ отмечены в фазе 8–12 листков на вариантах с УГВ 65 см и поливе – соответственно 347,6 и 318,5 мг м²/ч. Понижение уровня грунтовых вод до 155 см повлекло уменьшение данного показателя до 254,8 мг м²/ч.

В период созревания кукурузы наивысшие показатели интенсивности выделения CO₂ были отмечены на поливе – 254,8 мг м²/ч, при УГВ 65 см – 249,0 мг м²/ч (табл. 8.20).

Под пелюшко-овсяной смесью в фазах цветения, образования бобиков и созревания максимальная интенсивность выделения CO₂ отмечена на варианте УГВ 110 см в течение вегетации и составляет соответственно 254,8, 266,4 и 182,4 мг м²/ч. С понижением уровня грунтовых вод до 155 см данный показатель уменьшался до 156,3, 214,2 и 165 мг м²/ч соответственно.

Под рапсом озимым в фазе плодообразования с понижением уровня грунтовых вод снижается и интенсивность выделения CO₂ – с 156,3 при УГВ 65–110 см до 107,1 мг м²/ч при УГВ 155 см. В фазе дозревания наибольшая интенсивность выделения CO₂ – 159,2 мг м²/ч была на варианте с плавающим УГВ 65–110 см. На этом варианте была и наивысшая урожайность рапса.

Под рожью озимой в фазе цветения наиболее интенсивно выделение CO₂ проходило на варианте с плавающим уровнем грунтовых вод 110–155 см – 220 мг м²/ч. При поливе данный показатель составляет 185,3 мг м²/ч. В фазу полной спелости наиболее активно CO₂ выделяется на варианте с плавающим уровнем грунтовых вод 65–110 см – 228,7 мг м²/ч. С понижением уровня грунтовых вод до 155 см данный показатель уменьшается до 191,1 мг м²/ч.

Выделение CO₂ непосредственно связано с минерализацией органического вещества грунтовой биотой, поэтому во время проведения исследований особенное внимание уделялось изучению азот-

ного режима. Максимальные показатели легкогидролизуемого азота были при оптимальном уровне и постоянном УГВ 110 см от поверхности почвы (табл. 8.21). Под рапсом озимым наблюдается тенденция его роста от фазы стеблевания к дозреванию от 83,2 до 86,6 мг/кг почвы (рис. 8.7). Под пелюшко-овсом на варианте из РГВ 65–110 см в фазу образования бобиков отмечен рост содержания азота от 74,7 до 81,9 мг/кг почвы. Под кукурузой в фазе созревания на этом же варианте был рост этого показателя до 82,4, а на поливе до 89,0 мг/кг почвы (рис. 8.8). Под рожью озимой значительных изменений по фазам развития не отмечено. Результаты долговременных исследований показали, что оптимизация водного и питательного режимов обеспечила реализацию биологического потенциала выращиваемых культур, что подтверждено показателями биометрических измерений растений: за высотой, диаметром стебля, количеством сформированных генеративных органов и полученным урожаем культур.

Таблица 8.20

Влияние глубины залегания уровней грунтовых вод на интенсивность выделения CO₂ под культурами севооборота, мг м²/год, 2010 г.

РГВ, см	Пелюшко-овсяная смесь			Рожь озимая		Кукуруза		
	цветение	образование бобиков	полная спелость	цветение	полная спелость	6-7 листов	8-12 листов	дозревание
Постоянный 65	127,4	260,6	147,6	144,8	188,2	309,8	347,6	249,0
Переменный 65–110	150,6	249,0	159,2	179,5	228,7	246,1	260,6	173,7
Постоянный 110	254,8	266,4	182,4	167,9	208,4	202,6	272,1	220,0
Переменный 110–155	231,6	185,3	153,4	220,0	194,0	257,7	283,7	231,6
Постоянный 155	156,3	214,2	165,0	150,6	191,1	298,2	254,8	231,6
155+ полив	173,8	208,4	139,0	185,3	208,0	194,0	318,5	254,8

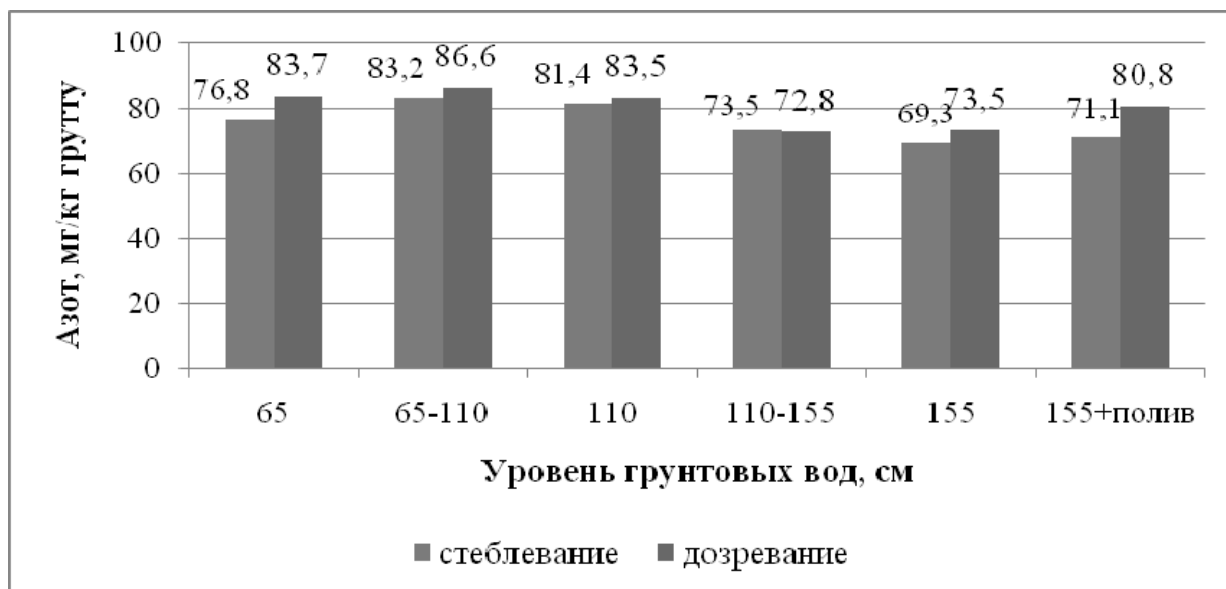


Рис. 8.7. Влияние уровней подпочвенного увлажнения на динамику легкогидролизуемого азота под рапсом озимым, 2009 г.

Для оптимизации питательного режима на дерново-подзолистых почвах важным остается внесение рекомендованных норм органических и минеральных удобрений и проведение периодического известкования почв. Еще в работах Д. Н. Прянишникова обосновано рациональное сочетание названных факторов. Ученый писал: «...главное хозяйственное отличие нечерноземных почв от черноземных состоит в том, что на них (нечерноземных) без навоза сколь-нибудь сносная культура невозможна, а количество навоза зависит от количества скота; поэтому величина урожая стоит в тесной связи с развитием животноводства».

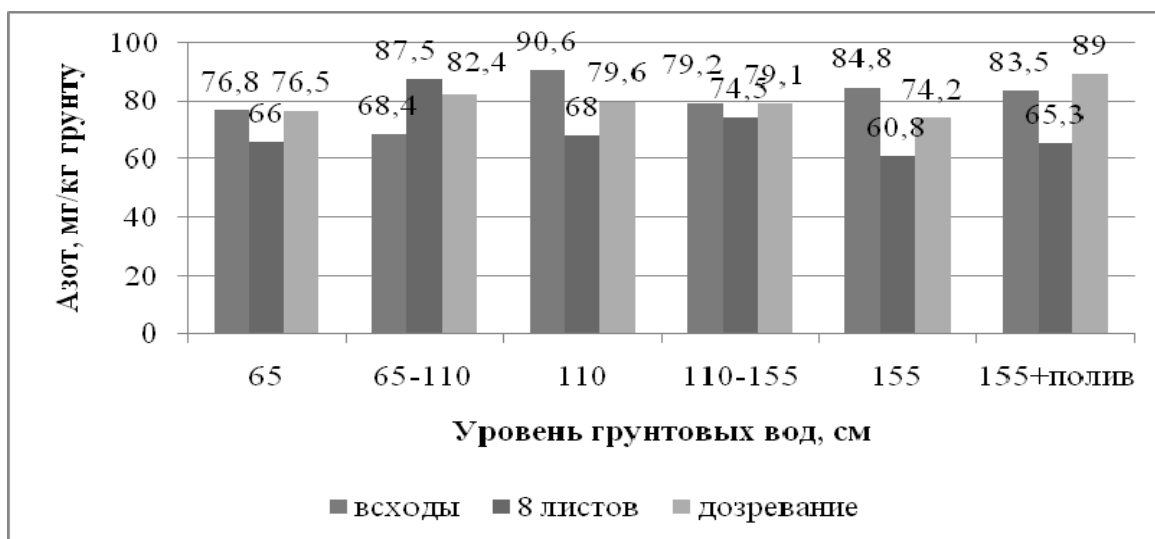


Рис. 8.8. Влияние уровней подпочвенного увлажнения на динамику легкогидролизуемого азота под кукурузой, среднее за 2009-2010 гг.

Таблица 8.21

Динамика легкогидролизуемого азота в 0-20 см слое почвы за фазами развития культур севооборота, мг/кг почвы, лизиметрические исследования (среднее за 2009-2010 гг.)

РГВ см	Кукуруза			Рапс озимый		Рожь озимая		Пелюшко-овес		
	всходы	8-12 листов	дозревание	стеблевание	дозревание	выход в трубку	дозревание	цветение	образование бобиков	дозревание
65	76,8	66,0	76,5	76,8	83,7	85,3	76,4	80,7	80,7	77,7
65-110	68,4	87,5	82,4	83,2	86,6	80,0	76,9	74,7	81,9	74,8
110	90,6	68,0	79,6	81,4	83,5	83,2	77,8	71,4	77,0	83,0
110-155	79,2	74,5	79,1	73,5	72,8	91,0	81,4	75,6	74,2	74,0
155	84,8	60,8	74,2	69,3	73,5	60,5	78,2	80,7	75,7	98,4
155+полив	83,5	65,3	89,0	71,1	80,8	74,4	73,7	80,3	74,9	76,3

Литература

- Алтунин В. С., Гончаренко П. А., Раскулов Д. М. Практические рекомендации выполнения расчетов сравнительной эффективности решений объектов мелиорации и водного хозяйства. – М., 1989. – С. 7–8.
- Боговин А. В., Слюсар И. Т., Царенко М. К. Травянистые биоценозы, их улучшение и рациональное использование. – Киев: Аграр. наука, 2005. – 380 с.
- Брусилковский Ш. И. Мелиорация минеральных почв тяжелого механического состава. – Минск: Урожай, 1981. – 160 с.
- Влияние длительного применения удобрения на плодородие почвы и продуктивность севооборотов / под ред. П. Г. Найдина. – Вып. 3. – М.: Колос, 1968. – 479 с.
- Гедройц К. К. Учение о поглотительной способности почв // Избр. соч. – М., 1955. – Т. 1. – 384 с.
- Справочник по удобрению сельскохозяйственных культур. – 3-е изд., перераб. и доп. / под ред. П. О. Дмитренко, М. К. Крупского, И. Г. Демиденко. – Киев: Урожай, 1975. – 343 с.
- Дюшофур Ф. Основы почвоведения. – М.: Прогресс, 1970. – 592 с.
- Катальмов М. В. Микроэлементы и микроудобрения. – М.: Химия, 1965. – 332 с.
- Кирюхин В. П., Кутовенко Л. Н. Влияние постоянной и переменной влажности почвы на водный режим, рост и урожайность картофеля // Учен. зап. Пенз. с.-х. ин-та. – 1971. – Вып. 15. – С. 103–114.
- Керефов К. Н. Биологические основы растениеводства. – М., 1975. – 418 с.
- Кук Дж. У. Регулирование плодородия почвы. – М.: Колос, 1970. – 520 с.
- Маслов Б. С., Минаев И. В. Мелиорация и охрана природы. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 268 с.
- Минкевич И. А. Растениеводство. – М., 1968. – 478 с.
- Научно обоснованная система ведения сельского хозяйства на Полесье и в районах предгорьев и горных Карпат УССР / под ред. П. Л. Погребняк [и др.]. – Киев: Урожай, 1975. – 512 с.
- Пейве Я. В. Руководство по применению микроудобрений. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 224 с.
- Почвоведение / под ред. И. С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.
- Прянишников Д. Н. Агрохимия // Избр. соч. – М.: АН СССР, 1952. – Т. III. – 633 с.
- Тимирязев К. А. Земледелие и физиология растений // Избр. соч. – М.: Сельхозгиз, 1948. – Т. II. – 424 с.
- Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. – Л.: Гидрометиздат, 1965. – Т. I. – С. 663.
- Цюпа М. Г., Быстрицкий В. С., Слюсар И. Т. Земледелие на осушенных землях. – Киев, 1990. – 183 с.
- Ярмизин Д. В., Лысогоров Д. В., Балан А. Г. Мелиоративное земледелие. – М.: Колос, 1972. – 384 с.

Глава 9. ИЗМЕНЕНИЕ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ И АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОСУШЕНИЯ И ИНТЕНСИВНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

9.1. Динамика содержания и запасов гумуса

Проблема оценки трансформации гумусового состояния дерново-карбонатных почв под влиянием осушения и длительного сельскохозяйственного использования обусловлена существенным значением запасов и качественного состава гумуса в оптимизации и саморегуляции грунтовых режимов, состояние которых и обуславливает плодородие почв. Если принять во внимание тот факт, что дерново-карбонатные почвы на территории агроклиматической зоны Западного Полесья являются одними из самых плодородных, занимают значительную площадь (> 147 тыс. га) и почти полностью включены в сельскохозяйственное использование как пахотные земли, то вопрос сохранения их плодородия является весьма актуальным.

Современные системы земледелия (и, в частности, такой агротехнический прием, как удобрение) в совокупности с гидротехническими мелиорациями неоднозначно влияют на гумусное состояние почв. При этом влияние различных систем удобрения на гумусное состояние осушаемых дерново-карбонатных почв на сегодня мало исследован, отсутствуют рекомендации по регулированию основных показателей гумусного состояния и воспроизводства плодородия этих почв. Поэтому целью наших исследований стало изучение влияния осушения, длительной распашки и применения различных систем удобрения в типичном для зоны Полесья полевом севообороте на гумусное состояние, состав и свойства дерново-карбонатных почв в условиях Западного Полесья, с тем чтобы выявить механизм влияния систем удобрения на процессы простого и расширенного воспроизводства плодородия исследуемых почв.

К основным показателям, характеризующим гумусное состояние почв, а также связанных с ним водно-физических и физико-химических свойств, относятся: содержание и запасы гумуса, групповой и фракционный состав специфических собственно гумусовых веществ (ССГВ), оптические свойства ГК, содержание и соотношение коллоидных форм гумуса, коэффициенты трансформации органического вещества в почве, гранулометрический, минералогический и химический состав почвы, емкость катионного обмена, структурное состояние, плотность сложения, аэрация, окислительно-восстановительные условия [1, 18, 24]. Трансформация гумусного состояния тесно связана с изменением основных показателей грунтовых режимов, в связи с чем проводились соответствующие исследования.

Исследования проводились в 2000–2002 гг. на дерново-карбонатных почвах длительного полевого опыта научно-исследовательского стационара Ровенской научно-исследовательской станции, размещенном в пгт. Степань Сарненского района Ровенской области.

Полевой опыт заложен в 1964 г. на осушаемых дерново-карбонатных почвах с последующим чередованием культур: картофель – кукуруза на зеленую массу – озимая пшеница – сахарная свекла – яровой ячмень с подсевом многолетних трав – многолетние травы 1 года пользования – многолетние травы 2 года пользования – озимая пшеница. С 1984 г. (в конце второй ротации) в севооборот было введено третье поле многолетних трав.

Почва исследовательских полей – дерново-карбонатная, среднегумусная, легкосуглинистая, крупно-пылевато-песчаная на меловых мергелях. Мощность гумусового профиля колеблется в пределах 35–45 см, содержание общего гумуса на период закладки опыта в пахотном слое составляло 3,24 %.

В почву вносили следующие минеральные удобрения: аммиачная селитра (34,5 %), суперфосфат простой гранулированный (19,5 %) и калимагнезия (29,0 %). Внесенный навоз – среднеразложившийся на соломенной подстилке от крупного рогатого скота. Сроки внесения удобрений: навоз и фосфорно-калийные удобрения вносили под основную обработку почвы, азотные – весной под культивацию. Исследования осуществлялись в 9-польном зерно-траво-пропашном севообороте по следующей схеме (табл. 9.1).

Период вегетации 2000 г. характеризуется как средне влажный и холодный. Распределение осадков неравномерно: в течение июля 2000 г. выпала сумма осадков, которая превысила среднемесячную норму в 2,5 раза, а в течение остальных месяцев периода вегетации (кроме сентября) сумма осадков не достигала нормы. Период вегетации 2001 г. характеризуется как средне влажный и теплый. В течение апреля – июля сумма осадков не достигала нормы, а в августе превысила среднемесячную норму в 2 раза. Период вегетации 2002 г. характеризуется как средне засушливый и теплый. В течение периода апрель – август сумма осадков не достигла нормы, а в мае была ниже нормы в 4 раза.

Схема полевого опыта на осушаемых дерново-карбонатных почвах

Поле севооборота	Варианты опыта							
	целина	контроль (без удобрений)	НPK	2NPK	навоз (8,9 т/га)	НPK+навоз (4,4 т/га)	НPK+навоз (8,9 т/га)	НPK+навоз (13,3 т/га)
Ячмень яровой с подсевом мн. тр.	-	-	N ₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₆₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀	-	N ₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀
Мн. травы 1 г. п.	-	-	P ₆₀ K ₁₂₀	P ₁₂₀ K ₂₄₀	-	P ₆₀ K ₁₂₀	P ₆₀ K ₁₂₀	P ₆₀ K ₁₂₀
Мн. травы 2 г. п.	-	-	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀	-	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀
Мн. травы 3 г. п.	-	-	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀	-	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀
Пшеница озимая	-	-	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀	-	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀
Картофель	-	-	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₈₀	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₃₆₀	40	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₈₀ +20	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₈₀ +40	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₈₀ +40
Кукуруза на зел. массу	-	-	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₂₄₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀	-	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ +40
Пшеница озимая	-	-	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀	-	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀
Свекла сахарная	-	-	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₈₀	N ₂₄₀ P ₁₂₀ K ₃₆₀	40	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₈₀ +20	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₈₀ +40	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₈₀ +40
Насыщенность удобрениями: - минеральными - органическими	- -	- -	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ -	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀ -	- 8,9	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ 8,9	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ 4,4	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ 13,3

Годы исследований отличались по метеорологическим условиям: 2000 и 2001 гг. были средне-влажными, 2002 г. – засушливым (рис. 9.1).

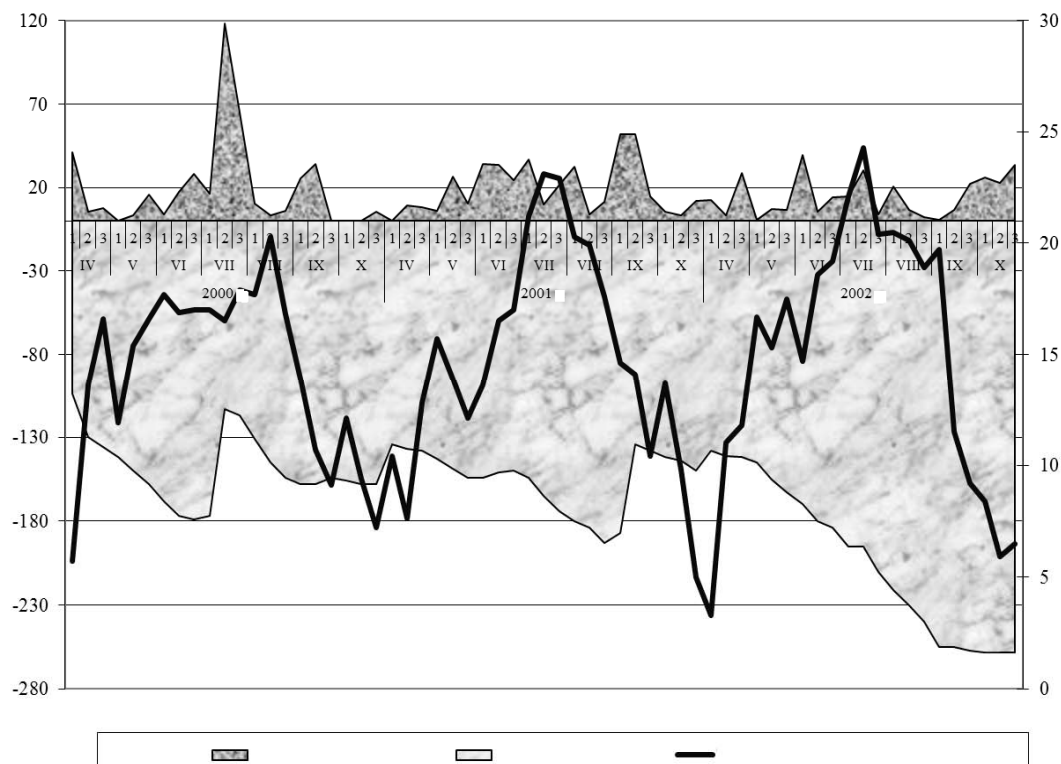


Рис. 9.1. Ход основных климатических характеристик на протяжении периода исследований

Каждый тип почвы формируется и функционирует в различных условиях (природных или антропогенных) и соответственно характеризуется неодинаковыми способами реакции на указанные изменения. Одной из задач проведенных исследований было выявление направлений изменения процессов гумусонакопления в дерново-карбонатных почвах, сформированных в условиях Западного Полесья Украины, под влиянием их длительного сельскохозяйственного использования.

С целью характеристики воздействия распашки и различных систем удобрения на содержание и запасы гумуса используем усредненные за период 2000–2002 гг. данные.

Распашка почвы и длительное использование без удобрений (контроль) в девятипольном поле-вом зерно-траво-пропашном севообороте Западного Полесья Украины вызывает резкое уменьшение содержания и запасов гумуса в гумусовом горизонте. Так, на период наших исследований по сравнению с целинным аналогом содержание гумуса в гумусовом горизонте дерново-карбонатных почв на варианте без удобрения достоверно уменьшилось на 31,9 %, в то время как запасы гумуса уменьшились лишь на 21,4 %.

Применение удобрений позволяет поддерживать содержание и запасы гумуса на существенно более высоком уровне по сравнению с контролем. Так, минеральная система удобрения увеличивает содержание гумуса на 3,4–6,5 % по сравнению с контролем, а соответствующие запасы растут на 1,2–1,5 %. Применение же органических удобрений позволяет увеличить содержание гумуса в гумусовом горизонте на 27,7 %, а запасы – на 18,1 %. Органические удобрения совместно с минеральными усиливают эффект действия на процессы гумусообразования, создавая на 30,5–38,0 % выше содержание гумуса по сравнению с контролем, а запасы при этом превышают соответствующее значение для контроля на 26,95–22,7 %. Сравнение усредненных данных за 2000–2002 гг. содержания гумуса в гумусовом горизонте типичных среднегумусных дерново-карбонатных почв с данными М. В. Лесового не дало оснований утверждать о существенной дегумификации гумусового горизонта дерново-карбонатных почв в течение следующих 32 лет после 6-летнего их сельскохозяйственного использования на низком агротехническом фоне.

Если принять, что целинный аналог того же типа дерново-карбонатных почв имел относительно стабильное содержание и запасы гумуса в течение 32 лет, то следует отметить, что существенная дегумификация дерново-карбонатных почв в результате распашки имела место лишь в первые годы их сельскохозяйственного использования и составила 32,2 % по содержанию гумуса. Что касается систем удобрения, то 32-летнее применение минеральных удобрений обусловило прирост содержания гумуса в гумусовом горизонте соответствующих вариантов на 19,6–28,0 %. Органическая система удобрения обеспечила прирост содержания гумуса на 38,5 %. Внесение органических удобрений совместно с минеральными позволило увеличить относительный показатель содержания гумуса в течение 32 лет на 29,4 %.

Надо отметить, что в первые 6 лет сельскохозяйственного использования дерново-карбонатных почв (1964...1970–1972) высокими темпами происходила не только дегумификация (контроль), но и гумусообразование (варианты с удобрениями). Так, темпы гумусообразования в гумусовом горизонте за период 1970–1972...2000–2002 гг. уменьшились относительно соответствующих темпов 1970 г. в 5,2 раза при применении минеральных удобрений и в 2,8 и 3,5 раза при применении органической системы удобрения и органо-минеральной соответственно. Такие закономерности свидетельствуют о том, что существует определенный предел гумусообразования в дерново-карбонатных почвах, обусловленный гранулометрическим составом и агротехническими мероприятиями, одним из которых является внесение удобрений.

Из всего изложенного можно сделать вывод о том, что минеральные удобрения хотя и увеличивают содержание гумуса в дерново-карбонатных почвах, но эффект их способности поддерживать гумусообразование со временем резко уменьшается. Дольше длится эффект гумусообразования при применении органических удобрений. Применение же органо-минеральной системы удобрения характеризуется промежуточным значением длительности эффекта гумусообразования по сравнению с минеральной и органо-минеральной системами.

В дерново-карбонатных почвах под влиянием распашки и применения различных систем удобрения процессы гумусообразования и дегумификации в пахотном и подпахотном слоях почвы протекают с различной скоростью, о чем свидетельствует соотношение между относительным приростом содержания гумуса за период 1970–1972...2000–2002 в пахотном слое и соответствующим показателем в подпахотном слое почвы (табл. 9.2).

$\Delta\Pi_{\text{пах}}/\Delta\Pi_{\text{подпах}}$ для контроля составляет 0,056. При этом в пахотном слое отмечена дегумификация, а в подпахотном – гумусообразование. Следовательно, имеет место гомогенизация гумусового горизонта.

При применении минеральной системы удобрения с повышенными нормами минеральных удобрений $\Delta\Pi_{\text{пах}}/\Delta\Pi_{\text{подпах}} = -0,096$. При этом в пахотном слое, как и на контроле, отмечена дегумификация, а в подпахотном – гумусообразование. Следовательно, имеет место гомогенизация гумусового горизонта, но скорость этого процесса больше, чем на контроле, о чем говорит увеличение модуля $\Delta\Pi_{\text{пах}}/\Delta\Pi_{\text{подпах}}$. В то же время при применении минеральных удобрений в умеренных нормах в пахот-

ном слое отсутствует проявление процессов дегумификации относительно контроля. Это свидетельствует о том, что минеральные удобрения в повышенных нормах способны усиливать процессы лес-сиважа в дерново-карбонатных почвах.

Таблица 9.2

Влияние систем удобрения на соотношение между относительным приростом содержания гумуса пахотного и подпахотного слоев дерново-карбонатных почв в течение периода 1970-1972...2000-2002 гг.

Варианты опыта	Прирост содержания гумуса в пахотном слое относительно контроля, $\Delta\Pi_{\text{пах}}$, %	Прирост содержания гумуса в подпахотном слое относительно контроля, $\Delta\Pi_{\text{подпах}}$, %	$\frac{\Delta\Pi_{\text{пах}}}{\Delta\Pi_{\text{подпах}}}$
контроль (без удобрений)	-2,41	42,67	-0,056
$N_{60}P_{60}K_{120}$	2,47	54,73	0,045
$N_{120}P_{120}K_{240}$	-4,53	47,30	-0,096
8,9 т/га навоза	8,16	65,19	0,125
$N_{60}P_{60}K_{120}$ + + 8,9 т/га навоза	7,97	41,51	0,192

При применении всех других систем удобрения величина $\Delta\Pi_{\text{пах}}/\Delta\Pi_{\text{подпах}}$ колеблется в пределах 0,045 – 0,192. При этом наименьшая величина данного показателя характерна для минеральной системы удобрения, а наибольшая – для органо-минеральной. Имеет место одностороннее движение процессов гумусонакопления как в пахотном, так и в подпахотном слоях почвы - в сторону увеличения содержания гумуса. Поскольку упомянутое соотношение по модулю не превышает ноль, то имеет место постепенное превышение интенсивности процессов гумусонакопления в подпахотном слое почвы над интенсивностью этих же процессов пахотного слоя. Именно такое соотношение между относительными показателями прироста гумуса сложилось в почве в результате распашки и является нормальным и благоприятным для плодородия явлением увеличения мощности гумусового горизонта. На основе величин данного показателя следует вывод о способности органической и органо-минеральной систем удобрения способствовать наибольшей стабилизации гумусонакопления в пахотном и подпахотном слоях гумусового горизонта вследствие новообразования гумуса.

Так, минеральные удобрения не вызывают существенного прироста запасов гумуса, а стабилизируют запасы на уровне около 160 т/га.

Органическая система удобрения в норме 8,9 т/га навоза создает прирост запасов гумуса относительно контроля на 15 % в гумусовом горизонте, в то время как органо-минеральная – от 17 до 21 % в направлении роста норм навоза, что свидетельствует о высоком эффекте гумусонакопления под влиянием органических удобрений в сочетании с минеральными. Но даже при насыщенности пашни навозом в норме 13,3 т/га не достигаются начальные запасы гумуса (до распашки).

Сравнение наших результатов исследований с соответствующими результатами М. В. Лесового показало, что процессы дегумификации и гумусонакопления высокими темпами происходят в первые 6 лет, а в течение следующих 32 лет осушения и сельскохозяйственного использования положительный эффект влияния всех систем удобрения на усиление гумусонакопления в дерново-карбонатных почвах уменьшается в 5,2–2,8 раза, что свидетельствует о стабилизации содержания и запасов гумуса со временем.

Наблюдения за сезонной динамикой содержания гумуса в верхнем 25-сантиметровом слое дерново-карбонатных почв показали, что в течение периода вегетации в целинных и пахотных дерново-карбонатных почвах отмечаются существенные колебания содержания гумуса. По свидетельствам ученых, увеличение количества циклов и амплитуд сезонной динамики содержания гумуса указывают на рост способности почвенной экосистемы к саморегуляции и восстановлению плодородия.

В результате исследований установлено, что на процессы сезонной динамики в дерново-карбонатных почвах существенное влияние оказывают распашка почвы, а также виды и нормы применяемых удобрений. Так, на целине отмечена высокая способность гумуса к динамике, о чем свидетельствует наличие двух циклов и высокая максимальная амплитуда колебаний содержания гумуса, что составляет 0,27 %. Но распашка дерново-карбонатных почв и использование их на низком агрофоне вызывает существенное уменьшение их способности поддерживать высокий уровень сезонной цикличности содержания гумуса, о чем свидетельствует уменьшение количества циклов (до одного) и абсолютной амплитуды колебаний содержания гумуса на 0,09 % относительно целинного аналога.

Применение удобрений усиливает сезонную динамику содержания гумуса. Так, минеральные удобрения, не увеличивая количество циклов синусоиды, способствуют поддержанию высокой мак-

симальной амплитуды на уровне 0,28 %, но количество циклов не увеличивается, в то время как применение органо-минеральной системы удобрения способствует созданию высокой амплитуды на уровне 0,25 % и поддержанию двух циклов сезонной динамики содержания гумуса, что подтверждает высокую эффективность органо-минеральной системы удобрения в поддержании высокой саморегуляции почвенной экосистемы и воспроизводстве плодородия почвы. В то же время органическая система удобрения, создавая высокую максимальную амплитуду сезонных колебаний содержания гумуса на уровне 0,21 %, не позволяет достичь максимального количества циклов синусоиды сезонных колебаний содержания гумуса.

Надо отметить высокую способность данной органо-минеральной системы удобрения поддерживать наивысшую максимальную сезонную амплитуду содержания гумуса в теплых и холодных средне-влажных погодных условиях периода вегетации (2000, 2001 гг.). В засушливых погодных условиях 2002 г. максимальные сезонные амплитуды содержания гумуса обеспечивают минеральная и органо-минеральная системы удобрения. Итак, именно органо-минеральная система удобрения оказалась оптимальной для поддержания саморегуляции почвенной экосистемы в различных погодных условиях.

9.2. Групповой состав гумуса и оптические свойства гуминовых кислот

Органическое вещество почвы представлено динамическим гетерогенным комплексом органических соединений, которые характеризуются одинаковой природой происхождения, но разным составом и стойкостью. Наиболее стойкими органическими соединениями почвы являются специфические собственно гумусовые вещества (ССГВ). Благодаря высокой устойчивости именно они выступают признаком относительно устойчивых свойств почвы и ее плодородия, поэтому при сельскохозяйственном использовании почвы важно не уменьшить их общее количество и устойчивость.

Дерново-карбонатные почвы, как и почвы любого типа, благодаря различиям минералогического состава имеют свои особенности гумусообразования, которым соответствует определенное соотношение между различными группами ССГВ с неодинаковой устойчивостью. Кроме того, особенности климата как фактора почвообразования существенно влияют на процессы гумификации в почве и качественный состав гумуса. Особенности сельскохозяйственного использования являются не менее важным фактором гумусонакопления и почвообразования, чем природные факторы. С целью разработки принципов рационального использования дерново-карбонатных почв вообще и в условиях зоны Западного Полесья Украины в частности необходимо оценить влияние основных агротехнических мероприятий на качественный состав гумуса.

С позиций классического почвоведения качественный состав гумуса оценивается по содержанию и соотношению ССГВ. Эти вещества условно разделены на две группы: гуминовые кислоты (ГК) и фульвокислоты (ФК). Согласно общепринятому методу определения содержания гумуса по И. В. Тюрину в состав гумуса входят не только ГК и ФК, но и другие органические соединения, которые не удается отделить от общей массы почвы при соответствующей подготовке последней к анализу. Поэтому, характеризуя качественный состав гумуса, необходимо учитывать и величину нерастворимого остатка, который отдельные авторы называют гумином (ГН). Отсюда следует вывод, что фракционно-групповой состав тождествен качественному составу гумуса.

Таким образом, на основе данных фракционно-группового состава можно говорить лишь о качественном составе ССГВ. Понятие же качественного состава гумуса шире и включает в себя как соотношение между количеством углерода различных фракций в пределах двух групп (ГК и ФК), так и количеством углерода ГН. Все указанные соединения в сумме формируют гумус почвы. Как видим, гумус является сложным термодинамическим комплексом органических соединений, которые образовались в толще почвы. Иными словами, гумус представляет собой не что иное, как комплекс гуминовых соединений (сокращенно – гумусовый комплекс), поэтому использование выражения «гумусовый комплекс» не противоречит понятиям о гумусе и в большей степени выражает поликомпонентность гумуса, чем понятие «гумус». Поэтому в тех случаях, где необходимо подчеркнуть поликомпонентность гумуса, было использовано понятие «гумусовый комплекс».

Из всего сказанного вытекает необходимость осуществления анализа не только группового состава гумуса, а его качественного состава в целом, поэтому был осуществлен анализ качественного состава гумуса по соотношению между группами ССГВ и ГН. При этом целью было поставлено оценить влияние распашки и применения различных систем удобрения на трансформацию качественного состава гумуса. Так, для агрохимических анализов были взяты смешанные образцы почвы за весь период исследований (с целью нивелирования влияния погодных условий и культур севооборота).

Для полной характеристики термодинамической устойчивости ССГВ и гумуса в целом был подобран набор известных показателей. Использование целого комплекса этих показателей позволит в

полной мере охарактеризовать качественный состав гумуса и глубоко раскрыть влияние систем удобрения на термодинамическую устойчивость гумуса. Из известных показателей гумусового состояния нами использованы следующие: содержание в почве углерода гумуса общего, ССГВ, ГН, ГК1, степень гумификации органического вещества (СГК/СГ).

Руководствуясь одним из общих правил гумусообразования, которое говорит, что этот процесс происходит в направлении отбора наиболее термодинамически устойчивых органических соединений, следует начать характеристику трансформации качественного состава с соотношений между углеродом ГК и ФК и углеродом ГН и ССГВ. Среди указанных показателей в первую очередь выделим те, которые непосредственно подвергались статистической обработке и характеризуются величинами наименьшей существенной разницы. Результаты анализов приведены в таблице 9.3.

Таблица 9.3

Качественный состав гумуса дерново-карбонатных почв

Варианты опыта	Шифр генетического горизонта	Границы горизонта, см	Содержание углерода, % на абс. сухую навеску почвы						
			С _{общ}	С _{ГК}	С _{ФК}	С _{ССГВ}	С _{ГК1}	С _{ГК/СФК}	С _{ГН}
Целина	Н	3-25	2,84	<u>0,597</u> 21,0	<u>0,532</u> 18,7	<u>1,129</u> 39,8	<u>0,080</u> 13,4	1,1	<u>1,71</u> 60,2
		25-35	1,63	<u>0,742</u> 45,5	<u>0,359</u> 22,0	<u>1,101</u> 67,6	<u>0,054</u> 7,2	2,1	<u>0,53</u> 32,4
Контроль (без удобрений)	Н _{пах}	0-25	1,88	<u>0,390</u> 20,8	<u>0,563</u> 29,9	<u>0,953</u> 50,7	<u>0,035</u> 8,8	0,7	<u>0,93</u> 49,3
	Н _{подпах}	25-35	1,24	<u>0,406</u> 32,7	<u>0,252</u> 20,3	<u>0,657</u> 53,0	<u>0,039</u> 9,5	1,6	<u>0,58</u> 47,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	Н _{пах}	0-25	1,93	<u>0,525</u> 27,2	<u>0,443</u> 23,0	<u>0,968</u> 50,2	<u>0,036</u> 6,9	1,2	<u>0,96</u> 49,9
	Н _{подпах}	25-35	1,32	<u>0,421</u> 31,9	<u>0,267</u> 20,2	<u>0,689</u> 52,2	<u>0,042</u> 9,9	1,6	<u>0,63</u> 47,8
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀	Н _{пах}	0-25	1,95	<u>0,610</u> 31,3	<u>0,391</u> 20,0	<u>1,001</u> 51,3	<u>0,037</u> 6,0	1,6	<u>0,95</u> 48,7
	Н _{подпах}	25-35	1,44	<u>0,396</u> 27,5	<u>0,209</u> 14,5	<u>0,605</u> 42,0	<u>0,037</u> 9,3	1,9	<u>0,84</u> 58,0
Навоз (8,9 т/га)	Н _{пах}	0-25	2,38	<u>0,685</u> 28,8	<u>0,454</u> 19,1	<u>1,139</u> 47,9	<u>0,053</u> 7,7	1,5	<u>1,24</u> 52,1
	Н _{подпах}	25-35	1,62	<u>0,463</u> 28,6	<u>0,267</u> 16,5	<u>0,729</u> 45,0	<u>0,075</u> 16,2	1,7	<u>0,89</u> 55,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + навоз (8,9 т/га)	Н _{пах}	0-25	2,59	<u>0,701</u> 27,0	<u>0,462</u> 17,8	<u>1,162</u> 44,9	<u>0,060</u> 8,5	1,5	<u>1,43</u> 55,1
	Н _{подпах}	25-35	1,74	<u>0,545</u> 31,3	<u>0,246</u> 14,1	<u>0,792</u> 45,5	<u>0,054</u> 9,9	2,2	<u>0,95</u> 54,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + навоз (4,4 т/га)	Н _{пах}	0-25	2,44	<u>0,763</u> 31,3	<u>0,464</u> 19,0	<u>1,226</u> 50,3	<u>0,052</u> 6,9	1,6	<u>1,21</u> 49,7
	Н _{подпах}	25-35	1,66	<u>0,527</u> 31,8	<u>0,279</u> 16,8	<u>0,806</u> 48,6	<u>0,052</u> 9,9	1,9	<u>0,85</u> 51,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + навоз (13,3 т/га)	Н _{пах}	0-25	2,59	<u>0,838</u> 32,3	<u>0,494</u> 19,1	<u>1,332</u> 51,4	<u>0,075</u> 9,0	1,7	<u>1,26</u> 48,6
	Н _{подпах}	25-35	1,76	<u>0,631</u> 35,8	<u>0,317</u> 18,0	<u>0,948</u> 53,8	<u>0,060</u> 9,5	2,0	<u>0,81</u> 46,2
НСР ₀₅ . %	Н _{пах} / Н _{подпах}	<u>0-25</u> 25-35	-	<u>0,058</u> 0,022	-	<u>0,012</u> 0,034	<u>0,074</u> 0,047	-	-
S _x . %	Н _{пах} / Н _{подпах}	<u>0-25</u> 25-35	-	<u>3,01</u> 1,39	-	<u>0,36</u> 1,42	<u>4,54</u> 2,99	-	-

В гумусовом горизонте целины отмечено высокое содержание ССГВ, что составляет 1,12 %. Распашка почвы и использование ее на контроле существенно уменьшают содержание углерода ССГВ по сравнению с целиной (на 22,6 %), в то время как содержание углерода общего гумуса уменьшается на 31,9 %. Итак, минерализации подвергается не только ССГВ, но и ГН.

Применение минеральных удобрений как в умеренных нормах, так и повышенных, способствует тенденции уменьшения содержания ССГВ относительно контроля. Однако органические удобрения отдельно и их сочетания с минеральными создают условия существенного увеличения содержания ССГВ. При применении органических удобрений последний показатель возрастает по сравнению

с контролем на 17,6 % (содержание гумуса общего при этом возрастает на 27,5 %). Органо-минеральная система удобрения усиливает возрастание содержания ССГВ в почве, увеличивая его на 21,6 % при нормах удобрений NPK + 8,9 т/га навоза и на 27,3 и 40,7 % при соответствующих нормах NPK + 4,4 т/га навоза и NPK + 13,3 т/га навоза. Показатели относительного прироста содержания гумуса общего составляют 38,3; 30,7; 38,7 % соответственно для указанных выше трех вариаций органо-минеральной системы удобрения.

Таким образом, под действием органической и особенно органо-минеральной системы удобрения в новообразованном гумусе дерново-карбонатных почв при увеличении норм органических удобрений существенно возрастает доля ССГВ, превышая даже соответствующий показатель целинного аналога на 8,9 % в варианте NPK + навоз (13,3 т/га).

Необходимо отметить, что по абсолютным показателям содержания ССГВ пахотные дерново-карбонатные почвы четко дифференцированы на пахотный и подпахотный слои, причем в пахотном слое упомянутый показатель выше в 1,41–1,66 раза относительно подпахотного. Целинный аналог характеризуется гомогенностью гумусового слоя по абсолютному содержанию ССГВ.

Однако при характеристике трансформации качественного состава гумуса важное значение имеют не абсолютные показатели содержания углерода отдельных групп гумусовых веществ, а относительные, которые являются частью абсолютного показателя в составе общего гумуса. На такие относительные показатели обратим самое пристальное внимание, поскольку именно они отражают тенденции и закономерности перераспределения отдельных групп гумусовых веществ, что и является непосредственной характеристикой трансформации гумуса как динамического комплекса органических соединений.

Установлено, что при распашке дерново-карбонатных почв и длительном сельскохозяйственном использовании в гумусовом горизонте растет доля ССГВ в составе СГГ на всех вариантах относительно целинного аналога, исключая вариант NPK + навоз (8,9 т/га). В то же время соответствующая доля СГН на всех вариантах, за исключением того же варианта NPK + навоз (8,9 т/га), уменьшается относительно целины. Наибольшее уменьшение доли СГН отмечено на контроле, что является следствием минерализации гумуса за счет как ССГВ, так и ГН. Увеличение доли ССГВ при применении удобрений происходит в результате гумусообразования. Но наиболее полная трансформация органического вещества и лучшее его закрепление в почве происходит на варианте NPK + навоз (8,9 т/га), поскольку здесь на фоне увеличения содержания СГ в наибольшей степени в его составе растет доля СГН, а уже потом – соответственно доля ССГВ.

В пахотном слое отмечено превышение показателя ССГВ в составе СГ в 1,04–1,22 раза относительно подпахотного на вариантах 2NPK, 8,9 т/га навоза, NPK + 4,4 т/га навоза. Это свидетельствует о способности органической и органо-минеральной систем удобрения способствовать наиболее интенсивному образованию ССГВ в пахотном слое, что объясняется накоплением здесь большого количества органического материала при внесении органических удобрений и нарастании массы пожнивных-корневых остатков.

При применении повышенных норм минеральных удобрений в пахотном слое ССГВ в составе СГ увеличивается относительно контроля, в то время как доля СГН уменьшается (такая тенденция отмечена еще только в варианте NPK + 13,3 т/га навоза). Но в подпахотном слое при применении минеральных удобрений наблюдается наибольший прирост доли СГН относительно как контроля, так и целины по сравнению со всеми другими системами удобрения. В то же время только на этом варианте отмечено уменьшение доли ССГВ на 8,0 % относительно контроля. Обязательным условием существенного возрастания доли ГН является или увеличение детрита, которое связано с большим объемом поступления органических остатков, или существенный рост количества мелкодисперсных частиц илстой фракции. Первое условие не действует, поскольку на варианте 2NPK количество органических остатков не превышает соответствующее количество при применении органической и органо-минеральной систем удобрения. Неравноценное перераспределение прироста доли СГН в составе СГ можно объяснить только существенным увеличением в подпахотном слое количества мелкодисперсных илистых частиц под влиянием минеральных удобрений. Такое явление может иметь место лишь в результате процессов лесиважа и свидетельствует о постепенной деградации почвы.

Применение NPK + 13,3 т/га навоза на фоне уменьшения прироста доли СГН в составе СГ относительно контроля в пахотном и подпахотном слоях почвы способствует наибольшему приросту соответствующей доли ССГВ относительно контроля среди всех систем удобрения. Применение такой системы удобрения положительно влияет на процессы накопления ССГВ, но не способствует их прочному закреплению в почве. Эта система удобрения усиливает общую гомогенизацию и соответственно углубление гумусового горизонта по показателям доли как ССГВ, так и СГН в составе СГ.

В то же время необходимо отметить положительную роль таких систем удобрения, как НРК, НРК + 8,9 т/га навоза в усилении гомогенизации гумусового горизонта по содержанию ССГВ. Такая гомогенизация при применении органо-минеральной системы удобрения однозначно способствует не только углублению гумусового горизонта, но и лучшему закреплению здесь указанных продуктов гумусообразования, поскольку происходит на фоне общего увеличения содержания гумуса и доли ГН в его составе

В составе ССГВ выделяют ГК и ФК. ГК являются более устойчивыми соединениями по сравнению с ФК, поэтому важно охарактеризовать влияние сельскохозяйственного использования на соотношение между этими двумя группами гумусовых кислот (СГК/СФК), которое одновременно указывает на тип гумуса и свидетельствует об увеличении или уменьшении степени гумификации ССГВ. При этом данное соотношение может свидетельствовать об усилении процессов фульватизации или гумификации ССГВ относительно определенного эталонного аналога почвы, в то время как для оценки устойчивости гумусового комплекса в целом этого показателя недостаточно.

Гумусовый горизонт целинного аналога типичных среднегумусных дерново-карбонатных почв характеризуется фульватно-гуматным типом гумуса (СГК/СФК = 1,40). Такой же тип гумуса характерен и для гумусового горизонта пахотной почвы. Результаты анализов (табл. 9.3) показали, что под влиянием длительного сельскохозяйственного использования групповой состав ССГВ и качественный состав гумуса в целом существенно изменяются. Так, распашка почвы и длительное ее использование без удобрений (контроль) вызывает существенное изменение распределения СГК и СФК. При этом доля СГК в составе СГ уменьшается на 13,8 %, в то время как соответствующая доля СФК в составе СГ увеличивается на 37,8 % что свидетельствует о фульватизации гумуса за счет ГК и ГН.

Применение удобрений сдерживает фульватизацию гумуса и в отдельных случаях даже повышает степень гумификации ССГВ относительно целины. Так, умеренные нормы минеральных удобрений хотя и не увеличивают существенно содержание СГК относительно контроля, но значительно сдерживают процессы фульватизации гумуса. В то же время повышенные нормы минеральных удобрений не только сдерживают фульватизацию гумуса, но и способствуют повышению степени гумификации ССГВ на 18,7 % относительно целины.

Органическая система удобрения также вызывает увеличение степени гумификации ССГВ не только относительно контроля (на 63,9 %), но и относительно целины (на 12,7 %). Это обусловлено тем, что с органическими удобрениями вносится достаточное количество частично гумифицированных органических веществ и увеличивается их общее количество в почве.

Применение органо-минеральной системы удобрения при всех исследуемых соотношениях между органическими и минеральными удобрениями, не способствуя превышению показателя содержания гумуса общего над соответствующим показателем целинного аналога почвы, увеличивает СГК/СФК относительно целины на 23,0–27,6%. При этом с увеличением норм органических удобрений этот эффект значительно усиливается.

Сравнение пахотного и подпахотного слоев гумусового горизонта дерново-карбонатных почв по соотношению СГК/СФК выявило, что на всех вариантах опыта в подпахотном слое величина указанного показателя в 1,15–2,33 раза превышает соответствующую величину в пахотном слое за счет высокого содержания СФК в пахотном слое. На целине данное соотношение составляет 1,84 и свидетельствует о том, что гумус верхнего слоя почвы как более молодое биогеохимическое образование содержит значительно большую долю ФК в общем составе ССГВ, чем гумус нижнего слоя. Этот факт может свидетельствовать в пользу конденсационной гипотезы гумификации, а также может объясняться большим термодинамическим напряжением биохимических процессов в верхнем слое почвы, в результате чего постоянно нарушается устойчивость комплекса ССГВ.

Следует отметить, что на контроле СГК/СФК подпахотного слоя в 2,3 раза превышает соответствующее соотношение пахотного слоя, что является наибольшим показателем среди всех вариантов опыта. Этот факт подтверждает высказанное выше предположение о фульватизации гумуса пахотного слоя под влиянием длительного использования почвы без применения удобрений и свидетельствует о дифференциации гумусового профиля по групповому составу ССГВ на фоне гомогенизации последнего по содержанию гумуса общего.

Применение удобрений, как минеральных, так и органических, на фоне увеличения степени гумификации ССГВ способствует гомогенизации гумусового горизонта не только по содержанию гумуса общего, но и по групповому составу ССГВ. Следует отметить, что органо-минеральная система удобрения (НРК + 8,9 т/га навоза) среди всех других систем удобрения в меньшей степени способствует гомогенизации гумусового горизонта по групповому составу гумуса, вызывая интенсивное накопление СГК в пахотном слое.

ГК при дополнительных анализах разделяются на три фракции, которые характеризуются разной термодинамической устойчивостью. Наименее устойчивой фракцией является ГК1 – свободные и связанные с подвижными полутораоксидами. Все новообразованные соединения характеризуются наименьшей степенью устойчивости, поэтому увеличение общей массы и доли этой фракции в составе ГК свидетельствует о новообразовании последних или их минерализации до ГК1. По нашему мнению, целесообразно охарактеризовать распределение величины доли СГК1 в составе СГК и выявить влияние сельскохозяйственного использования на это распределение.

Содержание ГК1 в составе гумуса общего в гумусовом горизонте дерново-карбонатных почв колеблется в пределах 0,037–0,072 %, что отвечает соответствующему диапазону доли СГК1 в составе СГК – 7,0–11,6 % и является низким показателем. Невысокие значения последнего показателя обусловлены высокой степенью насыщенности дерново-карбонатных почв кальцием, под влиянием которого происходит быстрая коагуляция новообразованных ГК и закрепления их в почве. Так, на целине доля СГК1 в составе СГК составляет 11,6 %, что является наибольшим показателем среди всех вариантов опыта и свидетельствует об интенсивном новообразовании ГК. На контроле отмечена тенденция уменьшения этого показателя. Доля СГК в составе СГ также уменьшается, в то время как соответствующая доля СФК возрастает. Такой процесс происходит только в пахотном слое почвы. Это свидетельствует о минерализации ГК до ФК (фульватизации). Минерализации подвергаются прежде всего наименее устойчивые фракции ГК, а следовательно, ГК1 – в первую очередь.

Применение умеренных норм минеральных удобрений способствует уменьшению доли СГК1 в составе СГК на 13,9 % относительно соответствующей величины контроля, в то время как доля ГК в составе СГ увеличивается на 17,9 %. Итак, под влиянием такой системы удобрения стабилизируется не только содержание гумуса, но и качественный состав ССГВ, и процесс этот протекает в направлении отбора термодинамически устойчивых фракций ГК. При увеличении норм минеральных удобрений в два раза величина накопления доли СГК в составе СГ увеличивается относительно контроля на 24,5 %, а доля СГК1 в составе СГК – соответственно уменьшается на 22,6 %. Такие процессы происходят только в пахотном слое почвы. Это свидетельствует о способности минеральных удобрений поддерживать высокое напряжение процессов гумусообразования, в результате чего происходит наиболее полная гумификация органических остатков и новообразование устойчивых ГК, при этом вероятно трансформация ГК1 в более устойчивые фракции ГК.

Применение органических удобрений, наоборот, повышает долю СГК1 в составе СГК (на 12,8 %) относительно соответствующей величины контроля. При этом доля СГК в составе СГ увеличивается на 18,5 %, а доля СГН в составе СГ увеличивается лишь на 8,9 % относительно контроля. Это свидетельствует о том, что гумусообразование под влиянием органических удобрений происходит с интенсивным накоплением подвижных ГК1 в большей степени, а устойчивых фракций ГК и ГН – в меньшей степени. Значит, можно сделать вывод о недостаточной способности органических удобрений поддерживать высокое напряжение процессов гумификации в направлении интенсивного образования наиболее устойчивых фракций ГК.

Применение всех вариантов органо-минеральной системы удобрения не позволяет поддерживать существенно большую долю СГК1 в составе СГК относительно контроля, в то время как доля СГК в составе СГ относительно той же величины контроля возрастает соответственно на 16,8–37,6 %. При этом с уменьшением нормы навоза (вариант NPK + 4,4 т/га навоза) доля СГК1 в составе СГК уменьшается на 12,9 % относительно варианта NPK + 8,9 т/га навоза, а доля СГК в составе гумуса общего, наоборот, возрастает на 12,8 %. В то же время увеличение нормы навоза (вариант NPK + 13,3 т/га навоза) относительно того же варианта не приводит к существенному увеличению доли СГК1 в составе СГК, но вызывает рост доли СГК в составе СГ на 20,8 %. Это свидетельствует о положительном влиянии органо-минеральной системы удобрения не только на процессы гумусообразования, но и на закрепление гумуса в виде стойких фракций ГК. Кроме того, образование устойчивых фракций ГК увеличивается при расширении соотношения между минеральными удобрениями и органическими, но вместе с тем уменьшается доля наиболее лабильных ГК. Поэтому для поддержания высокого уровня эффективного плодородия почвы и устойчивости гумусового комплекса наиболее целесообразно применять органо-минеральную систему удобрения: вариант NPK + 8,9 т/га навоза.

Таким образом, за счет органо-минеральной системы удобрения увеличивается устойчивость гумусового комплекса и создается резерв относительно устойчивых легкоминерализованных гумусовых соединений, которые способны минерализоваться в моменты недостатка основных элементов питания микроорганизмов и растений.

Необходимо отметить, что слои 0–25 см и 25–35 см гумусового горизонта четко отличаются по показателям содержания СГК1 и их доли в составе СГК. Целинный аналог почвы в верхнем слое со-

держит в 1,9 раза большую долю СГК1 в составе СГК по сравнению с подпахотным. Это объясняется молодым возрастом гумуса в этом слое [33], а также самой его биологической активностью, создает условия для постоянной трансформации органических остатков. Кроме того, на целине в этот слой поступает наибольшее количество органического материала, который накапливается главным образом у поверхности, где интенсивно гумифицируется, но плохо закрепляется минеральной частью почвы, поскольку в верхнем слое затрудняются процессы коагуляции гумусовых соединений ионами кальция, содержание которых в верхнем слое почвы значительно меньше, чем в нижнем.

Все другие варианты опыта характеризуются существенным накоплением СГК1 в подпахотном слое почвы, где доля СГК1 в составе СГК превышает соответствующий показатель пахотного слоя в 1,1–2,1 раза.

Наиболее существенное увеличение доли СГК1 в слое 25–35 см почвы отмечено при применении органической системы удобрения, что, вероятно, обусловлено поступлением их из пахотного слоя под воздействием периодически промывного водного режима.

Применение минеральных удобрений, как отмечалось выше, усиливает трансформацию органических удобрений и пожнивно-корневых остатков в направлении накопления устойчивых ГК как в пахотном, так и подпахотном слоях почвы. Но в пахотный слой поступает подавляющее количество удобрений и органических остатков, поэтому при применении органо-минеральной системы удобрения в пахотном слое доля ГК1 накапливается в большей степени, чем в подпахотном, но не так интенсивно, как при внесении одних только органических удобрений. Это объясняется тем, что органо-минеральная система удобрения по сравнению с органической способствует увеличению степени гумификации органических остатков и поддержанию высокого напряжения биологических процессов в почве, в результате чего накопление более устойчивых фракций ГК превышает накопление ГК1.

Для более детальной характеристики гумусового состояния в целом и степени термодинамической устойчивости гумуса в частности правомерно использовать соотношение СГН/СГ. Согласно существующим методам анализа качественного состава гумуса ГН – наиболее термодинамически устойчивый комплекс органических соединений, поэтому данное соотношение указывает на долю наиболее устойчивых органических соединений в общем составе гумуса.

Важно определить, как влияет сельскохозяйственное использование на формирование этого соотношения, что позволит сделать вывод о том, увеличивается или уменьшается устойчивость гуминовых комплексов под действием распашки и различных систем удобрения.

В гумусовом горизонте дерново-карбонатных почв при различных условиях их сельскохозяйственного использования соотношение СГН/СГ всегда превышает 0,48. И так, СГН в составе СГ составляет более 48 %, при этом гумус целинного аналога почвы характеризуется наибольшим содержанием СГН, доля которого здесь достигает 55 %. Отмечается уменьшение СГН/СГ при распашке почвы и длительном ее использовании без удобрений (контроль) относительно целины на 6,8 %. Это является свидетельством существенного нарушения устойчивости гумуса как комплекса органических соединений.

Применение удобрений увеличивает долю СГН в составе СГ по сравнению с контролем на 1,3–13,0 %, за исключением варианта НРК + 13,3 т/га навоза, где этот показатель уменьшается относительно контроля на 1,5 %.

Вместе с тем органическая и органо-минеральная системы удобрения – единственные среди всех других систем способствуют приросту доли СГН относительно целины, которая составляет соответственно 1,5 и 5,3 %. Учитывая тот факт, что при расширении соотношения между органическими удобрениями и минеральными в органо-минеральной системе удобрения доля СГН не увеличивается, а наоборот – уменьшается, нет оснований утверждать о положительной роли возрастающих норм органических удобрений на фоне минеральных в процессах накопления в почве ГН как наиболее устойчивого гумусового образования. Отсюда следует вывод: органические удобрения сами по себе способны повышать устойчивость гумусового комплекса, но эффект усиления такого их влияния можно достичь только путем сочетания оптимальных норм органических удобрений с минеральными таким образом, чтобы сохранялось такое соотношение между ними, которое создано на варианте НРК + 8,9 т/га навоза.

Анализ распределения доли СГН в составе СГ в пахотном и подпахотном слоях гумусового горизонта для всех вариантов опыта показал, что для большинства вариантов гумусовый горизонт однородный по этому показателю. Это является следствием существенного уменьшения СГН/СГ в пахотном слое и высокого роста этого показателя в подпахотном слое почвы. Такие процессы происходят вследствие миграции гумусовых соединений из пахотного слоя в подпахотный под влиянием периодически промывного водного режима, коагуляции последних и их закрепления в подпахотном слое, где отмечено тенденцию к увеличению содержания физической глины под влиянием длитель-

ной распашки. Последние процессы указывают на тенденцию лессиважа. В то же время применение повышенных норм минеральных удобрений способствует в 1,2 раза большему накоплению доли СГН в подпахотном слое почвы относительно пахотного и свидетельствует об усилении процессов лессиважа. Это является негативным эффектом воздействия высоких норм минеральных удобрений на плодородие почвы, так как накопление устойчивых гумусовых веществ именно в пахотном слое создает наиболее оптимальные почвенные режимы для роста и развития сельскохозяйственных культур.

На целине в слое 0–25 см по доле СГН в составе СГ отмечено превышение соответствующей величины относительно слоя 25–35 см в 1,9 раза. Это обусловлено интенсивными процессами гумусонакопления в верхнем слое и отсутствием тенденций лессиважа.

Д. С. Орлов [24] показывает, что важным показателем устойчивости комплекса гумусовых веществ в почве является степень гумификации органического вещества – отношение СГК/СГ; кроме того, он приводит шкалу оценки этого показателя. Поэтому охарактеризуем его и установим, оказывает ли сельскохозяйственное использование существенное влияние на этот показатель.

Выше было охарактеризовано влияние различных систем удобрения на формирование показателя СГН/СГ, который является показателем устойчивости гумусового комплекса. Целью наших исследований была не только оценка влияния различных систем удобрения на гумусное состояние дерново-карбонатных почв, но и выявление такой системы удобрения, которая способствовала бы наивысшей степени гумификации органического вещества в условиях высокой устойчивости гумусового комплекса. Поэтому только на основе одновременного сравнения показателей СГК/СГ и СГН/СГ можно выявить такую систему удобрения.

Согласно данным таблицы 9.3 установлено, что в гумусовом горизонте дерново-карбонатных почв для большинства вариантов опыта (целина, контроль, NPK, 8,9 т/га навоза, NPK + 8,9 т/га навоза) степень гумификации органического вещества колеблется в пределах 24,2–28,7 %, что по градации Д. С. Орлова [24] оценивается как средняя степень гумификации. При этом самую низкую величину данного показателя отметили на контроле.

При использовании таких систем удобрения, как 2NPK, NPK + 4,4 т/га навоза и NPK + 13,3 т/га навоза, данный показатель составляет соответственно 30,2; 31,4; 33,4%. Это говорит уже о высокой степени гумификации органического вещества. Кроме того, сравнение прироста СГК/СГ относительно контроля с соответствующим приростом СГН/СГ свидетельствует о том, что гумусонакопление на всех вариантах происходит как за счет новообразования ГК, так и ГН, но в наибольшей степени этот процесс протекает за счет новообразования ГК. В то же время среди всех систем удобрения на варианте NPK + 8,9 т/га навоза отмечен наибольший прирост доли СГН в составе СГ. При этом указанный показатель превышает даже соответствующую величину для целинного аналога почвы при применении NPK + 8,9 т/га навоза и 8,9 т/га навоза. То есть гумусонакопление под влиянием применения удобрений происходит в наибольшей степени за счет новообразования ГК, но применение органоминеральной системы NPK + 8,9 т/га навоза в наибольшей степени способствует поддержанию высокой степени термодинамической устойчивости гумусового комплекса.

В условиях распашки дерново-карбонатных почв и длительного использования их без удобрений существенно уменьшается степень гумификации органического вещества почвы относительно целины за счет минерализации гумуса, которая происходит главным образом за счет ГК и в меньшей степени за счет ГН. Прирост в составе общего гумуса доли СФК в 1,38 раза относительно соответствующего показателя целины на фоне одновременного уменьшения доли СГК в 1,16 раза и доли СГН в 1,07 раза свидетельствует о фульватизации гумуса в комплексе с общей минерализацией. Одновременное протекание процессов фульватизации и минерализации гумуса свидетельствует об их взаимобусловленности.

Необходимо заметить, что слои 0–25 см и 25–35 см гумусового горизонта резко отличаются по показателям степени гумификации органического вещества. Так, на целине степень гумификации органического вещества в подпахотном слое превышает соответствующий показатель пахотного слоя в 2,2 раза. Это свидетельствует об интенсивном закреплении гумифицированных органических веществ в нижнем слое почвы, причины которого указаны выше.

На всех вариантах полевого опыта в подпахотном слое отмечено уменьшение СГК/СГ на 21,3–39,7 % относительно целины, в то время как соответствующее соотношение СГН/СГ в подпахотном слое почвы возрастает на 42,3–78,8 % относительно целины. Это является следствием распашки и свидетельством существенного увеличения степени термодинамической устойчивости гумусового комплекса в подпахотном слое почвы. В то же время в пахотном слое на всех вариантах (исключая контроль) отмечено увеличение СГК/СГ на 28,6–53,8 % относительно целины и соответственно уменьшение СГН/СГ на 8,5–19,4 %, а это уже следствие новообразования гумуса, в составе которого преобладает доля ГК над долей ГН. В пахотном слое устойчивость гумусового комплекса хотя и

уменьшается на всех вариантах (исключая контроль) в отношении целинного аналога, но это не приводит к уменьшению устойчивости гумусового комплекса гумусового горизонта на вариантах NPK + 8,9 т/га навоза и 8,9 т/га навоза. Поэтому следует сделать вывод о положительном влиянии длительного применения указанных вариантов органической и органо-минеральной систем удобрения на повышение интенсивности процессов гумусообразования и увеличения устойчивости гумусового комплекса дерново-карбонатных почв.

Все системы удобрения (исключая вариант NPK + 13,3 т/га навоза) способствуют увеличению СГН/СГ относительно контроля как в пахотном слое почвы, так и в подпахотном. Применение минеральных удобрений в повышенных нормах способствует наибольшему среди всех систем приросту последнего показателя в подпахотном слое почвы относительно контроля и соответственно уменьшению прироста СГН/СГ в пахотном слое. Это свидетельствует о способности минеральных удобрений существенно влиять на перераспределение доли ГН в гумусовом горизонте за счет возможных процессов лессиважа, которые вызваны действием высоких норм минеральных удобрений и причина которых указана выше.

В то же время на варианте NPK + 13,3 т/га навоза отмечено уменьшение соотношения СГН/СГ не только относительно целины, но и относительно контроля как в пахотном слое почвы (на 1,44 %), так и в подпахотном (на 1,77 %). Такие процессы происходят за счет существенного новообразования ГК, но эти соединения не закрепляются прочно в почве, и вследствие этого устойчивость гумусового комплекса уменьшается. Поэтому в будущем именно на данном варианте можно ожидать наибольших темпов дегумификации, если прекратить применение удобрений.

Таким образом, установлено, что органо-минеральная система удобрения (вариант NPK + 8,9 т/га навоза) среди всех других систем в наибольшей степени усиливает степень трансформации органического вещества в почве и позволяет направлять процесс гумусообразования в направлении отбора наиболее термодинамически устойчивых гумусовых соединений как в пахотном, так и в подпахотном слоях дерново-карбонатных почв.

Оценка гумусового состояния дерново-карбонатных почв и особенностей его трансформации под влиянием сельскохозяйственного использования будет неполной, если не охарактеризовать природу гумусовых веществ. Одним из таких показателей является оптическая плотность ГК в электронном спектре поглощения. ФК мало отличаются по оптической плотности, поэтому их оптическую плотность не приводим. Для характеристики оптических свойств ГК использован предложенный В. Шпрингером коэффициент цветности Q , который равен отношению оптических плотностей при двух длинах волн: 465 нм и 665 нм (D_{465}/D_{665}). По коэффициенту цветности можно судить о соотношении между гидролизованной (алифатической) и негидролизованной (ароматической) частями молекул ГК. Коэффициенты цветности приведены в таблице 9.4, по данным которой видно, что наименьшая конденсированность ядер ГК характерна для целины и варианта с органо-минеральной системой удобрения (NPK + 13,3 т/га навоза). Это обусловлено процессами гумусообразования, в результате чего формируется значительная часть ГК1, содержащая в своем составе большое количество периферийных алифатических цепей.

В то же время на контроле и на варианте NPK отмечена наивысшая степень конденсированности молекул ГК, что объясняется окислением периферийных алифатических цепей ГК, вследствие чего остаются наиболее термодинамически устойчивые ГК, обогащенные гетероциклическими органическими соединениями. Это подтверждает теорию гумификации путем кислотного окисления [1].

Применение минеральных удобрений в повышенных нормах позволяет увеличить долю низкоконденсированных ГК относительно контроля, но минеральные удобрения в умеренных нормах способствуют повышению степени конденсированности ГК и приравниваются по этому показателю к контролю. Если сравнить варианты минеральной системы удобрения между собой по содержанию гумуса, то отмечается усиление гумусообразования в направлении увеличения норм минеральных удобрений. Высшая степень конденсированности ГК на варианте NPK объясняется тем, что минеральные удобрения создают условия для быстрого окисления периферийных цепей молекул ГК. Меньшая степень конденсированности ГК на варианте 2NPK обусловлена большей долей вновь ГК по сравнению с вариантом NPK.

Применение органической и органо-минеральной систем удобрения также способствует новообразованию гумуса, но по сравнению с минеральной системой удобрения здесь отмечено более низкая степень конденсированности молекул ГК. Это объясняется тем, что с органическими удобрениями поступает значительная часть полугумифицированных органических соединений, характеризующихся низкой степенью конденсированности и подлежащих трансформации в гумусовые соединения. Увеличение нормы органических удобрений на фоне минеральных (NPK + 13,3 т/га навоза) способствует снижению степени конденсированности ГК, что подтверждает высказанный выше вывод о накоплении

в почве низкоконденсированных гумусовых соединений вследствие трансформации органических удобрений.

Таблица 9.4

**Показатели оптических свойств гуминовых кислот
и содержания азота общего в дерново-карбонатных почвах**

Варианты опыта	Генетический горизонт	Слой почвы, см	Содержание углерода общего, %	Содержание азота общего, %	C:N	Коэффициент цветности ГК, Q
Целина	H _{пах}	3-25	2,84	0,64	4,4	3,98
	H _{подпах}	25-35	1,63	0,40	4,1	3,82
Контроль (без удобрений)	H _{пах}	0-25	1,88	0,37	5,1	3,72
	H _{подпах}	25-35	1,24	0,46	2,7	3,72
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	H _{пах}	0-25	1,93	0,29	6,7	3,70
	H _{подпах}	25-35	1,32	0,29	4,6	3,74
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₂₄₀	H _{пах}	0-25	1,95	0,29	6,7	3,76
	H _{подпах}	25-35	1,44	0,35	4,1	3,74
8,9 т/га навоза	H _{пах}	0-25	2,38	0,32	7,4	3,82
	H _{подпах}	25-35	1,62	0,19	8,5	3,76
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + 8,9 т/га навоза	H _{пах}	0-25	2,59	0,35	7,4	3,78
	H _{подпах}	25-35	1,74	0,40	4,4	3,78
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + 4,4 т/га навоза	H _{пах}	0-25	2,44	-	-	3,76
	H _{подпах}	25-35	1,66	-	-	3,96
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + 13,3 т/га навоза	H _{пах}	0-25	2,59	-	-	3,86
	H _{подпах}	25-35	1,76	-	-	3,80
HCP ₀₅ . %	H _{пах}	0-25	-	0,021	-	-
	H _{подпах}	25-35	-	0,028	-	-
S _x . %	H _{пах}	0-25	-	3,21	-	-
	H _{подпах}	25-35	-	4,03	-	-

Примечание. Коэффициент цветности определен как отношение оптической плотности ГК при длине волны 465 нм к тому же показателю при длине волны 665 нм.

Среди всех вариантов органо-минеральной и органической систем удобрения вариант NPK + 8,9 т/га навоза обеспечивает наибольшую степень конденсированности ГК, свидетельствует о способности такой системы обеспечивать высокую степень гумификации органического вещества, а потому и высшую степень термодинамической устойчивости гумусового комплекса.

На контроле отмечена высокая степень конденсированности молекул ГК. Процессов гумусоаккумуляции здесь не наблюдалось, но выявлена минерализация гумуса, в результате которой остаются ГК с наибольшей степенью конденсированности ядер молекул. Каждый химический процесс происходит через диссоциацию молекул, так же и минерализация гумуса происходит путем постепенной диссоциации молекул ФК, ГК и ГН. Отсюда следует подтверждение одного из правил гумусообразования Д. С. Орлова [9] о том, что этот элементарный почвообразовательный процесс происходит в направлении отбора наиболее термодинамически устойчивых соединений. На основе проведенных исследований следует сформулировать примечание к этому правилу: дегумификация идет в направлении увеличения количества наименее термодинамически устойчивых соединений, но со временем этот процесс замедляется в результате вовлечения в него наиболее термодинамически устойчивых гумусовых соединений, которые характеризуются большей величиной константы устойчивости молекул к диссоциации.

Существенных различий между степенью конденсации верхнего 0–25 см и нижнего 25–35 см слоев гумусового горизонта не выявлено, однако отмечена тенденция к увеличению степени конденсированности ГК нижнего слоя по сравнению с верхним на вариантах: целина, 2NPK, 8,9 т/га навоза, NPK + 13,3 т/га навоза. Это объясняется тем, что в 0–25 см слое почвы гумусообразование происходит быстрее, чем в слое 25–35 см, в результате чего в верхнем слое образуется большее количество молодых ГК, содержащих в своем составе значительную долю алифатических цепей и поэтому менее конденсированных.

Отметим, что на контроле пахотный и подпахотный слои почвы не отличаются по степени конденсированности ГК. Та же закономерность отмечена и при использовании органо-минеральной системы удобрения (NPK + 8,9 т/га навоза). Это свидетельствует о гомогенизации гумусового горизонта, которая в первом случае вызвана усиленной минерализацией гумуса в пахотном слое, а во втором – высокими темпами гумусоаккумуляции как в пахотном, так и в подпахотном слоях почвы.

Таким образом, из всех сравниваемых систем удобрения органо-минеральная система (NPK + 8,9 т/га навоза) оказалась наиболее оптимальной с точки зрения не только формирования высокой степени конденсированности молекул ГК, но и гомогенизации гумусового горизонта как по содержанию гумуса, так и по высокой степени конденсированности молекул ГК. Это свидетельствует о том, что применение именно такой системы удобрения на дерново-карбонатных почвах в указанном севообороте способствует образованию мощного гумусового горизонта, который характеризуется высокой термодинамической устойчивостью гумусового комплекса.

При характеристике гумусового состояния важным показателем является обогащенность гумуса азотом, которая оценивается по атомному соотношению C:N. Для всех типов почв доля азота ГН является преобладающей и превышает соответствующую долю азота ГК в 3–18 раз. В то же время известно, что в дерново-карбонатных почвах доля азота в ГК составляет примерно 1,7 %, а соответственно для ГК этот показатель достигает 2,2 %. Итак, все гумусовые вещества можно поставить в следующий ряд по убыванию степени обогащения азотом: ГН, ГК, ФК.

Согласно общепринятой градации гумусовые горизонты целины и контроля характеризуются очень высокой обогащенностью гумуса азотом. Для контроля на фоне низкого содержания гумуса высокая степень обогащения гумуса азотом может быть объяснена увеличением доли ГН и фиксированных аммонийных минеральных соединений азота в почве за счет минерализации гумуса.

В почве целинного аналога очень высокая степень обогащения гумуса азотом ($C/N = 4,3$) объясняется интенсивными процессами трансформации органического вещества, в результате которых постоянно омолаживается состав гумусовых веществ, образуется значительная часть ГК1 и других фракций ГК. Молодые гумусовые соединения содержат в своем составе большую часть алифатических аминокислотных цепей, что подтверждено высоким коэффициентом цветности ГК.

Гумусовые горизонты всех других вариантов опыта характеризуются высокой обогащенностью гумуса азотом ($C/N = 6,0–7,8$). Так, при использовании минеральной системы удобрения (2NPK) отмечена самая высокая среди всех других систем удобрения обогащенность гумуса азотом, наибольший показатель которой – в подпахотном слое почвы ($C/N = 4,1$). Это обусловлено существенным увеличением содержания азота за счет образования гумуса, в составе которого значительно увеличивается доля ГН.

Кроме того, на этом варианте возможно частичное накопление минеральных аммонийных форм азота в подпахотном слое почвы вследствие миграции аммонийного азота минеральных удобрений из пахотного слоя. Кроме того, тут происходит новообразование ГК, о чем говорит уменьшение степени конденсированности последних, что является косвенным свидетельством увеличения количества алифатических цепей в молекулах ГК. Алифатические цепи ГК согласно литературным источникам [8] в наибольшей степени представлены аминокислотными остатками. Эффект воздействия минеральных удобрений в умеренных нормах (NPK) подобен соответствующему эффекту при применении повышенных норм (2NPK), но выражен в меньшей степени.

В противоположность этому при применении органической системы удобрения в гумусовом горизонте отмечена низкая степень обогащения гумуса азотом ($C/N = 7,8$). Это объясняется поступлением большого количества полугумифицированных органических соединений с навозом, в составе которых преобладают углерод и легкогидролизированный азот аминокислот. Под действием микроорганизмов происходит дальнейшая трансформация этих органических соединений. Поскольку других более легкодоступных азотсодержащих материалов в почве нет, то происходит минерализация прежде всего азотсодержащих частей указанных органических соединений для обеспечения потребностей микроорганизмов и сельскохозяйственных культур в азотном питании. В результате в почве накапливается гумус с низким содержанием азота.

Применение органо-минеральной системы удобрения (NPK + 8,9 т/га навоза) позволяет поддерживать на 15,9 % выше степень обогащения гумуса азотом по сравнению с органической системой удобрения. Это обусловлено положительным вкладом минеральных удобрений в обеспечение микроорганизмов и сельскохозяйственных культур доступным минеральным азотом, в результате чего частично предотвращается минерализация азотсодержащих соединений органических удобрений и гумуса. Соответственно гумусонакопление протекает за счет высокоазотистых органических соединений, поэтому можно сделать вывод о том, что минеральные удобрения, применяемые совместно с органическими, способствуют накоплению обогащенного азотом гумуса.

Вместе с тем одни только минеральные удобрения не способны поддерживать высокий уровень гумусонакопления, поскольку гумус – сложный комплекс азотсодержащих органических соединений, которые образуются в толще почвы. Поэтому для поддержания высокого уровня гумусообразования необходимо обязательно вносить органические удобрения, а для создания высокой степени обогащения гумуса азотом надо добавлять к ним минеральные. Это опять же свидетельствует в пользу орга-

но-минеральной системы удобрения, как таковой, которая способна поддерживать высокий уровень образования высокоазотистых гумусовых веществ.

Необходимо заметить, что слои 0–25 см и 25–35 см гумусового горизонта существенно отличаются степенью обогащения гумуса азотом, который в слое почвы 25–35 см превышает соответствующий показатель слоя 0–25 см на 7,3–88,9 %. Меньшее различие отмечено на целине, хотя качественный состав гумуса верхнего и нижнего слоев на целине существенно отличается. Высокое содержание азота в верхнем слое обусловлено преобладающей долей обогащенного азотом ГН в составе гумуса, а также новообразованием ГК, о чем свидетельствует их низкая степень конденсированности. В нижнем слое почвы на целине содержание ГН существенно меньше, но здесь увеличилась доля ГК. Кроме того, биологическая активность слоя 25–35 см ниже приблизительно в 2 раза по сравнению со слоем 0–25 см, поэтому процессы окисления аминокислот алифатическими цепями ГК здесь замедлены, вследствие чего и сохраняется высокая степень обогащения гумуса нижнего слоя целинного аналога почвы азотом.

Органическая система удобрения – единственная среди всех вариантов, которая обеспечивает новообразование гумуса с низким содержанием азота. Причем только при этой системе отмечено превышение степени обогащения гумуса азотом в пахотном слое относительно подпахотного. Последняя закономерность объясняется тем, что только на этом варианте отсутствует миграция в подпахотный слой азотсодержащих соединений минеральных удобрений, в результате которой возможно существенное повышение содержания прочно фиксированного аммонийного азота в подпахотном слое почвы.

При применении минеральных удобрений (2NPK) рост степени обогащения азотом гумуса нижнего слоя почвы объясняется последствиями вымывания азота минеральных удобрений в этот слой и закреплением его в виде прочно фиксированных аммонийных минеральных соединений [9]. Другой причиной существенного накопления азота в подпахотном слое является обогащение гумуса ГН, в составе которого содержание азота самое большое. При внесении в почву умеренных норм минеральных удобрений не отмечено превышение содержания азота в подпахотном слое почвы относительно пахотного, так как доля ГН в составе гумуса подпахотного слоя не растет, а азот умеренных норм минеральных удобрений не способен мигрировать в значительных количествах в подпахотный слой и закрепляться там.

При использовании органо-минеральной системы удобрения удается достичь гомогенности гумусового горизонта по содержанию азота. Но это не касается показателя обогащения гумуса азотом, поскольку в подпахотном слое содержится меньшее количество гумуса и на единицу углерода гумуса приходится большее количество азота, чем в пахотном. Но по сравнению со всеми другими системами удобрения органо-минеральная (вариант NPK + 8,9 т/га навоза) является оптимальной, поскольку способна поддерживать высокий уровень гумусонакопления на фоне поддержания высокого содержания азота в почве.

Сельскохозяйственное использование хотя и не приводит к изменению типа гумуса, но вызывает существенную перегруппировку гумусовых веществ. Так, на контроле по сравнению с целиной в пахотном слое отмечено увеличение доли ФК на 11 %, на фоне уменьшения доли ГК почти на 11 %, что свидетельствует о фульватизации гумуса, чего нельзя сказать о подпахотном слое, где признаков фульватизации гумуса не обнаружено, в то время как отмечено увеличение доли ГН на 15 % за счет уменьшения доли ГК.

При использовании удобрений фульватизации гумуса не отмечено, в то время как выявлено увеличение степени гумификации органического вещества относительно целины от 6 до 11 % и соответствующее уменьшение доли ГН, что свидетельствует об улучшении агрономического качества гумуса на фоне уменьшения устойчивости гумусового комплекса. Максимальная степень гумификации органического вещества наблюдается на варианте NPK + 13,3 т/га навоза, здесь же отмечена низкая доля ГН (48 %). Но на варианте NPK + 8,9 т/га навоза достигается максимальная доля ГН (55 %) в составе гумуса на фоне высокой степени гумификации, что свидетельствует о максимальной устойчивости гумусового комплекса при незначительном ухудшении агрономического качества гумуса и возможности применения такой системы удобрения для воспроизводства плодородия почв.

В подпахотном слое почвы применение удобрений способствует увеличению доли ГН в составе гумуса до 26 % главным образом за счет уменьшения доли ГК как относительно контроля, так и целины.

Что касается распределения доли ГК1 в составе ГК, которая является наиболее молодой и свидетельствует о новообразовании гумуса, то максимум ее отмечен на целине в слое 0–25 см. Использование почвы без удобрений способствует уменьшению доли ГК1 в составе ГК до 33,9%. Удобрения способствуют увеличению доли ГК1 в пахотном слое почвы, в то время как в подпахотном отмечено

увеличение ГК1 как относительно контроля (на 4,0–70,0 %), так и относительно целины. Максимальное влияние на рост доли ГК1 создают органические удобрения.

Выявленные закономерности распределения ГК1 подтверждаются показателями оптической плотности ГК, согласно которым самая низкая степень конденсированности ГК отмечена на целине, в то время как высокая – на контроле, что в последнем случае свидетельствует о минерализации гумуса по гипотезе кислотного окисления Александровой. В то же время применение органической и особенно органо-минеральной системы удобрения способствует уменьшению степени конденсированности молекул ГК, обусловленной новообразованием ГК, о котором упоминалось ранее.

Если обратить внимание на степень обогащения гумуса азотом, то согласно классификации Л. А. Гришиной и Д. С. Орлова [24] гумусовый горизонт дерново-карбонатных почв всех исследуемых вариантов, кроме целины и контроля, характеризуется высокой степенью обогащения гумуса азотом (7,8–6,0), в то время как для целины и контроля этот показатель очень высок (4,3 и 4,4 соответственно).

Минеральные удобрения в повышенных нормах способны усиливать процессы накопления азота в подпахотном слое почвы, существенно уменьшая содержание азота в пахотном слое. Применение только органических удобрений не способствует высокому накоплению азота в почве. В то же время органо-минеральная система способствует поддержанию высокого содержания азота как в пахотном, так и в подпахотном слоях почвы.

9.3. Трансформация коллоидных форм гумуса

Коллоидные формы гумуса тесно связаны с водно-физическими и физико-химическими свойствами почвы и позволяют анализировать трансформацию органо-минеральных комплексов в близком к естественному состоянии.

Гумусовые соединения в почве находятся в форме органо-минеральных коллоидов [19, 20], поэтому любой процесс трансформации гумуса в почве проявляется в перераспределении содержания коллоидных форм гумуса. С целью полной оценки влияния сельскохозяйственного использования дерново-карбонатных почв на их гумусное состояние необходимо установить и оценить направления трансформации коллоидных форм гумуса.

При этом выделяют две коллоидные формы гумуса – активный гумус (АГ) и пассивный гумус (ПГ). Кроме того, при выделении активной формы гумуса в его раствор переходит и водорастворимый гумус (ВГ). Итак, ВГ содержится в составе АГ. Согласно научным работам [18] наиболее устойчивой коллоидной формой является ПГ, а наименее – соответственно ВГ, поэтому соотношение между содержанием в почве углерода различных коллоидных форм гумуса указывает на устойчивость гумусового коллоидного комплекса. Если принять во внимание утверждение Соколовского о важной роли АГ в создании структуры почвы, а ПГ – в увеличении водостойкости структурных агрегатов, то можно выделить такую систему удобрения, которая способствует высокой оструктуренности почвы при высокой устойчивости структурных агрегатов.

Гумусовые вещества находятся в почве в форме коллоидных поверхностно-активных веществ (ПАВ), на поверхности которых размещено большое количество функциональных групп, способных блокировать все положительные и отрицательные заряды на поверхности глинистых частиц почвы, а потому ЭКО в гумусовом горизонте обусловлена содержанием гумусовых веществ. Учитывая это утверждение, М. И. Лактионов [18] вводит понятие показателя реакционной способности гумуса (ПРСГ), равным ЭКО, которая обусловлена содержанием в почве 1 % гумуса.

На сегодня обнаружено [19, 31], что при распашке черноземов и дерново-подзолистых почв и их интенсивном сельскохозяйственном использовании коллоидные поверхностно-активные свойства гумуса улучшаются, поскольку увеличивается величина ПРСГ. Коллоидные свойства гумуса дерново-карбонатных почв при длительном сельскохозяйственном использовании последних до сих пор не исследовались, поэтому в данной работе были проведены соответствующие исследования.

Результаты наших исследований приводят к выводу о том, что в слое 0–25 см наибольшее абсолютное содержание ПГ в почве наблюдается на целине, при этом доля ПГ в составе общего гумуса (Г) также самая большая из всех вариантов и составляет 79 %.

При распашке и длительном использовании дерново-карбонатной почвы без удобрений (контроль) содержание ПГ в пахотном слое уменьшается в 2 раза относительно целинного аналога, при этом доля ПГ в составе Г также уменьшается, но только в 1,3 раза. Такие изменения свидетельствуют о минерализации ПГ под влиянием распашки, а также о его относительной устойчивости по сравнению с другими органическими соединениями почвы, которые минерализуются, как показывает отношение ПГ/Г, значительно быстрее.

Применение систем удобрения позволяет сдерживать минерализацию ПГ на 16–40 %, при этом наибольшее влияние на стабилизацию ПГ оказывает органо-минеральная система удобрения (особенно вариант NPK + 4,4 т/га навоза).

В слое 25–35 см по сравнению с верхним слоем почвы 0–25 см наблюдается совершенно другое перераспределение ПГ. Так, на целине абсолютное содержание ПГ составляет 1,83 %, что превышает соответствующий показатель контроля на 9 %, а органо-минеральной системы удобрения (NPK + 8,9 т/га навоза) – на 14 %. Соответственно доля ПГ в составе Г наименьшая на целине и составляет 64 %, на контроле данное соотношение равно 75 %, а наименьшего значения (71 %) приобретает на варианте NPK. Наибольшего накопления ПГ удастся достичь при применении органо-минеральной системы удобрения (вариант NPK + 13,3 т/га навоза).

Такие достоверные изменения в распределении ПГ в подпахотном слое почвы свидетельствуют о весомом вкладе всех форм удобрений, особенно органических, в образование и закрепление пассивной формы гумуса в этом слое, что обусловлено, вероятно, его пониженной аэрированностью и общей биологической активностью, которая способствует замедлению процессов минерализации органических остатков по сравнению с более аэрированным и биологически активным пахотным слоем. Подпахотный слой почвы по сравнению с пахотным также характеризуется высокой степенью насыщенности почвы ионами кальция и фракциями физической глины, в совокупности обеспечивает быструю коагуляцию гумусовых соединений и закрепление их минеральной частью почвы.

Абсолютное содержание АГ в слое 0–25 см целины достигает 1,02 %. При распашке почвы, и особенно при использовании удобрений, возрастает как абсолютное содержание АГ, так и его доля в составе Г, что свидетельствует и об активизации ПГ под влиянием распашки (на примере контроля), и о новообразовании АГ при применении органических удобрений, а также минеральных совместно с возрастающими нормами органических. Особенно четко предположение об активизации гумуса подтверждается соотношением АГ/ПГ, которое, по данным научной литературы [19], указывает на степень активизации гумуса.

Наиболее неустойчивой формой гумуса является ВГ, поэтому в первую очередь именно водорастворимое органическое вещество почвы может выступать сбалансированным и доступным источником макро- и микроэлементов для сельскохозяйственных культур, а также в определенной степени обладает физиологической активностью по отношению к росту и развитию растений. Поэтому абсолютные показатели содержания ВГ свидетельствуют об общей насыщенности почвы наиболее лабильной формой гумуса, что положительно влияет на рост и развитие сельскохозяйственных культур.

По соотношению ВГ/АГ лучше всего судить о степени лабильности активного гумуса, а значит, о скорости его минерализации и первостепенной роли в росте и развитии растений благодаря продукционной и физиологической функциям.

С целью оценки лабильности АГ рекомендуем использовать **показатель водорастворимости активного гумуса** (ВГ/АГ), физический смысл которого – степень лабильности активного гумуса. Данное соотношение является наиболее оправданным для отображения лабильности активного гумуса, поскольку при определении содержания водорастворимых частиц гумуса почва не подвергается химической обработке, поэтому не нарушается состояние коллоидов в ней. Кроме того, ближайшими формами трансформации пептизированного естественным путем АГ, с точки зрения коллоидных свойств, могут быть ПГ или ВГ.

Исследования показали, что слой 3–25 см целинной почвы характеризуется наибольшим абсолютным содержанием ВГ в составе АГ. В слое 25–35 см доля УГ в составе Г на целине наименьшая по сравнению с вариантами вспашки, что объясняется малой концентрацией корневых остатков в данном слое, низкой биологической активностью, которая создает условия для замедленной минерализации органики, а также быстрой коагуляцией гумусовых веществ под влиянием ионов кальция, содержание которого в данном слое значительно выше, чем в слое 3–25 см.

При этом высокой степенью лабильности в верхнем слое и в гумусовом горизонте в целом характеризуется АГ целины, низким – соответственно АГ в условиях применения только органических удобрений, а также растущих норм органических совместно с минеральными. Такая тенденция увеличения лабильности АГ в верхнем слое почвы на целине объясняется высокой биологической активностью последнего и меньшей аэрированностью по сравнению с пахотным слоем [14], что позволяет сохранить высокую долю УГ в составе АГ (4,2 %) и уменьшить напряжение процессов минерализации новообразованного гумуса. В нижнем слое, который соответствует подпахотному, наблюдается тенденция к формированию обратной степени лабильности АГ (доля УГ в составе АГ равна 1,8 %).

Вследствие распашки почвы и длительного использования без удобрений (контроль) содержание ПГ в пахотном слое уменьшается относительно целины на 51 %. Применение удобрений позво-

ляет поддерживать значительно более высокое содержание ПГ по сравнению с вариантом без удобрений – от 5 % при минеральной (NPK) до 40 % соответственно при органо-минеральной системе удобрения (NPK + 13,3 т/га навоза). При этом доля ПГ в составе Г (которая указывает на степень закрепления гумуса в почве) с ростом норм органических удобрений – от варианта NPK + 4,4 т/га навоза к варианту NPK + 13,3 т/га навоза – уменьшается на 15 % по сравнению с вариантом NPK и на 35 % по сравнению с целиной в пахотном слое.

В подпахотном слое почвы соотношение ПГ/Г, наоборот, возрастает при распашке и особенно при повышении степени окультуривания почвы. Такая закономерность может свидетельствовать о перераспределении ПГ по гумусовому горизонту, а также о высшей степени закрепления гумуса почвой подпахотного слоя по сравнению с пахотным благодаря большей насыщенности нижнего слоя почвы кальцийсодержащими продуктами выветривания меловых мергелей и частиц физической глины, которые способствуют коагуляции гумусовых веществ и прочному закреплению последних минеральной частью почвы. Итак, новообразованный гумус органических удобрений плохо закрепляется в почве и поэтому вносит незначительную долю в формирование водостойкой структуры и легко поддается пептизации при замещении в почве обменного кальция натрием.

Противоположная закономерность наблюдается с распределением АГ в почве. Так, при распашке и длительном использовании дерново-карбонатных почв без удобрений содержание АГ возрастает на 24 % относительно целины. При этом доля АГ в составе Г растет относительно целины на 90 %. Применение различных систем удобрения, особенно органо-минеральной, приводит к росту содержания АГ относительно контроля на 67 %, а соответствующая доля АГ в составе Г при этом возрастает на 22 %. Такие данные свидетельствуют о переходе ПГ в АГ при распашке почвы, а также о том, что новообразованное органическое вещество при использовании органических удобрений плохо закрепляется минеральной частью пахотного слоя и поэтому представлено активной формой.

Интересно соотношение между содержанием ВГ и Г, которое свидетельствует о степени растворимости гумуса в воде. Так, при распашке почвы и длительном использовании без удобрений растворимость гумуса в воде увеличивается на 18 %. Применение минеральных удобрений не снижает этой тенденции, а при органической и органо-минеральной системах удобрения, наоборот, позволяет сдерживать водорастворимость гумуса на 16–23%. Такая тенденция наблюдается как в пахотном, так и в подпахотном слое почвы.

Судя по показателю водорастворимости АГ, следует отметить, что на целине наблюдается максимальное содержание как общего гумуса, так и доли АГ. Применение двойной нормы минеральных удобрений повышает водорастворимость АГ на 23 % по сравнению с контролем. Органо-минеральная система удобрения способствует обменному связыванию гумуса с кальцием, уменьшая таким образом водорастворимость АГ на 19–35 % по сравнению с контролем в пахотном слое. Такие же тенденции формирования водорастворимости АГ наблюдаются в подпахотном слое дерново-карбонатной почвы.

Если обратить внимание на ЭКО, то наблюдается ее закономерный, но не прямолинейный рост с повышением общей гумусированности почвы. Величина ЭКО при применении минеральных удобрений отдельно, а также совместно с органическими меняется значительно быстрее, чем содержание общего гумуса. То есть в результате интенсивного освоения почвы изменяется содержание и состав органических коллоидов, при этом происходят определенные, но не всегда тождественные изменения свойств распахиваемых почв. Поэтому, чтобы оценить количественные и качественные изменения ионообменных свойств гумуса в освоенных дерново-карбонатных почвах, был использован предложенный М. И. Лактионовым ПРСГ.

В результате распашки дерново-карбонатных почв содержание гумуса хотя и значительно уменьшается, но физико-химическая реакционная способность гумуса повышается. Установлено, что органические и минеральные удобрения неодинаково влияют на реакционную способность гумуса. Более высокая реакционная способность гумуса в почве, в которую вносят минеральные удобрения, несколько ниже – при применении органической системы удобрения и самая низкая – при использовании органических удобрений совместно с минеральными.

9.4. Коэффициенты трансформации и устойчивости к трансформации органического вещества в дерново-карбонатных почвах

Трансформация органического вещества в почве является неотъемлемой составляющей гумусообразования, а его, в свою очередь, гумификация органического материала. Сегодня мысли ученых о выделении стадий процесса гумификации расходятся с точки зрения различных гипотез гумификации [14]. Однако Д. С. Орлов изложил кинетическую теорию гумификации [23, 24], которая не про-

тиворечит наиболее обоснованным гипотезам гумификации М. М. Кононовой и Л. Н. Александровой. Кинетическая теория гумификации выдвигает на первый план зависимость кинетики гумификации от таких факторов, как количество органических остатков, влажность, температура, реакция почвенного раствора, окислительно-восстановительный потенциал и т. п.

Не останавливаясь на известных особенностях данной теории и гипотез, отметим, что все авторы сходятся в том, что гумификация осуществляется в результате трансформации органических остатков. Зная параметры трансформации органических остатков, можно спрогнозировать содержание гумуса на определенный момент и рассчитать его баланс, на основе которого можно сделать выводы о преобладании в почве процессов дегумификации или гумусонакопления в различных условиях антропогенной нагрузки. Но при разных условиях, как отмечает Д. С. Орлов [24], одинаковое количество трансформированных органических остатков увеличивает прирост содержания гумуса в почве неодинаково. Степень гумификации органических остатков в почве оценивается *коэффициентом гумификации*.

Коэффициенты трансформации органических остатков в дерново-карбонатных почвах в настоящее время не установлены. Кроме того, по исследованиям ученых [4, 33] следует вывод о неполной трансформации органических остатков в течение одного года. Но до сих пор неизвестно, какой вклад вносят труднотрансформированные органические остатки в процессы гумификации и минерализации в почве. Однако в основу всех методов расчета баланса гумуса и необходимых норм органических удобрений для поддержания определенного уровня гумусированности почвы положены коэффициенты трансформации органических остатков. Поэтому задача установления коэффициентов трансформации гумуса и органических остатков в дерново-карбонатных почвах достаточно актуальна.

Любые органические остатки, которые поступают в почву, трансформируются. Процесс трансформации считается завершенным, если сумма коэффициентов минерализации и гумификации органических остатков равна единице. Но для термодинамически устойчивых органических материалов (например, солома, опилки, пожнивно-корневые остатки) эта сумма не достигает единицы. Тогда возникает потребность оценить, какая доля остатков не трансформировалась. С этой целью нами рекомендован коэффициент устойчивости органических остатков к трансформации.

Коэффициент устойчивости органических остатков к трансформации – безразмерная величина, которая является отношением количества углерода органических остатков, не претерпевших трансформации в течение определенного периода времени, к количеству углерода органических остатков, которая поступила в почву на начальный момент этого же периода.

Приняв за единицу всю массу органических остатков, которая поступила в почву, преобразование этих остатков целесообразно описать с помощью коэффициентов гумификации, минерализации и коэффициента устойчивости органических остатков к трансформации следующим образом:

$$1 = K_{mp} + K_{cm}, \quad (9.1)$$

где: K_{cm} – коэффициент устойчивости органических остатков к трансформации;

K_{mp} – коэффициент трансформации органических остатков.

$$K_{mp} = K_2 + K_{21}, \quad (9.2)$$

где: K_2 – коэффициент минерализации органических остатков;

K_{21} – коэффициент гумификации органических остатков.

Отсюда математическое выражение коэффициента устойчивости органических остатков к трансформации выглядит следующим образом

$$K_{cm} = 1 - K_{mp}. \quad (9.3)$$

Но устойчивые к трансформации органические остатки будут характеризоваться другими коэффициентами гумификации и минерализации, поскольку существенно отличаются по биохимическому составу от свежего органического материала. Здесь преобладают компоненты, которые трудно трансформируются, поэтому необходимо было установить коэффициенты гумификации (K_{21}) и минерализации устойчивых к трансформации органических остатков (K_2).

Использование коэффициента устойчивости органических остатков к трансформации позволит учесть вклад этих остатков в статью поступления гумуса при расчетах баланса гумуса, а также необходимых норм и периодичности внесения органических удобрений. Все коэффициенты трансформации органического вещества рассчитываются для периода времени, который охватывает один год. Это оправдано с точки зрения осуществления в течение этого периода определенного количества полных энергетических циклов. Но не все количество органических остатков в почве трансформируется в течение одного года. В нашем случае малейшей трансформации подверглись остатки соломы,

поэтому был исследован вклад устойчивых к трансформации органических остатков соломы в процессы гумусообразования, о чем сказано ниже. Результаты исследований приведены в таблице 9.5.

По результатам наших исследований было выявлено, что коэффициент минерализации гумуса в дерново-карбонатных почвах в условиях лизиметричного опыта составляет 0,015. Но на второй год наблюдений отмечено увеличение данного коэффициента до 0,021.

Таблица 9.5

Коэффициенты трансформации и устойчивости к трансформации органического вещества в дерново-карбонатных почвах

Вид органического материала	Коэффициент минерализации органических остатков		Коэффициент гумификации органических остатков		Коэффициент минерализации гумуса		Коэффициент стойкости органических остатков к трансформации	
	на протяжении 1-го года	на протяжении 2-го года	на протяжении 1-го года	на протяжении 2-го года	на протяжении 1-го года	на протяжении 2-го года	на протяжении 1-го года	на протяжении 2-го года
Гумус	-	-	-	-	0,015	0,021	-	-
Биогумус	0,334	-	0,614	-	-	0,020	0,000	-
Навоз	0,576	-	0,420	-	-	0,021	0,004	-
Солома	0,638	0,602	0,124	0,124	-	0,0101	0,238	0,274
Солома с N-компенсацией	0,570	0,565	0,220	0,210	-	0,021	0,210	0,225
НСР ₀₅	0,020	0,007	0,030	0,156	0,003		0,003	0,002
S _x , %	1,01	1,26	3,37	3,87	4,97		3,23	2,89

Примечания: 1. Содержание гумуса в почве на начальный момент времени составляло 3,45 %. 2. Исследование гумификации стабилизированных остатков соломы с компенсацией азота не проводилось.

Следует отметить, что первая и особенно вторая величина этого коэффициента существенно превышают соответствующую величину для черноземов [4] и приближаются к соответствующему значению для серых лесных почв [30]. Такое завышение коэффициента минерализации может быть обусловлено особенностями методики проведения эксперимента, которая предусматривает полное отсутствие в почве органических остатков. Это, в свою очередь, создает условия для интенсивного размножения популяций микроорганизмов, минерализующих гумус. При этом в почве отсутствуют условия для развития конкурентоспособных популяций микроорганизмов, поскольку в ней нет субстрата, с которым связана их жизнедеятельность. Особенности лизиметрического опыта также не обеспечивают проникновение в почву зоофауны, которая вносит значительный вклад в процессы гумусообразования. Кроме того, отсутствие растений не позволяет насыщать почву их корневыми выделениями, вносящими значительный вклад в регулирование микробиологических процессов почвы, в том числе и минерализацию гумуса [3].

Результаты исследований (табл. 9.4) показали, что при одинаковом количестве углерода, внесенного с органосодержащими материалами, содержание гумуса в почве выросло неодинаково, что обусловлено различным составом этих материалов и неодинаковой степенью трансформации в них исходных органических веществ. Так, внесение соломы с N-компенсацией не обеспечило увеличение содержания гумуса в почве в связи с низким коэффициентом гумификации (0,021). Коэффициент минерализации соломы на фоне N-компенсации в дерново-карбонатных почвах составляет 0,570 и превышает соответствующую величину для биогумуса в 1,5 раза и приближается к навозу. Оптимизация соотношения N/C = 1:25 с помощью аммиачной селитры, как показали результаты опыта, оказывает положительное влияние на сдерживание процессов минерализации гумуса в течение первого года. В течение второго года не отмечается существенных изменений величин коэффициентов трансформации новозаложенной соломы.

Наблюдение за трансформацией соломы без N-компенсации показали, что при таком применении соломы в качестве органического удобрения существенно активизируются процессы минерализации органического вещества в почве. Используемая методика расчета коэффициентов трансформации органического вещества в почве доступна, но не позволяет проследить дифференцированно потерь углерода гумуса и органических остатков в почве. Поэтому, условно приняв коэффициент минерализации гумуса постоянной величиной и независимой от систем удобрения и типов удобрений, которые поступают в почву, рассчитаны коэффициенты трансформации всех органосодержащих материалов. Хотя установленные расчетным путем коэффициенты гумификации и минерализации всех материалов и соломы в том числе являются условными величинами, они вполне пригодны для использования при расчетах баланса гумуса в дерново-карбонатных почвах. Установленные коэффициенты, не разделяя источники прироста и потерь органического углерода в почве, реально отражают

величины этих потоков и соотношение между ними, поэтому могут без ограничений применяться в расчетах баланса гумуса.

Таким образом, коэффициент минерализации соломы без N-компенсации составляет 0,638, а коэффициент гумификации достигает 0,124. Коэффициент устойчивости органических остатков к трансформации составляет 0,238.

Наблюдение за содержанием гумуса в лизиметрах, куда были заложены устойчивые к трансформации органические остатки соломы (содержание углерода в которых составляло 27,7 %) показали, что на второй год в результате их трансформации содержание гумуса в почве уменьшается существенно, в то время как в моделируемых условиях чистого пара происходит ускорение минерализации гумуса. Таким образом, экспериментально установленный коэффициент минерализации устойчивых к трансформации остатков соломы достигает 0,394, а коэффициент их гумификации составляет 1,12.

Установлены экспериментально числовые значения коэффициентов минерализации и гумификации устойчивых к трансформации остатков соломы существенно отличаются по числовыми значениями от соответствующих освещенных в литературе показателей для почв других типов. Необходимо отметить, что эти коэффициенты относительные, поскольку методика проведения опыта не позволяет учесть возможное уменьшение коэффициента минерализации гумуса в лизиметрах с устойчивыми к трансформации остатками соломы. Однако рассчитанные в результате опыта коэффициенты учитывают соотношение между потоками потерь и поступления углерода в почву, поэтому пригодны для использования в расчетах баланса гумуса в дерново-карбонатных почвах.

Такое высокое значение коэффициента гумификации стабилизированных остатков соломы может быть обусловлено резким замедлением процессов минерализации гумуса в результате перегруппировки популяций микроорганизмов. Перегруппировки закономерны [31] и происходят вследствие изменения условий почвы, в которой отсутствуют легкодоступные органические остатки, а остались только устойчивые органические соединения, то есть в почве создались условия для развития определенных штаммов актиномицетов. Согласно [31] своей жизнедеятельностью упомянутые микроорганизмы подавляют микроорганизмы, которые минерализуют гумусовые соединения.

Этот вывод подтверждается и ростом коэффициента минерализации гумуса в лизиметрах, которые модифицируют чистый пар, где такая конкуренция отсутствует и происходит ускорение процессов минерализации гумуса. Кроме того, согласно литературным источникам [31] преобладание интенсивности процесса гумусообразования над процессом минерализации гумуса в наибольшей степени обусловлено не количеством микроорганизмов, а конкурентной способностью тех групп микроорганизмов, которые гумифицируют органический материал, и тех, которые минерализуют гумусовые вещества.

Второй вероятной причиной резкого увеличения коэффициента гумификации органических остатков является то, что в устойчивом к трансформации органическом материале заложено значительно большее количество энергии, чем в том материале, который трансформировался в течение первого года. Итак, устойчивые к трансформации органические остатки являются более энергетически ценным материалом, чем легкотрансформированные, поэтому для обеспечения энергетике микробиологических процессов используется значительно меньшее количество труднотрансформированных органических остатков по сравнению с легкотрансформированными.

Отсюда следует вывод о необходимости оценки коэффициентов трансформации и устойчивости органических остатков к трансформации, а также гумуса, не по относительным массовым долям прироста содержания гумуса, а по относительным энергетическим частицам. Значит, необходимо рассчитать, какое количество энергии органических остатков трансформировалось, а какое стабилизировалось в почве.

В конце второго года в почве остается часть труднотрансформированных органических остатков (коэффициент устойчивости к трансформации равен 0,274), но их общее количество настолько мало, что не способно существенно повлиять на эффект гумусонакопления, поэтому не рекомендуется принимать их во внимание.

Биогумус в почве не стабилизируется, а полностью распределяется и трансформируется, существенно увеличивая содержание гумуса, поскольку имеет наибольшее значение коэффициента гумификации (0,614), которое превышает соответствующую величину для навоза в 1,5 раза, а для соломы соответственно в 2,7–3,5 раза. Навоз также не имеет существенной способности стабилизироваться, поскольку характеризуется высокими коэффициентами минерализации (0,420) и гумификации (0,576). В результате сравнения навоза с биогумусом по эффектам гумусообразования отмечено существенное преимущество биогумуса.

Минерализация органического вещества в почве закономерно считается положительным фактором, поскольку является неотъемлемой составляющей энергетического цикла, который обеспечивает жизнедеятельность почвы, поэтому потери органического вещества на минерализацию не являются непродуктивными. Все процессы минерализации в почве протекают под воздействием микроорганизмов, и высокие показатели минерализации могут свидетельствовать о хорошей биологической активности почвы и не могут однозначно расцениваться как негативные процессы, которые приводят к дегумификации почвы. В первую очередь минерализационные процессы обеспечивают доступность растениям основных элементов питания.

Минерализация биогумуса характеризуется низким коэффициентом по сравнению с навозом и соломой. Таким образом, применение биогумуса в качестве органического удобрения усиливает процессы гумусообразования. При этом в первый год последствия биогумуса, так же как и навоза, коэффициент минерализации гумуса почвы не увеличивается по сравнению с почвой, которую держали под чистым паром. Это говорит об устойчивости новообразованного гумуса к минерализации.

Таким образом, исследования гумусового состояния дерново-карбонатных почв показали, что запасы гумуса гумусового горизонта целинного аналога находятся в пределах 195,8–201,8 т/га, при этом целинная почва способна поддерживать высокие показатели сезонной динамики содержания гумуса с максимальной относительной амплитудой сезонных колебаний на уровне 6,5–11,6 %. Длительное использование пахотных дерново-карбонатных почв без удобрений приводит к дегумификации (которая достигает 33,9 %), уменьшению количества экстремумов кривой динамики гумуса и относительной амплитуды сезонных колебаний содержания гумуса до 5,4–8,8 %, но применение органо-минеральной системы удобрения имело наибольший эффект и позволило увеличить запасы гумуса на 27,0–22,7 %, обеспечить максимум экстремумов кривой сезонной динамики содержания гумуса и увеличить максимальные относительные амплитуды сезонных колебаний содержания гумуса до 5,8–19,3 %. Эффект действия органической системы удобрения подобный, но выраженный в меньшей степени. Умеренные нормы минеральных удобрений существенно не увеличивают запасов гумуса, в то время как повышенные способствуют гумусонакоплению в подпахотном слое почвы. Относительная максимальная амплитуда сезонных колебаний содержания гумуса возрастает до 8,4–11,7 %, но количество экстремумов кривой динамики содержания гумуса не увеличивается.

Гумусовый горизонт типичных среднегумусных дерново-карбонатных почв имеет фульватно-гуматный тип гумуса (СГК/СФК=1,4), ГК имеют наименьший показатель конденсированности и соответственно максимальную долю ГК1 (11,6 %). Общая дегумификация пахотного слоя на контроле сопровождается фульватизацией гумуса и уменьшением доли ГК на 1,3 %, а ГН – на 18,2 %, при этом происходит уменьшение доли ГК1 в составе ГК на 22,0 % и увеличение степени конденсированности ГК, что свидетельствует как об ухудшении качественного состава гумуса, так и уменьшении устойчивости гумусового комплекса. Применение любой из исследуемых систем удобрения обеспечивает увеличение в составе гумуса наиболее термодинамически устойчивых гумусовых соединений (прежде всего ГН на 1,3–13,0 %, а также ГК на 17,9–37,6 %) по сравнению с контролем. Наибольшее накопление ГН на фоне высокого прироста ГК происходит при применении органо-минеральной системы удобрения (NPK + 8,9 т/га навоза) при незначительном уменьшении доли ГК1 в составе ГК и степени конденсированности ГК. Распашка вызывает активизацию пассивного гумуса, а применение органо-минеральной системы удобрения (варианты NPK + 8,9 т/га навоза и NPK + 13,3 т/га навоза) усиливает эти процессы. Применение минеральных удобрений (вариант 2NPK) и органических совместно с минеральными (NPK + 4,4 т/га навоза) существенно уменьшает проявление активизации, увеличивая долю пассивного гумуса в составе общего относительно контроля соответственно на 6,3 и 60 %. Выявлено увеличение реакционной способности гумуса на 13,7 % на контроле, а тенденция усиления этого процесса отмечена при применении минеральных удобрений в умеренных нормах. Установлен рост водорастворимости активного гумуса при применении минеральной (на 23,1 %) и органо-минеральной (на 7,7 %) систем удобрения относительно контроля.

9.5. Гранулометрический и микроагрегатный состав

Среди факторов, которые обеспечивают получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур на осушаемых почвах и прогрессивное повышение их плодородия, важное значение принадлежит водно-физическим и физико-химическим свойствам [2, 3, 12, 15, 16, 22, 25, 26, 32, 34].

В таблице 9.6 приведены данные гранулометрического состава целинной и распаханной дерново-карбонатной почвы, которые свидетельствуют о том, что почва опытного участка относится к крупнопылевато-песчаным легким суглинкам.

Таблица 9.6

Гранулометрический состав дерново-карбонатной почвы

Варианты опыта	Глубина отбора образца, см	Размер фракций в мм и их содержание, %						Содержание, %	
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	физического песка	физической глины
Целина (луг)	0-20	21,0	30,9	25,0	3,4	8,8	10,9	76,9	23,1
	20-40	19,9	28,6	20,0	5,6	15,4	10,5	68,5	31,5
	40-60	11,7	26,4	13,5	8,6	27,8	12,0	51,6	48,4
Без удобрений (контроль)	0-20	23,6	29,1	25,8	4,6	6,3	10,6	78,5	21,5
	20-40	20,8	29,3	17,7	5,4	16,0	10,8	67,8	32,2
	40-60	12,1	24,7	14,4	10,2	26,1	12,5	51,2	48,8
NPK	0-20	21,1	32,3	25,2	4,6	6,4	10,4	78,6	21,4
	20-40	20,5	30,6	16,9	5,4	15,3	11,3	68,0	32,0
	40-60	12,6	24,8	13,5	10,6	25,1	13,4	50,9	49,1
10 т/га навоза	0-20	20,6	31,9	24,5	4,3	7,4	11,3	77,0	23,0
	20-40	18,1	31,8	19,6	5,7	13,6	11,2	69,5	30,5
	40-60	13,9	26,8	12,3	9,5	24,4	13,1	53,0	47,0
NPK + 10 т/га навоза	0-20	20,2	32,8	23,7	4,6	7,2	11,5	76,7	23,3
	20-40	19,5	29,5	19,3	5,9	14,9	10,9	68,3	31,7
	40-60	14,3	22,5	13,8	10,2	27,2	12,0	50,6	49,4

Из приведенных данных видно, что содержание физической глины и ила в пахотном слое распаханной почвы на контроле (без применения удобрений) составляет соответственно 19,8 и 9,6 %. При сравнении полученных результатов анализа с содержанием физической глины и ила в целинной почве (луг) видно, что в этом слое на контроле происходит снижение их содержания под воздействием распахивания соответственно на 3,3 и 1,4 %. Однако при этом прослеживается увеличение содержания физической глины и ила в ниже размещенном подпахотном слое почвы (содержание ила увеличивается на 0,3–0,4 %, а физической глины – на 0,3–1,9 %. Это свидетельствует о том, что в пахотных почвах без применения удобрений под воздействием промывного водного режима происходит некоторое перемещение илистых частиц из пахотного слоя в размещенные ниже слои, что приводит к облегчению их гранулометрического состава и ухудшению свойств.

Применение удобрений вносит свои коррективы в изменение этих свойств. Так, колебание содержания физической глины в пахотном и подпахотном слоях пашни в зависимости от применяемых систем удобрения происходит в основном за счет ила, причем уменьшение выноса ила из верхнего слоя пахотных почв идет с увеличением степени их окультуренности.

В верхних слоях пахотной почвы, на контроле и вариантах с внесением минеральных удобрений увеличивается по сравнению с целинной почвой содержание частиц размером больше 0,005 мм, что, по данным А. Ф. Вадюниной, негативно отражается на способности почвы к оструктуриванию.

Таблица 9.7

Микроагрегатный состав дерново-карбонатной почвы

Варианты опыта	Глубина отбора образца, см	Размер фракций в мм и их содержание, %					
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
Целина (луг)	0-20	19,8	44,0	28,9	3,7	2,8	0,8
	20-40	17,9	32,5	24,4	6,1	16,1	3,0
	40-60	14,1	22,1	20,9	11,1	26,8	5,0
Без удобрений (контроль)	0-20	19,0	38,3	34,8	3,1	3,5	1,3
	20-40	17,2	32,4	25,8	6,1	15,8	2,7
	40-60	13,5	24,1	20,4	14,5	23,9	3,6
NPK	0-20	21,6	36,5	33,7	3,6	3,4	1,2
	20-40	21,8	33,4	22,9	6,0	13,4	2,5
	40-60	18,5	24,2	15,1	11,2	27,1	3,9
10 т/га навоза	0-20	22,2	38,4	31,8	3,5	3,1	1,0
	20-40	20,6	32,5	26,3	5,8	12,1	2,7
	40-60	20,0	22,9	17,8	13,8	22,0	3,5
NPK + 10 т/га навоза	0-20	23,6	38,3	30,9	3,3	3,0	0,9
	20-40	19,2	34,9	26,5	5,5	11,3	2,6
	40-60	18,4	20,6	20,1	11,1	26,4	3,4

Данные исследований показывают, что фактор структурности пахотного слоя почвы сравнительно низкий на контроле, и при минеральной системе удобрения, но при систематическом применении органических удобрений, особенно в комплексе с минеральными, появляется потенциальная способность почвы к оструктуриванию.

Таблица 9.8

Изменение гранулометрического состава и показателей микроагрегированности дерново-карбонатных почв

Варианты опыта	Глубина отбора образца, см	Содержание, %		Фактор	
		ила	физической глины	структурности	дисперсности
Целина (луг)	0-20	11,0	23,1	23,2	7,3
	20-40	11,2	33,2	37,6	26,8
	40-60	11,7	48,9	-	-
Без удобрений (контроль)	0-20	9,6	19,8	18,5	13,7
	20-40	11,6	35,1	40,4	23,3
	40-60	12,0	49,0	-	-
NPK	0-20	10,1	20,0	18,6	11,9
	20-40	11,3	34,2	40,3	22,1
	40-60	11,6	48,8	-	-
10 т/га навоза	0-20	11,8	21,8	20,8	8,5
	20-40	11,4	33,9	38,1	23,7
	40-60	11,4	48,0	-	-
NPK + 10 т/га навоза	0-20	12,1	22,4	22,1	7,4
	20-40	11,3	33,5	38,6	23,0
	40-60	11,5	48,6	-	-

Для пахотного слоя

HCP_{05} ,	1,9	2,5
S_x ,	4,21	3,57

Сравнивая результаты гранулометрического и микроагрегатного анализов (табл. 9.6 и 9.7), мы имеем возможность определить степень агрегации и выявить долю участия в агрегации механических элементов разных фракций. Установлено, что разные системы удобрения влияют на степень агрегации почвенных частиц пахотного и подпахотного горизонтов (табл. 9.8).

При механической обработке почвы значительно увеличивается дисперсность почвенных частиц, в результате чего ухудшается структурное состояние пахотного слоя. Применение удобрений (органическая и комбинированная системы удобрения) препятствует диспергированию. На вариантах с органической и органо-минеральной системами удобрения значительно уменьшился фактор дисперсности по сравнению с контролем, что свидетельствует об увеличении прочности микроструктуры почвы. Так, фактор дисперсности понизился с 13,7 до 7,4 % в пахотном и с 9,5 до 5,9 % в подпахотном слое, а это свидетельствует о том, что почти вся масса илстых частиц (и в меньшей мере мелкопылеватых) вошла в состав микроагрегатов от 0,25 до 0,01 мм.

Таким образом, при сельскохозяйственном использовании осушенных дерново-карбонатных почв отмечается тенденция перемещения илстых частиц из пахотного слоя в размещенные ниже под воздействием промывного водного режима, в результате чего содержание их в пахотных почвах без применения удобрений уменьшается. Внесение удобрений тормозит этот процесс, причем наибольший эффект наблюдается при использовании органических удобрений.

Большому накоплению илстых частиц и увеличению содержания физической глины способствует комбинированная система удобрения при ее длительном применении.

9.6. Удельная поверхность

Очень важной характеристикой почвы является ее дисперсность, одним из показателей которой служит удельная поверхность, то есть сумма всей площади поверхности частиц почвы в единице ее объема. От дисперсности почвы зависят ее впитывающая способность, структурность и другие свойства. Так, чем больше в почве илстых частиц, тем лучше формируется микроструктура.

Удельная поверхность в большой мере зависит от содержания в почве илстых частиц (фракции ила) и коллоидов. В верхних слоях почвы в коллоидном состоянии находится гумус, и здесь он играет первоочередную роль, в нижних начинают преобладать минеральные коллоиды.

Важной характеристикой степени дисперсности почвы является удельная поверхность. С ней связаны физические и физико-химические свойства почвы. По величине удельной поверхности можно судить о способности частиц почвы к агрегации. Наличие в почве илстых частиц способствует

созданию микроструктуры. В почвах, в которых происходит разрушение минеральной части (диспергирование), удельная поверхность возрастает.

На формирование удельной поверхности большое влияние оказывает или содержание органического вещества (в верхних слоях), или содержание ила (в нижних).

Уменьшение удельной поверхности может происходить и путем вымывания илистых частиц почвы в нижеразмещенные слои, что в наших исследованиях частично наблюдается на контроле (без удобрений) и в вариантах с минеральной системой удобрения.

В таблице 9.9 приведены данные об изменении удельной поверхности осушаемой дерново-карбонатной почвы в зависимости от осушения и применяемых систем удобрения. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что удельная поверхность дерново-карбонатных почв определяется применением мелиорации и системы удобрения.

Нужно отметить, что осушительные мелиорации в результате усиления промывного водного режима существенно снижают удельную поверхность почв, а применение удобрений значительно тормозит это снижение.

В вариантах, где удобрения не применялись (контроль), величина удельной поверхности в пахотном слое значительно ниже по сравнению с удобряемыми вариантами, и особенно с неосушенной целинной почвой (луг). Так, если при внесении минеральных удобрений и на контроле (без удобрений) удельная поверхность в пахотном слое дерново-карбонатной почвы находится в пределах 48,2–49,8 м²/г, то применение органики (органическая и комбинированная системы удобрения) вызывает рост удельной поверхности до 52,5–54,9 м²/г, а удельная поверхность неосушенной целинной почвы составляет 59,8 м²/г. При обработке почвы в процессе сельскохозяйственного использования происходит ее распыленность и увеличивается дисперсность. Но удельная поверхность не увеличивается, а уменьшается, что можно объяснить снижением гумусированности почвы под воздействием осушения и обработки, которое происходит более интенсивно, чем распыленность. В связи с этим уменьшается удельная поверхность осушенной пахотной почвы по сравнению с неосушенной целинной. Применение удобрений, особенно органических, противодействует диспергированию.

Таблица 9.9

Общая удельная поверхность дерново-карбонатной почвы в зависимости от осушения и применения удобрений (м²/г)

Глубина отбора образца, см	Варианты опыта				
	Целина (луг)	Пахотная почва			
		Без удобрений (контроль)	NPK	10 т/га навоза	NPK +10 т/га навоза
0-20	59,8	48,2	49,8	52,5	54,9
20-40	56,0	57,3	56,2	55,6	56,6
40-60	53,0	53,2	53,7	54,3	53,1

Для пахотного слоя

HCP₀₅, м²/г 1,4

S_x, % 0,77

Органические удобрения способствуют увеличению удельной поверхности осушаемой почвы, которая за своими абсолютными значениями в пахотном слое приближается к неосушенной.

Установлено, что в гумусовых слоях (0–30 см) на величину удельной поверхности в большей мере влияет содержание органического вещества, чем содержание ила. Так, коэффициент корреляции между удельной поверхностью и содержанием гумуса составляет $r = -0,82 \pm 0,15$, а с илистыми частицами он несколько ниже ($r = -0,65 \pm 0,24$). Следовательно, во втором случае корреляционная зависимость выражена менее тесно.

В нижерасположенных слоях почвы (30–60 см) содержание гумуса минимально, и значения удельной поверхности здесь определяются содержанием илистых частиц. Коэффициент корреляции указывает на тесную связь $r = -0,69 \pm 0,19$.

Таким образом, на контроле (без удобрений) и при использовании минеральной системы удобрения происходит вынос илистых частиц из гумусового слоя в нижерасположенные. При комбинированной системе удобрения содержание физической глины за счет ила в гумусовом слое увеличивается по сравнению с менее окультуренными и приближается к неосушенной целинной почве.

9.7. Структурно-агрегатный состав

Структура почвы является одним из важнейших факторов ее плодородия. В структурной почве создаются оптимальные условия воздушного и теплового режимов, что, в свою очередь, обуславливает развитие микробиологической деятельности, мобилизацию и доступность питательных веществ

для растений. П. А. Костычев предложил разделить структуру почвы на водостойкую (агрономически ценную) и неводостойкую. Оптимальные условия водного и воздушного режимов создаются в почвах с комковато-зернистой водостойкой структурой, где агрегаты наряду с механической прочностью владеют и способностью противостоять размывающему действию воды. Создание такой структуры и является задачей агротехнических приемов и других мероприятий, направленных на оструктурирование почв.

Известно, что в процессе сельскохозяйственного использования под воздействием обработки при выращивании однолетних культур структура почвы разрушается, а водостойкость ее снижается [8, 21]. Как указывает В. К. Пестряков [25], при освоении целины распыленность легкоуглинистой почвы в течение 2–5 лет увеличилась в полтора-два раза, а коэффициент структурности при этом снижался. В связи с этим перед сельскохозяйственным производством поставлена задача сохранения и улучшения структурного состояния почв в процессе их использования. Основные пути улучшения структурности почвы – это введение в севообороты многолетних трав, применение искусственных структурообразователей и правильная система земледелия. Однако первый путь в условиях интенсивного сельскохозяйственного производства ограничен, а второй пока не нашел широкого применения, поэтому основная роль должна принадлежать правильной агротехнике и научно обоснованному применению удобрений.

В таблице 9.10 приведены данные анализа структурного состояния целинной и пахотной дерново-карбонатной почвы под влиянием применения разных систем удобрения при выращивании многолетних трав. Из приведенных данных видно, что в результате сельскохозяйственного использования содержание глыбистой части в осушаемой пашне на неудобренных участках увеличилось в пахотном слое на 4 % а в подпахотном – на 7,3 % в сравнении с целинной почвой (луг). Это связано с разрушением почвы при обработке, потому что в процессе пахоты она поддается механическому влиянию, которое приводит к увеличению ее распыленности. Так, содержание пыли (частиц размером менее 0,25 мм) в верхнем слое целинной почвы составляет 8,6 %, а в пахотной на контроле – 14,6 %, то есть увеличивается больше чем в полтора раза.

Таблица 9.10

Оценка структурного состояния дерново-карбонатной почвы под многолетними травами

Варианты опыта	Глубина отбора образца, см	Содержание агрегатов размером 0,25–10 мм, %	Содержание водостойких агрегатов, %	Коэффициент структурности	Оценка по Долгову и Бахтину при просеивании	
					сухом	мокроем
Целина (луг)	0-20	71,9	76,4	2,56	хорошее	отличное
	20-40	74,2	65,7	2,87	хорошее	хорошее
Без удобрений (контроль)	0-20	61,9	53,1	1,62	хорошее	удовлетворительное
	20-40	66,4	50,4	1,98	удовлетворительное	удовлетворительное
NPK	0-20	67,5	54,8	2,08	хорошее	хорошее
	20-40	67,0	51,3	2,03	хорошее	удовлетворительное
10 т/га навоза	0-20	68,9	56,2	2,22	хорошее	хорошее
	20-40	71,9	54,3	2,56	хорошее	хорошее
NPK + 10 т/га навоза	0-20	69,9	58,4	2,32	хорошее	хорошее
	20-40	71,5	55,2	2,51	хорошее	хорошее

Для пахотного слоя

НСП₀₅, %

1,5

2,5

S_x, %

0,65

1,28

Для подпахотного слоя

НСП₀₅, %

1,2

2,3

S_x, %

0,53

1,23

Значительно уменьшилось содержание агрегатов размером 1–5 мм (с 31,2 % на целине до 21,9 % на контроле), а общее содержание агрегатов размером 1–10 мм уменьшилось на 23,5 %. Полученные значения коэффициента структурности также свидетельствуют об ухудшении структурного состояния пахотной почвы по сравнению с целинной. Так, если в неосушенной целинной почве коэффициент структурности составляет 2,56 для пахотного слоя и 2,87 для подпахотного, то на осушаемой пашне без применения удобрений он уменьшился соответственно до 1,62 и 1,98. Как видно из приведенных данных, после освоения целины в пахотной осушаемой почве создаются новые условия для

образования и разрушения структуры, при которых формируются комковатые агрегаты, по форме и качеству свойственные пахотным, а не целинным почвам.

Агрегаты, унаследованные от целинных почв, образованные в течение очень длительного времени, в условиях пахотных почв постепенно разрушаются и становятся источником более мелких агрегатов и пылеватых частиц. Основной причиной ухудшения структурного состояния дерново-карбонатной почвы под влиянием осушения и обработки являлось снижение содержания и запасов в ней гумуса, о чем было сказано выше.

Совсем по-другому складывались условия для структурообразования на вариантах с удобрениями. Здесь снизилось содержание глыбистых частиц и распыленность почвы, то есть структурность была лучше, чем на контроле. Применение удобрений увеличило содержание агрегатов размером 1–5 мм в пахотном слое с 21,9 % на контроле до 29,0–29,3 % на вариантах с удобрениями. Величина коэффициента структурности на вариантах с разными системами удобрения свидетельствует о повышении структурности почвы в результате применения удобрений, особенно органических. Однако благоприятное влияние минеральных удобрений значительно слабее. Так, если на контроле (без удобрений) и при минеральных системах удобрения коэффициент структурности находился приблизительно на одном уровне (1,62–2,08 в пахотном и 1,98–2,03 в подпахотном слое), то при органической и комбинированных системах удобрения он повысился соответственно до 2,22–2,32 в пахотном и 2,51–2,56 в подпахотном слое. Лучше всего оструктурирует почву комбинированная система удобрения.

Основным оструктуривающим фактором при этом является органическое вещество (навоз), внесенное в почву при органической и органо-минеральной системах удобрения. Минеральные удобрения, в отличие от органических, влияют на структурообразование побочно, потому что они стимулируют лучшее развитие растений, которые за счет корневых остатков способствуют повышению содержания в почве органического вещества. Однако агрегаты только тогда будут показателями физического состояния почвы, когда они водостойки, а водостойкость обуславливает физико-химическую связь органической и минеральной части почвы.

Известно, что количество водостойких агрегатов находится в тесной зависимости от содержания в них гумуса [17]. Поскольку комбинированная система удобрения наиболее благоприятна для накопления органического вещества, то на этих участках в пахотном и подпахотном слоях отмечается наибольшее содержание водостойких агрегатов – 58,4 и 55,2 % соответственно. При минеральных системах удобрения этот показатель ниже и составляет для пахотного слоя 54,8 %, а для подпахотного – 51,3 %. Органическая система удобрения занимает промежуточное положение.

Как показали результаты мокрого просеивания, большие агрегаты водостойкостью не обладают и потому их содержание в почве нежелательно, ибо они легко разрушаются выпадающими осадками и способствуют образованию корки, увеличивая плотность сложения почвы и ухудшая ее воздушный режим.

Наибольшее содержание водостойких агрегатов в целинной почве – 76,4 % в пахотном и 65,7 % в подпахотном слое. Под влиянием осушения и распахивания содержание водостойких агрегатов в дерново-карбонатной почве при разном уровне сельскохозяйственного использования снижается в пахотном слое на 24–31 % и на 16–24 % в подпахотном.

Математическая обработка результатов анализа структурно-агрегатного состава указывает на существенность расхождений вариантов с применением органических удобрений в сравнении с вариантами без удобрений на 5%-ном уровне значимости. Поэтому можно заключить, что систематическая обработка осушаемых почв на низком агротехническом фоне ухудшает их структурное состояние, а применение удобрений, особенно органических, ослабляет этот процесс и позволяет стабилизировать количество водостойких агрегатов на определенном уровне.

Используя классификацию почв, предложенную С. И. Долговым и П. У. Бахтиным, по данным водостойкости агрегатов пахотного и подпахотного слоев целинные дерново-карбонатные почвы можно отнести к почвам с отличным и хорошим структурным состоянием.

Повышение содержания гумуса под влиянием применения органических и минеральных удобрений вызывает увеличение водостойкости почвенных агрегатов. Эта зависимость описывается уравнением прямой:

$$Y = 6,27 X + 39,73, \quad r = 0,83 \pm 0,12, \quad (9.4)$$

где: Y – содержание водостойких агрегатов, X – содержание гумуса.

Коэффициент корреляции указывает на тесную связь между водостойкостью агрегатов и содержанием гумуса в почве. Исходя из анализа зависимости можно заключить, что при увеличении содержания гумуса на 0,5 % водостойкость агрегатов повышается на 3,0–3,1 %.

9.8. Плотность сложения, плотность твердой фазы, пористость, аэрация

Плотность сложения – одна из важнейших характеристик, которая отражается на водном, воздушном и тепловом режимах почвы. Она зависит от гранулометрического состава, структурного состояния, пористости, влажности почвы и изменяется в пространстве и во времени, особенно в верхних слоях, которые поддаются влиянию климатических, биологических и антропогенных факторов. По плотности сложения верхних слоев судят об окультуренности почв.

Исследованиями многих авторов установлено, что плотность изменяется в процессе окультуривания почв [7, 10, 21, 27]. На плотность почвы влияют обработка и внесение удобрений, причем если агротехнические приемы обработки почвы уменьшают плотность на непродолжительное время, то применение органических удобрений способствует снижению плотности на длительный период. Следовательно, внесение в почву органических удобрений является важнейшим фактором, который изменяет его плотность и окультуривает почву.

В таблице 9.11 приводится изменение плотности дерново-карбонатной осушаемой почвы под влиянием длительного применения разных систем удобрения. Определение плотности сложения проводилось под многолетними травами. Как видно из таблицы, плотность увеличивается вниз по профилю во всех рассматриваемых вариантах, что связано с гранулометрическим составом данной почвы. Применение удобрений приводит к существенному снижению плотности, что, однако, отмечается только до глубины 30 см, то есть ограничивается гумусовым слоем. В размещенных ниже слоях почвы этот показатель практически не изменяется.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в верхнем слое почвы (0–30 см) плотность сложения зависит от применяемых удобрений. Так, при выращивании многолетних трав плотность почвы в пахотном слое на контроле (без удобрений) составила 1,43 г/см³, при минеральной системе – 1,30 г/см³, при органической и комбинированной системах – 1,24 и 1,25 г/см³ соответственно.

Таким образом, внесение органических удобрений (навоз) способствует накоплению в почве органического вещества и снижает ее плотность сложения. Уменьшению плотности в наибольшей мере способствует комбинированная система удобрения.

Кроме применяемых органических удобрений, снижение плотности пахотного слоя почвы под многолетними травами осуществляется их корневой системой, которая рыхлит почву, улучшая ее структуру. Это хорошо заметно на вариантах с минеральной системой удобрения, где из-за отсутствия органических удобрений их влияние на изменение плотности почвы не отмечается. Многолетние травы способствуют образованию водопрочной структуры, а структурные почвы имеют более низкую плотность сложения в сравнении со слабооструктуренными.

Плотность твердой фазы почвы, в отличие от плотности сложения, является более стабильной величиной и зависит от содержания органического вещества и минералогического состава почвы.

Исследованиями некоторых авторов выявлено, что плотность твердой фазы почвы при длительном применении удобрений в севообороте имеет тенденцию к снижению. Изменение плотности твердой фазы дерново-карбонатной почвы под влиянием длительного применения разных систем удобрения приведено в таблице 9.11. Наименьшие значения плотности твердой фазы отмечаются в гумусовом слое, то есть она тем меньше, чем больше в почве гумуса. Сравнивая данные по разным системам удобрения, можно отметить, что на вариантах с большим содержанием органического вещества плотность твердой фазы немного ниже, чем на контроле, хотя эти изменения незначительны.

Нами установлена зависимость плотности твердой фазы дерново-карбонатной почвы от содержания органического вещества (гумуса) в ней, которая описывается уравнением регрессии. Коэффициент корреляции составляет $r = -0,51 \pm 0,19$, что свидетельствует о средней связи между рассматриваемыми признаками.

Таким образом, полученные данные позволяют заключить, что плотность твердой фазы почвы по сравнению с плотностью сложения изменяется в более узких пределах и в малой степени поддается изменениям во времени.

С величинами плотности твердой фазы и плотности сложения связаны общая пористость и аэрация, и если величина общей пористости определяется плотностью, то характер ее изменения по профилю почвы и по рассмотренным вариантам разных систем удобрения идентичен плотности сложения. В этой же таблице приведены данные, характеризующие содержание воздуха в почве по вариантам опыта при влажности, которая отвечает наименьшей влагоемкости. Можно отметить существенные расхождения в содержании воздуха в 0–30 см слое почвы при разных системах удобрения, причем в меру увеличения степени окультуренности содержание воздуха увеличивается.

Наименьшее содержание воздуха под многолетними травами отмечается в начальный период вегетации, а в дальнейшем его содержание в почве на осушительных системах одностороннего дей-

ствия увеличивается, причем происходит это в основном за счет снижения влажности и определяется климатическими условиями конкретного года.

Таблица 9.11

**Влияние применения удобрений на общие физические свойства
дерново-карбонатной почвы**

Варианты опыта	Глубина отбора образцов, см	Плотность, г/см ³		Пористость, %	
		сложения	твердой фазы	общая	аэрации
Без удобрений (контроль)	0-20	1,43	2,60	45,0	12,5
	20-40	1,58	2,67	40,8	12,2
	40-60	1,67	2,69	37,9	12,8
NPK	0-20	1,30	2,59	49,8	17,4
	20-40	1,56	2,64	40,9	12,0
	40-60	1,66	2,67	37,8	11,9
10 т/га навоза	0-20	1,25	2,57	51,4	18,0
	20-40	1,55	2,66	41,7	12,6
	40-60	1,68	2,68	37,3	10,4
NPK + 10 т/га навоза	0-20	1,24	2,56	51,6	16,9
	20-40	1,53	2,65	42,3	12,6
	40-60	1,67	2,67	37,5	11,1

Для пахотного слоя

NCP ₀₅ , г/см ³	0,05
S _x , %	1,23

Изменение содержания воздуха в пахотном слое осушаемой почвы в большой мере зависит от применения систем удобрения. Во все сроки определения содержание воздуха в почве выше на вариантах с комбинированной системой удобрения, поскольку почва этих вариантов содержит больше органического вещества по сравнению с минеральной системой удобрения и особенно по сравнению с контролем, а большее содержание органического вещества способствует большему снижению плотности сложения, увеличению общей пористости и пористости аэрации.

Анализ полученных данных позволяет заключить, что длительное применение удобрений на осушаемых дерново-карбонатных почвах изменяет и их физические свойства. Наиболее эффективной для улучшения физических свойств почвы является комбинированная система удобрения в севообороте, где наряду с минеральными вносятся и органические удобрения.

**9.9. Полная, капиллярная, наименьшая влагоемкость, влажность завядания
и влажность разрыва капилляров**

В почвоведении принято, что категории влажности, отвечающие грунтово-гидрологическим константам, являют собой переломные величины, при переходе через которые подвижность влаги более-менее резко изменяется [28, 29]. В своей работе мы рассмотрели те категории почвенной влаги, от величины которых зависят обеспечение растений водой и их жизнедеятельность.

Общеизвестно, что водные свойства почвы связаны с ее гранулометрическим составом, структурным состоянием, плотностью сложения, пористостью, содержанием гумуса и другими показателями. Причем если полная (ПВ), капиллярная (КВ), наименьшая (НВ) влагоемкость и влажность разрыва капилляров (ВРК) зависят от структурного состояния почвы, ее пористости, то влажность устойчивого завядания (ВУЗ) и максимальная гигроскопичность (МГ) определяются содержанием в почве гумуса и физической глины.

Под *полной влагоемкостью*, или водовместимостью, понимают наибольшее количество воды, которое может вместить почва при полном заполнении всех ее пор и пустот. Явление полного насыщения исследуемой почвы водой наблюдается, в основном, весной, после таяния снежного покрова.

Поскольку численные значения полной влагоемкости рассчитаны в % от объема почвы и в основном отвечают величине общей пористости (табл. 9.12), то изменения полной влагоемкости можно считать уже рассмотренными выше. Данные расчета полной влагоемкости в % от веса почвы подтверждают предыдущий вывод. Так, если в пахотном слое удобряемой почвы ПВ составляет 38,3–41,6 % от веса почвы, то на контроле она значительно ниже (31,5 %). Вниз по профилю полная влагоемкость уменьшается, достигая 22–23 % в материнской породе. Значительное увеличение полной влагоемкости наблюдается лишь на вариантах с применением органических удобрений, где снижение плотности позволяет поддерживать в гумусовом слое условия, при которых ПВ составляет 41,0–41,6 % от веса почвы, что в 1,3–1,32 раза больше по сравнению с контролем (без удобрений).

Под *капиллярной влагоемкостью* понимают количество воды, которая удерживается в капиллярах почвы. Она также изменяется в зависимости от применяемых систем удобрения (табл. 9.12). Так, если на контроле в пахотном слое она составляла 28,7 % от веса почвы, то при минеральной системе удобрения – 32,5 %, а органическая и органо-минеральная системы вызывают увеличение капиллярной влагоемкости до 33,0 и до 33,5 % соответственно. Вниз по профилю она изменяется в зависимости от гранулометрического состава, структурного состояния, содержания гумуса и степени уплотнения почвы аналогично полной влагоемкости.

Часть КВ от ПВ составляет 0,8–0,9, а при комбинированной системе удобрения не превышает 0,8 ПВ. Узкое соотношение между полной и капиллярной влагоемкостью на контроле и при минеральной системе удобрения по сравнению с органической и органо-минеральной системами объясняется худшим структурным состоянием почвы и большей ее плотностью сложения.

Таблица 9.12

Влияние применения удобрений на водные свойства дерново-карбонатной почвы

Варианты опыта	Глубина отбора образца, см	ПВ	КВ	НВ	ВРК	ВУЗ
		в % от веса сухой почвы				
Без удобрений (контроль)	0-20	31,5	28,7	22,7	15,9	5,1
	20-40	25,8	21,6	18,7	12,7	4,8
	40-60	22,7	18,1	15,0	10,5	2,6
NPK	0-20	38,3	32,5	24,9	17,4	5,3
	20-40	26,2	22,0	18,5	13,0	5,1
	40-60	22,8	18,9	15,6	10,9	2,7
10 т/га навоза	0-20	41,0	33,0	26,7	18,7	5,6
	20-40	26,9	22,8	18,8	13,2	5,5
	40-60	22,2	18,5	16,0	11,2	2,8
NPK + 10 т/га навоза	0-20	41,6	33,5	28,0	19,6	5,8
	20-40	27,6	23,4	19,4	13,6	5,5
	40-60	22,5	19,1	15,8	11,1	2,7

Для пахотного слоя

НСП ₀₅ , %	1,1	0,8
S _x , %	1,04	0,89

Соотношение между полной и капиллярной влагоемкостью дает представление о структуре пор в зависимости от систем удобрения и свидетельствует о резком преобладании капиллярных пор (88–90 %) над некапиллярными (10–12 %) на контроле и при минеральной системе удобрения по сравнению с органической и комбинированной системами, где доля некапиллярных пор повышается до 16–20 %. Самые благоприятные условия увлажнения и обеспеченности воздухом, как отмечает А. Г. Дояренко, складываются в почвах при соотношении капиллярной и некапиллярной пористости, близком к 1 : 1. На изменение полной и капиллярной влагоемкости в слоях почвы ниже пахотного применение удобрений существенного влияния не оказывает.

Под *наименьшей влагоемкостью* понимают максимальное количество воды, удерживаемое почвой в равновесно-подвешенном состоянии при увлажнении сверху и свободном оттоке гравитационной влаги. Она характеризует верхнюю границу продуктивной влаги для растений [9].

Наименьшая влагоемкость зависит от гранулометрического состава почвы, с утяжелением которого она увеличивается. Однако на величину наименьшей влагоемкости при прочих равных условиях существенное влияние оказывает плотность сложения почвы.

Как отмечено выше, изменение физических свойств в исследуемых почвах отмечается только в верхних слоях, идентичные изменения происходят и с наименьшей влагоемкостью.

Проведенные исследования показали, что при одинаковом гранулометрическом составе наименьшая влагоемкость обратно пропорциональна плотности сложения почвы, в связи с чем в данных почвах с увеличением глубины почвенного профиля она уменьшается. Максимальную наименьшую влагоемкость имеет пахотный слой дерново-карбонатной осушаемой почвы, который постоянно подвергается обработке и в который систематически вносят удобрения (табл. 9.12). Так, значения наименьшей влагоемкости в пахотных слоях вариантов, которые удобряются, изменяются от 24,9 % при минеральной системе удобрения до 28,0 % при комбинированной, в то время как на контроле она гораздо меньше. Математическая обработка результатов исследований показала существенность различий наименьшей влагоемкости в вариантах с внесением удобрений в сравнении с контролем (без удобрений).

С глубиной по профилю почвы наименьшая влагоемкость уменьшается в соответствии с полной и капиллярной влагоемкостью. Более узкие значения наименьшей влагоемкости в верхних слоях на вариантах с применением органических удобрений объясняются тем, что здесь почва имеет более рыхлое сложение и хорошо оструктурена.

Нами установлено, что зависимость наименьшей влагоемкости от плотности сложения осушаемой дерново-карбонатной легкосуглинистой почвы описывается уравнением кривой:

$$НВ = 46,6 \cdot d^{-2,13}, \quad (9.5)$$

где: НВ – наименьшая влагоемкость, % от веса почвы; d – плотность сложения, г/см³.

Корреляционное отношение составляет $\eta = 0,93 \pm 0,05$. Данная зависимость справедлива при изменении плотности сложения почвы от 1,15 до 1,70 г/см³.

Аналогичную зависимость наименьшей влагоемкости от плотности сложения для дерново-подзолистых поверхностно оглеенных почв Прикарпатья получил О. Г. Зазулевич [12].

Полученное корреляционное отношение указывает на тесную связь между рассматриваемыми величинами, поэтому для увеличения диапазона активной влаги путем повышения верхней границы продуктивной влаги необходимо пытаться снижать плотность почвы, а внесение органических удобрений при комбинированной системе будет не только способствовать улучшению структурного состояния и повышению водопроницаемости пахотного слоя почвы, но и увеличивать верхнюю границу доступной влаги, что будет благоприятно отражаться на водно-воздушном режиме дерново-карбонатных почв.

Влажность разрыва капилляров являет собой такое состояние влажности почвы, при которой ее подвижность в процессе высушивания резко снижается в силу потери влагой цельности в капиллярах и переходе ее в четочную влагу. При влажности почвы выше ВРК влага является легкоподвижной, способной перемещаться к месту ее расходования, что обуславливает оптимальную влагообеспеченность растений. При снижении влажности до ВРК и ниже подвижность оставшейся влаги резко снижается.

Исследованиями многих авторов [13, 43] доказано, что существует зависимость влажности разрыва капилляров от наименьшей влагоемкости – для разных по генезису и гранулометрическому составу почв ВРК находится в пределах 0,65–0,75НВ.

В наших исследованиях влажность разрыва капилляров мы определяли расчетным путем по наименьшей влагоемкости, приняв усредненную величину ВРК равной 0,7НВ, поэтому и изменения ВРК по вариантам опыта не анализируем, ибо они идентичны изменениям наименьшей влагоемкости.

Полученные результаты исследований позволяют отметить большое влияние плотности сложения почвы на формирование гидрологических констант, которые характеризуют категории легкодоступной влаги для растений. Изменение плотности однородных по происхождению и одинаковых по гранулометрическому составу почв в первую очередь влияет на изменение общей пористости, а следовательно, и на значение полной, капиллярной, наименьшей влагоемкости и влажности разрыва капилляров.

Влажность устойчивого завядания – это такая влажность почвы, при которой происходит стойкое завядание растений, которое не исчезает при помещении их в атмосферу, насыщенную водяными парами. Она характеризует нижнюю границу продуктивной влаги для растений. Снижение влажности почвы к ВУЗ приводит к прекращению прироста сухого вещества и гибели растений.

Исследованиями Е. Андрияускайте, А. А. Роде и др. [2, 43] показано, что величина ВУЗ находится в зависимости от содержания гумуса в почве и его гранулометрического состава, причем для верхних слоев она в основном определяется содержанием органического вещества, а для нижних – содержанием илистой фракции.

Как видно из данных таблицы 9.12, изменения ВУЗ в абсолютных процентах небольшие и составляют 0,2–0,7 %. На вариантах с удобрениями, особенно органическими, ВУЗ в пахотном слое почвы возрастает по сравнению с контролем на 4–14 относительных процента, что объясняется высоким содержанием гумуса. Роль обработки, культуры и системы удобрений подчеркивается тем, что с глубиной эти изменения практически исчезают.

В верхних слоях почвы (0–30 см) на формирование ВУЗ влияет степень гумусированности почвы, которая подтверждается высокими значениями этого показателя при органической и комбинированной системах удобрения, где регулярно вносился навоз. В нижних слоях (30–60 см) при определении ВУЗ особенное значение принадлежит гранулометрическому составу почвы (содержанию илистой и мелкопылеватой фракции).

Учитывая трудоемкость и длительность определения нижней границы как в полевых, так и в лабораторных условиях, предлагается определять влажность устойчивого завядания по содержанию гумуса в верхних слоях и по результатам анализа гранулометрического состава – в нижних.

Зависимость между ВУЗ и содержанием гумуса в верхних слоях (0–30 см) указывает на средний характер связи ($r = 0,79 \pm 0,13$). Поэтому для дерново-карбонатных осушаемых почв величину влажности устойчивого завядания можно определять по уравнению:

$$\text{ВУЗ} = 3,89 + 0,65X, \quad (9.6)$$

где: ВУЗ – влажность устойчивого завядания в % от веса почвы; X – содержание гумуса в %.

В нижних слоях (30–60 см) на величину ВУЗ оказывает влияние не содержание гумуса, а гранулометрический состав почвы. Уравнение множественной линейной регрессии зависимости ВУЗ от содержания ила и мелкой пыли для нижних слоев осушаемых дерново-карбонатных почв имеет вид:

$$\text{ВУЗ} = 0,69X - 0,19Y, \quad (9.7)$$

где: ВУЗ – влажность устойчивого увядания в % от массы почвы; X – содержание мелкой пыли, Y – содержание ила. Коэффициент множественной корреляции $R = 0,76$.

Исходя из коэффициента детерминации ($R^2 = 0,58$) изменения ВУЗ на 58 % связаны с содержанием ила и мелкой пыли.

Для получения значений *максимальной гигроскопической влагоемкости* осушаемых дерново-карбонатных почв необходимо полученные значения ВУЗ разделить на коэффициент 1,34, предложенный еще Гидрометеослужбой СССР.

Предложенный способ расчета почвенно-гидрологических констант малотрудоемкий, поскольку отбор образцов и определение гранулометрического состава, плотности сложения и содержания гумуса в лаборатории выполняется намного быстрее, чем определение НВ в полевых условиях методом заливки площадок и ВУЗ методом проростков.

Таким образом, анализ формирования почвенно-гидрологических констант, характеризующих границы доступности влаги для развития сельскохозяйственных культур при сельскохозяйственном использовании осушаемых дерново-карбонатных почв Западного Полесья Украины, позволяет предложить метод расчета диапазона активной влаги по наименьшей влагоемкости и влажности устойчивого увядания:

– верхнюю границу продуктивной влаги – наименьшую влагоемкость рассчитывать по величине плотности сложения почвы согласно уравнению 9.5;

– нижнюю границу продуктивной влаги – влажность устойчивого завядания, для верхних слоев (0–30 см) определять по содержанию гумуса (уравнение 9.6). Для нижних слоев (30–60 см) влажность устойчивого завядания определять, пользуясь результатами анализа гранулометрического состава – по содержанию фракции ила и мелкой пыли согласно уравнению 9.7.

Более полное представление о необходимой для растений влаге дает диапазон активной влаги, который по Н. И. Качинскому [13] для пахотного слоя почвы должен составлять не менее 20 %.

В пахотном слое диапазон активной влаги увеличивается со степенью окультуренности почвы – на контроле он минимален, а на вариантах с применением удобрений, особенно органических, резко увеличивается (табл. 9.13). Так, содержание продуктивной влаги в слое 0–20 см составляет на контроле 17,7 %, на вариантах с минеральной системой удобрения – 19,8 %, на вариантах с органической и комбинированной системами удобрения – 21,4 и 22,6 % соответственно.

Таблица 9.13

Влияние применения удобрений на продуктивные запасы влаги в дерново-карбонатной почве

Варианты опыта	Глубина отбора образца, см	Диапазон активной влаги, мм	Влага, мм		Водопроницаемость, мм/мин
			высокопродуктивная НВ-ВРК	низкопродуктивная ВРК-ВСВ	
Без удобрений (контроль)	0-20	50,3	19,4	30,9	0,25
	20-40	42,0	17,0	25,0	-
	40-60	41,4	15,0	26,4	-
НРК	0-20	51,0	19,5	31,5	0,41
	20-40	41,8	17,2	24,6	-
	40-60	42,8	15,6	27,2	-
10 т/га навоза	0-20	52,8	20,0	32,8	0,57
	20-40	41,2	17,3	23,9	-
	40-60	44,4	16,2	28,2	-
НРК + 10 т/га навоза	0-20	55,1	20,9	34,2	0,65
	20-40	42,5	17,7	24,8	-
	40-60	43,8	15,7	28,1	-

Для более полного представления о влагообеспечивающей способности почвы мы провели расчет запасов влаги относительно показателей, которые характеризуют ее подвижность в зависимости

от степени окультуренности. Из таблицы 9.13 видно, что 0,2 м слой осушаемой дерново-карбонатной почвы может удержать в зависимости от степени окультуренности 51,0–55,1 мм продуктивной влаги, а слой 0,6 м – 135,6–141,4 мм. В зависимости от окультуривающего действия удобрений изменяется и соотношение между низко- и высокопродуктивной влагой. Так, на вариантах с комбинированной системой удобрения содержание высокопродуктивной влаги в верхнем слое почвы на 1,5 мм больше, чем на контроле.

Для более подробной оценки изменений полной, капиллярной, наименьшей влагоемкости, влажности разрыва капилляров и влажности устойчивого завядания нами проведен расчет запасов влаги, которые отвечают каждой из них. Увеличение запасов влаги на вариантах с применением удобрений происходит в основном за счет большей гумусированности и лучшей оструктуренности почвы, что снижает ее плотность сложения. Общие запасы влаги в 0–20 см слое на контроле составляют 64,9 мм, а в слое 0–60 см – 172,2 мм. Увеличение запасов влаги при внесении удобрений в 0,6 м слое почвы происходит прежде всего за счет пахотного слоя. Аналогичные закономерности наблюдаются при распределении влаги по профилю исследуемой почвы в зависимости от применяемых удобрений по НВ и ВРК.

Запасы влаги, которые отвечают ВУЗ в нижних слоях, практически не изменяются, а в верхних (0–30 см) в основном определяются содержанием гумуса – с увеличением гумусированности мертвый запас влаги на вариантах с применением удобрений несколько увеличивается. Так, если на контроле запас влаги, соответствующий ВУЗ, в 0–20 см слое почвы составляет 14,6 мм, то на вариантах с удобрениями он увеличивается до 13,8–14,4 мм.

Исходя из изложенного, можно заключить, что водоудерживающая способность дерново-карбонатных почв достаточно высока и мобильность воды при НВ значительна. Применение удобрений способствует улучшению водно-физических свойств почвы по сравнению с контролем, потому что увеличивается полная, капиллярная, наименьшая влагоемкость и содержание влаги, которое соответствует этим величинам. Окультуривающее действие комбинированной системы удобрения, проявляющееся через улучшение водно-физических свойств пахотного слоя почвы, выражено более резко по сравнению с другими системами удобрения.

9.10. Водопроницаемость

Водопроницаемость осушаемых земель – одно из важнейших их свойств. С ней связаны использование почвой атмосферных осадков, разработка режимов осушения и орошения. При хорошей водопроницаемости выпадающие осадки почти полностью проникают в почву, создавая запасы влаги, избыточная вода легко приходит в дрены и, наоборот, при плохой водопроницаемости дренаж работает плохо. Водопроницаемость зависит в первую очередь от гранулометрического состава, общей и активной (некапиллярной) пористости, а также от структурности почвы. Чем тяжелее гранулометрический состав и чем больше общая пористость, тем ниже водопроницаемость. Повышение активной пористости, то есть оструктуривание, вызывает ее увеличение.

Проведенные нами исследования показали, что водопроницаемость осушаемой дерново-карбонатной почвы зависит от применяемых удобрений (табл. 9.13). Определение водопроницаемости проводили под многолетними травами. Так, если на контроле (без удобрений) величина коэффициента фильтрации с поверхности почвы составила 0,25 мм/мин, то на вариантах с применением различных систем удобрения она изменялась от 0,41 до 0,65 мм/мин, то есть наиболее благоприятные условия для водопроницаемости складывались на вариантах, где применялись удобрения. Постоянная скорость впитывания (фильтрация) наступала через 2,5–3 часа после начала определения и составляла на участках с минеральной системой удобрения 0,41 мм/мин, органической – 0,57 мм/мин и органо-минеральной – 0,65 мм/мин.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что распахивание осушаемых дерново-карбонатных почв вызывает изменение почвообразовательных процессов, которые в зависимости от применяемых систем удобрения могут протекать по-разному. Отмечается тенденция к частичной деградации их состава и свойств, которая выражается в некоторой потере илистых частиц из пахотного слоя, снижении гумусированности и ухудшении структурного состояния.

Улучшение состава и свойств осушаемых дерново-карбонатных почв достигается систематическим долговременным применением разных систем удобрения, причем наибольший эффект обеспечивает комбинированная (органо-минеральная) система удобрения. Для повышения плодородия этих почв предлагается применять комбинированную систему удобрения, которая включает внесение органических удобрений в норме не ниже 10 т/га площади севооборота в год, а минеральных – в расчетных нормах и с удельным весом многолетних трав в структуре посевных площадей 25–33 %.

Литература

1. Александрова Л. Н. Органическое вещество и процессы его трансформации. – Л.: Наука, 1980. – 286 с.
2. Андрияускайте Е. Влияние дренажа на водно-физические свойства глинистых и суглинистых почв // Почвоведение. – 1961. – № 3. – С. 89–95.
3. Багаутдинов Ф. Я., Хазиев Ф. Х. Состав, свойства гуминовых кислот целинных и пахотных почв и новообразованных гумусовых веществ // Почвоведение. – 1992. – № 1. – С. 80–83.
4. Балаев А. Д., Петренко Л. Р. Концептуальні моделі гумусного стану чорноземів // Вісник аграрної науки. – 1999. – № 4. – С. 10–14.
5. Балан А. Г. Методы интенсивного использования осушенных земель. – Киев: Знание, 1984. – 16 с.
6. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. – М.: Высш. шк., 1986. – 399 с.
7. Васильев А. М., Лебедева В. Г., Ревут И. Б. Плотность почвы, физические условия и ее плодородие // Изменение почв при окультуривании, их интенсификация и диагностика. – М.: Колос, 1965. – С. 314–323.
8. Вильямс В. Р. Прочность и связность структуры почв // Почвоведение. – 1935. – № 5/6. – С. 745–754.
9. Мелиоративное почвоведение с основами гидрологии / С. Т. Вознюк [и др.]. – Львов, 1984. – 257 с.
10. Годунов И. Б. Влияние различных видов удобрений на физические свойства почвы // Земледелие и мелиорация. – Вып. 1. – 1976. – С. 49–54.
11. Зазулевич А. Г. Изменение основных свойств дерново-подзолистых поверхностно оглеенных почв Прикарпатья под влиянием мелиорации и сельскохозяйственного использования: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Киев, 1987. – 19 с.
12. Зайдельман Ф. Р. Режим и условия мелиорации заболоченных почв. – М.: Колос, 1975. – 320 с.
13. Качинский Н. А. О структуре почвы, некоторых ее водных свойствах и дифференциальной порозности // Почвоведение. – 1947. – № 6. – С. 335–337.
14. Когут Б. М. Баланс и трансформация гумуса при сельскохозяйственном использовании типичного чернозема // Проблемы гумуса в земледелии : тез. Всесоюз. конф. – Новосибирск, 1986. – С. 32–34.
15. Король Г. С. Влияние мелиорации и сельскохозяйственного использования на свойства и производительность дерновых заболоченных карбонатных почв Белорусского Полесья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Л., 1980. – 20 с.
16. Крыштоф В. Г. Удобрение пропашных культур на осушаемых дерново-карбонатных почвах Западного Полесья УССР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Ровно, 1969. – 184 с.
17. Кузнецова И. В. К оценке роли различных составных частей почвы в создании водопрочности почвенной структуры // Почвоведение. – 1966. – № 9. – С. 55–65.
18. Лактионов Н. И., Муха В. Д., Тихоненко Д. Г. Зональные особенности формирования почв Украины и проблемы их окультуривания. – Харьков, 1984. – 28 с.
19. Лебедева И. Н. О влиянии содержания гумуса в почвах Западной Сибири на урожайность сельскохозяйственных культур // Тез. докл. VIII Всесоюз. съезда почвоведов. – Кн. 3. – Новосибирск, 1989. – С. 111.
20. Левин Ф. И. Количество растительных остатков в посевах полевых культур и его определение по урожаю основной продукции // Агрохимия. – 1977. – № 8. – С. 36–42.
21. Левин Ф. И. Окультуривание подзолистых почв. – М.: Колос, 1972. – 264 с.
22. Олейник В. С. Водно-физические свойства переувлажненных минеральных почв Западного Полесья Украины и их улучшение в условиях дренажа : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Ровно, 1974. – 18 с.
23. Орлов Д. С. Химия почв. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 400 с.
24. Орлов Д. С., Лозановская И. Н., Попов П. Д. Органическое вещество почв и органические удобрения. – М.: Изд.-во МГУ, 1985. – 97 с.
25. Пестряков В. К. Изменение агрегатного состава дерново-подзолистых почв при длительном сельскохозяйственном использовании // Теоретические основы обработки почв. – М., 1974. – С. 407–420.
26. Прокопович В. А. Водно-физические свойства и влагообеспечивающая способность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в длительном опыте при изучении различных систем удобрения : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1981. – 21 с.
27. Ревут И. В. Физика почв. – Л.: Колос, 1972.
28. Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. Т. I : Водные свойства почв и передвижение почвенной влаги. – Л.: Гидрометеиздат, 1965.
29. Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. Т. II : Методы изучения водного режима почв. – Л., 1969.
30. Влияние окультуренности дерново-подзолистых почв на трансформацию в почве и поступление в растения азота и фосфора удобрений / Н. А. Сапожников [и др.] // Тез. докл. VI съезда Всесоюз. о-ва почвоведов. – Кн. 3. Тбилиси, 1981. – С. 86–87.
31. Трушева С. С. Вплив сільськогосподарського використання на склад, властивості та гумусний стан дерново-слабопідзолистих ґрунтів Житомирського Полісся : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. – Рівне, 1996. – 22 с.
32. Хилькевич В. П. Водно-физические свойства перегнойно-карбонатных почв и изменение их при сельскохозяйственном использовании // Приемы повышения урожайности сельскохозяйственных культур. – М., 1968.
33. Шилова Е. И., Смирнов П. М., Косарева Г. П. Соотношение процессов мобилизации-иммобилизации азота при внесении меченого ¹⁵N // Тез. докл. V съезда Всесоюз. о-ва почвоведов. – Кн. 4. – Минск, 1977. – С. 51–52.
34. Шницковская Г. Я. Изменение свойств и плодородия полугидроморфных почв под воздействием осушительной мелиорации : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Минск, 1984. – 16 с.

Глава 10. ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАНТОВ НА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ

10.1. Изученность проблемы

Проблема заключается в том, что регион Полесья состоит из различных типов почв, которые отличаются между собой как составом, так и генезисом.

Большая половина (60 %) территории Полесья занята дерново-подзолистыми почвами, которые характеризуются целым рядом свойств, вызывающих быструю миграцию радионуклидов в системе «грунт – растение» [19].

Дерново-подзолистые почвы формируются под влиянием переменного или совместного действия подзолистого и дернового процессов. Эти почвы характеризуются низким содержанием гумуса и питательных веществ. Это обусловлено тем, что дерновому процессу постоянно противостоит подзолистый процесс, а также тем, что органические остатки травянистых растений, которые выросли на бедной подзолистой почве, содержат мало зольных элементов и азота. Кроме этого, горизонты дополнительно обеззоливаются при поступлении в почву осадков [7, 20, 21, 22].

В данных почвах преобладают фульвокислоты над гуминовыми кислотами. Физико-химические характеристики почвы свидетельствуют о низкой степени насыщенности основаниями (37–40 %). Обменные основания представлены, главным образом, кальцием и магнием. Содержание кальция в пахотном горизонте выше в нижних слоях. Для этих почв характерны малые запасы подвижных форм фосфора и калия. В пахотном слое почвы наблюдается повышенная гидролитическая кислотность, а pH колеблется в пределах 5,2–6,0. Следует отметить, что при использовании дерново-подзолистых почв необходимо повышать их плодородие путем проведения комплекса агротехнических и агрометеорологических мероприятий, которые были бы направлены на улучшение свойств, процессов и режимов дерново-подзолистых почв.

Особое место в окультуривании дерново-подзолистых почв должно отводиться улучшению их состава путем внесения различного рода мелиорантов. Изучению генезиса и эволюции дерново-подзолистых почв Полесья в процессе сельскохозяйственного использования посвящен целый ряд работ [1, 2, 3, 7, 8, 16–18], направленных на установление закономерностей формирования почвенных процессов, питательного, водно-воздушного, температурного режимов дерново-подзолистых почв и исследования влияния их на изменение плодородия этих почв.

За последние годы также проведен значительный объем экспериментальных и теоретических исследований, которые позволили разработать научную концепцию освоения и окультуривания гидроморфных почв Полесья Украины [5, 6]. Изучен генезис свойств почв, обоснованы меры оптимизации состава гидроморфных органогенных почв, предложены меры по регулированию режимов переувлажненных почв и их сельскохозяйственному использованию [7, 8, 9, 10, 11–13]. Разработанная концепция позволяет достичь поставленных экономических целей путем расширенного воспроизводства эффективности и потенциального плодородия почв.

На характер элементарных почвенных процессов и трансформацию состава почвы влияет также способ использования и окультуривания почв. В работе [11] отмечено, что сельскохозяйственное использование усиливает процессы разрушения минеральной части почвы и дифференциацию профиля.

В некоторых публикациях прослеживается мысль, что мелиорация и сельскохозяйственное использование почв Полесья в одних случаях приводит к повышению их эффективного плодородия, в других – к прогрессивному развитию деградации почв [34–36, 17–19]. Это можно объяснить тем, что авторы, освещая проблемы окультуривания, мало внимания уделяли изучению экологических последствий освоения почв региона. В частности, как подчеркивается в отдельных источниках [5, 6], одной из причин негативных явлений, наблюдаемых в процессе сельскохозяйственного использования почв, является недостаточное экологическое обоснование соответствующих рекомендаций, их направленность на достижение только экономических целей. Интенсивное применение минеральных удобрений, средств химической защиты растений, массового разорения почв значительно обострило экологические проблемы. Положение усугубила также авария на Чернобыльской АЭС.

После катастрофы на ЧАЭС основная масса радионуклидов сконцентрировалась в верхнем слое почвы. Среди мер, которые были рекомендованы по ведению сельскохозяйственного производства, предлагалось захоронение загрязненного слоя почвы и внесение повышенных доз фосфорно-калийных удобрений [15].

Снятие и захоронение верхнего слоя целесообразно только при высоких плотностях загрязнения почвы, но этот способ имеет ограниченное применение. Проблема не только в том, чтобы уровни содержания радионуклидов в сельскохозяйственных культурах не превышали установленных норм, но и

в том, чтобы получать продукцию с минимальным содержанием радионуклидов. Осуществление этой цели возможно лишь при сочетании 3 групп способов: организационных, агротехнических и технологических. На сегодняшний день наиболее широко используется комплекс агрохимических приемов, таких как внесение повышенных доз минеральных, органических удобрений, извести и других мелиорантов. Эффективность их со временем меняется, что необходимо учитывать при прогнозировании уровней загрязнения сельскохозяйственной продукции и обосновании повторных циклов проведения мероприятий [3, 11–13].

В настоящее время накоплены значительные данные исследований влияния различных доз и соотношений удобрений на интенсивность миграции радионуклидов по пищевым цепям. Уменьшение поступления радионуклидов из почвенного раствора к растениям при применении этих мер, по некоторым данным [24–26], находится в пределах от 4 до 20 раз.

Следует отметить, что применение удобрений наиболее эффективно на почвах с низким плодородием. Определяя эффективность удобрений в снижении накопления радионуклидов растениями, следует отметить, что данный способ имеет кратковременное действие, особенно на легких песчаных и торфяных почвах систематическое применение повышенных норм фосфорно-калийных удобрений не обеспечивает длительного повышения содержания подвижных форм питательных элементов. Кроме этого, усиливаются процессы выноса фосфора и калия [3–7].

Причиной низкой эффективности минеральных удобрений на этих почвах являются неблагоприятные физико-механические, биологические, физико-химические свойства дерново-подзолистых и торфяных почв, поэтому необходимо обращать внимание на использование дополнительных специальных мер, примером которых могут быть структурные мелиорации, которые способствуют фиксации почвой цезия-137 и других радионуклидов. Приемы оструктуренности широко, давно и хорошо зарекомендовали себя. В зоне Полесья применение структурных мелиораций широко изучено на торфяных почвах и значительно меньше на дерново-подзолистых [3, 13, 16–18].

Исследования, которые проводились в условиях Западного Полесья, свидетельствуют, что структурные мелиорации способствуют улучшению водного режима почв. По данным литературы [12], внесение песка и суглинка в торфяные почвы снижает влагоемкость почвы во влажные периоды и позволяет поддерживать оптимальную влажность почвы в сухие периоды. Была также изучена эффективность применения коллоидно-химических мелиораций с использованием комплексных мелиорантов органо-минерального состава на основе местных суглинков.

Структурные мелиорации меняют химический состав почв. В почвах повышается содержание оксидов кремния, элементов общего питания, макро- и микроэлементов. Особенно были замечены такие изменения в процессе освоения оструктуренных торфяных почв.

При оструктуренности меняется минералогический состав дерново-подзолистых почв, происходит частичная вермикулитизация гидрослюд, появляется смектит, что свидетельствует об улучшении минералогического состава почвы [18, 52, 53].

Обогащение легких дерново-подзолистых почв глинистыми частицами, мелиорантами способствует улучшению их водного режима [34–38] и водно-физических свойств [11–16, 31–33].

Оструктуренность почв, в частности обогащение их глинистыми частицами в сочетании с системой органо-минерального удобрения и известкования, способствует повышению содержания гумуса и оптимизации его качественного состава. Существуют рекомендации по внесению мелиорантов на загрязненные радионуклидами почвы Западного Полесья [5, 6], в которых определены оптимальные нормы песка, суглинка или глины (200–400 т/га). Для легких дерново-подзолистых почв с целью снижения поступления радионуклидов в растения необходимо вносить на фоне органо-минеральных удобрений глину, суглинков до 20–30 т/га или мергель до 40–60 т / га [5, 6, 11–16]. Следует отметить, что оструктуренность необходимо проводить на фоне внесения органо-минеральных удобрений и с целью повышения водоудерживающей способности, содержания элементов питания, производительности легких песчаных почв. Известны методы применения различных мелиорантов. Эти комплексобразующие дополнения создают экранирующие слои [34–38].

Наиболее подробно изучено применение на дерново-подзолистых почвах минералов группы монтмориллонита. В последние годы изучалась и экономическая эффективность применения таких мелиорантов с целью снижения поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию.

Есть отдельные разработки использования методов коллоидно-химической мелиорации для оструктуренности легких почв [3, 4], но авторы не учитывают факты наличия тех или иных мелиорантов в регионе, их запасов.

Из изложенного следует, что применение на дерново-подзолистых почвах комплекса мероприятий (внесение органо-минеральных удобрений, известкование, внесение мелиорантов) улучшает

свойства и режимы почвы, увеличивает плодородие почвы и уменьшает миграцию радионуклидов. Обусловлено это тем, что именно особенности почвы являются одним из основных факторов, влияющих на уровень загрязнения сельскохозяйственной продукции.

Среди факторов, определяющих подвижность радионуклидов, можно выделить следующие: 1) метеорологические условия; 2) свойства вещества, в составе которого радионуклиды поступают в биосферу; 3) физико-химические свойства радионуклидов; 4) состав, свойства и особенности генезиса почв.

Прогнозирование поведения радионуклидов в почве осложняется тем, что все названные группы факторов взаимосвязаны между собой. Коротко рассмотрим три первых группы и более подробно остановимся на анализе четвертой группы факторов.

Погодно-климатические условия влияют на интенсивность миграции радионуклидов в почве. Продолжительность периода положительных температур и влажность почвы определяют время активного взаимодействия радионуклидов с почвой. Набухание глинистых минералов и дальнейшее их высушивание может привести к необменному поглощению катионов.

Поведение радионуклидов в почве и в биологических цепях зависит, в первую очередь, от знака заряда иона, его массы и ионного радиуса. В целом, чем выше заряд иона, тем сильнее он фиксируется почвами и образует более устойчивые комплексные соединения с органическими веществами.

Часть радионуклидов фиксируется в виде нерастворимых соединений, а часть поглощается грунтовым впитывающим комплексом. Например, стронций-90 на 60–90 % находится в почве в обменной форме и легче мигрирует, а что касается цезия, то 70–75 % валового цезия фиксируется необменно и слабо мигрирует по трофическим цепям.

Отличие в поведении и сорбции почвами цезия и стронция отмечают ряд исследователей [39–41]. Они утверждают, что стронций-90 сорбируется почвами преимущественно в обменной форме и относительно легко переходит в почвенный раствор. От 75,5–100 % стронция десорбируется из почвы растворами солей. В отличие от стронция, цезий-137 значительно лучше сорбируется и удерживается почвами [17–19].

Цезий является химическим аналогом калия, в почвах ведет себя подобно ему. Органические и минеральные коллоиды, составляющие почвенно-поглощающий комплекс, могут необменно фиксировать и хорошо удерживать ионы цезия-137. Такие же данные, что и по сорбции цезия-137 почвами, приводятся и в предыдущих изданиях таких авторов как [3–5, 23–25].

Поглощение радиоактивных изотопов почвами проходит по основным закономерностям ионного обмена [41]. Поглощающая способность почвы обуславливается гранулометрическим и минералогическим составом, содержанием гумуса, реакцией почвенного раствора, все вместе влияет на миграцию в системе «почва – почвенный раствор». Механический состав влияет на водные, воздушные, механические и химические свойства. По мере уменьшения размеров механических частиц увеличивается содержание в них влаги. Во фракциях пыли и ила количество вторичных минералов увеличивается. С повышением содержания вторичных минералов сорбционная способность почв возрастает. Кроме того, на миграцию радионуклидов в почвах влияют степень диспергентности, количество гумуса и обменных катионов в мелких фракциях.

Количественный и качественный состав органо-минеральных частиц обуславливает величину емкости поглощения почв и способность почвенно-поглощающего комплекса фиксировать радионуклиды. Если говорить о таком свойстве почвы, как емкость поглощения, то, по мнению ряда авторов, важное значение имеет ее минералогический состав, в первую очередь состав илистой части наиболее быстро трансформируется и участвует в снабжении растений питательными элементами [17–19].

Низкой емкостью катионного обмена наделены дерново-подзолистые почвы легкого состава, характеризующиеся низким содержанием гумуса. Известно, что органические коллоиды почвы имеют в несколько раз выше поглощающую способность, чем минеральные. Органическое вещество может не только уменьшать мобильность радионуклидов, но и увеличивать ее. Увеличение подвижности радионуклидов при внесении органического вещества в загрязненную почву может происходить в результате образования водорастворимых низкомолекулярных компонентов [39–41].

Характеризуя гумус, необходимо отметить его качественный состав. Следует помнить, что если в гумусе преобладают фульвокислоты, то миграция радионуклидов из почвы в растения усиливается. Таким образом, поглощение радионуклидов почвой зависит от содержания гуминовых кислот, а также от содержания качественного состава почвенных минералов, прежде всего от наличия гидрослюдов и минералов группы монтмориллонита, которые способны необменно фиксировать ионы [11–16].

На поглощение радионуклидов вместе с почвенно-впитывающим комплексом влияет и pH почвенного раствора. Дерново-подзолистые почвы отличаются значительной кислотностью, поэтому

здесь отмечается рост доли водорастворимых и обменных форм цезия-137. В связи с этим в почвах таких типов подвижность цезия-137 повышается, уменьшается прочность его фиксации в почве и растет интенсивность поступления его в растения. Внесение значительных доз карбонатов (Ca, K, Na) в кислые дерново-подзолистые почвы приводит к снижению интенсивности поступления цезия-137 в растения.

По данным литературы [46], изменение реакции почвенного раствора с сильно кислой до нейтральной снижает подвижность радиоактивных цезия, стронция и рубидия в 2–4 раза. Исследования последних лет показывают, что для условий Украинского Полесья коэффициенты перехода основных загрязнителей, таких как цезий-137 и стронций-90, с повышением pH снижается в 3–15 раз [11–13].

Уменьшение концентрации радионуклидов в почвенном растворе приводит к аналогичному уменьшению радионуклидов в растениях, так как между степенью и интенсивностью поглощения радионуклидов почвой и накоплением их растениями существует обратная зависимость: факторы, которые обуславливают наиболее полное поглощение радионуклидов почвенно-впитывающим комплексом, способствуют меньшему накоплению их растениями.

Анализ данных исследований показал, что основными факторами, влияющими на накопление радионуклидов растениями, являются агрохимические показатели, состав твердой фазы почвы, особенности генезиса и формирования водного режима почв. Установлено, что значительную роль в накоплении радионуклидов растениями играет органическое вещество почвы с накоплением гумуса, улучшаются его свойства, а с интенсификацией его распада – пополняется запас элементов питания растений.

Применение удобрений сопровождается определенными изменениями качественного состава гумуса. По мнению ряда авторов, длительное применение удобрений, особенно органических, сопровождается увеличением содержания гуминовых кислот. Изменение реакции почвенного раствора путем известкования приводит к снижению содержания радионуклидов в растениях [34, 36, 38]. Известно, что сельскохозяйственное использование влияет изменения минералогического состава дерново-подзолистых почв.

Так, в литературе [3] указывается, что внесение удобрений и известковых материалов приводит к изменению минералогического состава глинистой фракции дерново-подзолистых почв Центрального Полесья, происходит частичная вермикулитизация гидрослюдов, появляется смектит, что свидетельствует об улучшении минералогического состава почвы в процессе ее окультуривания.

Увеличение количества гидрослюдов при внесении минеральных удобрений связано с необменным поглощением калия лабильными минералами. Известно, что характер сельскохозяйственного использования почвы также влияет на состав минералов глинистой фракции дерново-подзолистых почв. Наряду с этим установлено, что внесение в почвы глинистых мелиорантов существенно улучшает их водно-физические свойства и водно-воздушный режим. При внесении в почвы глинистых мелиорантов следует ожидать увеличения запасов влаги.

Таким образом, обзор литературных источников по данной проблеме свидетельствует:

- потенциальное и эффективное плодородие дерново-подзолистых почв обуславливается составом, процессами и режимами этих почв;
- повышение в этих почвах содержания пылевидных и илистых частиц, гумуса способствует уменьшению поступлений радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию;
- снижение кислотности почвенного раствора, внесение известковых материалов способствуют снижению миграционной способности цезия-137;
- улучшение водно-воздушного и питательного режимов дерново-подзолистых почв повышает их плодородие за счет ростового разбавления, улучшает качественный состав сельхоз продукции;
- целесообразным с экономической точки зрения для улучшения водно-воздушного и питательного режимов почв является использование местных мелиорантов.

Неудовлетворительное агроэкологическое состояние дерново-подзолистых почв и его дальнейшее ухудшение происходят за счет загрязнения почв радионуклидами, уменьшением органических и минеральных удобрений. Исходя из этого важным является изучение вопросов влияния местных мелиорантов на улучшение плодородия дерново-подзолистых почв и их агроэкологического состояния, залегания и запасов местных мелиорантов (суглинков, мергелей, туфов).

10.2. Изучение запасов, распространения и свойств полезных ископаемых местного значения

Известно, что полезные ископаемые местного значения, особенно те, что относятся к четвертичной, меловой системе, характеризуются положительными свойствами при использовании не только для химических мелиораций, но и как сорбенты для закрепления катионов, в том числе радионук-

лидов [6–7, 11–16]. В связи с этим нами был проведен анализ данных геологических исследований Комплексной геологической партии «Пивничгеология», которая изучала запасы и распространение полезных ископаемых местного значения в Ровенской области.

Мергель, суглинки и туфы относятся к четвертичным геологическим отложениям. Четвертичные отложения, в отличие от более древних геологических образований, в Ровенской области распространены почти повсеместно и отсутствуют только на небольших эрозионных выходах или кое-где нарушенных техногенным вмешательством человека. Четвертичная система охватывает плейстоценовый и голоценовый разделы, которые включают соответственно нижние, средние, верхние и современные звенья. Наиболее древними отложениями на Ровенщине являются породы, приуроченные к глубоким впадинам каньонообразных речных долин и котловине ледникового вымывания и размывов. Нижнечетвертичные отложения меньше распространены среди всего комплекса пород антропогена, поэтому меньше изучены.

Сотрудниками Института географии АН УССР, которые проводили палеогеоморфологические, палеопедологические исследования, изучались комплексы флоры и фауны в Ровенской области в 1981–1983 гг. под руководством профессора М. Ф. Веклича. При этом было достоверно установлено, что самыми старыми на территории области являются озерно-элювиальные и элювиальные отложения (гумусированные, глинистые и песчаные породы), мартоношского горизонта (1а, AP, mg), аллювиальные и флювиогляциальные (водно-ледниковые), пески сульского горизонта (рис. 10.1). Водно-ледниковые отложения сульского горизонта (наревское оледенение) обнаружены на Полесье еще раньше. Однако отложения и мартоношского и сульского горизонтов обнаружены буквально в единичных скважинах. Значительно шире, согласно этим данным, распространены озерно-аллювиальные (1а, P₁, 1b) гумусированные глины, суглинки и супеси с прослойками торфа, песков.

Флористически эти породы охарактеризованы лучше, чем залегающие под ними более древние. И все же в полевых условиях все породы мартоношского, сульского и лубенского горизонтов слабо расчленяются, поэтому на картах они чаще показываются нерасчлененными (1а, P₁, mg, 1b).

Геологические породы, отложения которых планируется использовать в качестве мелиорантов, относятся к отложениям среднего плейстоцена. Среднечетвертичные отложения наиболее распространены из плейстоценовых как по мощности, так и по площади. О месте нахождения четвертичных и среднечетвертичных пород можно говорить лишь условно (местами их трудно даже отличить и отделить от древних, или младших).

Нижнезавадовские отложения приурочены к наиболее пониженным участкам рельефа, которые образовались после отмирания Тилигульского (Окского) ледника и формировались в условиях достаточно глубоких, слабопроточных и замкнутых водоемов, поэтому они представлены озерными и озерно-аллювиальными фациями (1а, P II, zVI). По литологии отложения специфические, поскольку представлены набором песчано-глинистых гумусированных (суглинки, супеси, пески кварцевые от тонко- до крупнозернистых), карбонатных (мергель, мергелистые суглинки) и кремнистых (диатомиты) пород. В середнезавадовский период отложения накапливались в неглубоких, замкнутых и слабо проточных водоемах, на прибрежных заболоченных равнинах в условиях теплого влажного климата.

Анализируя данные о запасах полезных ископаемых (табл. 10.1), следует отметить, что суглинки, глины, мергель и туфы встречаются на территории области в Здолбуновском, Костопольском, Владимирецком, Березновском, Гошанском, Дубновском, Дубровицком, Заречнянском, Млыновском, Острожском, Ровенском, Радивилловском, Сарненском месторождениях. К месторождениям на территории области, где были обнаружены суглинки, относятся месторождения Здолбуновского, Березновского, Владимирецкого, Гошанского, Дубенского, Заречновского, Костопольского, Дубровицкого и Радивилловского районов.

Запасы полезных ископаемых местного значения по месторождениям Здолбуновского района составляют 11 462 тыс. тонн. Запасы суглинка в месторождениях Березновского района составляют 545 тыс. тонн. Во Владимирецком районе запасы суглинков равны 427 тыс. тонн. Запасы суглинка, которые в Гошанском районе разведаны в пяти месторождениях, составляют 2447 тыс. тонн. В Дубновском районе суглинок разведан также в нескольких месторождениях.

Подсчитанные запасы составляют 1486 тыс. тонн. В Дубровицком районе суглинки разведаны только в одном месторождении. Запасы их составляют 829 тыс. тонн. Одно месторождение, где разведан суглинок, есть и в Заречновском районе. Запасы суглинка в нем составляют 903 тыс. тонн.

В нескольких месторождениях разведан суглинок и в Корецком районе, его суглинка составляют 2117 тыс. тонн. В дополнение к названным цифрам запасов суглинка следует добавить данные о запасах еще трех месторождений этого же района, составляющих 437 тыс. тонн. В семи месторождениях Млыновского района разведаны запасы суглинка – 1372 тыс. тонн.

Перечень месторождений мелиорантов Ровенской области

Название			Балансовые запасы категорий				
Района	Месторождения	Полезного ископаемого	А тыс. т	В тыс. т	С, тыс. т	А+В+С ₁ тыс. т	С ₂ +сбалансир. тыс. т
Здолбуновский	Здолбуновское (уч. 1-2)	мел	3284	10826	149810	163920	
	Здолбуновское (уч. Гидроотвалов) Здолбуновское (уч. 4) Здолбуновское уч. Корнинская	суглинок суглинок	640 1782	1061 7213	3116 14210	4817 23205	11462
Владимирецкий	Балаховичское Иванчинское Полицкое	туфы	8169	28080	76484	12733	277532
Костопольский	Берестовецкое Великомидское	туфы	2206	4624	13955	20786	
Березновский	Адамовское	суглинок	85	128	332	545	
Владимирецкий	Заболотьевское	суглинок			427	427	
Гоцанский	Бугринское Гоцанское Дорогобужское Липковское Симоновское	суглинок	433	957	1057	2447	
Дубновский	Дубновское Никитское Загорцевское Игнатъевское Птичское	суглинок	173	594	1636	72403	1486
Дубровицкий	Кривицкое	суглинок		172	657	829	
Заречновское	Бутовское	суглинок		382	601	903	
Здолбуновский	Будеражское Здолбуновское Новосёлковское	суглинок	331	1498	3339	5168	
Корецкий	Богдановское Дивенское Корецкое Межиричское	суглинок	224	1059	834	2117	
Костопольский	Злазновское-II Костопольское Машинское Осовское	суглинок	84	411	495	437	
Млыновский	Брыщинское Вовковьевское Довгошеевское Золаевское Острожецкое Подбрусиновское Яблунёвское	суглинок	281	386	705	1372	
Острожский	Краевское Острожское-I Острожское-II	суглинок	54	52	54	11	
			8	58	44	44	
			30	454	72	53	
Ривненский	Басовкутское Верховское Городецкое Заборольевское Метковское Ривненское Хотынское-I Хотынское-II	суглинок	2065	3415	8235	13715	
Сарненский	Грушевское Степанское Тынновское	суглинок	40	386	652	1078	
Радивилловский	Дружбинское Крупецкое Крупецкое-I Подвысоковское	суглинок	339	893	1424	2658	
Костопольский	Бычальское Злазновское	мел					190807 163000 353807
Здолбуновский	Здолбуновское	мел					178668
Ривненский	Вишнёвогорское Клеванское Любомирское	мел					1568 212 20108
Сарненский	с. Немовичи	мергель					150

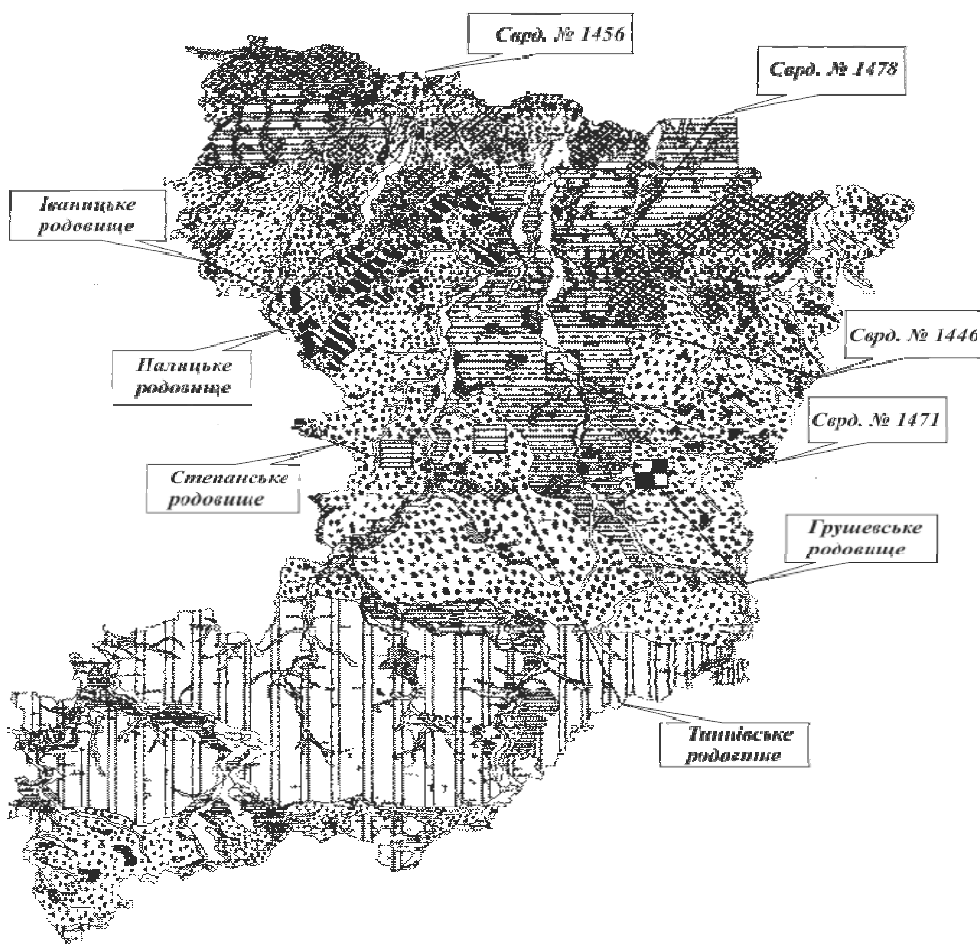


Рис. 10.1. Геологическая карта четвертичных отложений Ровенской области (по данным «Півничегеології»)

Запасы суглинков в Острожском районе в отдельных месторождениях составляют: Краевское – 1144 тыс. тонн, Острожское-I – 530 тыс. тонн, Острожское-II – 639 тыс. тонн. В Ровенском районе запасы суглинков разведаны в восьми месторождениях и составляют 13 715 тыс. тонн, в Радивилковском районе – 2658 тыс. тонн. По Сарненскому району запасы суглинка были разведаны более точно. Мергель, суглинок и глина также разведаны в Грушевском, Степанском и Тынненском месторождениях этого района.

Полезные ископаемые местного значения различаются по своему минералогическому, гранулометрическому, химическому составу, впитывающей способности. Особенно важным свойством ископаемых местного значения является их впитывающая способность, которая в наибольшей степени обуславливается наличием фракций физической глины и ила. Для нейтрализации почвенной кислотности важным признаком мелиорантов является наличие кальция. К высокодисперсным аморфным соединениям относятся также гумусные вещества, вулканические туфы. От содержания, природы аморфных веществ зависят и свойства почв. На территории Ровенской области встречаются осадочные породы в виде известняков, в том числе мергелистые известняки с содержанием глины не более 15 %, мергель с содержанием глины до 30 %, глинистые мергели с содержанием глины до 50 %, известняковый мергель с содержанием кальция более 50 % и мел.

Основные залежи мергеля и мела залегают в Сарненском, Костопольском, Ровенском и Здолбунувском районах. Химический состав известняков и мергелей приводится в таблице 10.2.

Таблиця 10.2

Состав основных составных частей в известняках и мергелях

Название и местность	Химический состав, %						Потери при прожаривании
	CaO ₃	MgO	SO ₄	SiC ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₃	
Известняк (с. Денешов)	44,30	Следы		9,52	-	1,91	41,54
Мергель (с. Багачка)	48,41	1,12	1,15	9,30	1,56	0,64	31,26

Из таблицы видно, что в составе мергелей преобладают соединения CaCO_3 – 48,4 %, SiO_2 – 9,3 %, Al_2O_3 – 1,56 % и MgO – 1,12 %. Наряду с этим в составе мергелей содержится значительное количество глинистых фракций, в том числе илестых, что позволяет использовать эти породы как средство химических и структурных мелиораций почв.

На территории области также встречаются значительные залежи суглинков, например в зоне бывшего распространения ледника на территориях Дубровицкого, Заречненского, Березновского, Костопольского, Гошанского, Ровенского, Млыновского, Острожского и Радивиловского районов. Суглинки имеют палево-желтоватую окраску. Иногда бывают горизонтально слоистыми. По гранулометрическому составу это грубопылевидные легкие суглинки, в большинстве случаев – песчаные или песчанолегкие суглинки. При их оглеении преобладает светло-серый цвет с голубоватым оттенком. В лёссовидных суглинках встречаются карбонаты. Анализ данных по химическому и гранулометрическому составу суглинков проведен нами на основе материалов комплексной геологоразведочной партии «Пивничгеология».

По месторождениям нами анализировался Сарненский район. Это Грушевское, Тынненское, Степанское месторождения. Данные о химическом составе суглинка Тынненского месторождения (табл. 10.3) говорят о том, что в составе суглинков месторождения преобладают соединения SiO_2 – 61,1–84,36 %, за ними следуют соединения $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ – 7,02–13,54 %, CaO , MgO – 0,72–12,04 %. Также в составе суглинков присутствуют соединения $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ – 1,84–3,55 %, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ – 0,41–2,69 % и SO_3 – 1,04–1,43 %.

Таблица 10.3

Химический состав (%) суглинка месторождения Тынненское, Сарненского района

Ископаемое	SiO_2	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$	$\text{CaO} + \text{MgO}$	$\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	SO_3
суглинок	61,1-84,36	7,02-13,54	0,72-12,04	1,84-3,55	0,41-2,69	1,04-1,43

Химический состав суглинков Грушевского месторождения показывает, что в составе суглинка (табл. 10.4) месторождения преобладают соединения SiO_2 – 71,85–74,56 %, Al_2O_3 – 6,41–7,09 %, Fe_2O_3 – 2,61–2,64 %. В суглинках месторождения также присутствуют TiO_2 – 0,49–0,5 %, CaO – 5,18–7,05 % и MgO – 0,69–0,87 %.

Таблица 10.4

Химический состав (%) суглинка Грушевского месторождения, Сарненского района

Ископаемое	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	SO_3
Суглинок	71,85–74,56	6,41–7,09	2,61–2,64	0,49–0,5	5,18–7,05	0,69–0,87	-

Суглинки Степанского месторождения, данные о химическом составе которых приведены в таблице 10.5, свидетельствуют о том, что наибольшее содержание в химическом составе суглинков месторождения имеют соединения SiO_2 – 77,7 %, Al_2O_3 – 7,06 %, Fe_2O_3 – 3,23 %. Также в составе суглинков присутствуют соединения TiO_2 – 0,52 %, CaO – 3,54 %, MgO – 0,87 %.

Таблица 10.5

Химический состав (%) суглинка Степанского месторождения, Сарненского района

Ископаемое	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	SO_3
Суглинок	77,7	7,06	3,23	0,52	3,54	0,87	-

Наличие в суглинках и глинах значительного содержания физической глины, макроэлементов кальция, магния, калия позволяет использовать их для структурных мелиораций почв.

Наряду с этими полезными ископаемыми местного значения на территории Ровенской области разведаны значительные запасы туфа. Но, по данным геологического картирования, проведенного Ровенской комплексной геологоразведочной экспедицией, в Вольно-Подольском регионе вулканические туфы прослеживаются вдоль западного склона Украинского кристаллического щита в виде полосы шириной 1–10 км на глубинах от 5 до 200 м. На дневную поверхность туф выступает лишь в 5 км к северо-востоку от г. Славута Хмельницкой области и в базальтовых карьерах Берестовец, Иванова Долина, Полки Ровенской области. Туфы залегают слоями, формируя толщи мощностью от нескольких метров до 140 метров. Наиболее широко в Вольно-Подолье распространены бредне- и мелкообломочные разновидности вулканического туфа. Визуально это зеленовато-серые и шоколадно-бурые, относительно мягкие горные породы (по шкале Ф. Мооса твердость близка 3) с зернистой структурой и полосатой текстурой. Они представляют собой вулканический пепел и песок в виде пирокластических обломков размером от 0,01 мм до нескольких миллиметров. Обломки в них пред-

ставлены магматическими породами: вулканическим стеклом, базальтом, шлаками, а также минералами, в основном цеолитами, в меньшем количестве – хлоритом и кварцем. По содержанию оксидов туф Берестовецкой группы в среднем соответствует базальтам известково-щелочной серии (табл. 10.6).

Таблица 10.6

Химический состав (%) туфов Берестовецкой группы базальтов на территории Ровенской области

Ископаемое	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃
Туф	49,91	1,97	15,86	8,36	4,45	0,24	8,08	4,34	4,89	1,16	0,18	0,04

Как видно из таблицы 10.6, в них преобладают соединения SiO₂ – 49,91 %, Al₂O₃ – 15,86 %, Fe₂O₃ – 8,36 %. Также в составе туфа присутствуют соединения FeO – 4,45 %, MgO – 8,08 %, CaO – 4,34 %, Na₂O – 4,89 %, K₂O – 1,16 %, P₂O₅ – 0,18 %, SO₃ – 0,04 %. Что касается емкости поглощения, то в глинистых минералах монтмориллонитовой группы, которые имеют очень высокую дисперсность (до 60 % коллоидных частиц и до 80 % частиц < 0,001 мм) она составляет 80–120 мг-экв. на 100 г почвы. Емкость поглощения в сапонитовых туфах равна 74,7 мг-экв. на 100 г почвы. В состав поглотительного комплекса входят преимущественно магний, кальций, в меньшем количестве – натрий и калий.

Таким образом, положительные минералогические, химические и экологические свойства туфа Волынской серии, в частности их высокая способность к сорбции радионуклидов, позволяют рассматривать данное сырье как полезное ископаемое, которое может служить естественным мелиорантом радиоактивно загрязненных почв. Проведенные исследования по изучению запасов, распространения и свойств ископаемых местного значения показывают, что в северных районах области самые наиболее разведанные и в данный момент разрабатываемые запасы суглинков, туфа и мергеля. В их составе в значительных количествах находятся кальций, магний, калий, фракции физической глины, вторичные минералы, что позволяет отнести их к группам природных сорбентов и, учитывая их запасы и распространение, рекомендовать их для химических и структурных мелиораций.

10.3. Влияние мелиорантов на состав и свойства дерново-подзолистых почв

Установлено, что внесение в почву мелиорантов, сорбентов, навоза и торфа способствует увеличению содержания в почве гумуса, улучшению свойств, режимов и процессов почв. Исследованиями по изучению количества гумуса в дерново-подзолистых почвах западного Полесья установлено, что содержание его колеблется в диапазоне 0,58–4,22 % (табл. 10.7).

Таблица 10.7

Содержание и качественный состав гумуса дерново-подзолистых почв Западного Полесья

Населенный пункт, название почвы	Содержание физической глины, %	Гумус общий %	C _{гк} %	C _{фк} %	C _{гк} / C _{фк}		Сгк связанный с R ₂ O ₃	Сгк связанный с Са	% от Сгк
					C _{гк}	C _{фк}			
с. Дерть, дерново-подзолистые глеевые	25	0,52	0,13	0,17	0,76	0,10	0,03	23	
с. Дерть, дерново-подзолистые, глеевые	25	0,66	0,24	0,14	1,71	0,22	0,02	8 84	
с. Боровое, дерново-подзолистые, глеевые, осушенные	15	3,91	1,60	0,62	2,58	0,26	1,38		
с. Боровое, дерново-глеевые, осушенные	15	4,22	1,50	0,99	1,52	0,23	1,23	85	
с. Карпиловка, дерново-подзолистые, песчаные	19	1,85	0,55	0,53	1,04	0,24	0,31	56	
г. Сарны, дерново-подзолистые, песчаные	10	0,93	0,27	0,28	0,96	0,22	0,05	19	
с. Бронное, дерново-подзолистые, песчаные	10	0,58	0,17	0,17	1,00	0,15	0,04	21	

Из таблицы 10.8 видно, что количество гумуса в дерново-подзолистых почвах возрастает при увеличении содержания в них физической глины и степени увлажненности. В грунтовых проявлениях с содержанием физической глины до 10 % содержание гумуса в пахотном слое почвы колеблется в пределах от 0,6 до 1,6 %.

Содержание физической глины и качественный состав гумуса исследуемых почв Полесья

Населённый пункт. Название почвы	Содержание физической глины, %	Гумус общий, %
Рокитновский район		
с.Дерть, дерново-подзолистые, глеевые, связнопесчаные	7,5	0,40
с.Дерть, дерново-подзолистые, супесчаные	15	1,50
с.Дерть, дерново-подзолистые, супесчаные	18	1,9
с.Дерть, дерново-подзолистые, глеевые, супесчаные	20	1,25
с.Нетреба, дерново-подзолистые, супесчаные	12	1,20
с.Нетреба, дерново-подзолистые, глеевые связнопесчаные	9	0,45
с.Нетреба, дерново-подзолистые, супесчаные	19	2,0
с.Боровое, дерново-подзолистые, глеевые	14	0,79
с.Боровое, дерново-подзолистые оглеенные, супесчаные	18	1,10
с.Боровое, дерново-подзолистые глееватые, супесчаные	16	0,94
с.Кисоричи, дерново-подзолистые, глеевые, песчаные	9	0,45
с.Кисоричи, дерново-подзолистые, песчаные	7	0,68
с.Кисоричи, дерново-подзолистые, супесчаные	17	1,78
с.Малевици, дерново-подзолистые, глеевые, песчаные	9,5	0,49
с.Малевици, дерново-подзолистые глеевые, супесчаные	18,5	1,14
с.Малевици, дерново-подзолистые, песчаные	10	1,01
с.Малевици, дерново-подзолистые, супесчаные	19,5	2,05
с.Карпиловка, дерново-подзолистые, глеевые, песчаные	8,5	0,40
с.Карпиловка, дерново-подзолистые, глеевые, легкосуглинистые	27	1,75
с.Карпиловка, дерново-подзолистые, оглеенные, супесчаные	20	1,23
Сарненский район		
г. Сарны, дерново-подзолистые, супесчаные	19	2,0
г. Сарны дерново-подзолистые супесчаные	25	1,5
г. Сарны дерново-подзолистые глеевые, песчаные	9	0,45
г. Сарны, дерново-подзолистые, глеевые, супесчаные	18,5	1,92
с.Немовичи, дерново-подзолистые, рыхлопесчаные	4,5	0,40
с.Немовичи, дерново-подзолистые супесчаные	20	2,1
с.Немовичи, дерново-подзолистые, легкосуглинистые	23	1,46
с.Немовичи, дерново-подзолистые глеевые, связнопесчаные	7	0,29
с.Немовичи, дерново-подзолистые глеевые, рыхлопесчаные	5	0,17
с.Немовичи, дерново-подзолистые, глеевые, супесчаные	20	1,25
с.Немовичи, дерново-подзолистые, связнопесчаные	8	0,79
с.Тынное, дерново-подзолистые, супесчаные	15	1,56
с.Тынное, дерново-подзолистые глеевые, супесчаные	16	0,89
Берёзновский район		
с.м.т.Берёзно, дерново-подзолистые, песчаные	10	1,01
с.м.т.Берёзно, дерново-подзолистые, супесчаные	20	2,0
с.м.т.Берёзно, дерново-подзолистые глеевые, песчаные	9	0,45
с.м.т.Берёзно, дерново-подзолистые глеевые, супесчаные	13	0,72
с.Малушка, дерново-подзолистые глеевые, песчаные	8	0,38
с.Малушка, дерново-подзолистые глеевые, песчаные	9	0,45
с.Малушка, дерново-подзолистые, легкосуглинистые	24	1,51
с.Ярыновка, дерново-подзолистые глеевые, супесчаные	16	0,96
с.Боровое, дерново-подзолистые на песках	7	0,66
Дубровицкий район		
с.Удрицьк, дерново-подзолистые, супесчаные	12	1,23
с.Удрицьк, дерново-подзолистые, песчаные	8	0,74
с.Хочин, дерново-подзолистые глеевые, супесчаные	17	1,03
с.Хочин, дерново-подзолистые оглеенные, супесчаные	15	0,87
с.Хочин, дерново-подзолистые глееватые, супесчаные	14	0,79
с.Милячі, дерново-подзолистые глеевые, супесчаные	15	0,87
с.Милячи, дерново-подзолистые, глеевые, легкосуглинистые	22	1,37

Связь между содержанием гумуса в дерново-подзолистых почвах и содержанием физической глины описывается зависимостью, которая имеет следующий вид для автоморфных почв:

$$y = 0,2 + 0,072x \quad (10.1)$$

для гидроморфных почв:

$$y = -0,1 + 0,11x \quad (10.2)$$

где: y – содержание гумуса в пахотном слое почвы, %;

x – содержание физической глины, %.

Корреляционное отношение составляет от 0,65 до 0,89. Расчеты показывают, что при содержании в дерново-подзолистых почвах физической глины до 5 % содержание гумуса в них будет колебаться в пределах от 0,16 до 0,45 %. Повысить содержание гумуса на почвах с низким содержанием физической глины возможно при условии внесения в них илистых и коллоидных частиц. Так, внесение в дерново-подзолистые почвы мелиорантов в опыте № 1 сопровождалось повышением содержания гумуса (табл. 10.9).

Таблица 10.9

**Влияние удобрений и мелиорантов на качественный состав гумуса
Опыт № 1**

Удобрение	Гумус общий %	$C_{гк}$ %	$C_{фк}$ %	$C_{гк}$	Сгк, связанный с R_2O_3	Сгк, связанный с Са
				$C_{фк}$		
Контроль	0,58	0,16	0,18	0,88	0,15	0,04
$K_{60}P_{90}K_{120}$ (фон)	0,60	0,17	0,20	0,85	0,12	0,05
Фон+100 т/га суглинка	0,83	0,20	0,25	0,80	0,17	0,05
Фон+100 т/га суглинка + 30 т/га торфа	0,86	0,35	0,34	1,02	0,29	0,06
Фон+100 т/га суглинка + 60 т/га навоза	0,89	0,34	0,36	0,94	0,27	0,07
Фон + 100 т/га суглинка + 60 т/га навоза + 3 т/га $CaCO_3$	0,95	0,37	0,35	1,06	0,20	0,17

Из таблицы 10.9 видно, что внесение в почву 100 т/га суглинка по фону полного минерального удобрения повысило содержание гумуса с 0,58 до 0,83 %. Использование 100 т/га суглинка в сочетании с минеральными и органическими удобрениями обеспечивало дальнейший рост содержания гумуса. Прирост гумуса на данном варианте по сравнению с фоном составлял 0,3 %. Наивысшее содержание гумуса – 0,95 % – наблюдается на варианте с внесением суглинка, минеральных и органических удобрений и известковых материалов.

Внесение мелиорантов существенно влияет также на качественный состав гумуса. Из таблицы 10.9 видно, что внесение в почву суглинка и удобрений обеспечивает рост в составе гумуса гуминовых кислот, кислот связанных с кальцием, что свидетельствует об улучшении условий гумусонакопления в почвах и его качественного состава. Наряду с этим нами установлено положительное влияние мелиорантов на химические свойства дерново-подзолистых почв (табл. 10.10).

Таблица 10.10

Влияние мелиорантов на физико-химические свойства дерново-подзолистых песчаных почв опыта № 1

Варианты опыта	pH _{сол}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Нг	Е	Са от Е
		мг-экв. на 100 г почвы				
Контроль	4,77	0,56	0,50	1,74	2,80	20,0
$N_{90}P_{90}K_{90}$	4,69	0,68	0,62	1,65	2,95	23,0
(Фон)	4,67	1,18	0,62	1,95	3,75	31,4
Фон+100 т/га суглинка	4,80	1,25	0,25	1,74	3,24	38,6
Фон+100 т/га суглинка + 30 т/га торфа	4,92	1,25	0,25	1,87	3,37	37,1
Фон+100 т/га суглинка + 60 т/га навоза	4,86	1,62	0,44	1,91	3,97	40,8
Фон+100 т/га суглинка + 60 т/га навоза + 3 т/га $CaCO_3$	5,07	2,16	0,44	1,96	4,56	47,4

Наиболее существенные изменения физико-химических показателей наблюдаются на варианте с внесением суглинка, навоза, известняковых материалов по фону минеральных удобрений. На этом варианте имеет место повышение кислотности до 5,07 против 4,77 на контроле, повышение емкости поглощения с 2,8 до 4,56 мг-экв. на 100 г почвы, рост обменного кальция на 1,8 мг-экв. на 100 г почвы. Установлено, что внесение мелиорантов улучшает питательный режим дерново-подзолистых почв (табл. 10.11). Из таблицы видно, что внесение 100 т/га суглинка в сочетании с органическими и минеральными удобрениями улучшает азотный и калийный режимы этих почв. Так, если на контроле содержание легкогидролизованного азота составляло 43,4–53,2 мг/кг почвы, то на вариантах с внесением мелиорантов он поднимался к показателям 61,6–65,8 мг/кг почвы.

Внесение мелиорантов мало изменило содержание подвижного фосфора, но существенно улучшило калийный режим. На вариантах с внесением мелиорантов содержание подвижного калия выросло с 77,8–102,0 до 171–210 мг/кг почвы.

Таблица 10.11

Влияние мелиорантов на содержание питательных элементов в дерново-подзолистых почвах опыта № 1, мг/кг

Варианты опыта	Слой почвы, см	Мелиоранты					
		легкогидролизированный азот		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		июль	сентябрь	июль	сентябрь	июль	сентябрь
Контроль	0-20	43,4	53,2	57,2	8,7	77,8	102,0
	20-40			40,9	18,6	50,2	34,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	0-20	54,6	42,0	50,6	32,0	85,2	68,0
	20-40			38,6	16,5	32,6	23,0
N ₉₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀ (Фон)	0-20	42,0	51,8	70,4	21,6	138,2	142,0
	20-40			54,3	27,5	25,1	33,0
Фон+100 т/га суглинка	0-20	50,4	56,0	54,6	32,0	110,8	1220
	20-40			49,2	30,3	42,2	23,0
Фон+100 т/га суглинка + 30 т/га торфа	0-20	61,6	56,0	29,9	29,6	186,4	190,0
	20-40			27,6	36,0	20,0	28,0
Фон+100 т/га суглинка + 60 т/га навоза	0-20	49,0	65,8	24,0	27,5	176,3	115,0
	20-40				35,3	17,6	250,0
Фон+100 т/га суглинка + 60 т/га навоза + 3 т/га CaCO ₃	0-20	61,6	65,8	26,0	33,5	171,4	210,0
	20-40			18,4	30,3	20,0	25,0

Таким образом, установлено, что внесение в дерново-подзолистые почвы мелиорантов сопровождается улучшением состава почвы за счет роста содержания гумуса и повышения его качества, оптимизацией водно-физических и физико-химических показателей вследствие повышения их влагоемкости, снижения кислотности и общего накопления элементов питания.

10.4. Влияние удобрений и мелиорантов на урожайность сельскохозяйственных культур и поступление в них радионуклидов

10.4.1. Влияние мелиорантов на урожайность сельскохозяйственных культур. Как известно, одной из мер повышения потенциального и эффективного плодородия дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава является обогащение их органическим веществом, коллоидными частицами [9, 10, 11].

Данные исследований показывают, что внесение в почву навоза, мелиорантов (суглинка, сапропеля, торфа) существенно улучшает состав этих почв и способствует росту урожайности сельскохозяйственных культур на 20–30 % [13, 14, 15]. Аналогичные результаты по воздействию мелиорантов на урожайность сельскохозяйственных культур получены в полевом опыте № 1 (табл. 10.12).

Из таблицы 10.12 видно, что урожайность на варианте без удобрений по вико-овсяной смеси составляла 66,2 ц/га, а по кукурузе 98,3 ц/га. Внесение минеральных удобрений в норме N₉₀ P₉₀ K₉₀ повысило урожайность этих культур на 28 и 50 % соответственно. Удвоение нормы внесения фосфо-

рно-калийных удобрений на фоне азотных сопровождалось дальнейшим ростом урожайности вико-овсяной смеси и кукурузы. Прибавка урожая при этом была 49 % по вико-овсяной смеси и 173 % по кукурузе.

Таблица 10.12

Влияние удобрений и мелиорантов на изменение урожайности и содержания радиоцезия, %, опыт № 1

№ п/п	Варианты	Вико-овсяная смесь		Кукуруза	
		Урожайность	Содержание радионуклидов	Урожайность	Содержание радионуклидов
1	Контроль	100	100	100	100
2	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	128	70	150	80
3	N ₉₀ P ₁₆₀ K ₁₈₀ (Фон)	149	53	173	63
4	Фон +100 т/га суглинка	174,8	40	223	50
5	Фон +100 т/га суглинка + 30 т/га торфа	224	37	255	37
6	Фон +100 т/га суглинка + 60 т/га навоза	255	12	297	35
7	Фон +100 т/га суглинка + 60 т/га навоза + 3 т/га CaCO ₃	294	12	354	26

Внесение мелиорантов суглинка, суглинка в сочетании с торфом, навозом и известковых минералов обеспечивало дальнейший рост урожайности этих культур. Так, на варианте с внесением 100 т/га суглинка по фону полного минерального удобрения урожайность культур по сравнению с фоном росла: по вико-овсяной смеси на 74,8 %, по кукурузе – на 113 %.

Внесение суглинка в сочетании с торфом и навозом обеспечивало получение достоверных прибавок урожая вико-овсяной смеси и кукурузы. Наибольшую урожайность сельскохозяйственных культур обеспечивало внесение в почву по фону минеральных удобрений 100 т/га суглинка в сочетании с 60 т/га навоза и 3 т/га CaCO₃. При внесении этих смесей была получена урожайность вико-овсяной смеси на уровне 200 ц/га, кукурузы – 300 ц/га, а прибавка урожая составила соответственно 104 и 254 %.

Следует заметить, что рост урожайности на этом участке обеспечивался за счет повышения содержания в почве подвижных соединений азота, фосфора, калия и гумуса и снижения кислотности этих почв. Подобные результаты по воздействию мелиорантов на урожайность сельскохозяйственных культур получены нами в полевом опыте № 2.

Результаты по влиянию мелиорантов на урожайность сельскохозяйственных культур, полученные в полевом опыте № 2 (табл. 10.13), показывают, что на варианте без удобрений урожайность кукурузы составляла 92,4 ц/га. Внесение минеральных удобрений в норме N₆₀P₉₀K₁₂₀ в сочетании с 30 т/га торфа повысило урожайность этой культуры на 18 %.

Таблица 10.13

Влияние удобрений и мелиорантов на изменение урожайности и содержания радиоцезия, %, опыт № 2

№ п/п	Варианты	Картофель		Кукуруза	
		Урожайность	Содержание радионуклидов	Урожайность	Содержание радионуклидов
1	Контроль	100	100	100	100
2	N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + 30 т/га торфа (Фон)	122	94	218	80
3	Фон +100 т/га суглинка	133	88	283	72
4	Фон + 200 т/га суглинка	150	21	286	36
5	Фон + 300 т/га суглинка	239	16	296	32
6	Фон + 40 т/га мергеля	200	12,5	336	8
7	Фон + 80 т/га мергеля	221	17,5	344	7
8	Фон +10 т/га туфа	210	10	299	10
9	Фон + 20 т/га туфа	191	11,2	254	8
10	Фон + 40 т/га мергеля + 70 т/га суглинка	205	17	232	9

Внесение мелиорантов суглинка в норме 100 т/га по фону минеральных удобрений, 200 т/га суглинка и 300 т/га суглинка сопровождалось дальнейшим ростом урожайности кукурузы. Прибавка урожая кукурузы при этом составляла от 83 до 196 % соответственно. Внесение мелиорантов суглинка, мергеля, туфа обеспечивало дальнейший рост урожайности сельскохозяйственных культур.

Внесение увеличенной дозы суглинка, мергеля и туфа обеспечивало получение достоверных прибавок урожая по картофелю и кукурузе. Так, при внесении суглинка в норме 200 и 300 т/га по фону минеральных удобрений была получена прибавка урожая по картофелю 50 и 139 % соответственно. По кукурузе с теми же нормами мелиорантов – 186 и 196 % соответственно. Внесение мергеля в норме 40 и 80 т/га по фону минеральных удобрений дало прибавку урожая по картофелю 100 и 121 %, а по кукурузе 236 и 244 % соответственно.

Внесение туфа в норме 10 и 20 т/га по фону минеральных удобрений не обеспечило повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Прибавка урожая на этих вариантах по картофелю составляла 110 %, по кукурузе – 199 %.

Наибольшую урожайность картофеля и кукурузы обеспечивало внесение в почву по фону минеральных удобрений 300 т/га суглинка, 40–80 т/га мергеля и 10 т/га туфа. При внесении этих мелиорантов получена урожайность по кукурузе 400 ц/га, картофеля – 220 ц/га.

Исходя из этого следует отметить, что рост урожайности на вариантах с внесением суглинка, мергеля и туфа обеспечивается за счет улучшения агроэкологических показателей почвы, и прежде всего увеличения фракций физической глины, уменьшения кислотности, улучшения свойств почв.

10.4.2. Влияние мелиорантов на поступление радионуклидов в сельскохозяйственные культуры. Внесение в дерново-подзолистые почвы мелиорантов в виде суглинков, мергелей, туфа, торфа сопровождается не только ростом урожайности сельскохозяйственных культур, но и уменьшением поступления радионуклидов в основную и побочную продукцию. Так, в условиях Житомирской области при плотности загрязнения дерново-подзолистой почвы около 5 Ки/км² имело место уменьшение поступления цезия-137 в вико-овсяную смесь и кукурузу (табл. 10.12).

Так, внесение минеральных удобрений N₉₀P₉₀ K₉₀ сопровождалось уменьшением поступления его в вико-овсяную смесь на 30 % по сравнению с контролем без удобрений, а при выращивании кукурузы – на 20 % соответственно. Внесение повышенной нормы фосфорно-калийных удобрений способствовало снижению в среднем за период исследований содержания цезия в вико-овсяной смеси на 30 %, в кукурузе – на 37 %.

Применение суглинка по фону минеральных удобрений привело к дальнейшему значительному снижению содержания цезия-137 в вико-овсяной смеси на 60 %, по кукурузе на 50 % соответственно. Применение торфа в сочетании с суглинком обеспечивало существенное снижение поступления цезия только по кукурузе. Применение навоза оказалось более эффективным при внесении его в вико-овсяную смесь. Снижение поступления цезия-137 на этом варианте составляло 18 % по сравнению с контролем.

В опыте № 1 при выращивании вико-овсяной смеси и кукурузы наибольший эффект получен при комплексном применении суглинка, органики и известковых материалов. На этом варианте получен урожай с низким содержанием цезия-137 в сельскохозяйственной продукции. Снижение поступления цезия-137 на этих вариантах по сравнению с контролем составляло для вико-овсяной смеси в 8,3 раза, а по кукурузе – в 3,8 раза.

Подобные результаты по воздействию мелиорантов на поступление радионуклидов в сельскохозяйственные культуры получены нами в опыте № 2 (табл. 10.13). Как видно из данных таблицы 10.13, поступление цезия-137 в значительной степени обуславливалось внесением минеральных удобрений и торфа. Так, внесение минеральных удобрений в норме N₆₀P₉₀K₁₂₀ в сочетании с 30 т/га торфа обеспечивало уменьшение содержания радиоцезия в картофеле на 6 %, кукурузе – на 20 %.

Применение суглинка по фону минеральных удобрений и торфа привело к дальнейшему уменьшению его содержания в сельскохозяйственных культурах. Так, при норме суглинка 100 т/га отмечалось уменьшение радиоцезия в картофеле на 12 %, кукурузе – на 28 %.

Внесение в дерново-подзолистые почвы 200–300 т/га суглинка обеспечивало дальнейшее уменьшение содержания радиоцезия как в картофеле, так и в кукурузе соответственно на 84–64 %. Лучший эффект по снижению поступления цезия-137 получен при внесении под картофель и кукурузу по фону 40 т/га мергеля.

Кратность снижения поступления радиоцезия на этом варианте по картофелю составляет в 8 раз, кукурузе – 12,5 раза.

Внесение туфа по фону 10–20 т/га было равноценным по эффекту снижения поступления цезия-137 внесению 40 т/га мергеля. Внесение 40 т/га мергеля и 70 т/га суглинка по эффекту снижения

равноценно внесению 40 т/га мергеля, но значительно превышает варианты с внесением 100 т/га суглинка по фону $N_{60}P_{90}K_{120}$ и 30 т/га торфа.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что использование полезных ископаемых местного значения, залежи которых в зоне Полесья очень значительные, целесообразно, так как позволяет снижать поступление цезия-137 в сельскохозяйственные культуры в 5–7 раз.

10.4.3. Разработка методики прогнозирования содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции. Известны методики и методы прогнозирования содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции и культурах, которые основаны на расчете содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции и культурах с использованием показателей плотности загрязнения почвы, коэффициента перехода радионуклидов в культуры [25, 26, 27, 28].

Известны также методы расчета содержания радионуклидов в культурах, в основу которых положено использование уравнений зависимости этого показателя от наличия в почве соединений азота, фосфора, калия и кислотности почвы. Составление прогноза в этом случае усложняется подбором коэффициентов перехода для отдельных различий и разновидностей дерново-подзолистых почв и затратой времени и средств на определение показателей свойств почвы.

В связи с этим возникает необходимость в разработке и использовании более простых и надежных методик и методов прогноза поступления радионуклидов в сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых почвах Полесья.

Методика составления прогноза состоит в том, что для построения номограмм используются уже рассчитанные значения содержания цезия-137 в сельскохозяйственной продукции и значения показателей плодородия дерново-подзолистых почв. На основе этих данных и строятся номограммы. Методика составления прогноза содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции описана в литературе [15], поэтому мы не будем приводить ее полностью.

В основу разработки методики и метода положены данные обследований полей 42 хозяйств Ровенской и Житомирской областей. За основные показатели взяты: содержание физической глины, содержание гумуса, степень оглеенности, что наиболее полно характеризует состав и генезис этих почв. Информация о них содержится в генетическом названии почвы и картографических материалах агрохимических туров обследования. Математическая обработка экспериментальных данных и данных 42 хозяйств показала, что зависимость поступления радионуклидов в сельскохозяйственные культуры в зависимости от оглеенности, содержания физической глины и гумуса описывается уравнением гиперболы, а степень оглеенности – уравнением параболы второго порядка. Корреляционные отношения полученных зависимостей колеблются в пределах 0,89–0,98, что свидетельствует о тесной связи между указанными факторами (табл.10.14).

Данные прогноза с помощью математических уравнений, которые приведены в таблице 10.11, позволяют рассчитывать прогнозное значение содержания цезия-137 в сельскохозяйственных культурах. Но данный метод расчета хотя и является очень удобным, одновременно очень громоздкий, а значит, увеличивает время на составление дальнейшего прогноза. Исходя из этого, предлагаем более быстрый метод составления прогноза содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, а именно графический метод. Суть его заключается в том, что плотность загрязнения сельскохозяйственной продукции радионуклидами можно определить с помощью номограмм.

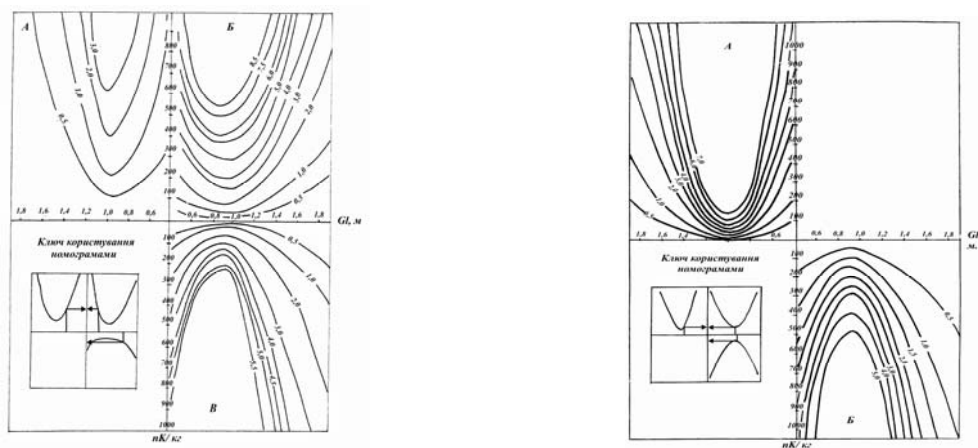


Рис. 10. 2. Номограммы определения содержания Cs-137(нК/кг) в сельскохозяйственной продукции в зависимости от степени оглеенности: I. А – многолетние травы; Б – викосмесь; В – овес; II. А – естественные травы; Б – клевер (С. И. Веремеенко, А. С. Мороз)

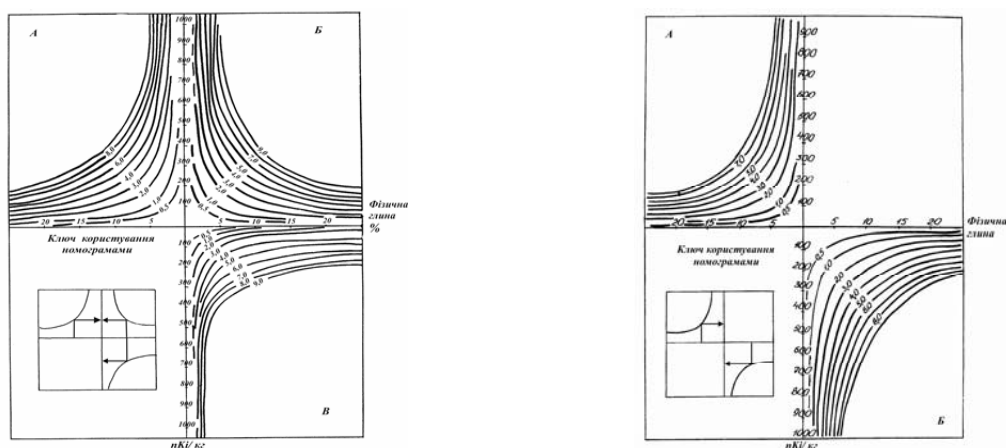


Рис. 10.3. Номограммы определения содержания Cs-137 (nKi/кг) в сельскохозяйственных культурах, в дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава: I. А – многолетние травы; Б – викосмесь; В – овес. II. А – естественные травы; Б – клевер (С. И. Веремеенко, А. С. Мороз)

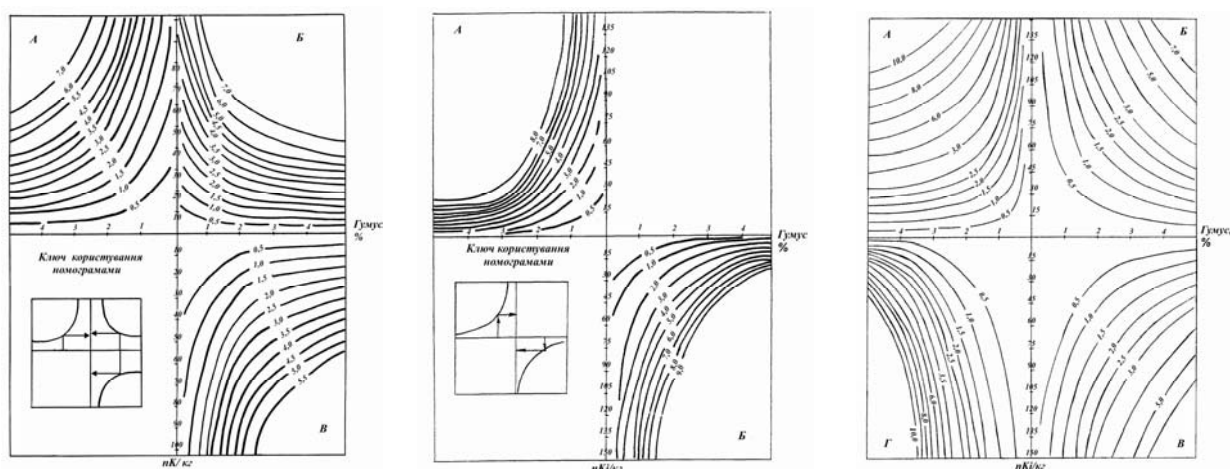


Рис. 10.4. Номограммы определения содержания Cs-137 (nKi/кг) в сельскохозяйственной продукции, в дерново-подзолистых почвах в зависимости от содержания гумуса: I. А – многолетние травы; Б – овес; В – викосмесь; II. А – естественные травы; Б – клевер; III. А – рожь; Б – картофель; В – кукуруза на з. м.; Г – лен (С. И. Веремеенко, А. С. Мороз)

Номограммы строятся на основе рассчитанных значений содержания цезия-137 при различной плотности загрязнения по уравнениям, приведенным в таблице 10.14.

Таблица 10.14

Математические модели содержания Cs-137 в сельскохозяйственных культурах в зависимости от показателей плодородия дерново-подзолистых почв

Показатели	Многолетние травы	Вико-овсяная смесь	Овёс
Содержание физической глины, %	$y = \frac{21,9 + 469}{x}$	$y = \frac{15,9 + 435,5}{x}$	$y = \frac{21,6 + 132,4}{x}$
Содержание гумуса, %	$y = 1,48 + \frac{30,5}{x}$	$y = 21,87 + \frac{35,6}{x}$	$y = 4,95 + \frac{8,05}{x}$
Степень оглеения, %	$y = 2307x^2 - 4337x + 2283$	$y = 370x^2 - 670x + 342$	$y = 374x^2 - 679x + 340$

Кривые номограмм строятся соответственно для каждой плотности загрязнения от 0,5 до 10 Ки/км². Номограммы представлены на рисунках 10.2–10.4 с приведенным ключом пользования.

Например, если почва с плотностью загрязнения 1 Ки/км² имеет оглееность 0,8 м, содержание физической глины 7 % и содержание гумуса 1,5 %, то поступление цезия-137 в многолетние травы (сено) согласно номограммам будет составлять в зависимости от оглеения 260 nKi/kg, соответственно от содержания физической глины – 70 nKi/kg и гумуса – 23 nKi/kg.

Расчет содержания цезия-137 в многолетних травах согласно уравнениям (табл. 10.14) показывает, что при этих же показателях плодородия уровень загрязнения будет составлять по оглеености

263,8 nKi/kg, по содержанию физической глины – 70,1 nKi/kg, по содержанию гумуса – 21,8 nKi/kg.

Полученные результаты несущественно отличаются от величин, полученных соответственно предложенному графическому методу. Исходя из этого разработан графический метод определения плотности загрязнения сельскохозяйственных культур, который может быть использован в фермерских и кооперативных хозяйствах.

Вместе с этим нами для более точного прогноза содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции предложена зависимость, которая учитывает содержание в почве гумуса и физической глины. Зависимость имеет вид многочлена:

$$Y = a + bx_1 + cx_2, \quad (10.3)$$

где y – содержание в сельскохозяйственной продукции цезия-137 (nKi/kg);

x_1 – содержание гумуса, %;

x_2 – содержание физической глины, %;

a, b, c – коэффициенты зависимости. Для многолетних трав уравнение имеет вид:

$$y = -31050,31 + 4333,35x_1 + (-46747,83)x_2. \quad (10.4)$$

По данным, полученным в результате расчета по зависимости (10.3), и уравнениям, приведенным в таблице 10.14, при содержании в почве гумуса 1 и 10 % физической глины видно, что разница по рассчитанным величинам составляет 3 nKi/kg².

Таким образом, проведенные исследования показывают, что внесение в дерново-подзолистые почвы мелиорантов (суглинка, мергеля, торфа и туфа) способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур и снижению поступления цезия-137 в продукцию. Наивысшую урожайность сельскохозяйственных культур и большее уменьшение миграционной способности цезия-137 в системе почва – растение обеспечивает внесение под сельскохозяйственные культуры 300 т/га суглинка на этих почвах, 40 т/га мергеля или 10 т/га туфа по фону полного минерального удобрения.

Итак, проведенные исследования подтвердили, что лучшее влияние на урожайность сельскохозяйственных культур получено при внесении 300 т/га суглинка, 40 т/га мергеля и 10 т/га туфа по фону минеральных удобрений. При тех же дозах мелиорантов наблюдается уменьшение содержания радионуклидов в 5–7 раз.

Литература

1. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 487 с.
2. Анненков Б. Н., Юдинцева Е. В. Основы сельскохозяйственной радиологии. – М.: Агропромиздат, 1991. – 287 с.
3. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. – М.: Высш. шк., 1986. – 367 с.
4. Величко Л. Л. Влияние приемов окультуривания на содержание и качество гумуса дерново-подзолистой песчаной почвы // Исследования окультуривания почв и повышение их плодородия. – Харьков, 1988. – С. 12–19.
5. Веремеенко С. И. Гумусовое состояние мелиорируемых черноземов // Мелиорация и освоение тяжелых грунтов. – Ровно, 1990. – С. 34.
6. Веремеенко С. И. Эффективность окультуривания дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава // Почвенно-экологические проблемы адаптивной интенсификации агропромышленного производства. – Ровно, 1992. – С. 6.
7. Веремеенко С. И. Экологические принципы мелиорации и окультуривания почв Полесья Украины // Биоконверсия органических отходов и охрана окружающей среды : тезисы докл. IV конгресса. – Киев, 1996. – С. 199.
8. Вознюк С. Т. Торфяные почвы Полесья и лесостепи УССР (свойства, окультуривание и повышение эффективности плодородия) : дис. ... д-ра с.-х. наук. – Харьков, 1969. – 37 с.
9. Вознюк С. Т. Геохимические особенности и плодородие почв УССР // Труды Харьковского СХИ им. В. В. Докучаева. – Харьков, 1969. – Т. 23 (90). – С. 83–93.
10. Вознюк С. Т., Клименко Н. А. Окислительно-восстановительный режим осушаемых торфяных почв Полесья УССР // Почвоведение. – 1983. – № 3. – С. 127–133.
11. Клименко Н. А. Эволюция плодородия гидроморфных почв Полесья УССР под влиянием комплексных мелиораций : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Харьков, 1989. – 32 с.
12. Клименко Н. А. Почвенные режимы гидроморфных почв Полесья УССР. – Киев, 1990. – 174 с.
13. Клименко Н. А., Веремеенко С. И. Окислительно-восстановительный режим осушаемых дерново-подзолистых почв Полесья УССР // Почвоведение. – 1988. – № 4. – С. 31–37.
15. Клименко Н. А., Веремеенко С. И. Проблемы окультуривания загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых почв // Экология Полесья: проблемы, современность и будущее. – Харьков ; Луцк, 1993. – Ч. 2. – С. 150–151.

17. Мелиорация: почвы, загрязненные радионуклидами / Н. А. Клименко [и др.] // Водное хозяйство Украины. – Киев, 1997. – С. 33–40.
18. Клименко А. Н., Мороз В. С. Особенности мелиорации загрязненных радионуклидами почв Западного Полесья // Вестник УДАВГ. – 1997. – С. 73–76.
19. Современные и перспективные задачи по управлению плодородия почв Украинской ССР / Б. С. Носко [и др.] // Почвы Украины и повышение их плодородия. – Т. 2. – Киев: Урожай, 1988. – С. 161–174.
20. Экологические последствия применения минеральных и органических удобрений / Б. С. Носко [и др.] // Чтобы не убывало плодородие земли. – Киев: Урожай, 1989. – С. 45–46.
21. Обеспеченность почв УССР макро- и микроэлементами / Б. С. Носко [и др.] // Почвы Украины и повышение их плодородия. – Киев: Урожай, 1988. – Т. 2. – С. 19–34.
22. Смаглий А. Ф. Предварительные итоги научных исследований поведения радионуклидов в сельскохозяйственной цепи: почва – растения – животные – продукция животноводства // Проблемы сельскохозяйственной радиоэкологии – пять лет спустя после аварии на ЧАЭС : тез. докл. регион. науч.-практ. конф. – Житомир, 1991. – С. 13–18.
23. Кауричев И. С., Орлов Д. С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. – М.: Колос, 1982. – 247 с.
24. Кауричев И. С., Панов Н. П., Розов Н. Н. Почвоведение. – М.: Агропромиздат, 1989. – 386 с.
25. Кваша М. К. Почвы Ровенской области. – Львов: Каменщик, 1970. – 98 с.
26. Перепелятникова Л. В. Миграция радионуклидов в системе почва-растение в богарном земледелии // Радиоэкология орошаемого земледелия. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – С. 32–63.
27. Влияние ландшафтно-геохимических особенностей зоны отселения ЧАЭС на горизонтальную миграцию радионуклидов / Л. В. Перепелятникова [и др.] // Проблемы сельскохозяйственной радиоэкологии. Десять лет спустя после аварии на Чернобыльской АЭС. – Житомир, 1996. – С. 215–217.
28. Перепелятников Г. П. Накопление радионуклидов в сельскохозяйственных растениях при орошении // Радиоэкология орошаемого земледелия. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – С. 64–110.
29. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б. С. Пристер [и др.]. – Киев: Урожай, 1988. – 225 с.
30. Пристер Б. С., Соболев А. С. Влияние противорадиационной мелиорации на поступление микроэлементов в сельскохозяйственную продукцию // Материалы Всесоюз. радиобиологического съезда. – М., 1989. – С. 512.
32. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б. С. Пристер [и др.]. – М.: Урожай, 1991. – 471 с.
33. Пристер Б. С., Перепелятников Г. П., Ильин М. И. Радиоэкологическая классификация луговых экосистем Полесья Украины // Проблемы сельскохозяйственной радиоэкологии. Десять лет спустя после аварии на Чернобыльской АЭС. – Житомир, 1996. – С. 222–223.
34. Полупан М. И. Эволюция почвенного покрова Украины под влиянием изменений природных условий и антропогенных воздействий // Материалы 8-го Всесоюзного съезда почвоведов. – Новосибирск, 1989. – Кн. 4. – С. 66.
35. Полупан М. И., Тихоненко Д. Г., Ковалишин Д. И. Дерново-подзолистые почвы // Почвы Украины и повышение их плодородия. – Киев: Урожай, 1988. – Т. 1. – С. 128–136.
36. Полупан М. И., Чесняк Г. Я. Динамика содержания гумуса и его состав // Почвы Украины и повышение их плодородия. – Киев: Урожай, 1988. – Т. 1. – С. 94–102.
37. Влияние длительного применения средств химизации на агрохимические и микробиологические свойства дерново-подзолистой почвы / Г. В. Минеев [и др.] // Агрохимия. – М.: Наука, 1998. – С. 18–19.
38. Минеев В. Г., Гомонова Н. Ф. Изменение состава ППК и буферности дерновоподзолистых почв при их окультуривании // Доклады ВАСХНИЛ. – М., 1990. – С. 14.
39. Минеев В. Г., Гомонова Н. Ф. Эколого-биологические аспекты применения фосфорных удобрений // Доклады высш. шк. биол. науки. – М., 1990.
40. Минеев В. Г. Экологические проблемы агрохимии. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 200 с.
41. Минеев В. Г. Научно-технический прогресс химизации земледелия и проблемы агрохимии // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1987. – № 11. – С. 85–91.
42. Алексахин Р. М. Радиоактивное загрязнение почвы и растений. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 132 с.
43. Алексахин Р. М., Нарышкин М. А. Миграция радионуклидов в лесных биогеоценозах. – М.: Наука, 1977. – 142 с.
44. Поведение радиоактивных и стабильных изотопов в почвах и их накопление древесной растительностью / Р. М. Алексахин [и др.] // Почвоведение. – 1973. – № 5. – С. 51–58.

Глава 11. ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ДЕГРАДАЦИИ ОСУШАЕМЫХ ПОЧВ ПОЛЕСЬЯ, МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ ОКУЛЬТУРИВАНИЮ

11.1. Основные агрофизические свойства почв Украинского Полесья

В прошлом 85 % территории Полесья занимали смешанные хвойно-широколиственные леса. На безлесных участках была естественная травянистая и болотная растительность. Изменение растительных формаций в результате деятельности человека привело к изменению направления процессов почвообразования. Сейчас лесом занято лишь 30 % территории. В этой зоне сосредоточено до 50 % заболоченных земель [4].

Вследствие осушения, проведенного на больших площадях Украинского Полесья, произошли значительные изменения его ландшафта: понизился уровень грунтовых вод, усилились элювиальные процессы, изменился баланс влаги в почве. В связи с этим изменились условия почвообразования.

Основными почвообразующими породами на Украинском Полесье являются водно-ледниковые, ледниковые и аллювиальные отложения. В некоторых местах есть небольшие островки лессовых отложений. Как правило, они имеют легкий гранулометрический состав. Большое разнообразие материнских пород, волнистый рельеф и колебания уровня грунтовых вод создают пестроту почвенного покрова.

В создании почвенного покрова Украинского Полесья участвуют три типа почвообразования: подзолистый, дерновый и болотный. Их развитие происходит под влиянием соответствующих растительных формаций: древесной, травянистой, луговой и болотной.

На территории Украинского Полесья преобладают такие типы почв: дерново-подзолистые, подзолистые, луговые, болотные и дерновые (рис. 11.1).

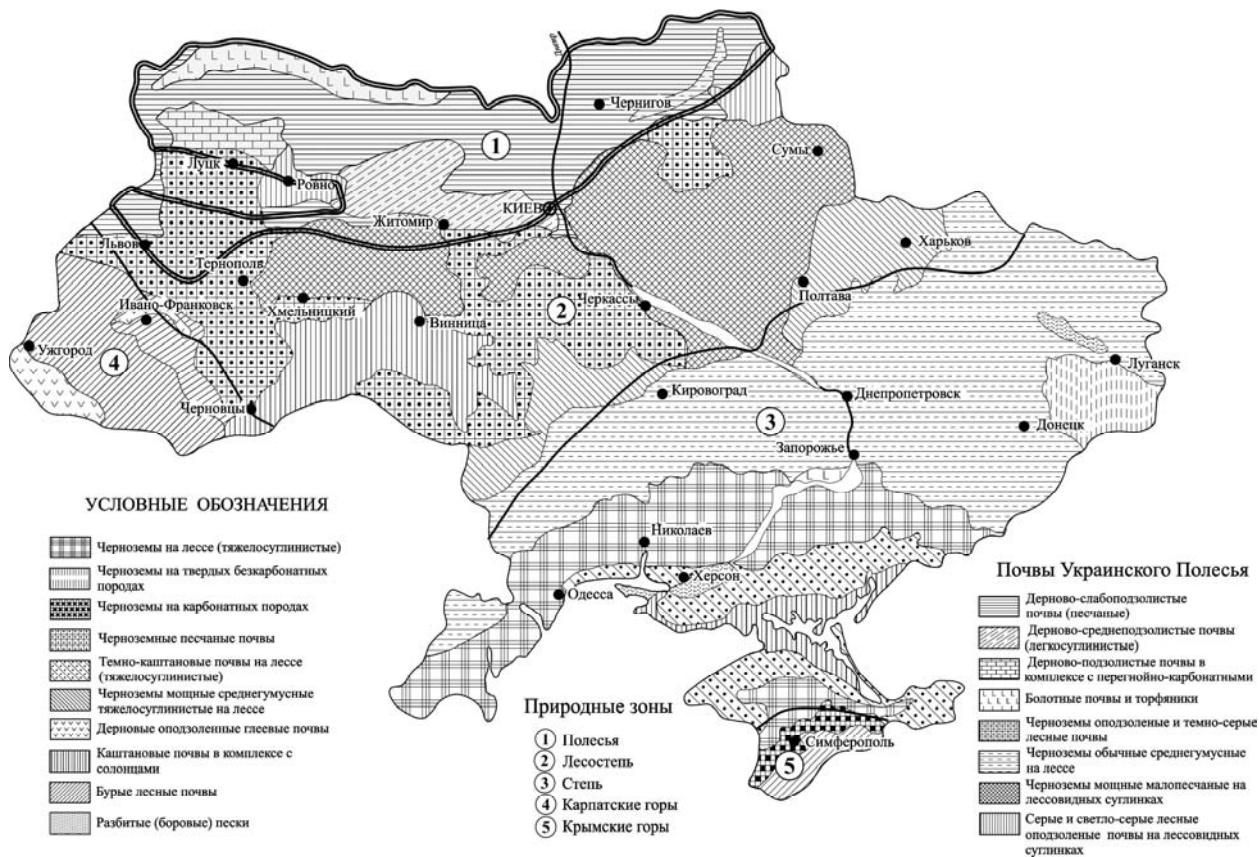


Рис. 11.1. Карта почв Украины

Дерново-подзолистые почвы – это зональные почвы Украинского Полесья (около 66 % общей территории). Они сформировались под лесной растительностью на водно-ледниковых, моренных, лессовидных и аллювиальных отложениях. По степени подзолистости они бывают слабо- и средне-подзолистые и дерново-скрытоподзолистые; по степени оглеенности – глееватые, глеевые и сильно-глеевые [4, 5].

Суть подзолообразования сводится к разрушению, растворению и выносу органических веществ из верхних слоев почвы и их отложению в низших.

Характерным признаком оподзоленных почв является перераспределение коллоидов по профилю почвы и четкое разделение почвенного профиля на генетические горизонты: элювиальный (вымывание) и иллювиальный (намыв). В иллювиальном горизонте резко увеличивается количество ила, которое зависит от степени оподзоленности.

Морфологические признаки этих почв следующие: сверху до 20 см залегает светло-серый бесструктурный гумусовый элювиальный горизонт. В нем сосредоточен основной запас гумуса. На глубине 20–40 см залегает элювиальный безгумусовый горизонт. Это горизонт, в котором наиболее выражен подзолистый процесс. Хорошо промытый и обедневший питательными веществами. Преимущественно бесструктурный. Ниже залегает иллювиальный горизонт (40–120 см), который имеет хорошо выраженные скопления коллоидных веществ: гидратов, оксидов железа и алюминия, гуминовых веществ и других соединений. Все эти вещества придают горизонту пестроту: на общем красновато-буром фоне случаются слои крупнозернистого светлой окраски (отмытого от пленок железа) песка. Горизонт уплотненный, иногда не пропускает даже воду. Далее залегает почвообразующая порода различного происхождения и мощности (120–200 см). При постоянном или временном избыточном увлажнении наблюдаются признаки полного или частичного оглеения в виде сизых и ржавых пятен и разводов.

Лучше выражены генетические горизонты в супесчаных дерново-подзолистых почвах. Заметна также дифференциация почвенного профиля в дерново-слабо- и средне-подзолистых песчаных и глинисто-песчаных почвах. В дерново-скрытых подзолистых почвах дерновый горизонт слабо окрашен гумусом и имеет слабо выраженные признаки подзолистости. Физико-химические свойства и гранулометрический состав основных отличий дерново-подзолистых почв [17] приведены в таблицах 11.1 и 11.2.

Таблица 11.1

Физико-химические свойства дерново-подзолистых почв

Почва	Глубина образца, см	рН	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Степень насыщения основаниями	Гумус, %
			мг-экв на 100 г почвы			
Дерново-скрыто-подзолистая песчаная	0...20	5,0	2,6	1,0	30,0	0,60
	30...40	5,1	1,6	0,5	24,0	0,23
Дерново-слабо-подзолистая глеевая глинисто-песчаная	0...20	4,6	2,6	1,3	52,4	1,30
	20...30	4,8	1,6	0,9	-	0,34
Дерново-среднеподзолистая супесчаная	0...20	5,6	2,3	2,7	-	1,20
	30...40	5,9	0,8	1,5	-	0,20
Дерново-среднеподзолистая глееватая супесчаная	0...20	5,2	2,4	2,9	54,9	1,50
	25...40	5,0	1,6	2,8	31,0	0,42

Таблица 11.2

Гранулометрический состав дерново-подзолистых почв, %

Почва	Глубина образца, см	Размеры частиц, мм						физическая глина
		песок		пыль			ил	
		>0,25	0,25...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001		
Дерново-скрыто-подзолистая песчаная	0...20	50,0	39,38	4,07	0,54	2,31	1,60	4,45
	30...40	51,25	38,58	3,54	1,54	2,46	2,00	6,00
	50...60	49,50	37,00	6,66	0,41	3,75	1,84	6,00
Дерново-слабо-подзолистая глинисто-песчаная глееватая	0...20	35,6	45,78	10,66	0,94	2,66	4,36	7,96
	50...60	53,26	43,02	0,84	0,18	0,84	1,86	2,88
	150...160	45,77	50,31	1,20	0,24	0,56	1,92	2,72
Дерново-средне-подзолистая глинисто-песчаная	0...20	4,65	65,81	20,76	2,12	1,32	4,74	8,18
	30...40	3,87	65,98	22,96	1,64	2,50	2,68	6,82
	150...160	4,63	62,35	22,50	1,36	2,36	6,52	10,24
Дерново-средне-подзолистая супесчаная	0...20	12,21	48,63	17,86	2,18	1,94	15,62	19,74
	40...50	30,41	34,25	12,00	2,36	3,43	16,15	21,94

Дерново-подзолистые почвы Украинского Полесья имеют преимущественно легкий гранулометрический состав: это песчаные, глинисто-песчаные и супесчаные почвы, в которых количество иловатых частиц соответственно составляет 2; 2–5; 5–15 %. От гранулометрического состава почв зависят их физические свойства. Плотность сложения пахотного слоя дерново-подзолистых почв выше оптимальной и составляет от 1,40 до 1,55 г/см³. Такие почвы имеют низкую влагоемкость, повышенную водопроницаемость и очень низкую гигроскопичность. Следует отметить невысокий уровень плодородия и неблагоприятные для выращивания сельскохозяйственных культур свойства дерново-подзолистых почв.

Для дерново-подзолистых почв Полесья характерна низкая емкость катионного обмена (1,5–8,5 мг-экв/100 г). Они бедны кальцием, магнием и питательными веществами. Реакция почвенного раствора кислая: рН солевой вытяжки – 4,2–5,6, гидролитическая кислотность – 1,5–3,5 мг-экв на 100 г почвы.

Дерново-подзолистые почвы характеризуются низким содержанием гумуса (0,4–2,5 %), который находится преимущественно в гумусово-элювиальном горизонте. В элювиальном горизонте его количество резко уменьшается (до 0,2–0,4 %). В составе гумуса содержание фульвокислот преобладает над содержанием гуминовых кислот. Запасы питательных веществ в дерново-подзолистых почвах очень низкие: азота – 0,05–0,08, фосфора – 0,04–0,09 и калия – 1,0–1,5 % от массы сухой почвы. Эти почвы очень бедны микроэлементами. Так, 1 кг сухой почвы содержит, мг: кобальта – 2, марганца – 98, цинка – 29, бора – 4 [4, 5].

Плодородие дерново-подзолистых почв можно повысить с помощью комплекса мер, прежде всего известкованием и внесением органических удобрений. Из минеральных удобрений на этих почвах наиболее эффективными являются азотные и фосфорные, менее – калийные. Значительное увеличение урожая зерновых и пропашных культур дает внесение медных, борных, марганцевых и других микроудобрений.

Дерново-подзолистые оглеенные (глееватые и глеевые) почвы на делювиальных и водноледниковых отложениях и на морене расположены на понижениях водоразделов, террас, на которых близко к поверхности находятся грунтовые воды. Случаются они также на повышенных участках при наличии на определенной глубине уплотненного слоя, на поверхности которого задерживается атмосферная влага.

Оглеение, как известно, представляет собой биохимический процесс превращения окислительных соединений, железа и алюминия в закисные формы, что происходит в анаэробных условиях при длительном переувлажнении почвы. Поэтому степень оглеенности зависит прежде всего от глубины залегания грунтовых вод.

Оглеенные горизонты имеют сизоватую, грязно-зеленоватую или голубоватую окраску. По степени оглеенности различают:

а) глееватые почвы – признаки оглеенности заметны только в материнской породе и нижней части иллювиального горизонта;

б) глеевые почвы – оглеение распространилось на весь иллювиальный горизонт.

Дерново-подзолисто-оглеенные почвы сохраняют признаки дерново-подзолистых почв. Под гумусовым горизонтом залегает вымытый белесый элювиальный песок. Глубина этого горизонта 10–40 см. Под элювием хорошо выделяется иллювиальный горизонт, который имеет вид грязно-бурого уплотненного глинисто-песчаного слоя.

Оглеенные почвы отличаются малым содержанием гумуса и повышенной кислотностью, которая обусловлена подвижным алюминием и наиболее вредна для растений. Вредно действуют также закисные соединения почвенного раствора. Близость грунтовых вод и переувлажнение этих почв в отдельные периоды требуют проведения агромероприятий, прежде всего достаточного осушения почвы. Для получения высоких урожаев оглеенные почвы надо известковать, вносить в них минеральные и органические удобрения. На дерново-подзолистых оглеенных почвах выращивают овощные, технические и кормовые культуры, в том числе травы.

Оподзоленные почвы образовались на лессовых. К ним относятся светло-серые, серые и темно-серые оподзоленные почвы, а также черноземы оподзоленные. Материнская порода – лесс и лессовидные суглинки.

Строение профиля светло-серых оподзоленных почв похоже на строение профиля дерново-подзолистых. Гумусовый горизонт не превышает 20–25 см, под ним четко выделяется элювиальный. Под элювиальным, на глубине 28–30 см расположен бурый, уплотненный иллювиальный горизонт, который постепенно переходит в выщелоченный лесс. Средние показатели физико-химических свойств и гранулометрического состава оподзоленных почв приведены в таблицах 11.3 и 11.4 [17].

Физико-химические свойства серых оподзоленных почв

Почва	Глубина образца, см	рН	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Степень насыщения основаниями	Гумус, %
			мг-экв на 100г почвы			
Светло-серая оподзоленная легкосуглинистая	0...20	5,7	2,67	9,30	71,6	1,43
	20...30	4,8	2,39	-	-	0,50
Серая оподзоленная легкосуглинистая	0...20	5,7	2,49	10,67	76,5	1,76
	30...40	-	2,23	-	83,7	0,93
Темно-серая оподзоленная крупнопылевато-легкосуглинистая	0...20	5,9	2,31	12,20	81,5	2,88
	30...40	5,8	2,34	11,23	82,8	1,31

Таблица 11.4

Гранулометрический состав оподзоленных почв, %

Почва	Глубина образца, см	Размеры частиц, мм						
		песок		пыль			ил	физическая глина
		>0,25	0,25...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001	<0,001	0,01
Светло-серая оподзоленная легкосуглинистая	0...20	0,39	35,25	38,10	2,14	6,06	11,90	20,10
	50...60	3,21	12,74	50,96	5,76	1,70	23,92	30,38
	70...80	0,05	12,47	54,46	6,10	5,30	21,29	31,60
Серая оподзоленная крупнопылевато-легкосуглинистая	0...20	0,02	10,33	62,72	5,12	4,82	15,54	25,48
	30...40	0,11	10,05	52,22	5,18	4,48	19,48	29,14
	60...70	0,12	10,33	60,02	4,52	4,32	19,32	28,16
Темно-серая крупнопылевато-легкосуглинистая	0...20	0,38	14,86	62,82	4,56	5,30	10,74	20,60
	30...40	0,06	31,81	36,50	5,52	5,84	18,72	30,18
	60...70	-	11,22	55,04	5,24	5,06	21,58	31,88

Содержание гумуса в пахотном слое светло-серых оподзоленных почв колеблется в пределах 0,8–2,5 %, рН солевой вытяжки – 4,8–6,6, степень насыщения основаниями – 50–80 %.

Серые оподзоленные почвы отличаются от светло-серых более развитым гумусовым (30–35 см) и более слабым элювиальным горизонтом. Иллювиальный горизонт также менее заметен и более гумусовый (1,7–2,5 % гумуса). Он характеризуется пониженной кислотностью (рН 5,2–7,0), большей степенью насыщенности основаниями (76–95 %) и повышенным содержанием питательных веществ. Однако естественное плодородие этих почв недостаточно для получения на них высоких урожаев.

Сравнительно большее природное плодородие имеют темно-серые оподзоленные почвы. Общая глубина гумусового горизонта достигает в этих почвах 50–60 см при содержании гумуса в пахотном слое 2,5–3,7 %. Реакция почвенного раствора находится в пределах от слабокислой до щелочной (рН 5,9–7,0). Пахотный слой хорошо насыщен основаниями (81–97 %), валовое содержание фосфора – 0,1–0,4 %, калия – 1,4–2,6 % [4, 5].

Оглеенные оподзоленные почвы характеризуются по сравнению с неоглеенными более плотным и вязким иллювиальным горизонтом, меньшим содержанием гумуса, несколько большей кислотностью и меньшей насыщенностью основаниями. Эти почвы лучше обеспечены влагой, а в дождливые периоды даже склонны к переувлажнению.

Для повышения плодородия оглеенных оподзоленных почв необходимо применять такие агро-мелиоративные меры, которые способствовали бы углублению пахотного слоя, поддержанию его в рыхлом состоянии. Для получения высоких урожаев нужно также увеличивать содержание питательных веществ и снижать кислотность этих почв.

Среди оподзоленных почв наибольшим природным плодородием по сравнению с другими отличаются оподзоленные черноземы, а также заметным влиянием на них подзолистого процесса. Это проявляется в их морфологическом строении и физико-химических показателях: пластическая структура подпахотного слоя, присыпка из кремняки, несколько повышенная кислотность верхних горизонтов по сравнению с нижними и т. п.

По содержанию гумуса черноземы делятся на слабогумусные (до 3 %) и малогумусные (более 3 %); по мощности гумусового слоя – на глубокие (до 120–130 см) и неглубокие (до 80–110 см).

Различают черноземы карбонатные, когда карбонаты находятся на глубине 30 см и ближе к поверхности. Типичные, когда соли углекислого кальция и магния на глубине 40–60 см. Выщелоченные, если эти соли вымыты в нижнюю часть почвенного профиля.

Верхний горизонт характеризуется слабокислой или нейтральной реакцией почвенного раствора (табл. 11.5) [17]. Гранулометрический состав черноземных легкосуглинистых почв приведен в таблице 11.6. Структура пахотного слоя зернисто-комковатая.

Таблица 11.5

Физико-химические свойства черноземных почв

Почвы	Глубина образца, см	рН	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Степень насыщенности основаниями	Гумус, %
			мг-экв на 100 г почвы			
Чернозем неглубокий малогумусовый легкосуглинистый	0...20	6,5	-	19,90	95,00	3,20
Чернозем глубокий слабогумусовый легкосуглинистый	0...20	6,7	-	19,80	92,50	2,70

Микробиологическая активность этих почв высокая, но в связи с тем, что содержание гумуса в них сравнительно небольшое, азотные удобрения дают значительный эффект. Фосфорной кислотой в доступной для растений форме эти почвы обеспечены лучше, поэтому эффективность фосфорных удобрений несколько ниже, чем азотных. Калийные удобрения также малоэффективны, но их совместное внесение с азотными и фосфорными дает хорошие результаты.

Таблица 11.6

Гранулометрический состав черноземных почв, %

Почва	Глубина образца, см	Размеры частиц, мм						физическая глина
		песок		пыль			ил	
		>0,25	0,25...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001		
Чернозем неглубокий малогумусный крупнопылевато-легкосуглинистый	0...20	0,17	11,32	61,30	4,26	4,98	16,32	25,76
	25...35	0,14	7,45	62,44	5,72	4,00	18,70	28,52
	45...50	0,04	9,52	56,72	3,64	4,12	15,20	22,96
Чернозем глубокий малогумусный выщелоченный крупнопылевато-легкосуглинистый	0...20	0,15	10,25	58,80	4,54	3,96	20,34	28,84

Луговые почвы образовались на пониженных элементах рельефа и в поймах рек. От дерновых они отличаются глубоким гумусовым профилем (до 70 см) и несколько большим содержанием гумуса (до 5 %). Гумусовый дерновый горизонт, как правило, хорошо оструктуренный.

Почвообразующими породами являются аллювиальные, делювиальные и ледниковые отложения. При формировании луговых почв на карбонатных делювиальных отложениях профиль может быть окарбонатенный.

В зависимости от глубины залегания грунтовых вод и степени оглеения различают луговые глеевые и щелочно-болотные почвы. В луговых глеевых почвах грунтовые воды расположены на глубине 56...100 см, а признаки оглеения наблюдаются по всему профилю. В лугово-болотных почвах грунтовые воды залегают близко к поверхности, а часто и выходят на нее.

На понижениях водоразделов, террасах и повышенных участках пойм встречаются лугово-черноземные почвы, которые сформировались под травяной растительностью в условиях близкого залегания грунтовых вод, поэтому они сочетают признаки черноземов и луговых почв. В нижней части их профиля наблюдаются оглеения. В отличие от черноземов они более гумусированы и увлажнены. По плодородию их приравнивают к черноземам. На них можно выращивать все сельскохозяйственные культуры, прежде всего овощные, создавать культурные сенокосы и пастбища.

Физико-химические свойства и гранулометрический состав луговых и лугово-черноземных почв приведены в таблицах 11.7 и 11.8 [17].

Таблица 11.7

Физико-химические свойства луговых и лугово-черноземных почв

Почвы	Глубина образца, см	рН	Гидролитическая кислотность	Сумма впитанных оснований	Степень насыщения основаниями	Гумус, %
			мг-экв на 100 г почвы			
Луговые глеевые супесчаные	0...20	4,0	3,04	14,10	89,10	2,50
Луговые глеевые легкосуглинистые	0...20	5,5	1,80	20,00	89,50	4,70
Лугово-черноземные легкосуглинистые	0...20	6,6	0,91	23,51	97,12	3,96

Таблица 11.8

Гранулометрический состав луговых и лугово-черноземных почв

Почвы	Глубина образца, см	Размеры частиц, мм						
		песок		пыль			ил	физическая глина
		> 0,25	0,25...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001	<0,001	0,01
Луговые среднеглеевые легкосуглинистые	0...20	3,66	41,07	26,84	1,2	5,84	18,64	25,68
	25...35	7,01	34,34	26,36	5,52	4,48	20,24	30,24
	140...150	40,99	33,28	11,84	0,92	0,16	12,68	13,76
Луговые черноземные супесчаные	0...20	25,00	42,98	18,94	2,56	0,86	9,00	12,42
	70...80	33,10	31,19	20,53	1,32	1,44	11,46	14,22
	150...160	30,88	48,98	10,40	1,36	1,18	6,68	9,22

Луговые, лугово-болотные, а особенно лугово-черноземные почвы имеют высокое потенциальное природное плодородие, поэтому их с успехом используют для выращивания овощных и кормовых культур.

Болотные почвы формируются в условиях избыточного увлажнения, под влиянием болотного процесса почвообразования, характерным признаком которого являются оглеение и торфообразование. Последнее связано с тем, что на заболоченных территориях в условиях достаточного количества влаги в результате значительного прироста различных трав происходит накопление большой массы органических веществ. Избыточное увлажнение поверхности почвы препятствует свободному доступу воздуха в почву, способствует развитию анаэробных процессов при разложении органической массы. Вся эта органическая масса не успевает разлагаться микроорганизмами, из года в год ее накапливается все больше и больше в виде бурого торфа. Этот тип почвообразования обусловлен различным развитием болотного процесса. Для каждой фазы характерны свои растительные формации, которые сменяют друг друга в зависимости от изменения условий жизнедеятельности растений и наличия анаэробных микроорганизмов.

Болотные почвы в зависимости от происхождения, ботанического состава растений болота, из которых образуется торф, рельефа местности и характера водного питания делятся на три основных типа: 1) низменные, 2) переходные, 3) верховые.

Переходные и верховые торфяники встречаются очень редко (всего 5 % от площади всех болотных почв). Расположены на водоразделах в местах незначительных снижений с атмосферным водным питанием. Для них характерна меньшая по сравнению с низменными торфяниками степень разложения торфа, меньшая зольность, кислая реакция почвенного раствора. Эти торфяники мало пригодны как сельскохозяйственные угодья, их целесообразнее использовать на топливо, подстилку и тому подобное.

Преобладающим типом водного питания низменных торфяников является почвенно-напорное, воды которого более минерализованные, чем поверхностные, поэтому растительный покров здесь богаче и разнообразнее, чем на верховых и переходных болотах.

По мощности торфяного слоя торфяники разделяют на неглубокие (50–100 см), среднемощные (100–200 см), глубокие (200–400 см) и очень глубокие (более 400 см).

Особенностью хорошо разложенных торфов является их зольность, что связано с характером их водно-минерального питания. По количеству золы торфяники разделяют на мало- и средnezольные (до 20 %), многозольные (20–50 %), иловато-торфяные (50–80 %) и минерально-болотные (более 80 %).

Почвы низинных болот могут иметь слабокислую, нейтральную и щелочную реакцию почвенного раствора (рН=5,0...8,0). Они имеют высокую емкость поглощения, относительно высокую насыщенность кальцием и магнием. Содержат значительные запасы азота (2,6–4,0 %), иногда и фосфора, но очень мало калия (0,01–0,1). Низменные торфяники также недостаточно обеспечены микроэлементами, и поэтому без внесения микроудобрений не дают удовлетворительных урожаев.

Физико-химические и водно-физические свойства торфяной почвы болота Чемерное (Ровенская область), которое является типичным для зоны Украинского Полесья, приведены в таблицах 11.9 и 11.10 [17].

Таблица 11.9

Физико-химические свойства торфяной почвы болота Чемерное (Ровенская область)

Глубина образца, см	Органическое вещество, %	Зольность, %	рН солевое	Валовые запасы, %				
				Fe ₂ O ₃	K ₂ O	P ₂ O ₅	CaO	N ₂ O
15...20	85,4	14,6	4,3	3,85	0,05	0,31	3,01	5,47
40...45	90,9	9,1	5,6	3,71	0,02	0,10	2,41	8,21

Таблица 11.10

Водно-физические свойства торфяной почвы болота Чемерное (Ровенская область)

Глубина образца, см	Удельный вес, г/см ³	Плотность почвы, г/см ³	Общая пористость, %	Гигроскопичная влажность, %	Полная влагоемкость, %
10...20	1,57	0,265	83,2	32,0	338,2
40...50	1,54	0,190	91,0	28,9	526,0

Торфяные почвы по основным свойствам отличаются от минеральных почв. Их плотность сложения в 2,5–10 раз меньше, чем минеральных, у них значительно больше продуктивной влаги, несмотря на большое количество недоступной влаги.

По степени развития торфяного (органогенного) горизонта различают следующие виды: иловато-глинистые, торфянисто-глеевые, торфяно-глеевые и торфяники. Различают также болотные почвы на песчаных и супесчаных, суглинистых и глинистых породах, луговых мергелях и известняках.

Иловато-глинистые почвы не имеют сплошного слоя торфа. На их поверхности залегает только гумусовый оторфованный горизонт. В нем на фоне минеральной массы встречаются полуразложившиеся и неразложившиеся остатки болотной растительности. Горизонт имеет мощность от 15 до 45 см, темно-серый, почти черный, мокрый, вязкий, постепенно переходит в сизо-серую с охристо-ржавыми пятнами породу.

Торфянисто- и торфяно-глеевые почвы имеют такой же профиль, как и иловато-глинистые, однако на их поверхности залегает слой торфа мощностью 20–30 см в торфянисто-глеевых и 30–50 см в торфяно-глеевых почвах. Ниже залегает глеевый горизонт, который в верхней части может быть слабогумусированный.

Заболачивание может развиваться под влиянием как пресных и слабоминерализованных вод, так и вод, содержащих значительное количество солей Ca(HCO₃)₂, CaSO₄, NaCl, Na₂SO₄, Na₂CO₃, NaHCO₃ и др. При этом образуются солончаки и солончаковые болотные почвы, обогащенные легкорастворимыми солями натрия.

Осушение и распашка торфяников сильно меняют направление почвообразующего процесса, их состав и свойства. Так, вместо накопления торфа происходит его разложение, окислительные процессы преобладают над восстановительными, в результате чего верхний горизонт разлагается и постепенно превращается в перегнойно-торфяной. Кроме того, меняются агрохимические и биологические свойства торфяных почв.

Дерновые почвы распространены среди дерново-подзолистых почв. От общей площади пахотных земель Украинского Полесья они составляют 7 %. Дерновые почвы встречаются на участках, где есть карбонатные почвообразующие породы (известняки, меловые отложения, мергель, окарибоначенные суглинки). Они имеют хорошо выраженный гумусовый горизонт (10–30 см), высокую насыщенность кальцием и магнием, нейтральную или слабокислую реакцию гумусового горизонта, высокое содержание перегноя (3–5 % и более), достаточно прочную комковатую структуру, высокую естественное плодородие.

Если дерновые почвы формируются в местах близкого залегания грунтовых вод, то переходный горизонт и почвообразующая порода могут быть оглеенными.

Песчаные и глинисто-песчаные почвы отличаются низким естественным плодородием. Они слабо насыщены основаниями, содержат мало гумуса и питательных веществ [17] (табл. 11.11, 11.12).

Физико-химические свойства дерновых почв

Почвы	Глубина образца, см	рН	Гидролитическая кислотность	Сумма питательных оснований	Степень насыщенности основаниями	Гумус, %
			мг-экв на 100 г почвы			
Дерновые глеевые глинисто-песчаные	0...20	5,3	2,9	2,6	42,1	1,70
Дерновые глеевые супесчаные	0...20	5,5	1,7	4,2	31,7	2,70
Дерново-глинистые карбонатные суглинистые	0...20	6,9	0,8	-	-	5,12

Таблица 11.12

Гранулометрический состав дерновых почв, %

Почвы	Глубина образца, см	Размеры частиц, мм						физическая глина
		песок		пыль			ил	
		>0,25	0,25...0,05	0,05...0,01	0,01...0,005	0,005...0,001		
Дерновые глеевые супесчаные	0...20	49,93	33,96	9,40	2,28	3,32	6,20	11,80
	40...50	40,11	39,68	8,58	1,82	2,32	7,04	11,18
	70...80	26,63	37,14	24,46	2,34	4,24	4,52	11,10
Лугово-черноземные супесчаные	0...20	40,09	9,02	18,75	11,84	7,69	11,14	30,67
	30...40	39,15	10,15	18,14	14,15	3,73	12,53	30,41
	100...110	31,18	11,79	25,17	25,17	3,85	12,75	31,09

Дерновые почвы, образовавшиеся на карбонатных суглинках, мергелях и на элювии плотных карбонатных пород, обладают высокой степенью насыщенности кальцием, имеют больше гумуса и питательных веществ для растений, но бедны калием. На них можно получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур, но для этого нужно вносить большие дозы калийных удобрений.

Необходимо отметить, что значительные площади Украинского Полесья занимают эродированные почвы. Ветровая эрозия (дефляция), распространившаяся на песчаных и торфяных почвах, наносит большой вред прилегающим угодьям. Наиболее эффективным средством закрепления песков является их облесение. А в районах с холмистым рельефом под действием поверхностного стока талых и ливневых вод развиваются овраги и крутые берега балок. Эффективными средствами борьбы с водной эрозией являются облесение и задернение оврагов, создание подпорных стенок, лотков, перепадов и других гидротехнических сооружений, проведение агромерелиоративных мероприятий и т. п.

Итак, для Украинского Полесья характерен пестрый почвенный покров. Существенным недостатком почв является кислая реакция почвенного раствора (площадь кислых почв с рН <5 составляет 34 %) и недостаточное содержание питательных веществ, что обусловлено низким запасом гумуса в пахотном слое почвы (менее 100–200 т/га). В прямо пропорциональной зависимости от запаса гумуса находится содержание общего азота. В связи с легким гранулометрическим составом и периодически промывочным типом водного режима почвы Полесья теряют подвижные формы азота.

В почвах Украинского Полесья содержание подвижных соединений фосфора низкое. Лишь 13 % площади пахотных земель занимают почвы с повышенной и высокой обеспеченностью фосфором. Содержание фосфора зависит от гранулометрического состава почв.

Обеспеченность калием почв Полесья зависит от количества в них ила. Повышенное и высокое содержание подвижного калия наблюдается на 10 % площади пахотных земель, среднее – на 28 % и низкое – на 62 %. Содержание микроэлементов в почвах этой зоны низкое.

Пахотные земли на Украинском Полесье занимают 45 % всей земельной площади. Значительная часть зоны занята лесами, кустарниками и болотами. Леса занимают 30 % территории, а площадь заболоченных земель составляет половину площади лесных угодий в Украине. В западных районах зоны более 70 % площади земель имеют избыточную кислотность, а в других районах зоны – более половины. Вследствие известкования кислых почв частично нейтрализуется кислотность почвы, улучшаются условия питания растений, повышается эффективность использования органических и минеральных удобрений. При проведении комплексных мелиораций почв происходит трансформация земель в сторону увеличения площадей слабокислых почв за счет уменьшения площадей средне- и сильнокислых.

Одной из мер повышения плодородия почв на Украинском Полесье является периодическое углубление пахотного слоя, что часто совпадает с мощностью гумусово-элювиального горизонта. При этом вносят органические удобрения или запахивают сидеральные культуры. Внесение органических и минеральных удобрений на бедных почвах Полесья имеет большое значение для повышения их плодородия. Болотные почвы Украинского Полесья используют только после осушения, причем наиболее эффективно использовать их можно при двустороннем регулировании водно-воздушного режима.

11.2. Окультуривание как основа повышения плодородия пахотных земель

Окультуривание почвы – процесс изменения свойств почвы для повышения плодородия путем применения научно обоснованных приемов. В процессе окультуривания почвы подвергаются различным изменениям, что обусловлено особенностями исходных данных ландшафта и агротехническими приемами. При окультуривании черноземных почв ставят задачу сохранить имеющиеся благоприятные свойства, соблюдая правильную агротехнику, применяя удобрения, а в отдельных случаях используют орошение, мелиорацию засоленных почв (гипсование почв, мелиоративная вспашка) и пр.

Наиболее ощутимо под влиянием окультуривания изменяются дерново-подзолистые почвы. Для них характерен неглубокий пахотный слой с низким содержанием гумуса, высокой кислотностью или щелочностью, неблагоприятными агрофизическими, физико-химическими и биологическими свойствами. Окультуривание дерново-подзолистых почв включает системы мероприятий: применение органических и минеральных удобрений, известкование, создание мощного пахотного слоя, посевы многолетних трав, сидерацию песчаных почв, борьбу с избыточным увлажнением почв.

По степени окультуривания дерново-подзолистые почвы разделяют на три категории: освоенные, окультуренные, культурные [1].

К освоенным принадлежат почвы, которые включены в активное сельскохозяйственное использование при низком уровне агротехники, малых дозах органических и минеральных удобрений, недостаточном известковании или без него. Пашня, как правило, имеет неоднородную пятнистую поверхность, часто образуется корка. Глубина пахотного слоя 15–20 см. Содержание гумуса в пределах 1,5–2,5 %. Реакция кислая (рН 4,3–4,7), реже слабокислая. Плотность пахотного слоя 1,3–1,4 г/см³, общая пористость меньше 45 %.

Окультуренные дерново-подзолистые почвы формируются в условиях высокой культуры земледелия (соблюдение севооборотов, постоянное внесение органических и минеральных удобрений, известкование). Достаточно отчетливо сохраняются признаки подзолистого типа почвообразования с неявными чертами дернового процесса. Глубина пахотного слоя 20–25 см. Содержание гумуса в нем 2,0–3,5 %, реакция слабокислая (рН 5,0–5,5). Плотность пахотного слоя 1,2–1,3 г/см³, общая пористость 45–50 %.

Дерново-подзолистые культурные почвы формируются в условиях продленного и интенсивного окультуривания. При постоянном внесении большого количества навоза и систематическом известковании почвы, как правило, теряются морфологические признаки подзолистого типа. Эти почвы характеризуются достаточно глубоким пахотным слоем (25–30 см) с содержанием гумуса 3–5 %, рН 5,5–6,5. Плотность пахотного слоя 1,1–1,2 г/см³, общая пористость 50–55 %.

Воздействие на почву в процессе окультуривания необходимо не только для обеспечения условий получения стабильно высоких урожаев растений, но и формирования основы культурных экологических систем, ландшафта в целом.

В условиях сельскохозяйственного использования почв воспроизведение их плодородия происходит под влиянием природных факторов и различных мер воздействия человека на почву.

При окультуривании выполняют культуртехнические работы, вносят высокие нормы органических и минеральных удобрений, проводят мелиорацию кислых почв и солонцов, осушают переувлажненные почвы, высевают многолетние бобовые травы, проводят сидерацию легких почв, борются с сорняками, с помощью обработки углубляют пахотный слой.

Все методы, используемые для окультуривания почвы можно разделить на физические, химические и биологические.

Физический метод направлен на изменение основных агрофизических свойств почвы: устройство пахотного слоя, его плотность, пористость и структурное состояние. Основными способами воздействия на почвы с целью их изменения являются: обработка почвы, приемы регулирования водного, воздушного и теплового режимов, в том числе осушения и орошения земель.

Химические методы направлены на увеличение в почве содержания доступных для растений питательных элементов путем внесения минеральных удобрений, а также на улучшение химических свойств почвы (например, известкование или гипсование).

Биологические методы включают мероприятия, направленные на обогащение почвы гумусом. Это посев бобовых трав и травосмесей со злаковыми и бобовыми, сидератов, правильный подбор и соотношение сельскохозяйственных культур в севообороте.

Почвы с высоким уровнем окультуренности содержат питательных веществ значительно больше, чем менее окультуренные. Они находятся в них и в более благоприятных для растений соотношениях.

Хорошо окультуренные почвы содержат больше кальция и магния и меньше натрия, водорода и алюминия. Кальций и магний более активны, коагулируют органические и минеральные коллоиды, предотвращают их вымывание в нижние слои почвы.

Окультуренность почвы в первую очередь характеризуется глубиной пахотного слоя. Как показала практика мирового земледелия, наличие глубокого корнеобитаемого слоя создается постепенным и интенсивным окультуриванием почвы, дает возможность получать высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, полнее использовать влагу и питательные вещества почвы и эффективнее применять научно обоснованные нормы удобрений.

Создание глубокого пахотного слоя определяет условия для ведения устойчивого интенсивного высокопродуктивного земледелия. Установлено, что чем глубже пахотный слой, выше его плодородие и окультуренность, тем выше урожайность сельскохозяйственных культур.

Корневая система большинства растений развивается в основном в пахотном слое, где она лучше обеспечивается необходимыми факторами жизни. В подпахотный, уплотненный и с неблагоприятными свойствами слой корневая система проникает слабо. В большем объеме окультуренного слоя почвы развивается большая корневая система растений.

От глубины и окультуренности пахотного слоя почвы во многом зависит использование потенциальной производительности культуры. Глубокий окультуренный слой по сравнению с мелким лучше обеспечивает растения влагой и питательными веществами благодаря лучшей водопроницаемости и влагоемкости, большей биологической активности, что приводит к более интенсивному развитию корневой системы растений в нижних, глубоких, слоях почвы. Это способствует устойчивому обеспечению условий жизни растений и увеличивает их урожайность.

При углублении пахотного слоя, как правило, нежелательно выносить на поверхность малопродуктивный слой почвы с плохими физическими и химическими свойствами. Поэтому один из главных способов привлечения нижних подпахотных слоев в корнеобитаемый слой – рыхление его с внесением на большую глубину удобрений, прежде всего органических.

Таким образом, глубина пахотного слоя, его окультуренность – важные показатели плодородия почвы и величины урожая.

Однако ограничиваться только окультуриванием неглубокого пахотного слоя недостаточно, так как подпахотный слой, имея низкое плодородие, неудовлетворительные агрофизические и агрохимические свойства, резко ограничивают величину урожая сельскохозяйственных культур.

В связи с особым значением более глубокого окультуренного пахотного слоя в получении стабильно высоких урожаев разрабатываются технологии и способы углубления и окультуривания пахотного слоя с учетом особенностей почвенно-климатических условий.

На слабоокультуренных, с неглубоким перегнойным слоем почвах привлечение глубокой обработкой в пахотный слой неокультуренной части подпахотных слоев, как правило, приводит к заметному снижению урожайности выращиваемых культур. Одновременно с углублением пахотного слоя таких почв проводят мероприятия по комплексному окультуриванию глубокого пахотного слоя. Для этого почву известкуют полными нормами, вносят в нее высокие нормы органических и минеральных удобрений, широко внедряют бобовые растения, научно обосновывая чередование культур.

Для создания глубокого пахотного слоя применяют различные способы [5]:

– постепенное увеличение глубины вспашки обычными плугами с выворачиванием глубоких слоев с одновременным внесением органических и минеральных удобрений, а при необходимости извести или гипса;

– вспашка плугами с почвоуглубителями, которые разрыхляют почву в борозде за плугом, не выворачивая на поверхность глубоких слоев;

– применение комбинированного способа, когда подпахотный слой частично выворачивается, а глубже вывороченного слоя разрыхляется почвоуглубителями и остается на месте;

– глубокое рыхление без выворачивания глубоких слоев плугами без полок и предплужников, глубокорыхлителями-плоскорезами, чизель-культиваторами и т. п.;

– плантажная вспашка, при которой происходят практически такие же процессы, как и во время пахоты плугами с полками и предплужниками, но на большую глубину (до 60–70 см).

Важно также правильно определить в севообороте место для углубления пахотного слоя. При этом необходимо учитывать реакцию культур на коренные изменения при глубокой обработке, а также провести окультуривание почвы (внесение химических мелиорантов, больших норм удобрений). Это целесообразнее делать в поле черного пара или во время ранней зяблевой вспашки.

Создание глубокого окультуренного пахотного слоя – неперемное условие повышения плодородия почвы. Увеличение глубины корнеобитаемого слоя растений и его окультуривания особенно эффективно при неглубоком залегании гумусового горизонта, недостатке питательных элементов или наличии вредных соединений в почве. Чем глубже гумусовый горизонт и плодороднее почва, тем реже углубляют пахотный слой в севообороте. Влажные и глинистые почвы обрабатывают чаще и на большую глубину, чем сухие и легкие.

Основные мероприятия по окультуриванию почв при создании глубокого пахотного слоя с учетом почвенно-климатических условий – это научно обоснованные нормы мелиорантов, органических и минеральных удобрений в севообороте с широким использованием бобовых культур и сидератов. Большое значение имеют органические удобрения, поскольку благодаря им повышается биогенность почвы, активно воспроизводится плодородие, возрастает содержание гумуса.

Около трети сельскохозяйственных угодий Украинского Полесья имеют повышенную кислотность почвенного раствора, что обуславливает низкое плодородие и слабую эффективность удобрений. Из-за резкого уменьшения объемов известкования площади кислых почв постоянно растут. Это приводит к снижению урожайности всех культур, и в первую очередь высокоинтенсивных, которые вытесняются с севооборотов более устойчивыми к кислотности, но менее конкурентоспособными, что приводит к снижению общей эффективности земледелия.

Рост кислотности почвы обусловлен как природными факторами, так и влиянием деятельности человека. В условиях несбалансированного применения минеральных удобрений широко распространились процессы вторичного подкисления почв, даже нейтральных по своей природе черноземов. Распространение этого явления связано с техногенным загрязнением почв, более частым выпадением кислотных атмосферных осадков, использованием физиологически кислых минеральных удобрений, особенно азотных, для нейтрализации которых надо применять известняковые удобрения.

Вторичное подкисление почв проявлялось также через усиление элювиальных (подзолистых) процессов после закладки дренажа на переувлажненных почвах, глубинной заделки свежих органических удобрений в тяжелосуглинистые слабоаэрированные и оглеенные горизонты.

Способствует повышению кислотности почв вымывание карбонатов с пахотного слоя атмосферными осадками и почвенной влагой. Также снижают содержание карбонатов в почвах эрозионные процессы, которые интенсивно проявляются на склонах во время сильных дождей, особенно на площадях с пропашными культурами и с нарушенными технологиями обработки почвы.

Использование большого количества минеральных удобрений, в частности азотных, которые преимущественно являются физиологически кислыми, ведет к подкислению почв. Резкое уменьшение внесения органических удобрений, а в большинстве хозяйств их полное отсутствие, привело к снижению буферной способности из-за уменьшения поступления снаружи гумусовых веществ, которые являются одним из основных регуляторов колебания кислотности. Поэтому использование удобрений следует считать основным фактором изменения кислотности.

Кислые почвы характеризуются обедненным содержанием кальция и магния и наличием оксидов алюминия и железа, которые превращают подвижные формы питательных веществ почвы в труднодоступные для растений.

Вследствие повышения кислотности почв ухудшаются их физические, физико-химические, агрохимические и микробиологические свойства. Через подкисление почвы уплотняется пахотный и подпахотный слой, уменьшается пористость, нарушается водно-воздушный режим, развиваются эрозионные процессы. Это приводит к деградации почвы и уменьшению урожаев сельскохозяйственных культур. Единственной и незаменимой мерой повышения производительности кислых почв остается химическая мелиорация – известкование [6, 12, 13].

За последние годы, в связи с интенсификацией техногенного подкисления почв, значимость применения известковых материалов во многих странах мира повысилась. Например, в США применение извести увеличилось почти втрое. Объемы внесения извести в зависимости от реакции почвенного раствора колеблются от 6 до 12 т/га. В Германии ежегодно известкуется почти треть севооборотной площади; исходя из агрономических требований, здесь вносят от 5 до 55 т/га извести при коренной мелиорации кислых почв, а при поддерживающем известковании около 1 т/га. В Англии, в стране с хорошо развитыми традициями по известкованию почв, вносят в среднем по 4,5 т/га извести. Известкование кислых почв на длительное время снижает кислотность и улучшает комплекс свойств,

которые влияют на уровень плодородия. Внесение мелиоранта дает значительную прибавку урожая. Применение минеральных удобрений на известкованных почвах имеет существенно больший эффект. Кроме того, известкование создает благоприятные условия для активизации полезных микробиологических процессов, способствует росту числа доступных форм питательных элементов.

Известняковое удобрение нейтрализует чрезмерную кислотность, улучшает физические и физико-химические свойства почвы, обеспечивает растения кальцием и магнием, повышает эффективность удобрений и производительность севооборотов.

Дефицит такого важного органогенного элемента, как кальций, на кислых почвах приводит к негативным экологическим последствиям, например, из-за его ограниченности в растениеводческой продукции, а по трофной цепи и в организме человека.

В качестве известкового материала используют туф, озерную и луговую известь, доломитовую муку, мергель, известняковые глины, песчаники и торф, мел, жженую известь, а также отходы промышленности, содержащие известь. На почвах с низким содержанием магния (песчаные, торфяники) следует использовать известковый материал, содержащий марганец (доломитовую муку, цементную пыль, сланцевую золу).

На Украинском Полесье (в Сумской, Черниговской, Житомирской, Львовской, Волынской и Ровенской областях) в пределах распространения почв, требующих известкования, есть большие залежи мела, меловых мергелей и твердых известняков, пригодных для известкования.

Почти во всех районах Украинского Полесья встречаются залежи луговых мергелей известняковых туфов, мергелевых торфов, есть торфяной и древесный пепел и поташ.

В Ровенской области насчитывается более 20 месторождений залежей карбонатных пород, в основном мела и мергеля, общие запасы которых составляют более 40 млн т. Прогнозируемые запасы цеолитовых туфов в области составляют 91,5 млн т, что может обеспечить Ровенскую и соседние области этим сырьем. В хозяйствах, расположенных у сахарных заводов, лучшим известковым удобрением является дефекаат, а в хозяйствах западных районов – известковые отходы серного и бумажного производства.

Использование мелиорантов в виде суглинка, мергеля, туфа, известково-серных отходов способствует оптимизации водного режима, улучшает состав почвы за счет роста содержания гумуса и улучшения его качества, а также водно-физические и физико-химические показатели, вследствие повышения их влагоемкости, снижения кислотности и накопления питательных элементов. Кроме того, применение мелиорантов снижает поступление цезия-137 в растительной продукции, что крайне важно для зоны, загрязненной в результате аварии на Чернобыльской атомной станции.

Эффективность известкования зависит от многих факторов, основными из которых являются степень кислотности почвы, норма извести, набор культур в севообороте и уровень их удобрения.

Нормы внесения извести различны и зависят от гранулометрического состава почвы, ее кислотности, выращиваемой культуры, а также от применяемого известкового материала. При определении потребности почв в известковании надо учитывать характер развития почвообразующих процессов [3]. Доза извести для известкования почв и торфяников (табл. 11.13, 11.14) рассчитана на слой почвы и торфа 20 см. При перекопке слоя 30–40 см дозу соответственно увеличивают в 1,5–2 раза [6, 14, 15].

Таблица 11.13

Дозы извести для почв нормального увлажнения, кг на 100 м²

Почва	Сильнокислая (рН 3,8...4,1)	Кислая (рН 4,2...4,5)	Среднекислая (рН 4,6...4,9)	Слабокислая (рН 5,0...5,5)
Супесь	80...65	55...45	40...35	30...10
Легкий суглинок	90...80	70...60	55...50	45...30
Средний суглинок	100...90	75...65	60...55	50...35
Тяжелый суглинок	120...110	90...80	75...65	60...45

Таблица 11.14

Известкование торфяных почв

Кислотность, рН	Потребность в известковании	Доза извести, кг/100 м ²
Менее 3,5	сильная	110...140
3,6...4,3	средняя	50...70
4,4...4,8	слабая	30...40
Более 4,8	отсутствует	-

Все известковые удобрения содержат различные примеси, которые снижают их нейтрализующую способность, поэтому при внесении жженой извести норму уменьшают в 2 раза, гидратной извести (пушонки) – в 1,5 раза, мергеля – увеличивают в 1,5 раза, древесной золы – в 3 раза, торфяной золы – в 5 раз.

Самый высокий эффект нейтрализации почвы отмечен при использовании тонкого помола известкового материала. Лучше почву известковать осенью, известь рассыпают равномерным слоем по поверхности почвы, а затем запахивают.

Малоактивные формы извести (известковую и доломитовую муку, дефекал, известковый туф, мел) можно вносить в почву одновременно с навозом и другими органическими удобрениями.

Известкование может снижать поступление калия в растения, если его содержалось в почве мало, поэтому увеличивают дозы калия.

Чтобы избежать временного избытка кальция при известковании кислых почв, дозу делят на 2 части: одну часть вносят при освоении участка, другую через 3–4 года после посадки растений. Впоследствии содержание в почве кальция, внесенного при известковании, уменьшается вследствие вымывания и поглощения растениями. Почва снова подкисляется, поэтому ее известкуют повторно. Торфяники известкуют не реже 1 раза в 4–5 лет. Известкование дает больший эффект, если его производят не непосредственно под культуры, требовательные к кальцию, а под их предшественников.

На создание оптимальных условий для развития сельскохозяйственных культур в севообороте можно влиять агротехническими приемами, а именно: правильным выбором места внесения извести, формой удобрений, сроками и способами его внесения, сочетанием известкования с удобрением.

Исследованиями, проведенными в разных почвенно-климатических зонах, установлено, что применение минеральных удобрений на сильнокислых почвах малоэффективное [20, 21]. Длительное внесение физиологически кислых форм этих удобрений окисляет почву, разрушает поглощающий комплекс, снижает содержание гумуса, то есть уменьшает плодородие.

Система удобрения сельскохозяйственных культур на кислых почвах может быть высокоэффективной только при правильном сочетании с известкованием, которое должно всегда предшествовать внесению удобрений.

Исследования, проведенные на средне- и слабокислых почвах Украинского Полесья [4, 14, 15] показали, что эффективность сочетания известковых с органическими удобрениями зависит от степени кислотности и окультуренности почвы. На фоне повышенного плодородия почвы и систематического внесения больших норм навоза эффективность известкования уменьшается. Следовательно, при внесении навоза на хорошо окультуренных почвах целесообразно уменьшить норму извести в два раза. При преимущественном применении извести без органических удобрений после первых лет положительного влияния на плодородие почвы в дальнейшем наступает ухудшение.

Легкий гранулометрический состав почв Полесья способствует постоянному вымыванию обменных оснований в грунтовые воды и выноса их в реки и озера. Происходит это потому, что почвы содержат очень мало гумуса и органического вещества, выполняющего роль клея и адсорбента, и кальций не задерживается в них. Вот почему внесение извести и навоза на одном поле повышает плодородие кислой почвы.

Эффективность известкования кислых почв на фоне минеральных удобрений зависит от свойств удобрений и биологических свойств растений. Если из года в год на дерново-подзолистых и оподзоленных почвах вносить кислые формы минеральных удобрений, они их подкисляют, повышая в почвенном растворе концентрацию ядовитых для растений ионов водорода и растворимых соединений алюминия и марганца. Вот почему при систематическом применении физиологически кислых и кислых форм удобрений на подзолистых и оподзоленных почвах их эффективность сначала уменьшается, а через некоторое время наступает даже резкое снижение урожая сельскохозяйственных культур и плодородия почвы. Негативное воздействие кислых минеральных удобрений устраняется предварительным известкованием этих почв. При известковании в почве уменьшается величина и степень кислотности и одновременно снижается доступность для растений микроэлементов бора, меди, кобальта, иногда марганца и увеличивается содержание доступного молибдена. Исследованиями установлено, что внесение микроудобрений на известкованных почвах повышает урожай и улучшает его качество.

Важным мероприятием при окультуривании кислых почв являются фитомелиорации. Они включают подбор и расположение в севообороте сельскохозяйственных культур, которые выдерживают и неплохо развиваются в кислой среде почвы, то есть более терпимы к высокой кислотности.

В дальнейшем надо воздерживаться от выращивания на кислых почвах особенно чувствительных к кислой реакции культур – корнеплодов, яровой и озимой пшеницы, ячменя и др. На этих поч-

вах предпочтение следует отдавать выращиванию овса, озимой ржи, моркови, проса, люпина, злаковых трав и т. п.

На серых лесных почвах и черноземах оподзоленных с близким залеганием карбонатов очень важно в систему чередования культур включать такие фитомелиоранты, как люцерна, клевер, люпин, которые способны «перекачивать» кальций из нижних слоев почвы в верхние, улучшая при этом известняковый потенциал корнеобитаемого слоя, что способствует нормализации кислотно-щелочного равновесия почв.

Таким образом, в комплекс по окультуриванию почвы должны входить такие научно обоснованные приемы:

- систематическая диагностика кислых почв;
- применение эффективных химических мелиорантов;
- использование местных кальцийсодержащих ресурсов;
- оптимальное соотношение органических и минеральных удобрений, применение физиологически нейтральных минеральных удобрений;
- широкое использование фитомелиораций;
- изменение характера использования кислых и солонцовых земель в сторону специализации их для выращивания кормовых культур, полезных кустарниковых и лесных насаждений;
- трансформация пахотных земель с очень кислыми почвами под пастбища, лесонасаждения.

Следовательно, меры по окультуриванию почв Украинского Полесья должны направляться на повышение их плодородия, устранение негативных последствий антропогенных нагрузок, существенное повышение производительности земледелия и создания предпосылок для остановки процесса деградации почв.

11.3. Установление связи между плотностью и агрогидрологическими свойствами почвы

Почва – важнейший компонент хозяйственных биоценозов. Состояние почвенного покрова, его водный, воздушный, солевой, питательный, тепловой и микробиологический режимы, биопродуктивность оказывают решающее влияние на урожай сельскохозяйственных культур.

Сегодня почва превратилась из системы, которая определяется природными факторами, в систему, работающую под действием антропогенных факторов, направленных на повышение эффективности использования земель.

Чрезмерная механическая обработка, использование тяжелой агромелиоративной техники, значительное внесение минеральных и недостаточное внесение органических удобрений, применение ядохимикатов, несоблюдение почвозащитных технологий приводят к ухудшению агрогидрологических свойств почв, значительному уплотнению корнеобитаемого слоя, потере гумуса и продуктивности земель [18]. Как следствие, в почвах происходят количественные и качественные изменения структуры: снижается интенсивность агрегации, ухудшаются водно-воздушный и тепловой режимы корневого слоя, условия питания растений.

При интенсивном земледелии вынесение растениями биогенных веществ из почвы в 1,5–2 раза превышает их поступление, что приводит к дегумификации почв. Потери гумуса сопровождаются ухудшением агрофизических свойств почв.

При недостаточном внесении органических веществ, малой площади многолетних трав в севооборотах резко сокращается содержание в почве зернистых агрегатов размером 1–5 мм (наиболее ценных), увеличивается количество фракций диаметром более 10 мм и менее 0,25 мм. Структура почвы заметно ухудшается, уменьшается количество водостойких почвенных агрегатов, что приводит к ухудшению водно-физических свойств, заилению верхнего слоя во время его увлажнения, образованию корки при высыхании [16].

Перечисленные процессы усиливают процесс эрозии и нарушают экологические и продукционные функции и снижают естественное потенциальное плодородие почвы. Кроме того, в отдельных регионах наблюдаются подтопление, пересушивание, окисление, засоление и осолонцевание почв [8].

Для оценки указанных преобразований и осуществления направленного регулирования почвенных процессов, определения и обоснования агромелиоративных мероприятий по рациональному использованию, обновлению и сохранению земельных ресурсов возникает потребность в организации систематических наблюдений за изменением условий эволюции почв, то есть в организации и внедрении службы локального мониторинга [11].

Мониторинг должен быть систематическим, чтобы вовремя установить отклонения и принять меры по прекращению негативных процессов в почвах. Это требует проведения массовых полевых изысканий, лабораторных исследований и значительных затрат времени и средств.

При анализе полевых исследований по определению агрогидрологических свойств почв наблюдается взаимосвязь между отдельными значениями и их динамикой в зависимости от изменения агрофизических состояний почв [9, 18].

Для установления зависимости исследовались почвы дерново-подзолистые супесчаного и легкосуглинистого гранулометрического состава, серые оподзоленные песчаного и суглинистого гранулометрического состава, черноземы малогумусовые слабощелочные легкосуглинистые (рис. 11.2).

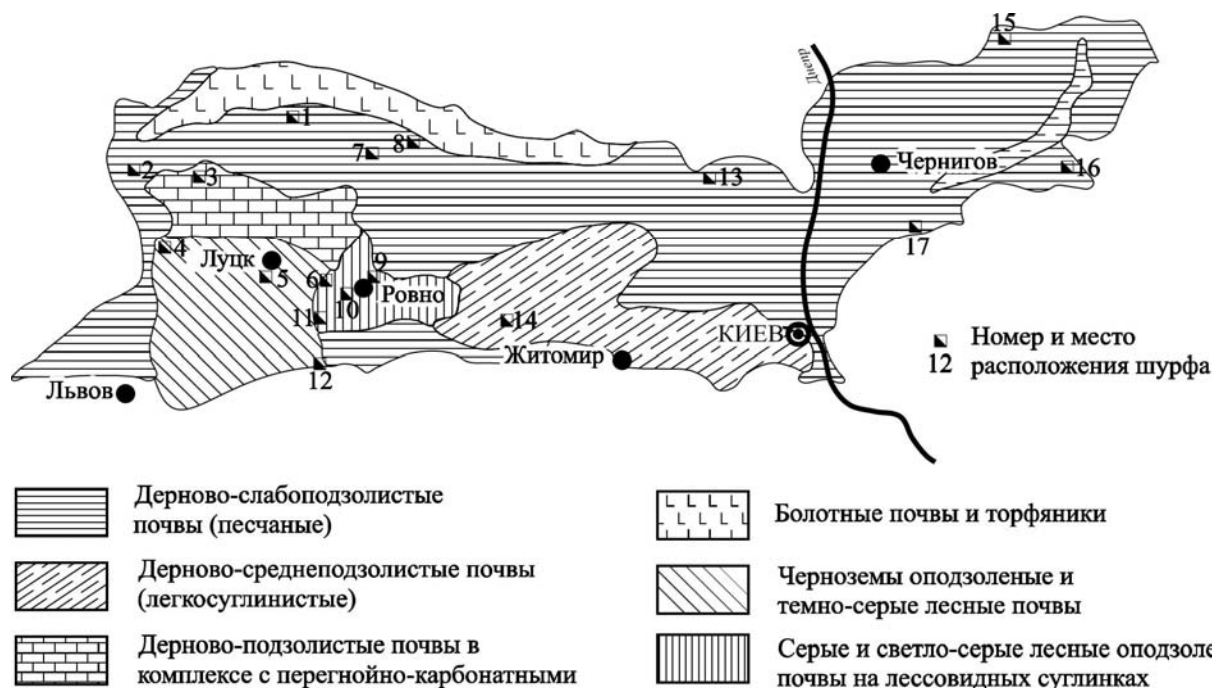


Рис. 11.2. Места расположения шурфов почвы

Дерново-подзолистые почвы наиболее распространены на территории Украинского Полесья. Дерново-слабоподзолистые песчаные почвы имеют высокую водопроницаемость и хорошую аэрацию верхних слоев. Эти почвы бедны питательными веществами, гумус в пределах 0,4–0,9 %. Реакция почвенного раствора дерново-слабоподзолистых почв кислая. Дерново-среднеподзолистые почвы по сравнению со слабоподзолистыми несколько богаче питательными веществами; гумус составляет от 1,0 до 1,9 %. В дерново-среднеподзолистых глееватых почвах процесс оглеения приводит к уплотнению и вязкости нижней части иллювиального горизонта, появляются ржавые и серые пятна, железисто-марганцевые включения.

Небольшую площадь в виде отдельных островов на Украинском Полесье занимают светло-серые оподзоленные почвы супесчаного и песчано-легкосуглинистого гранулометрического состава.

Значительное разнообразие характеристик почв Полесья, регулярность и емкость необходимых исследований в полевых условиях требуют внедрения в практику рациональных, унифицированных экспресс-методов для определения значения и изменения их свойств.

При детальном анализе данных полевых исследований [19] наблюдается взаимосвязь между отдельными свойствами и их динамикой в зависимости от изменения агрофизического состояния почв. Из агрофизических свойств минеральных почв наиболее наглядно выделяется динамика плотности, значение которой влияет практически на все почвенные процессы.

Именно плотность может быть индикатором агрофизического состояния почв и служить аргументом диагностики уровней их деградации и определения значений некоторых агрогидрологических свойств. К тому же плотность почвы определяется достаточно просто (например, методом режущего кольца). Для отбора образцов минеральной почвы с глубины, без устройства шурфов, можно использовать бур.

По величине плотности можно охарактеризовать агрофизическое состояние и определить значение большинства агрогидрологических свойств почвы. Так, анализ изменения плотности показывает, что с повышением ее значения снижается плодородие почвы и, в частности, уменьшается содержание гумуса [9]. Эта связь описывается зависимостью (коэффициент корреляции составляет 0,82–0,87):

$$N_2 = 13,66 - 8,33 \cdot \gamma_0, \% \quad (11.1)$$

где N_2 – количество гумуса в расчетном слое почвы, % массы сухой почвы, γ_0 – плотность почвы, г/см³.

От плотности зависит скважность почвы, то есть количество и размер пор, в которых проживают почвенные организмы, накапливаются вода, кислород, углекислый газ. От скважности зависит структура почвы, с которой связаны его важнейшие агрономические и гидрофизические свойства.

Основные гидрофизические свойства почвы зависят от ее водоудерживающей способности. Вода является важнейшим почвообразующим фактором, так как растворяет и переносит химические элементы и органические вещества, которые необходимы для жизнедеятельности почвенных организмов и выращивания растений. Для целей сельскохозяйственных мелиораций наиболее весомыми агрогидрологическими показателями почв является полная и наименьшая влагоемкость, влажность увядания, водопоглощающая способность, водоотдача, высота капиллярного поднятия грунтовых вод и др. На величину этих свойств прежде всего влияет плотность почвы.

Для установления корреляционной зависимости между плотностью и агрогидрологическими свойствами почв нами использованы результаты полевых исследований (около 200 образцов) по 17 почвенным разрезам, проведенным на территории полесской зоны Украины (рис. 11.2) [19].

Для установления тесноты связи между плотностью и перечисленными свойствами почвы проведена статистическая обработка данных полевых исследований, установлены корреляционные зависимости и определены коэффициенты корреляции (табл. 11.15).

При анализе агрогидрологических свойств установлено, что величина плотности скелета минеральных почв практически не зависит от их плотности и колеблется в пределах 2,60–2,70 т/м³. При практических расчетах ее величину можно принять постоянным значением 2,65 т/м³.

Кроме приведенных агрогидрологических свойств и расчетных условий, важными показателями при характеристике почв являются скорость и объем поглощения воды.

Объем поглощения воды почвой определяется по зависимости

$$W = K_0 \cdot t^{1-\alpha}, \text{ мм}, \quad (11.2)$$

где W – объем поглощения воды почвой за определенное время (t , мин), мм; K_0 – средняя скорость поглощения за первый час полива, мм/мин; α – показатель, отражающий влияние исходной влажности на водопоглощающую способность почвы.

Среднюю скорость поглощения за первый час полива устанавливают в зависимости от гранулометрического состава почвы: для песчаных – 3,5 мм/мин, для глинистых – 1,5 мм/мин.

Для конкретных условий K_0 можно определить по формуле

$$K_0 = 3,3 \cdot \gamma_0 - 1,3, \text{ мм/мин}. \quad (11.3)$$

Таблица 11.15

Уравнения регрессии и теснота связи между плотностью и агрогидрологическими свойствами почвы

Свойство почвы	Уравнения регрессии	Коэффициент корреляции
Общая скважность, %	$A = 96 - 35 \cdot \gamma_0$	0,98
Полная влагоемкость, %	$\beta_{пол} = 109 - 53 \cdot \gamma_0$	0,99
Наименьшая влагоемкость, %	$\beta_{нв} = 60 - 29 \cdot \gamma_0$	0,92
Влажность увядания, %	$\beta_{ув} = 26 - 15 \cdot \gamma_0$	0,67
Максимальная гигроскопичность, %	$\beta_{мг} = \beta_{ув} / 1,34$	-
Запас влаги при полной влагоемкости, м ³ /га	$W_{пол} = 100 \cdot H \cdot \gamma_0 \cdot (109 - 53 \cdot \gamma_0)$	0,94
Запас влаги при наименьшей влагоемкости, м ³ /га	$W_{нв} = 100 \cdot H \cdot \gamma_0 \cdot (60 - 29 \cdot \gamma_0)$	0,89

Примечание: γ_0 – плотность почвы, г/см³, 1,34 – гидрометрический коэффициент.

Величина показателя степени α меняется в зависимости от влажности почвы и колеблется от 0,8 при максимальной гигроскопичности ($\beta_{мг}$, %) до 0,3 при наименьшей влагоемкости ($\beta_{нв}$, %). Приблизительное значение может быть определено по выведенной зависимости

$$\bar{\alpha} = 0,8 - \frac{0,5 \cdot (\beta_{исх} - \beta_{мг})}{\beta_{нв} - \beta_{мг}} = 0,8 - \frac{0,5 \cdot (\beta_{исх} - 19 + 11 \cdot \gamma_0)}{41 - 18 \cdot \gamma_0}, \quad (11.4)$$

где $\beta_{исх}$ – исходная влажность почвы, % массы сухой почвы.

Значение исходной влажности можно найти при определении плотности почвы по зависимости

$$\beta_{исх} = \frac{m_e - m_c}{m_c - m_\phi} \cdot 100, \%, \quad (11.5)$$

где $m_в$, $m_с$, $m_б$ – соответственно масса влажной и сухой почвы вместе с массой бьюкса и масса бьюкса, г.

Для упрощения расчета можно использовать графики зависимостей (рис. 11.2).

Аналогично можно установить зависимости величины коэффициентов фильтрации, агрофизическое состояние поля, степень эрозионных процессов, допустимые нормы увлажнения, сроки вегетации от плотности почвы.

Следует отметить, что плотность почвы можно корректировать путем внесения почвенных мелиорантов (песка, глины, торфа и т. д.). Количество мелиоранта можно установить из уравнения

$$\gamma_{исх} \cdot (h_p - x) + \gamma_m \cdot x = h_p \cdot \gamma_p, \quad (11.6)$$

где $\gamma_{исх}$ – исходная плотность почвы, т/м^3 ; h_p – расчетный слой почвы, м; x – расчетный слой мелиоранта, м; γ_m – плотность мелиоранта, т/м^3 ; γ_p – рекомендуемая плотность почвы, т/м^3 .

Необходимое количество мелиоранта для корректировки плотности до рекомендуемого значения будет равно

$$N = x \cdot \gamma_m \cdot 10000, \text{ т/га}, \quad (11.7)$$

где N – необходимое количество мелиоранта, т/га.

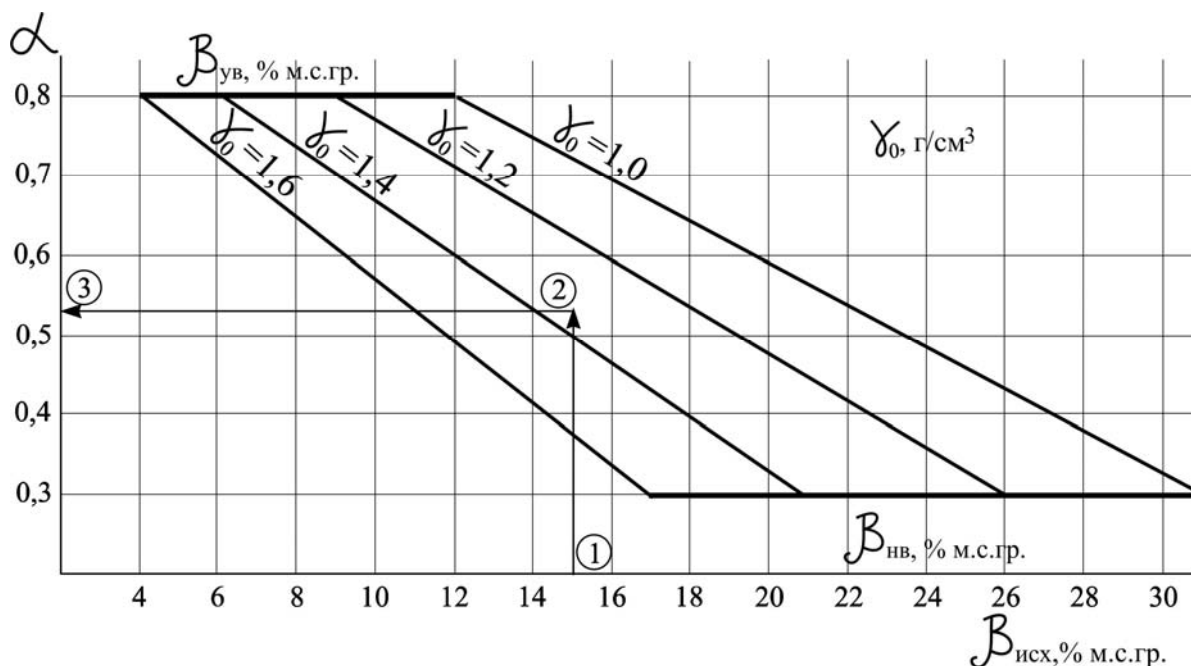


Рис. 11.2. Номограмма для определения показателя затухания скорости поглощения воды почвой (α)

Выполним пример расчета необходимого количества структурного мелиоранта для изменения агрогидрологических свойств почвы.

Выходные данные: минеральные почвы с плотностью $1,4 \text{ т/м}^3$; глубина расчетного слоя почвы $0,30 \text{ м}$; мелиорант (торфокомпост) с плотностью $1,0 \text{ т/м}^3$; рекомендуемая плотность мелиорированной почвы $1,25 \text{ т/м}^3$.

Определяем необходимый слой мелиоранта из уравнения (11.6):

$$1,4 \cdot (0,30 - x) + 1,0 \cdot x = 0,30 \cdot 1,25, \quad x = 0,11 \text{ м.}$$

Необходимое количество мелиоранта определяем по формуле (11.7):

$$N = 0,11 \cdot 1,0 \cdot 10000 = 1100 \text{ т/га.}$$

Влияние мелиорантов на улучшение свойств почвы приведено в таблице 11.16.

Из таблицы 11.16 видно, что при внесении мелиоранта нормой 1100 т/га плотность почвы в слое $0,30 \text{ м}$ уменьшится на 11% . Полная и наименьшая влагоемкость увеличатся на 22% , а запасы влаги в почве – на $9,6 \%$. Потенциальная возможность увеличения гумуса при этом составит 65% .

Внедрение экспресс-метода диагностики почв дает возможность с незначительными затратами средств и времени получать информацию об изменениях агрогидрологического состояния и трансформации сельскохозяйственных угодий, анализировать причины изменения основных свойств почв и их мелиоративного состояния. Полученные уравнения регрессии между плотностью и агрогидрологическими свойствами почвы и установление необходимого количества мелиоранта говорят о возможности внедрения данных разработок в производство при организации и внедрении локального почвенного мониторинга на землях полесской зоны Украины.

Изменение агрогидрологических свойств почвы при внесении мелиорантов

Свойство почв	Показатели			Эффективность мелиоранта, %
	почва до мелиорации	мелиорант	почва после мелиорации	
Плотность, т/м ³	1,40	1,00	1,25	11
Скважность, %	47,0	61,0	52,2	11,5
Полная влагоемкость, %	34,8	56,0	42,7	22
Наименьшая влагоемкость, %	19,4	31,0	23,8	22,5
Влажность увядания, %	6,0	11,0	7,2	-
Запас влаги при полной влагоемкости, м ³ /га	1462	1680	1603	9,6
Запас влаги при наименьшей влагоемкости, м ³ /га	815	930	890	9,6
Гумус, %	2,0	5,0	3,3	65

11.4. Деградация осушаемых почв и меры по ее предупреждению

Почва и ее плодородие составляют материальную базу и основное богатство страны. Однако интенсификация сельскохозяйственного производства привела к увеличению потерь гумуса и ухудшению физико-химических свойств почв (уплотнению, декарбонизации, засолению, ощелачиванию). Проанализируем причины и последствия деградиционных процессов.

К основным факторам деградации почв необходимо отнести: их интенсивную механическую обработку, использование тяжелой агротехнической и мелиоративной техники, несоблюдение водного и питательного режимов.

Отметим, что уплотнение почвы зависит от нескольких факторов. В следах от колес после прохода тяжелой техники плотность почвы на глубине 30 см может достигать 1,45–1,50 т/м³, то есть по сравнению с неуплотненным аналогом, она растет в среднем на 0,20–0,25 т/м³. Содержание воздуха в порах при этом почти вдвое ниже критического, твердость почвы возрастает в 3–4 раза, а водопроницаемость уменьшается в 3–5 раз. Резко уменьшается скважность почвы, наблюдается увеличение отдельных ее агрегатов. Негативные последствия уплотнения в зависимости от почвы отмечаются на глубине до 50 см (В. В. Медведев, 1982).

Способность почвы к уплотнению прежде всего зависит от гранулометрического состава и влажности при обработке, обуславливающих потенциальную устойчивость почв против деформации. Известно, что больше всего уплотняются влажные почвы тяжелого гранулометрического состава и гораздо меньше – сухие и легкого состава.

Степень уплотнения почвы можно наглядно определить по скорости поглощения поливной воды, наличием луж длительное время, заплыванию верхнего слоя почвы. На осушительных системах даже в местах над дренами наблюдается длительное переувлажнение почв и вымокание растений.

Увеличение количества поливов почвы приводит к выносу биологических веществ и гумуса, перемещение их вниз по почвенному профилю, увеличению гумусового горизонта, но ухудшению степени его плодородия.

За счет выноса мелких глинистых частиц с верхнего слоя в почве меняется гранулометрический состав, увеличивается доля физического песка, уменьшается влагоемкость и повышается плотность.

Уплотнению также способствует вымывание кальциевых соединений, что приводит к заплыванию почв и закупорке пор подпахотного слоя из-за увеличения количества агрегированного ила и появления супердисперсности в разбухших при поливе минералах [7, 8].

При поливе вода накапливается в пахотном слое, почва набухает, создаются анаэробные условия, в которых растения плохо развиваются. В дальнейшем при сухой и жаркой погоде вода быстро испаряется, почва трескается, что приводит к значительным непроизводительным потерям поливной воды, повышению капиллярного поднятия грунтовых вод и развитию процесса вторичного засоления и осолонцевания почв.

Проанализировав причины и последствия агрофизической деградации почвы, определяем комплекс мер. Прежде всего это увеличение мощности пахотного горизонта и обогащение органическим веществом при насыщении почвенно-поглощающего комплекса катионами кальция и магния. Это позволит создать и поддерживать агрономически ценную структуру почвы (агрегаты диаметром 0,5–

10 мм). Такая структура обуславливает благоприятные физические свойства почвы (водные, воздушные, тепловые) и связанный с ними химизм, а также полезное развитие микробиологических процессов.

Водно-физические свойства почвы зависят от наличия физической глины и диаметров зерен почвы по фракциям [2].

Порядок определения средневзвешенного радиуса зерен твердой фазы для минеральных почв на примере суглинистого гранулометрического состава приведен в таблице 11.17.

Таблица 11.17

Порядок определения средневзвешенного радиуса зерен твердой фазы почвы

Диаметр зерен почвы по фракциям, d, мм	Средний диаметр зерен почвы, d _{ср} , мм	Содержание фракции образца почвы, α, %	Значение d _{ср} ·α	Средневзвешенный радиус зерен почвы, R, мм
0,5...0,25	0,38	α ₁	0,38·α ₁	$R = \frac{\sum_1^4 d_{ср} \cdot \alpha}{2 \cdot 100}$
0,25...0,10	0,18	α ₂	0,18·α ₂	
0,10...0,05	0,075	α ₃	0,075·α ₃	
<0,05	0,027	α ₄	0,027·α ₄	

Теоретически степень уплотнения характеризуется схемой взаимного расположения зерен твердой фазы почвы. Эти схемы можно изобразить как «треугольник» (уплотненная почва) или «квадрат» (разрыхленная почва).

Как видно из схемы расположения зерен почвы (табл. 11.18), объемы между центрами зерен равны в уплотненной почве $V_1 = 2\sqrt{3} \cdot R^3$, а в разрыхленной – $V_3 = 8 \cdot R^3$ (где R – средневзвешенный радиус зерен почвы, мм). Объемы твердых частиц почвы составляют соответственно $V_2 = \frac{5}{6} \cdot \pi \cdot R^3$ и $V_4 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$, а объемы пор – $V = 0,84 \cdot R^3$ и $V = 3,8 \cdot R^3$.

Согласно расчетам скважность в уплотненном состоянии почвы составляет 24 % от ее объема, а в разрыхленном – 47 %. Площадь поперечного сечения пор в уплотненной почве равна $f = 0,16 \cdot R^2$, в разрыхленной – $0,86 \cdot R^2$, а приведенные радиусы пор соответственно $0,23 \cdot R$ и $0,52 \cdot R$.

Итак, при рыхлении почвы ее скважность увеличивается на 50 %. Кроме того, изменение диаметров пор при уплотнении почвы влияет на высоту капиллярного поднятия грунтовых вод.

Закономерность этого изменения можно установить с помощью уравнения Лапласа, согласно которому капиллярное давление грунтовой воды, которая смачивает поры, будет равняться

$$P = \frac{2 \cdot a}{r}, \text{ дин/см}^2, \quad (11.8)$$

где P – капиллярное давление воды, дин/см²; a – поверхностное натяжение, которое при температуре воды 10–15° С равно 74 дин/см; r – радиус мениска, который можно принять равным радиусу капилляра, см.

Под действием этого давления вода в порах почвы поднимается на высоту h, при которой масса поднятого столба грунтовых вод будет равна силе капиллярного давления P и составит

$$P = h \cdot \rho \cdot g, \text{ дин/см}^2, \quad (11.9)$$

где h – высота капиллярного поднятия грунтовых вод, см; ρ – плотность грунтовой воды (можно принять 1,0 г/см³); g – ускорение силы тяжести, равное 981 см/с².

Приравняв выражения (11.8) и (11.9), получим

$$h \cdot \rho \cdot g = 2 \cdot a / r. \quad (11.10)$$

Отсюда высота капиллярного поднятия грунтовых вод равна

$$h = \frac{2 \cdot a}{\rho \cdot g \cdot r}. \quad (11.11)$$

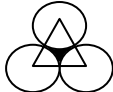
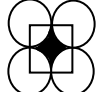
Величина $\frac{2 \cdot a}{\rho \cdot g}$ называется постоянной капиллярной, обозначается a² (мм²), а ее значение можно принять 15 мм² (2·74/1/9,81≈15).

Итак, высота капиллярного поднятия грунтовых вод будет равняться

$$h = \frac{a^2}{r} = \frac{15}{r} = \frac{30}{d}, \quad (11.12)$$

где r и d – соответственно приведенный радиус и диаметр поры в почве, мм.

Определение основных характеристик почвы в уплотненном и разрыхленном состоянии

Показатели	Состояние почвы	
	уплотненный почву	разрыхленный почву
Схема взаимного расположения зерен почвы		
Объем между центрами зерен почвы, мм ³	$V_1 = 2\sqrt{3} \cdot R^3$	$V_3 = 8 \cdot R^3$
Объем твердых частиц между центрами зерен почвы, мм ³	$V_2 = \frac{5}{6} \cdot \pi \cdot R^3$	$V_4 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$
Объем пор между центрами зерен почвы, мм ³	$V = V_1 - V_2,$ $V = 0,84 \cdot R^3$	$V = V_3 - V_4,$ $V = 3,8 \cdot R^3$
Площадь поперечного сечения пор, мм ²	$f = 0,16 \cdot R^2$	$f = 0,86 \cdot R^2$
Приведенный радиус пор, мм	$r = 0,23 \cdot R$	$r = 0,52 \cdot R$
Сквозность, %	$A = \frac{0,84 \cdot R^3 \cdot 100}{2\sqrt{3} \cdot R^3} = 24$	$A = \frac{3,8 \cdot R^3 \cdot 100}{8 \cdot R^3} = 47$
Высота капиллярного поднятия, мм	$h = \frac{15}{0,23 \cdot R}$	$h = \frac{15}{0,52 \cdot R}$

Согласно расчетам (табл. 11.18) находим, что при глубоком рыхлении почвы или мелиоративной вспашке высота капиллярного поднятия грунтовых вод уменьшится на 44 % соответствующей высоты при уплотненном состоянии почвы. Приведенные суждения могут быть использованы при установлении методов мелиорации незасоленных и засоленных земель [10].

Из практики мелиорации засоленных почв известно, что для повышения их плодородия применяют химические, гидротехнические и агротехнические приемы, включая внесение химических мелиорантов, органических и минеральных удобрений, промывку от избытка солей, различные способы обработки почвы, подбор культур и т. п. Но обязательным условием проведения перечисленных приемов является улучшение водно-физических свойств почвы, которое достигается путем глубокого рыхления.

Глубокое рыхление в качестве агро-мелиоративных мероприятия стало широко применяться с 50-х годов прошлого века. Значительный опыт в этой области накоплен в США, Франции, Венгрии и других странах. Например, в США глубокое рыхление применяется на 90 % земель, используемых в сельском хозяйстве.

Углубление пахотного слоя почвы, то есть увеличение глубины гумусового горизонта, особенно на почвах, где толщина гумусового слоя невелика, считается одним из основных направлений улучшения плодородия и окультуривания почвы.

Периодичность проведения глубокого рыхления зависит от видов почв и строения их профиля.

На солонцовых почвах, которые имеют низкий коэффициент фильтрации (<0,1 м/сут) и малую воздушную емкость (< 40 % сквозности), глубокое рыхление проводят через 2–3 года (в отдельных случаях – ежегодно). На незасоленных тяжелых почвах рыхление следует проводить через 3–4 года.

Глубина рыхления почвы зависит от степени их засоления и уплотнения. На слабозасоленных почвах эта глубина составляет 0,4–0,6 м, на более засоленных, солончаках и почвах с плотностью более 1,40–1,50 т/м³ – 0,8–1,0 м.

На почвах, которые по глубине профиля имеют водонепроницаемые слои (глинистые, гипсовые, железистые или карбонатные), рыхление проводят на глубину, большую их залегания.

Глубокое рыхление при промывке засоленных земель повышает растворимость солей, сокращает период проведения промывок, значительно экономит объем промывных вод. При глубоком рыхлении уменьшается высота капиллярного поднятия уровня минерализованных грунтовых вод, а следовательно, опасность вторичного засоления почв, в результате чего можно уменьшить глубину заложения горизонтального дренажа, объемы земляных работ при его устройстве и нагрузку на дренажные системы.

Итак, глубокое рыхление почвы улучшает водно-физические, химические и термические свойства мелиорированных земель, привлекает в обменные реакции имеющиеся в почве кальциевые соединения, за счет чего уменьшается солонцеватость почвы [10].

Приведенные в работе показатели, характеризующие агрофизическое состояние мелиорированных почв, могут быть использованы как для диагностики уровней физической деградации, так и обоснования мероприятий по их окультуриванию.

Литература

1. Адаптивні системи землеробства : підручник / В. П. Гудзь, І. А. Шувар, А. В. Юник [та ін.] ; за ред. В. П. Гудзя. – Київ : Центр учбової літератури, 2014. – 336 с.
2. Бирюков Н. С., Казарновский В. Д., Мотылев Ю. Л. Методическое пособие по определению физико-механических свойств грунтов. – М.: Недра, 1975. – 176 с.
3. Глушенко М. К., Запасний В. С. Особливості меліорації кислих ґрунтів в залежності від обробітку ґрунту та способу внесення меліоранта // Охорона родючості ґрунтів : науковий збірник. – 2010. – Вип. № 6. – С. 47–52.
4. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії : підручник / В. П. Гудзь, А. П. Лісовал, В. О. Андриєнко [та ін.] ; за ред. В. П. Гудзя. – Київ: Центр учбової літератури, 2007. – 408 с.
5. Землеробство : підручник. / В. П. Гудзь, І. Д. Примака, Ю. В. Будьонний [та ін.] ; за ред. В. П. Гудзя. – 2-ге вид., перероб. та доп. – Київ : Центр учбової літератури, 2010. – 464 с.
6. Гуменюк А. І. Вапнування ґрунтів. – Київ: Урожай, 1968. – 100 с.
7. Ковда В. А. Биохимия почвенного покрова. – М.: Наука, 1985. – 623 с.
8. Ковда В. А. Почвенный покров. Его улучшение, использование и охрана. – М.: Наука, 1981. – 186 с.
9. Козишкурт М. Є., Козишкурт С. М., Голота Л. М. Об'ємна щільність індикатор агрофізичного стану та аргумент функції агрогідрологічних властивостей ґрунтів // Вісник НУВГП : збірник наукових праць. – Вип. 3 (39). – 2007. – С. 300–308.
10. Козишкурт С.М. Агрофізична деградація меліорованих ґрунтів і заходи з їхнього окультурення // Вісник НУВГП : збірник наукових праць. – Вип. 2 (66). – 2014. – С. 50–56.
11. Козишкурт С. М. Збереження родючості ґрунтів Полісся потребує локального моніторингу // Вісник НУВГП : збірник наукових праць. – Вип. 1 (65). – 2014. – С. 19–26.
12. Известкование почв / Е. В. Козловский [и др.]. – Л.: Колос, 1983. – 286 с.
13. Мазур Г. А., Медвідь Г. К., Сімачинський В. М. Підвищення родючості кислих ґрунтів. – Київ: Урожай, 1984. – 176 с.
14. Науково обґрунтована система ведення сільського господарства на Поліссі та в західних районах УРСР / під ред. П. О. Дорошенка. – Київ: Урожай, 1967. – 512 с.
15. Научные основы ведения сельского хозяйства зоны Полесья, предгорных и горных районов Карпат УССР в системе агропромышленного комплекса / М-во сел. хоз-ва УССР, Южн. отд-е ВАСХНИЛ. – Киев: Урожай, 1982. – 360 с.
16. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т. 1: Экология, режимы и процессы, классификация и генетико-производственные аспекты / под ред. Н. И. Полупана. – Киев: Урожай, 1988. – 296 с.
17. Природа Ровенської області / під ред. К. І. Геренчука. – Л.: Вища школа, 1976. – 156 с.
18. Родючість ґрунтів (моніторинг та управління) / під ред. В. Медведєва. – Київ: Урожай, 1992. – 240 с.
19. Справочник агрогидрологических свойств почв Украинской ССР / под ред. А. А. Мороза. – Л.: Гидрометеиздат, 1955. – 554 с.
20. Сучасна концепція хімічної меліорації кислих і солонцевих ґрунтів. – Харків: ННЦ ІГА ім. О. Н. Соколовського, 2008. – 100 с.
21. Шильников И. А., Лебедева Л. А. Известкование почв. – М.: Агропромиздат, 1987. – 169 с.

Глава 12. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ПОЛЕСЬЯ

12.1. Состояние использования земельных ресурсов (на примере бассейнов малых рек Полесья Ровенской области)

Проведение комплекса мелиоративных работ в зоне Полесья способствовало повышению и созданию разнообразия приемов использования земельных ресурсов в отдельных отраслях экономики. Разные виды использования отдельных территорий привели к значительным изменениям в естественных ландшафтах Полесья Украины, поэтому чрезвычайно важно определить уровень стойкости ландшафтов – способность естественной системы уравнивать (или способствовать уравниванию) негативные последствия антропогенного влияния [1].

Наиболее уязвимыми к постоянно растущей антропогенной нагрузке являются экосистемы бассейнов малых рек, что предопределено закономерным историческим процессом, связанным с растущим уровнем развития общества [2–4]. В связи с этим для установления наиболее достоверного уровня антропогенной нагрузки на естественные системы необходимо проводить оценку в пределах отдельных экосистем, например бассейнов рек. Уровень антропогенного влияния на бассейны малых рек можно оценить по показателям хозяйственного использования земельных ресурсов. Оценка степени и глубины антропогенного преобразования ландшафтных систем необходима для определения уровня экологически безопасного землепользования и разработки комплекса первоочередных природоохранных мер с целью обеспечения их экологической стойкости. На сегодня практически не осталось рек, которых бы не коснулась хозяйственная деятельность человека. Вовлечение земель в сферу сельскохозяйственного использования, в том числе мелиорируемых, увеличение промышленных и урбанизированных территорий проходит за счет уменьшения площадей, которые находились в естественном состоянии, – леса, луга и др. Поэтому изучение тенденций изменения структуры использования земельных ресурсов под воздействием хозяйственной деятельности является актуальным, имеет теоретическое и практическое значение. Значительное внимание этому вопросу уделяется в связи с изменениями уровня медико-экологического риска отдельных территорий, использования их как объектов сферы туристического, рекреационно-оздоровительного, естественно-заповедного и природоохранного назначения [2, 5].

Целью исследования является анализ структуры, распределения и особенностей использования земельных ресурсов в пределах бассейнов малых рек полесской и лесостепной зоны Ровенской области.

Объектом исследований являются бассейны малых рек Ровенской области, территория которой расположена на северо-западе Украины. В геоморфологическом отношении она разделяется на три части: Полесье, Волынское лессовое плато и Малое Полесье, которое расположено на юге, между Радывиловом и Острогом, где в него вклиниваются отроги Подольской возвышенности с высотами свыше 300 м над уровнем моря. Ее общая площадь составляет 3,1 % (20 051 км²) от общей территории Украины, из них: 46,6 % занимают сельскохозяйственные угодья, 38,4 % – леса и другие зеленые площади, 2,0 % – застроенные земли, 5,3 % – открытые заболоченные земли, 1,7 % – открытые земли без растительного покрова или с незначительным растительным покровом (пески, овраги и т. д.), 3,9 % – другие земли; 97,9 % – земли суши, 2,1 % – территории, которые покрыты поверхностными водами. Следует заметить, что заболоченность очень неравномерна и варьирует от 40 % в северных районах до 2–3 % на юге области. Гидрографическая сеть области это – 171 река общей длиной 4,45 тыс. км [6]. На территории области протекает 1204 небольших водотока – ручья (длиной до 10 км). Реки области относятся к бассейну р. Припять, которая протекает северо-западной окраиной области на протяжении 20 км. Как правило, малые реки используются в качестве водоприемников осушительных систем. Уровень антропогенного влияния для бассейнов малых рек по показателям естественно-хозяйственного использования земельных ресурсов был оценен на примере 31 бассейна малых рек, которые расположены в пределах Ровенской области (табл. 12.1, рис. 12.1).

Методики, по которым сегодня определяют уровень антропогенной нагрузки любой территории, обязательно включают показатели количества земель, которые находятся в естественном состоянии, особенно такие, как важнейший компонент структуры экосистемы бассейна реки, элемент географического ландшафта – лес и зеленые площади. Широко известна водоохранная и регулирующая роль лесов для жизнедеятельности экосистемы реки. Стоит уничтожить лес, как исчезают источники, мелеют и погибают малые реки. Водорегулирующее значение леса заключается в его влиянии на равномерность стока, удлинение паводков, повышение водности рек в период низкой межени, позитивное влияние на подземное питание. Уровень лесистости влияет на показатели степени медико-экологического риска территории, улучшает рекреационно-туристическую привлекатель-

ность территории, способствует сохранению производительности прилегающих сельскохозяйственных, рыбохозяйственных и охотничьих угодий.

Таблица 12.1

Характеристика малых рек Ровенской области [6]

№ п/п	Бассейн реки	№ по [6]	Название реки	Длина реки без притоков, км		Площадь водосбора, км ²	
				общая	в пределах области	общая	в пределах области
1	Припять	2	Веселуха	69	69	486	486
		13	Стырь	494	208	12900	3416
2	Стырь	14	Слоновка	49	27	549	269
		17	Пляшевка	40	40	332	332
		18	Жабичи	22	22	172	172
		21	Речица	17	17	387	387
		34	Иква	156	93	2250	1400
		50	Горынь	659	386	27700	7828
3	Горынь	51	Вилия	77	30	1815	575
		60	Мосток	17	17	78,7	78,7
		67	Устья	68	68	762	762
		70	Стубелка	86	86	1350	989
		79	Жильжанка	17	17	94,3	94,3
		81	Замчисько	40	40	336	336
		82	Зульня	40	40	315	315
		83	Мельница	39	39	432	432
		86	Вьрка	27	27	261	261
		89	Бережанка	34	34	253	253
		92	К. Бениский	48	48	520	520
		96	Сирень	51	51	437	437
4	Случь	101	Случь	451	158	13800	3900
		102	Корчик	82	42	1145	340
		103	Ставы	49	49	592	592
		111	Сергеевка	29	29	168	168
		112	Комарница	20	20	96	96
		114	Бомбиловка	20	20	199	199
		119	Бобер	51	51	466	380
		123	Поличная	34	34	120	120
		125	Тусталь	27	27	111	111
		126	Язвинка	29	29	345	345
		133	Михайловка	38	38	128	128
5	Припять	156	Ствига	178	60	5440	870
6	Ствига	163	Плав	46	30	6236	967
		141	Льва	172	111	2700	1746

Как свидетельствуют исследования последних лет, резкое снижение лесистости обусловило такие негативные процессы и явления, как загрязнение вод, заиление рек, эрозию и т. п. По данным исследователей, резкое ухудшение экологических условий в Украине является следствием чрезмерного использования природных ресурсов, низкой лесистости, большого удельного веса площади пахотных земель и активизации эрозийных процессов. Поэтому актуальным является вопрос изучения тенденций изменения площадей, занятых лесом, под воздействием хозяйственной деятельности.

Земли лесного фонда Ровенской области на 01.01.1999, по данным литературы [7], занимали 42,1 % от общей площади области, из них 793,7 тыс. га, или 39,6 %, покрыты лесом, что почти в 2,6 раза выше среднего показателя по Украине.

В лесах области широко распространены сосна обычная, ель европейская, березы пушистая и бородавчатая, представляющие бореальные группировки, наряду с ними сосуществуют дуб обычный, граб обычный, липа европейская и другие неморальные виды древесной растительности. Большое многообразие растительных видов прослеживается среди кустарниковой растительности. Среди специфических растительных группировок – своеобразные «меловые леса» (сосновые и дубово-сосновые ассоциации), фрагменты которых встречаются в лесостепной и малополесской частях области, а также соседствующие с ними растительные группировки «горных степей» – вишня степная. Немногочисленная группа доледниковых реликтов представлена реликтом времени палеогена рододендром желтым (влажные дубово-сосновые леса) [6]. Типология лесов отдельных бассейнов малых рек Ровенской области составлена по данным обработки Паспортов малых рек (табл. 12.2).



Рис. 12.1. Гидрографическая сеть Ровенской области

(1, 2... 157 – номера рек в соответствии с каталогом [6], 11,3 – площадь мелиорируемых земель в бассейне малой реки, в тыс. га)

Лесистость по территории области колеблется в значительных пределах. Наибольшая лесистость отмечается в пределах отдельных бассейнов малых рек в северной части, постепенно уменьшаясь в южном направлении (рис. 12.2). Так, в полесской части лесистость (бассейн р. Бобер) достигает 89,6 % от общей площади, тогда как для бассейнов малых рек, которые расположены в зоне Малого Полесья и лесостепной части, эти показатели колеблются в пределах от 22 до 7 %.

Учитывая важность значения лесов как оздоровительно-рекреационного показателя, как фактора, который влияет на степень медико-экологического риска, специалисты провели оценку количества площади лесов, которая приходится на одного жителя бассейна реки. Наименьшие значения отме-

чены в бассейнах рек, где сосредоточены наиболее крупные промышленные предприятия области и отмечается наибольшее сельскохозяйственное использование территорий (рис. 12.3).

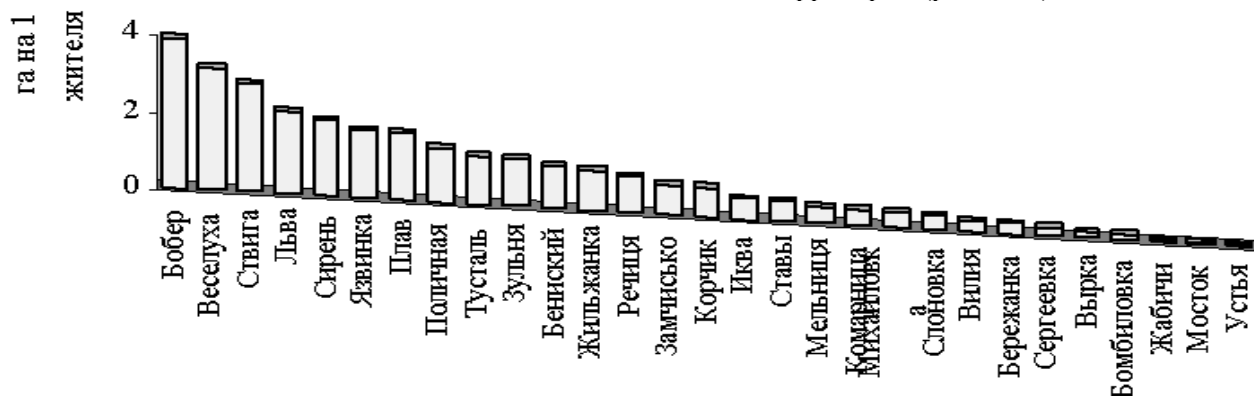


Рис. 12.2. Площадь лесов по бассейнам малых рек

Таблица 12.2

Типология лесов Ровенской области по бассейнам малых рек

№ п/п	Название реки	Типология, % от общей площади лесов					
		сосна	дуб	береза	ольха черная	дубовые и дубово-грабовые	осоково-ольхово-березовые
1	Пляшевка	25,0	50,0	25,0	-	-	-
2	Жабичи	-	50,0	-	-	50,0	-
3	Речица	40,0	-	15,0	45,0	-	-
4	Мосток	-	90,0	10,0	-	-	-
5	Стубелка	74,2	8,2	7,9	1,8	-	-
6	Замчиско	43,4	-	-	-	26,0	30,6
7	Зульня	-	-	-	-	63,7	36,4
8	Бережанка	80,0	-	10,0	10,0	-	-
9	Кан. Бениский	70,0	-	15,0	15,0	-	-
10	Сирень	70,0	-	-	-	-	30,0
11	Ставы	26,8	-	-	-	10,8	30,5
12	Сергеевка	50,0	25,0	25,0	-	-	-
13	Комарница	65,0	15,0	15,0	5,0	-	-
14	Бомбиловка	50,0	22,0	25,0	-	-	-
15	Поличная	80,0	10,0	5,0	5,0	-	-
16	Тусталь	81,0	9,0	5,0	5,0	-	-
17	Язвинка	76,0	2,0	8,0	14,0	-	-
18	Михайловка	80,0	-	15,0	5,0	-	-
19	Льва	45,0	5,0	15,0	35,0	-	-
20	Ствига	60,3	-	-	-	-	39,7
21	Плав	45,0	5,0	15,0	35,0	-	-

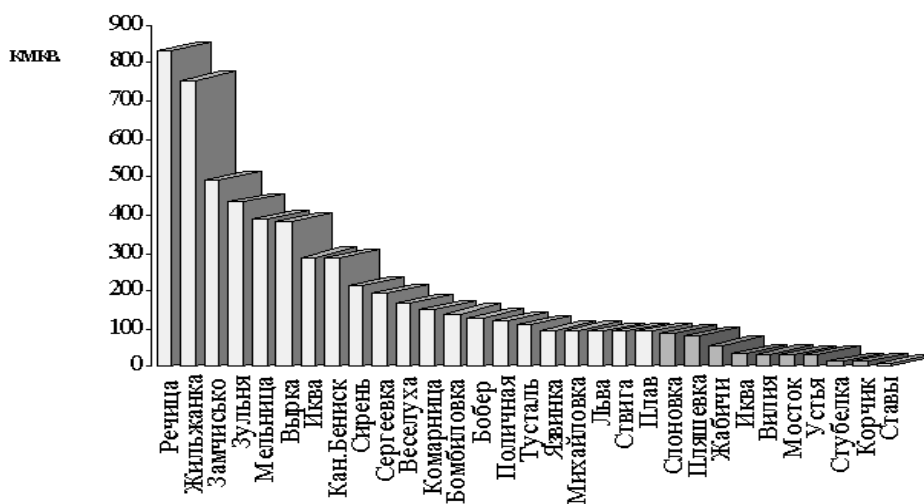


Рис. 12.3. Варьирование площади лесов, которая приходится на одного человека в пределах бассейна малой реки

При определении уровня антропогенного преобразования бассейна малой реки по степени естественно-хозяйственного состояния земель важно знать не только площадь лесов, но и степень сельскохозяйственного освоения, процент пашни, площадей, что заняты промышленными предприятиями и урбанизированными территориями (рис. 12.4).

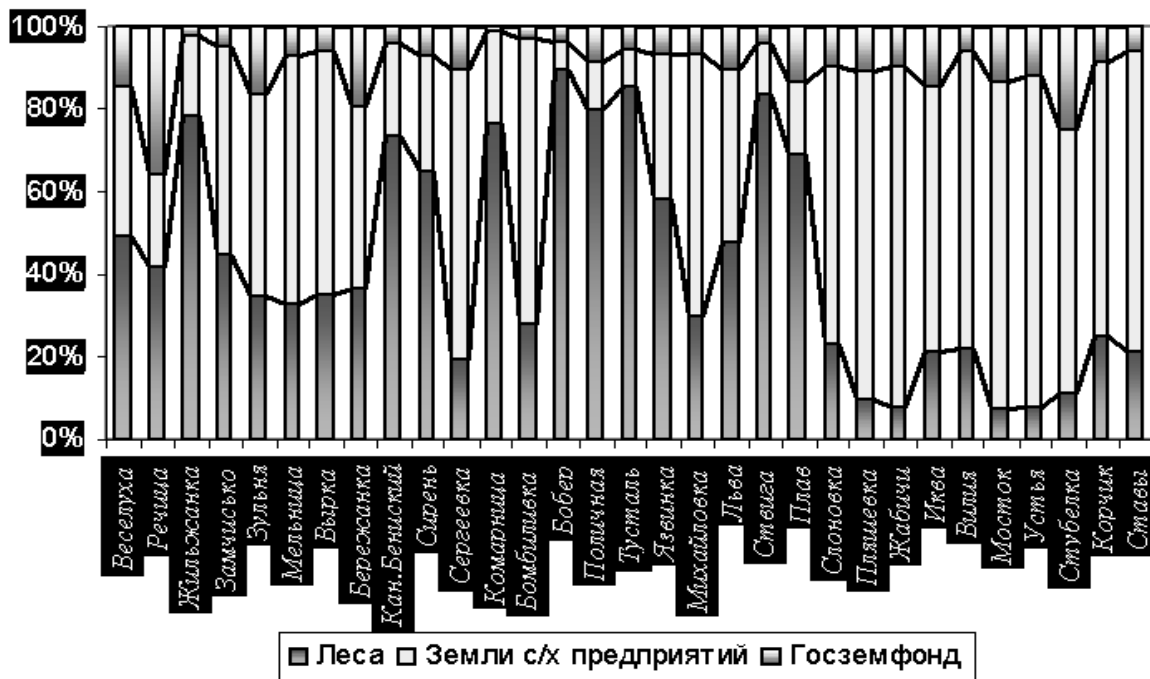


Рис. 12.4. Структура использования земельного фонда в бассейнах малых рек

Анализируя данные рисунка 12.4, можно сделать вывод о том, что структура использования земельных ресурсов области достаточно разнообразна для отдельных бассейнов малых рек. Соотношение площадей антропогенных ландшафтов и площадей в естественном состоянии для бассейнов малых рек Ровенской области колеблется в пределах от 1: 0,08 (р. Мосток) до 1: 8,60 (р. Бобер). Значение соотношения менее чем 1,0 характерно почти для бассейнов всех рек, за исключением: р. Жильжанка (1: 3,62), кан. Бениский (1: 2,73), р. Сирень (1: 1,86), р. Комарница (1: 2,94), р. Полочная (1: 5,86), р. Тусталь (1: 1,40) р. Ствига (1: 5,10), р. Плав (1: 2,25).

На одну единицу площади промышленных и урбанизированных территорий приходится разное число единиц лесов: от 0,44 (р. Стубелка) до 30,15 (р. Жильжанка), 58,54 (р. Комарница). В среднем по области 8,5 единицы. Однако в бассейнах таких рек, как Стубелка, Пляшевка, Мосток, Устья, значения этого показателя менее единицы.

На одну единицу площади земель сельскохозяйственного назначения приходится в среднем по всем бассейнам 2,2 единицы площади лесов. Наименьшее значение для бассейна р. Мосток (0,09), наибольшее – бассейн р. Бобер (12,98).

В связи с растущим уровнем антропогенной нагрузки на природные ресурсы и ландшафты для обеспечения и сохранения равновесия экосистем бассейнов малых рек необходимо обеспечивать оптимальные соотношения между нарушенными и ненарушенными элементами. Так, по данным исследователей, оптимальный интервал соотношения этих элементов должен равняться от 1: 3 до 1: 5. В странах Западной Европы при плотности населения 150 чел./км² это соотношение составляет 1: 1.

Согласно данным Римского клуба К. Доксиадис [8] утверждает, что глобальное экологическое равновесие обеспечивается при структуре такого соотношения: естественные территории – 80 %, площади сельскохозяйственного назначения – 10 %, урбанизированные и промышленные территории – 10 %, то есть соотношение в виде 8: 1: 1.

Для оценки равновесия между отдельными показателями использования земель в пределах бассейнов малых рек Ровенской области было установлено значение соотношений между площадями: лесов (Фл), сельскохозяйственного назначения (Фсг) и промышленными (Фпр). За единицу была принята площадь, занятая промышленными предприятиями и урбанизированными территориями (рис. 12.5).

Анализ данных рисунка 12.5 свидетельствует о том, что оптимальное соотношение между отдельными элементами экосистем наблюдается лишь в бассейнах таких рек, как Бобер (25,6: 2: 1), Полочная (9,5: 1,4: 1), Тусталь (15: 1,5: 1), Ствига (20: 2,9: 1) и Льва (5,2: 1,3: 1).

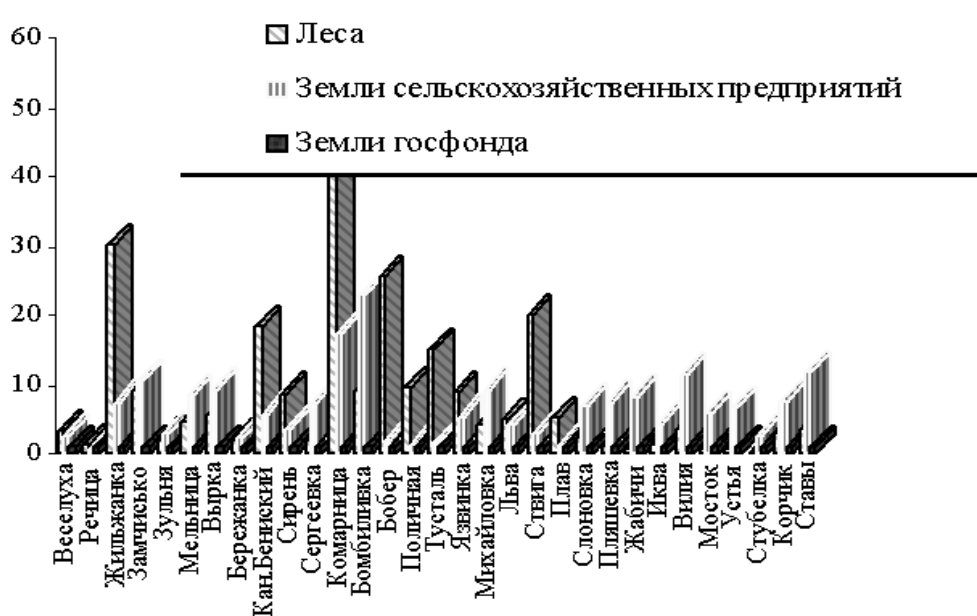


Рис. 12.5. Показатели соотношения между отдельными элементами экосистем, Фл : Фсг: Фпр, для бассейнов малых рек

Общая лесистость территории области почти в 2,6 раза выше среднего показателя по Украине. Однако лесные ресурсы в области размещены очень неравномерно и в основном сосредоточены в ее северной части. Характеризуя структуру естественно-хозяйственного использования земель для всех бассейнов малых рек области, следует отметить их значительное антропогенное преобразование.

12.2. Использование земель сельскохозяйственного назначения Ровенской области

Современные социально-экономические условия развития общества характеризуются чрезвычайно интенсивным использованием природных ресурсов, в том числе земельных. Земельные ресурсы одновременно выполняют несколько важных функций и имеют разнообразное назначение в разных отраслях хозяйственной деятельности. Но чрезвычайно большим значением земельные ресурсы как основное средство производства и предмет труда обладают в сельском хозяйстве.

Земельные ресурсы Ровенской области характеризуются высоким уровнем антропогенной нагрузки, которая формируется под воздействием промышленности, транспорта, сельского хозяйства, в том числе использования мелиорируемых территорий. Все эти факторы приводят к ухудшению экологической ситуации в целом.

Вопрос изучения состояния земель сельскохозяйственного назначения, уровня их антропогенной нагрузки является актуальным, имеет как практическое, так и теоретическое значение [9, 10, 11].

В исследовании используются методы математического анализа базы данных, географического описания, картографирования и моделирования.

Цель исследования – оценка современного состояния использования земель сельскохозяйственного назначения, эколого-мелиоративная оценка земельных ресурсов Ровенской области и обоснование комплекса мероприятий по их улучшению.

Почвенный покров области неоднородный, характеризуется значительным разнообразием по генезису, источникам переувлажнения, загрязнения, механическому составу, водно-физическим свойствам, плодородию, что предопределено факторами как естественного, так и антропогенного происхождения. Самые распространенные дерново-подзолистые, оподзоленные, дерновые, торфяные и торфоболотные почвы. Дерново-подзолистые, характерные для Полесья, малоплодородные, бедные на питательные вещества почвы образовались под лесной растительностью на водно-ледниковых отложениях. На лессах Волынского плато сформировались светло-серые почвы и оподзоленные черноземы, они достаточно плодородны, потому почти все распаханы. Юг Полесья представляют дерновые и торфоболотные почвы в заболоченных понижениях озерно-ледникового и речного происхождения. 60 % дерново-подзолистых почв области интенсивно используются в сельскохозяйственном производстве.

В результате интенсивного земледелия сельскохозяйственное освоение территории области составляет 45 %, а распаханность сельскохозяйственных угодий в отдельных районах достигает 66,7 % (рис. 12.6).

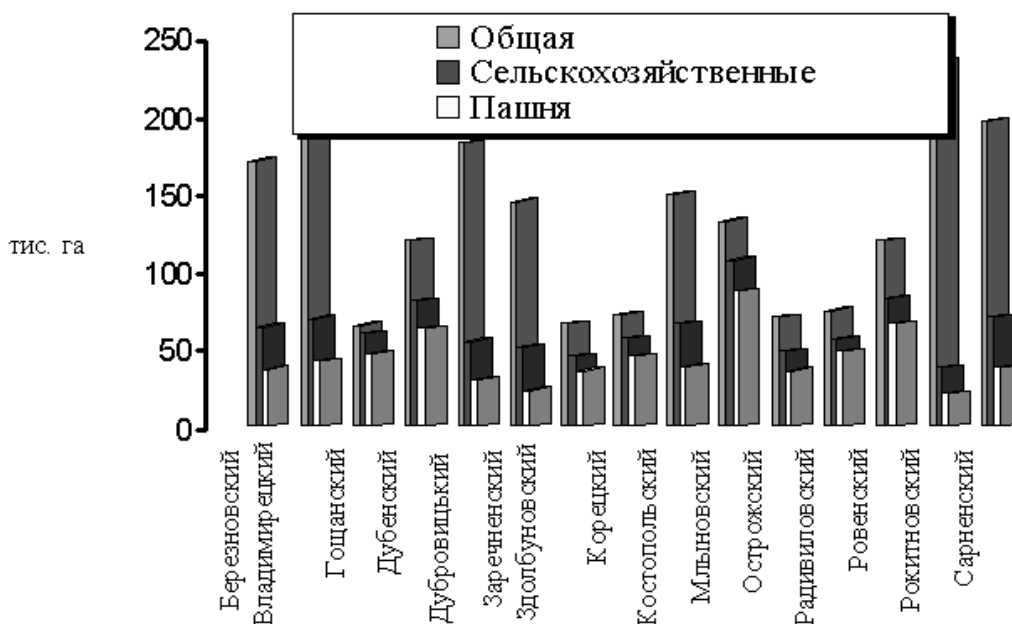


Рис. 12.6. Структура землепользования по административным районам области по [7]

Наибольшие показатели сельскохозяйственного использования земель, в том числе пахотные, по отношению к общей площади – в районах лесостепной зоны и Малого Полесья. Так, в Радивилловском районе из общей площади 74,5 тыс. га 75 % – это земли сельскохозяйственного назначения, из них 65 % – пашня. Подобные закономерности характерны для Острожского, Млыновского, Ровенского, Здолбуновского, Корецкого, Дубенского районов. Противоположная зависимость отмечается для полесских районов, где, например, в Рокитновском районе площади сельскохозяйственного использования составляют 16 %, пашня – 9,1 %.

Экологическое состояние земельных ресурсов территории области формируется под воздействием как техногенных, так и естественных факторов.

Для районов, которые расположены в лесостепной зоне, процент площадей лесных угодий не превышает 25 %, тогда как в полесской части он достигает значений 66 %. Однако на фоне такого позитивного фактора существует фактор радионуклидного загрязнения почв этой территории области в результате выбросов радиоактивной пыли после аварии на ЧАЭС в 1986 году. Радиационное загрязнение было отмечено в шести северных районах области (Березновском, Владимирецком, Дубровицком, Заречненском, Сарненском, Рокитновском) с населением 398,7 тыс. человек (в т. ч. 113,5 тыс. детей).

Важным фактором формирования уровня антропогенной нагрузки является использование мелиорируемых земель. Мелиоративный фонд области, по данным литературы [5], составляет 544 тыс. га, его часть, что осушена, составляет в разных районах области 70–100 % (рис. 12.1, 12.7). Использование мелиорируемых земель на сегодня является фрагментарным, земли выходят из сельскохозяйственного обращения, зарастают кустарником и древостоем, обслуживание внутрихозяйственной осушительной сети также неподобающе, нарушаются земледельческие технологии ведения хозяйства: не придерживаются севооборота, вносятся низкие нормы органических и минеральных удобрений, отсутствует известкование кислых почв.

Кислая реакция почвы относится к числу неблагоприятных экологических факторов, которые сдерживают рост и развитие большинства видов сельскохозяйственных культур. Кислая реакция свойственна дерново-подзолистым и болотным почвам, нейтральная – черноземам. Все сельскохозяйственные культуры по-разному относятся к степени кислотности почвы, потому определенная культура имеет свой интервал рН, при котором она хорошо растет и развивается. По кислотности, согласно данным IX тура обследования, почвы области распределяются так: очень сильно кислые и сильно кислые (рН менее 4,6) – 55,9 тыс. га, или 9,8 %, среднекислые (от 4,6 до 5,0) – 12,7 %, слабокислые (от 5,1 до 5,5) – 16,5 %, близкие к нейтральным (от 5,6 до 6,0) – 15,8 %, нейтральные (от 6,1 до 7,0) – 30,5 %, слабощелочные (от 7,1 до 7,5) – 77,1 тыс. га, или 13,5 %, среднешелочные (от 7,6 до 8,0) – 7,0 тыс. га, или 1,2 %.

Больше всего кислых почв в районах зоны Полесья, в частности в Сарненском районе – 39,1 тыс. га (71,2 %), Владимирецком – 37,5 тыс. га (64,7 %), Дубровицком – 28,3 тыс. га (62,5 %), которые нуждаются в известковании. В лесостепной зоне больше всего кислых почв наблюдается в Го-

щанском – 6,7 тыс. га (25,0 %) и Здолбуновском – 4,8 тыс. га (22,3 %) районах [11]. Все эти факторы формируют экологическое состояние земель и приводят к недобору урожая и снижению плодородия почв.

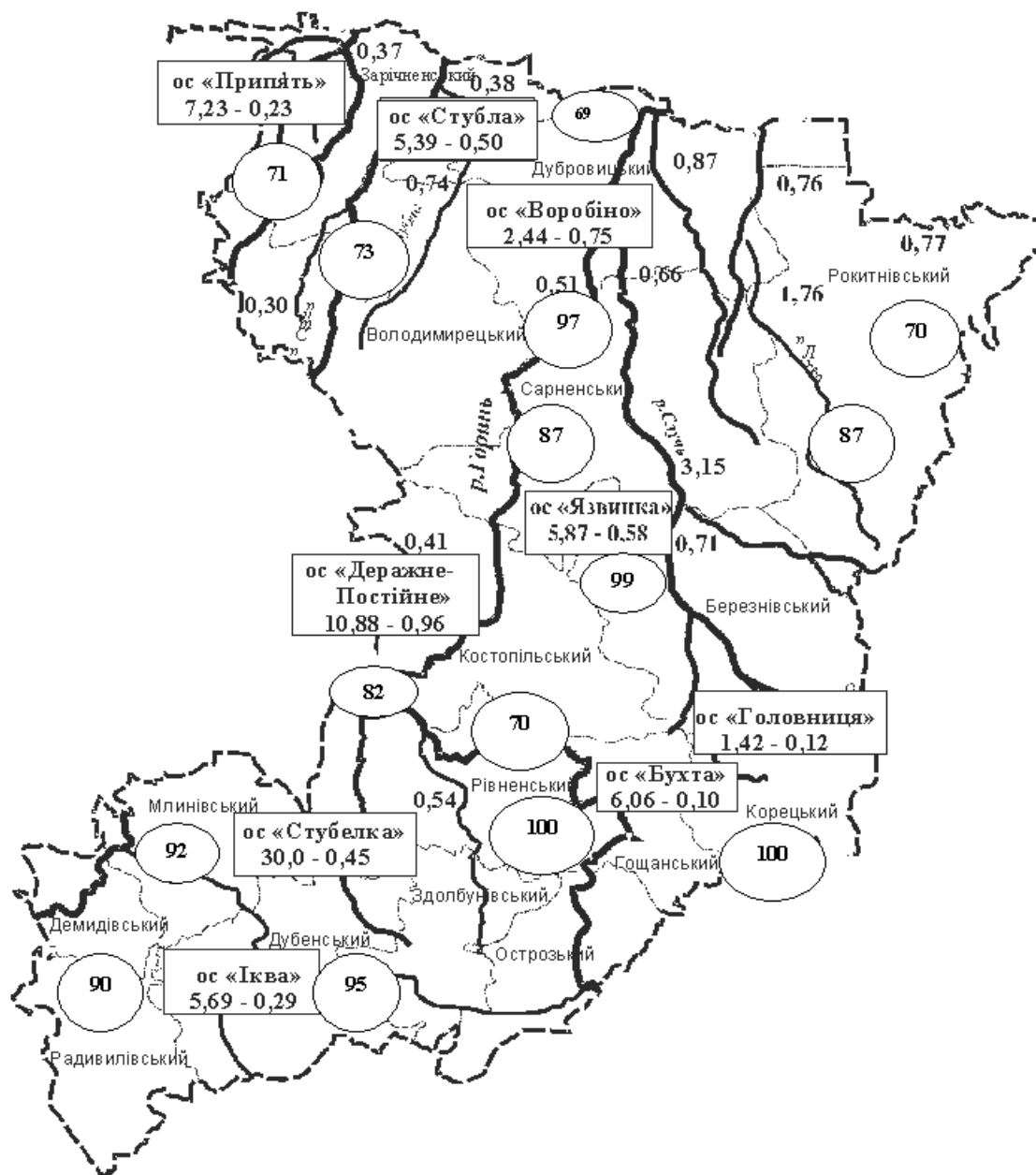


Рис. 12.7. Использование мелиоративного фонда области

90 – часть осушенных земель мелиоративного фонда в районе

30,0 – содержание железа, мг/дм³ в пробах поверхностных и грунтовых вод мелиорируемых и прилегающих к ним земель

Одним из важнейших показателей экологического состояния мелиорируемых и прилегающих к ним земель является качество поверхностных и грунтовых вод, которое также зависит как от естественных условий, так и от уровня антропогенной нагрузки в результате загрязнения.

Поверхностные водные объекты области преимущественно относятся к слабозагрязненным. Несоответствие качества воды по химическим показателям наблюдается, как правило, по имеющимся в ней нефтепродуктам, аммиаку, общему железу, БСК₅, формальдегиду, содержанию органических веществ. При этом следует заметить, что для полесской части области, где расположена значительная площадь заболоченных земель, естественно повышенное содержание железа. На площадях, осушенных с помощью закрытого гончарного и пластмассового дренажа, в результате повышенного содержания форм закисей железа в грунтовых водах наблюдается явление заохривания, что приводит к нарушению работы дренажной системы и, как следствие, к ухудшению экологической ситуации.

Повышенное содержание железа в поверхностных водах зоны Полесья предопределено большим содержанием комплексов с солями гуминовых кислот, вторичным заболачиванием мелиорируемых земель и т. д. Концентрация железа в воде зависит от уровня рН и содержания кислорода. Железо в грунтовых и подземных водах может находиться в окисной и закисной форме.

В незначительных количествах железо необходимо организму человека, так как оно входит в состав гемоглобина. Однако его излишек (больше 1–2 мг/л) не только значительно ухудшает органолептические свойства воды, увеличивает показатели цветности и мутности, но и имеет вредное влияние как на организм человека, так и на условия эксплуатации систем материального дренажа.

По результатам систематизации материалов собственных полевых исследований, архивных данных, анализа данных [7] разработана карта, что позволяет сделать пространственную оценку содержания железа в поверхностных и грунтовых водах мелиорируемых и прилегающих к ним землях для обоснования комплекса мероприятий относительно предотвращения вторичных изменений водно-физических свойств почвы и условий эксплуатации в результате заохривания дренажных систем (рис. 12.7).

Для улучшения экологического состояния земель сельскохозяйственного назначения, снижения уровня антропогенной нагрузки необходимо внедрять комплекс природоохранных мероприятий, которые должны включать в себя организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и технические составляющие, что позволит организовать наблюдение за изменениями показателей состояния территорий, установить их значения и обеспечить оптимальные, безопасные для человека и окружающей естественной среды хозяйственной деятельности условия.

12.3. Функциональные связи коэффициента фильтрации с физическими свойствами почв зоны Полесья

Для регулирования водно-воздушного режима почв, прогнозирования его изменений на мелиорируемых землях необходимы сведения о физических свойствах почв и их взаимосвязи с водно-физическими свойствами, особенно с водопроницаемостью, обусловленной комплексом показателей, среди которых плотность почвы, механический состав, структура и т. д. Изменение одного из показателей влияет в определенной мере на водопроницаемость почвы. При этом для почв разного генезиса и механического состава характер и степень взаимовлияния этих изменений чрезвычайно разнообразны.

Установление зависимости интенсивности водопроницаемости от физических свойств дерново-подзолистых почв имеет важное значение для прогнозирования вторичных изменений, которые наблюдаются при эксплуатации мелиорируемых земель. Прогноз вторичных изменений свойств почвы на фоне регулирования водного режима гидротехническими приемами позволит в случае необходимости дополнительно усиливать или снижать их влияние агро-мелиоративными, агротехническими и химическими мероприятиями.

На территории Западного Полесья широко представлены дерново-подзолистые почвы. В данном исследовании приведены результаты полевых данных на дерново-подзолистых глеевых и дерново-слабоподзолистых пылевато-супесчаных почвах. Эти почвы характеризуются показателями плотности твердой фазы в пределах 2,42–2,70 г/см³. Меньшие показатели характерны для гумусового слоя. Показатели плотности почвы составляют 1,16–1,82 г/см³. Максимальные показатели пористости почвы установлены для пахотного слоя и колеблются в пределах 52–42 %, при увеличении плотности почвы и плотности твердой фазы они не превышали значений 35–37 %. По данным полевых исследований, установлены показатели коэффициента фильтрации для разных горизонтов (00–110 см). Следует заметить, что их значения колеблются в значительных пределах. Наибольшие показатели (1,24–2,88 м/сут.) установлены для участков, где содержание механических элементов почвы размером 1,0–0,05 мм составляло 95,4–97,8 %. На отдельных точках исследований для почв с содержанием пыли 18–28 % коэффициент фильтрации равнялся 0,001–0,007 м/сут.

Значение показателя коэффициента фильтрации значительно изменяется даже для подобных по генезису почвенных разностей как во времени, так и по территории. Эти изменения невозможно охарактеризовать без применения математического аппарата, поэтому была проведена математическая обработка созданной базы данных для установления влияния физических свойств почв на показатели водопроницаемости. Для определения степени связи использована предложенная градация [12].

Физические, физико-механические и водные свойства почвы предопределены многими факторами, в том числе механическим составом. Анализ механического состава почв показывает, что при почти равных значениях (в процентах) содержания физического песка или пыли им отвечают достаточно разнообразные значения коэффициента фильтрации. И даже при одинаковом механическом

составе определения, проведенные в разные периоды вегетации, на одной точке имели отличные значения. По результатам математической обработки установлено, что связь между показателями коэффициента фильтрации и содержанием физического песка и пыли характеризуется коэффициентом детерминации соответственно 0,39 и 0,12 и описывается уравнениями [13, 14, 15]

$$Y = \frac{x_{nc}}{4305,9 - 48,2 x_{nc}}, \quad (12.1)$$

$$Y = \frac{2,64}{x_{nl}} + 0,12. \quad (12.2)$$

Результаты анализа зависимости между показателями коэффициента фильтрации и агрегатным составом почв свидетельствует о наличии тесной обратной связи. Наиболее высокие значения коэффициента корреляции установлены для показателей подпахотного слоя ($r = -0,88$), где почвенные агрегаты не испытывают влияния механического разрушения.

При проведении математической обработки базы данных нами были использованные методы прямолинейной, криволинейной, парной и множественной корреляции (табл. 12.3 –12.5).

При установлении прямолинейной парной корреляции (табл. 12.3) значения показателя коэффициента корреляции колебались в пределах от 0,69 до 0,2. Наиболее тесная связь установлена между показателями коэффициента фильтрации и значениями плотности, плотности твердой фазы и пористости почвы. Это предопределено тем, что значение этих физических показателей зависит от механического и минералогического состава, содержания органического вещества, структуры почв. Следовательно, путем регулирования структуры почвы можно достигать заданных показателей водопроницаемости.

Таблица 12.3

Результаты расчета линейной регрессии и корреляции между показателями коэффициента фильтрации (y), плотностью почвы (x), плотностью твердой фазы (z) полной влагоемкостью (β), пористостью почвы (i) и воздухоемкостью почв (γ)

№ п/п	Характер зависимости	Количество пар	Уравнения регрессии $Y = y + b_{yx}(X-x)$	Отклонения, S_{yx}	Коэффициент корреляции, r	Отклонения, S_r
1	$y = f(x)$	59	$y = 7,14 - 4,48 x$	0,86	-0,693	0,118
2	$y = f(i)$	41	$y = 25,21 - 10,48 i$	0,99	-0,657	0,120
3	$y = f(z)$	40	$y = -3,26 + 0,09 z$	0,89	0,633	0,125
4	$y = f(\beta)$	51	$y = 0,71 - 0,05 \beta$	1,49	0,251	0,138
5	$y = f(\gamma)$	41	$y = 0,40 - 0,02 \gamma$	1,12	0,198	0,156

$$t_{\text{теор}0,05} = 2,04 \quad \text{при } n = 30$$

$$t_{\text{теор}0,05} = 2,01 \quad \text{при } n = 50$$

Таблица 12.4

Расчет парной корреляции между показателями коэффициента фильтрации (y), плотностью почвы (x), плотностью твердой фазы (z), пористостью почвы (i)

№ п/п	Характер зависимости	Количество пар	Коэффициент корреляции, r	Корреляционное отношение, η					
				парабола 2-го порядка	S_η	парабола 3-го порядка	S_η	гипербола	S_η
1	$y = f(x)$	39	-0,69	0,74	0,11	0,68	0,12	0,72	0,11
2	$y = f(i)$	41	-0,66	0,61	0,12	0,65	0,12	0,60	0,12
3	$y = f(z)$	410	0,63	0,65	0,12	-	-	0,60	0,12

$$t_{\text{теор}0,05} = 2,04 \quad \text{при } n = 30$$

$$t_{\text{теор}0,05} = 2,01 \quad \text{при } n = 50$$

Но, как известно, связь между водно-физическими свойствами почвы в естественном состоянии очень редко можно описать прямолинейной зависимостью. Используя методы криволинейной парной корреляции, мы установили более тесные функциональные зависимости (табл. 12.4). Данные таблицы 12.4 наглядно иллюстрируют усиление степени связей при использовании уравнения параболы 2-го и 3-го порядка и гиперболы. Наиболее тесная связь установлена для зависимости коэффициента фильтрации от плотности почвы при использовании параболы 2-го порядка

$$Y = 21,50 - 0,26 x + 7,94 x^2. \quad (12.3)$$

Данное уравнение может использоваться при установлении зависимости для показателей плотности почвы в пределах от 1,05 до 1,60 г/см³. При увеличении плотности почвы больше показателя 1,6 г/см³ значение коэффициента фильтрации практически не изменяется и равняется 0,2 м/сутки. Подобная зависимость была установлена [15].

Учитывая тот факт, что водопроницаемость не зависит от показателя одного свойства почвы, а характеризуется их совокупностью, кроме метода парной корреляции, был использован математический аппарат множественной корреляции, который позволит более реально учесть существующие природные связи.

Таблица 12.5

Множественная связь между значением коэффициента фильтрации (y), плотностью почвы (x), плотностью твердой фазы (z), полной влагоемкостью (β) пористостью почвы (i) и воздухоемкостью почв (γ)

№ п/п	Характер зависимости	Количество пар	Значения уравнения $y_{zx}=a_0+a_1x+a_2z$	Совокупный коэффициент корреляции, R	F -критерий	Частные коэффициенты корреляции		
						$r_{1,2}$	$r_{1,3}$	$r_{2,3}$
1	$y = f(x, z)$	44	$y = 34,26 - 13,35x - 0,31z$	0,98	497,17	-0,35	0,17	-0,97
2	$y = f(z, \gamma)$	44	$y = -1,76 + 0,11z + 0,02\gamma$	0,81	39,11	0,22	0,17	0,73
3	$y = f(\gamma, \beta)$	44	$y = -0,23 - 0,02\gamma + 0,11\beta$	0,59	10,94	-0,22	0,51	-0,41
4	$y = f(i, \beta)$	44	$y = 7,91 - 3,05i + 0,08\beta$	0,59	10,94	-0,57	0,50	-0,54
5	$y = f(x, i)$	44	$y = 19,97 - 1,00x - 6,75i$	0,56	9,36	-0,35	-0,55	0,28

$F_{теорP0,05} = 3,18$

при $v = k - 1 \quad 3 - 1 = 2$
 $v_l = n - 3 \quad 44 - 3 = 41$

n – объем выборки
 k – число признаков

Как свидетельствуют результаты проведенных расчетов (табл. 12.5), учет третьей составляющей показал усиление связи – коэффициент фильтрации – плотность – пористость почвы. Совокупный коэффициент корреляции R равняется 0,98. Для зависимостей с плотностью твердой фазы и воздухоемкостью почв R равняется 0,81.

Проведенный математический анализ данных зависимости коэффициента фильтрации от отдельных физических свойств дерново-слабоподзолистых пылевато-супесчаных почв позволяет сделать вывод о том, что введение новых составляющих не всегда приводит к усилению связей. То есть для установления зависимости важно не только количество переменных, но и обоснование факториальных составляющих.

С помощью метода математической обработки экспериментальных данных установлено, что наиболее тесная связь существует между коэффициентом фильтрации, плотностью и пористостью почвы

Используя данные регрессионного анализа, для определения расчетного значения коэффициента фильтрации (K), можно предложить уравнение

$$K = 34,26 - 13,35 p - 0,31 P, \quad (12.4)$$

где p – плотность почвы, г/см³; P – пористость почвы, %.

Если в формулу 12.4 подставим значение пористости почвы, определенное через плотность почвы и плотность твердой фазы, то получим уравнение

$$K = 3,26 - 13,35 p (1 - 2,32 d^{-1}), \quad (12.5)$$

где d – плотность твердой фазы, г/см³.

Пользуясь формулой 12.5, по результатам установленных в лабораторных условиях показателей плотности почвы и плотности твердой фазы, можно расчетным методом получить значение коэффициента фильтрации без выполнения трудоемких полевых исследований, которое позволит значительно сократить время проведения исследовательских работ. На основании уравнения 12.5 составлена таблица расчетного значения коэффициента фильтрации с предельными условиями: $p = 1,0 - 1,6$ г/см³, $d = 2,50 - 2,74$ г/см³ (табл. 12.6).

Тесная связь между показателями коэффициента фильтрации и физическими свойствами дерново-подзолистых почв была установлена при применении криволинейной парной корреляции. Результаты использования математического аппарата множественной корреляции позволило установить основные факториальные составляющие, которые имеют наибольшее влияние на водопроницаемость почвы. Наиболее тесная зависимость установлена для составляющих – коэффициент фильтрации – плотность – пористость почвы.

Следует отметить, что предложенные уравнения не могут быть использованы при установлении значений коэффициента фильтрации для почв, которые значительно отличны по генезису и физическим свойствам. Для подобных же почв данные уравнения могут быть использованы для их характе-

ристики при проектировании мелиоративных систем и для целеустремленного управления водно-воздушным режимом с целью обеспечения оптимальных условий для сельскохозяйственных культур, которые выращиваются на осушенных землях.

Таблица 12.6

Установление значений коэффициента фильтрации в зависимости от физических свойств почвы (плотность – ρ и d – плотность твердой фазы)

$d, \text{г/см}^3$	$\rho, \text{г/см}^3$						
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
2,50	2,31	2,22	2,12	2,05	1,93	1,84	1,74
2,52	2,21	2,11	2,00	1,90	1,80	1,69	1,58
2,54	2,11	2,00	1,88	1,78	1,66	1,55	1,43
2,56	2,01	1,90	1,7	1,65	1,52	1,40	1,37
2,58	1,92	1,79	1,66	1,53	1,39	1,26	1,12
2,60	1,83	1,69	1,56	1,41	1,26	1,12	0,98
2,62	1,74	1,59	1,44	1,29	1,13	0,99	0,83
2,64	1,65	1,50	1,33	1,17	1,01	0,85	0,69
2,66	1,56	1,40	1,22	1,06	0,88	0,72	0,55
2,68	1,57	1,30	1,12	0,95	0,76	0,59	0,41
2,70	1,39	1,20	1,02	0,84	0,64	0,46	0,27
2,72	1,30	1,11	0,92	0,73	0,52	0,33	0,13
2,74	1,22	1,01	0,82	0,62	0,41	0,21	0,002

12.4. Заохривание дренажа мелиоративных систем

Осушение земель с помощью закрытого дренажа – это наиболее эффективный способ регулирования водно-воздушного режима территории без значительных колебаний уровня грунтовых вод на протяжении вегетационного периода. Закрытые дренажные системы обеспечивают надежное управление режимами на протяжении длительного времени. Дренажные системы часто выходят из рабочего состояния не в результате разрушения труб, а по таким причинам, как закупорка дрен за счет суффозии и хемогенного заиления в условиях высокого содержания в дренажных водах железа, кальция, магния; зарастание водорослями и корневой системой растений.

Украинское Полесье характеризуется значительным многообразием почвенных комплексов, что предопределено особенностями их формирования на протяжении четвертичного периода. При условии преобладания положительного водного баланса здесь широко распространены процессы заболачивания и оглеения. Для улучшения условий использования земельных ресурсов необходимо постоянно проводить комплекс разнообразных мелиоративных мероприятий, которые, безусловно, будут влиять на изменение как гидрологического и термического режима территории, так и на окислительно-восстановительные процессы почв. Изменение интенсивности и направленности окислительно-восстановительных процессов при условии высокого содержания в грунтовых водах соединений железа и марганца является одной из наиболее распространенных причин, которые вызывают нарушение работы дренажных систем – их заохривание.

Заохривание – это образование нерастворимого осадка гидроксида железа, которое происходит в результате химических реакций и жизнедеятельности железобактерий *Leptothrix trichogenes* и *L. ochracea* [16]. Причиной заохривания систем закрытого дренажа является комплекс факторов как природного, так и техногенного происхождения. К наиболее распространенным следует отнести такие, как концентрация ионов железа (Fe^{+2}) в грунтовых водах, показатели окислительно-восстановительного потенциала (Eh), концентрация ионов водорода (pH) и показатель давления недиссоциированных ионов водорода в грунтовых водах ($rH = Eh/0,29 + 2pH$), содержание кислорода, глубина залегания грунтовых вод, скорость течения воды, уклон и диаметр дрен [17, 18]. Заохривание дрен приводит к значительному ухудшению условий работы осушительной системы в целом, поэтому изучение этого процесса является актуальным, имеет теоретическое и практическое значение как на этапе проектирования, так и при эксплуатации осушительных систем.

В работе систематизированы материалы собственных эколого-мелиоративных исследований относительно экологического состояния мелиоративных систем Ровенской области, использованы данные отчетов о состоянии окружающей среды области [7]. Для разработки карт оценки качества поверхностных и грунтовых вод, обоснования мероприятий по улучшению условий эксплуатации дренажных систем использовались такие научные методы, как синтез, анализ, сравнение, а также расчетно-аналитический, отчетно-статистический и экспериментальный методы. При проведении исследований были использованы общенаучные методы.

Целью данной работы является обоснование мероприятий относительно борьбы с явлением заохривания дренажа на основании проведения оценки содержания соединений железа в поверхностных, дренажных и грунтовых водах осушительных систем Ровенской области.

Содержание соединений железа в поверхностных и грунтовых водах предопределено геологическими, климатическими, ландшафтными и гидрологическими особенностями региона исследований. Ровенская область расположена на северном западе Украины. Территория области расположена в пределах двух больших платформенных структур – Украинского щита и Волыно-Подольской плиты и только незначительный участок на северо-восточной окраине области лежит в пределах Припятского прогиба. Полесская низменность в пределах Ровенской области объединяет части двух принципиально отличных по условиям рельефообразования геоморфологических подобластей – Волинского и Житомирского Полесья. Территория области находится в пределах трех артезианских бассейнов: Волыно-Подольского, Припятского и Украинского бассейна трещиноватых и пластовых вод [6]. Особенности геологической истории и развития платформенных структур обусловили своеобразную ярусность равнинной поверхности, где с севера на юг последовательно прослеживаются: низменность Ровенского Полесья, Волинская возвышенность, равнина Малого Полесья и ответвления северного уступа Подольского плато. Каждый из упомянутых ярусов характеризуется не только гипсометрическими отличиями, но и своеобразными комплексами рельефа, особенностями формирования водных ресурсов, почвенного покрова, качества поверхностных и грунтовых вод, растительного мира и тому подобное.

Характерной чертой грунтовых вод для полесской части области, где расположена значительная площадь заболоченных земель, является природное повышенное содержание железа. При несбалансированном выносе железа в ионной и органо-минеральной форме из почв, что происходит в условиях избыточного увлажнения, происходит обогащение грунтовых вод соединениями железа. Железо в природных водах в зависимости от *pH* может находиться в виде двух- и трехвалентных ионов, коллоидов органического и неорганического происхождения, таких как $Fe(OH)^3$, FeS , $Fe(OH)^2$, комплексных соединений гуматов и фульвокислот, а также в виде тонкодисперсной взвеси гидроксида железа. При поступлении грунтовых вод в дренажные трубки, в результате взаимодействия с кислородом воздуха начинается процесс окисления закиси железа. Однако в природе чисто химическое взаимодействие происходит лишь на поверхности водного зеркала. Интенсивное образование окиси железа возможно лишь при участии в этом процессе железобактерий, которые способствуют окислению закисных форм, образуя нерастворимую гидроокись. Сначала появляются отдельные колонии железобактерий, разрастаются и сливаются, заполняют всю полость трубки. Постепенно гидроокись превращается из коллоидного состояния в кристаллическую. Наблюдается явление заохривания трубок, которое приводит к нарушению работы дренажной системы в целом.

Содержимое подвижных форм закиси железа в грунтовых водах не является постоянной величиной. Исследование содержания железа на глубоких торфяниках ольхово-мохово-осинового ботанического состава позволило установить его значительные колебания на протяжении вегетационного периода (рис. 12.8).

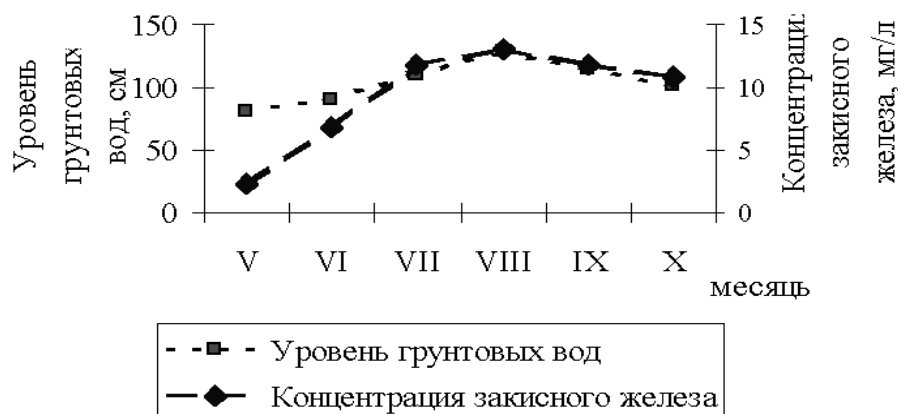


Рис. 12.8. Сезонные колебания содержания закиси железа в грунтовых водах

Сезонные колебания содержания железа в грунтовых водах составляют 18–34 %. Наибольшие значения наблюдаются в летний период, что предопределено действием биологических факторов – повышением парциального давления углекислоты, усилением активности микрофлоры. Изучение динамики изменения подвижных форм соединений в дерново-подзолистых почвах свидетельствует о том, что минимальное значение наблюдается в весенний период, когда почва недостаточно прогрета

при условии чрезмерного увлажнения. С повышением суммы температуры воздуха и почвы увеличивается содержание как окисных форм, так и соединений закиси железа. Максимальные значения за трехлетний период исследований наблюдались в наиболее дождевой, но теплый период. Для зоны Полесья Ровенской области этот период приходится на первую-вторую декады августа. Содержание закисных соединений в почве в этот период составляет 6–14 мг на 100 г почвы. Большие значения относятся к гумусовому слою почвы. Осенью, даже при условии наличия значительного количества влаги, при снижении температуры почвы содержание закисных форм железа в гумусовом горизонте колебалось в пределах 2–6 мг на 100 г почвы. Интенсивный процесс образования охры происходит в ранневесенний период, это обусловлено тем, что температурный оптимум для развития железобактерий находится в пределах 1–5 °С [16, 20]. В летние месяцы проходит преимущественно процесс химического окисления.

Таким образом, основной фактор образования окисных соединений железа в дренажных трубах – высокое содержание в воде его закисных форм. При этом возможность заохривания керамических труб происходит при концентрации 8–10 мг/л Fe^{+2} а пластмассовых – 3–4 мг/л [21].

Почвы на осушительных системах по показателям степени возможности заохривания дренажа в зависимости от содержания ионов Fe^{+2} в грунтовых водах и показателя рН разделяют на пять групп: возможность заохривания отсутствует, слабая; средняя; большая; очень большая возможность. При этом диапазон колебания концентрации соединений железа находится в пределах от 3 до 14 мг/л.

Мероприятия относительно предотвращения заохривания дренажных труб можно представить в виде двух групп – профилактические и эксплуатационные. Комплекс профилактических мер направлен на предотвращение поступления, окисления соединений железа и накопления осадка, который образуется в дренах. С этой целью целесообразно предусмотреть возможность проведения регулируемой аэрации воды в зоне залегания грунтовых вод для опасных участков водосбора; внесение в дренажную траншею извести, подтопление устья дренажных коллекторов; изменение диаметра, длины и уклона дрен. Эксплуатационные мероприятия направлены на извлечение продуктов заохривания путем механической очистки, гидравлической и химической промывки.

12.5. Обоснование доз ингибитора для предотвращения заохривания дренажа

При проведении комплекса мероприятий по осушению земель отмечается резкое изменение водно-воздушного режима почв. Непромывной тип водного режима изменяется промывным, усиливается действие факторов зонального почвообразования, которое приводит к интенсивному распаденю органического вещества, окислению закисных соединений и значительному выносу с дренажными водами щелочноземельных элементов: кальция, железа, фосфора, марганца и других, а это предопределяет возможность возникновения процесса заохривания дренажных труб.

Причины заохривания дренажных систем могут быть чрезвычайно разнообразными, а возникновение условий этого явления – актуальный вопрос. При этом большое внимание уделяется путям предотвращения образования пробок из окисных соединений железа. Для создания условий, при которых сдерживается процесс окисления соединений закиси железа, используются также химически активные материалы, способствующие снижению подвижных форм закисей железа, – ингибиторы.

Мероприятия по предотвращению заохривания дренажа разделяются на профилактические и эксплуатационные. Наиболее эффективными являются профилактические, особенно внесение в траншейную засыпку во время строительства дренажных систем ингибитора – вещества, которое способствует окислению железа. С целью установления наиболее оптимальных доз ингибитора, вносимых в расчете на один погонный метр дренажной засыпки, проведены модельные исследования.

Как известно, ингибиторы разделяются в зависимости от механизма действия, химического происхождения и условий среды. Нами использовался ингибитор неорганического происхождения, который действует в нейтральной среде и содержит катионы Ca^{2+} – молотый известняк. Для проведения модельного опыта был использован низинный торф с содержанием валового железа 4,34 % и кальция 3,47 % на сухую навеску почвы.

Молотый известняк с тонкостью помола 1–2 мм вносили в емкости из расчета 30, 60, 90, 120, 150 кг на один погонный метр дренажной засыпки. Слой торфа в емкости составлял 30 см, что отвечает мощности околдренажной засыпки, в которую рекомендуется вносить ингибитор. В емкостях были созданы анаэробные условия. С интервалом в семь суток проводилась промывка раствором с содержанием железа закиси в пределах 2,0–20,0 мг/л и определялось содержание закиси железа в промывных водах [22, 23].

На основе данных, полученных при проведении модельного опыта, установлен характер изменения количества закиси железа в дренажных водах в зависимости от дозы ингибитора. Как свиде-

тельствуют данные исследований, проводившихся на протяжении 63 суток, при внесении 150–120 кг/100 м пог. дренажной засыпки ингибитора, содержание закиси железа снизилось до 2,8–6,4 мг/л (рис. 12.9).

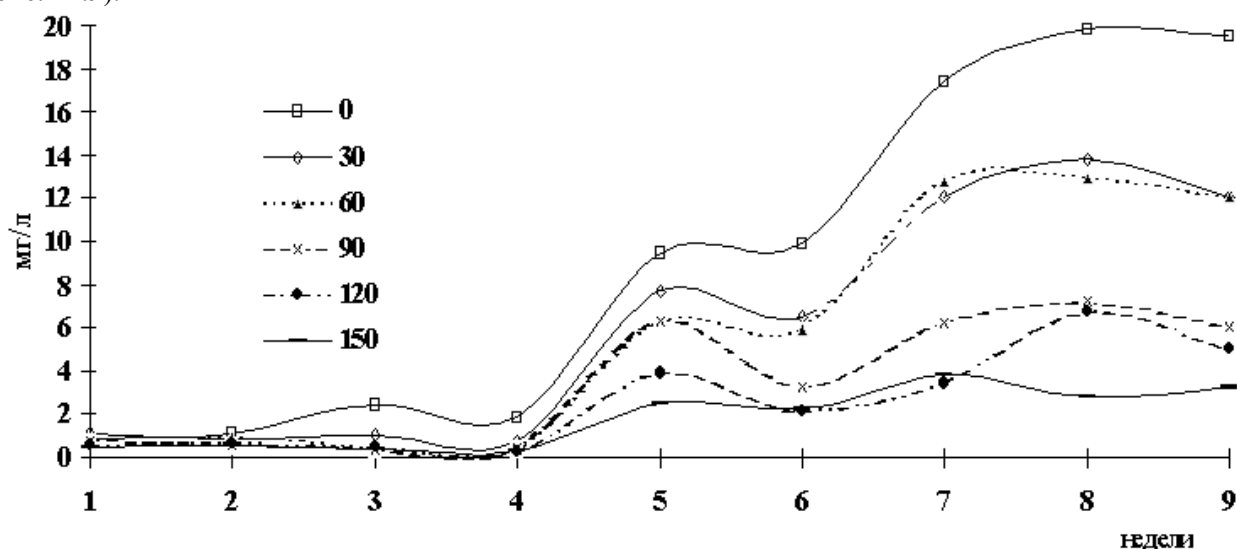
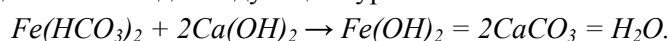
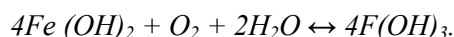


Рис. 12.9. Изменение концентрации железа закиси в «грунтовых водах» модельного опыта в зависимости от нормы внесения ингибитора

Внесение молотого известняка приводит к нейтрализации почвенного раствора, коагуляции соединений железа в зоне засыпки около дрены. Процесс, который происходит при окислении закиси железа может быть представлен в виде следующего уравнения:



Гидрат закиси легко окисляется, окись коагулирует и образует осадок:



По результатам полученных данных была установлена динамика окисления соединений закиси железа. Эффективность процесса окисления характеризуется показателями: α – снижение содержания закисной формы железа; Z – степень снижения концентрации; γ – коэффициент снижения (эффект ингибитора [24]) и определяется формулами

$$\alpha = K_0 - K_1, \text{ мг/л}, \quad (12.6)$$

$$Z = (K_0 - K_1) / K_0 \cdot 100, \%, \quad (12.7)$$

$$\gamma = K_0 / K_1, \quad (12.8)$$

где K_0 – концентрация закиси железа без внесения ингибитора, мг/л; K_1 – концентрация закиси железа при использовании ингибитора, мг/л.

Снижение содержания закисных форм железа увеличивалось в соответствии с дозой внесенного ингибитора. Наибольший эффект наблюдался соответственно к внесенным дозам 90, 120 и 150 кг на 100 пог. метров (рис. 12.10).

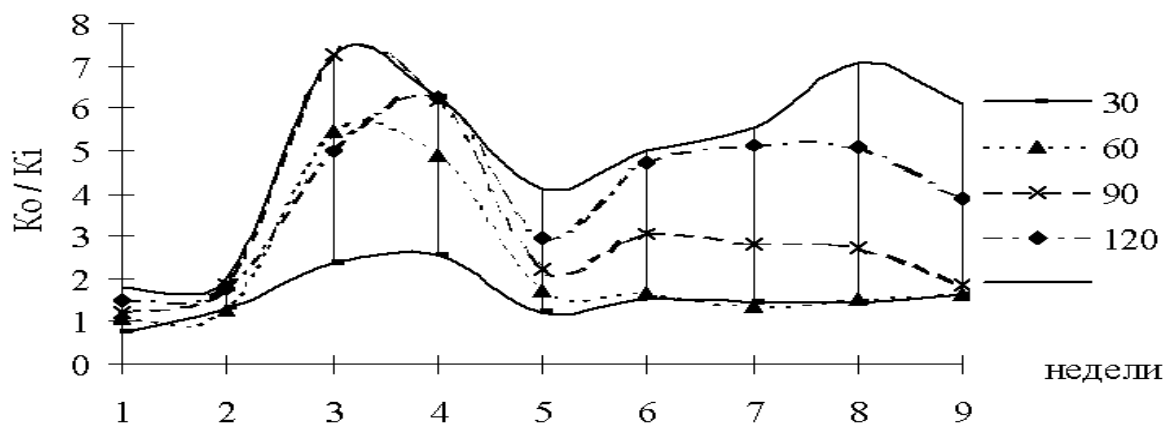


Рис. 12.10. Снижение содержания форм закисей железа, на протяжении периода опыта в зависимости от дозы ингибитора

Использование ингибитора, как профилактической меры имеет достаточно высокий эффект. Так, при внесении дозы в 30 кг на 100 пог. м, уже на шестой неделе наблюдений, отмечено снижение закиси железа на 30 % по сравнению с вариантом контроля (рис. 12.11).

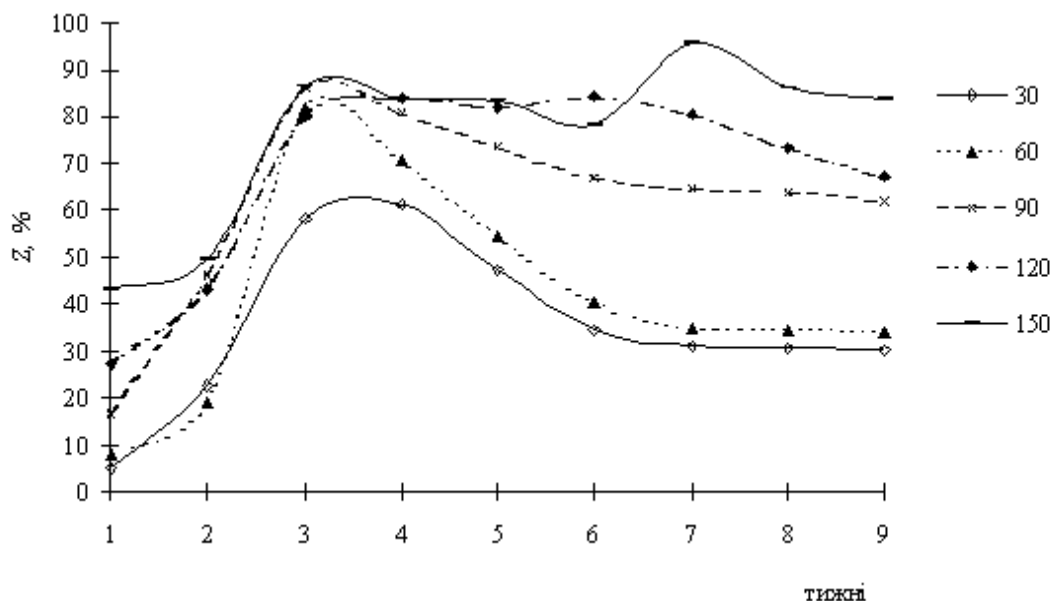


Рис. 12.11. Относительный показатель степени снижения содержания закиси железа на протяжении периода опыта, в зависимости от дозы ингибитора

Коэффициент торможения процесса заохривания дренажа (эффект ингибитора) оценивается по соотношению K_0 / K_1 . Как и для других показателей, значение величины эффекта внесения ингибитора зависит от его дозы (рис. 12.12).

По данным разных авторов, большая вероятность заохривания керамического дренажа возникает при концентрации закиси железа больше чем 8 мг/л, а для пластмассового дренажа даже при концентрации 3–4 мг/л. Но эта величина зависит от многих факторов как природного, так и техногенного происхождения. С целью установления влияния доз молотого известняка, который предложен в качестве ингибитора, на изменение концентрации закиси железа в грунтовых водах по результатам данных модельного опыта была проведена математическая обработка данных (рис. 12.13).

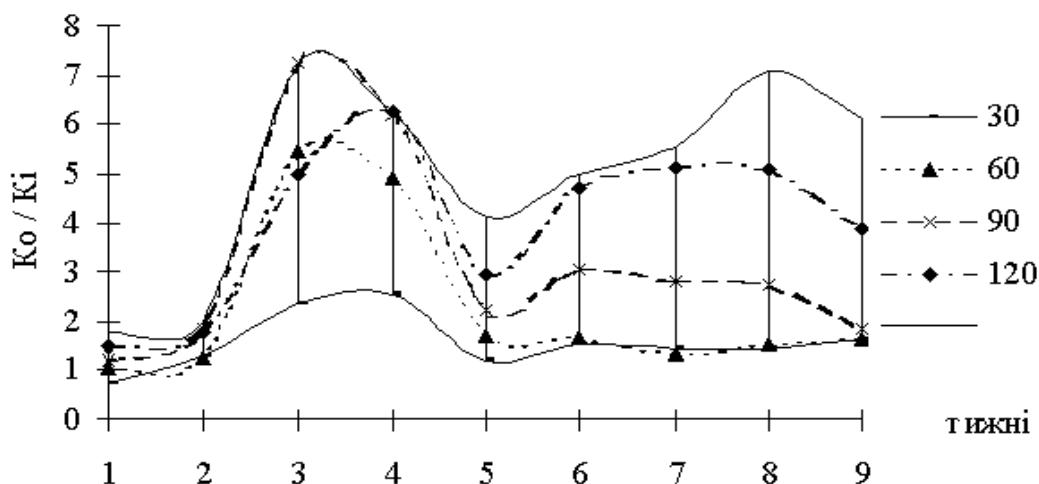


Рис. 12.12. Коэффициент снижения (эффект ингибитора) содержания форм закисей железа на протяжении периода опыта в зависимости от дозы ингибитора

Результаты проведенного модельного опыта дают возможность установить нормы внесения данного ингибитора (рис. 12.13). Внесение ингибитора относится к профилактическим мерам и проводится один раз при строительстве дренажной системы. Наиболее эффективное действие этого приема наблюдается в первые 2–3 года эксплуатации, когда вынос закиси железа с дренажными водами максимален, а вероятность заохривания дренажа наибольшая.

По данным моделирования профилактических мер заохривания дренажа путем внесения молотого известняка установлена зависимость между дозой ингибитора и степенью его влияния на тор-

можение этого процесса. Для ингибитора, который исследовался, определены оптимальные дозы внесения при разных концентрациях закиси железа, которые могут быть использованы для разработки профилактических мер на территориях с подобными свойствами грунтовых вод.

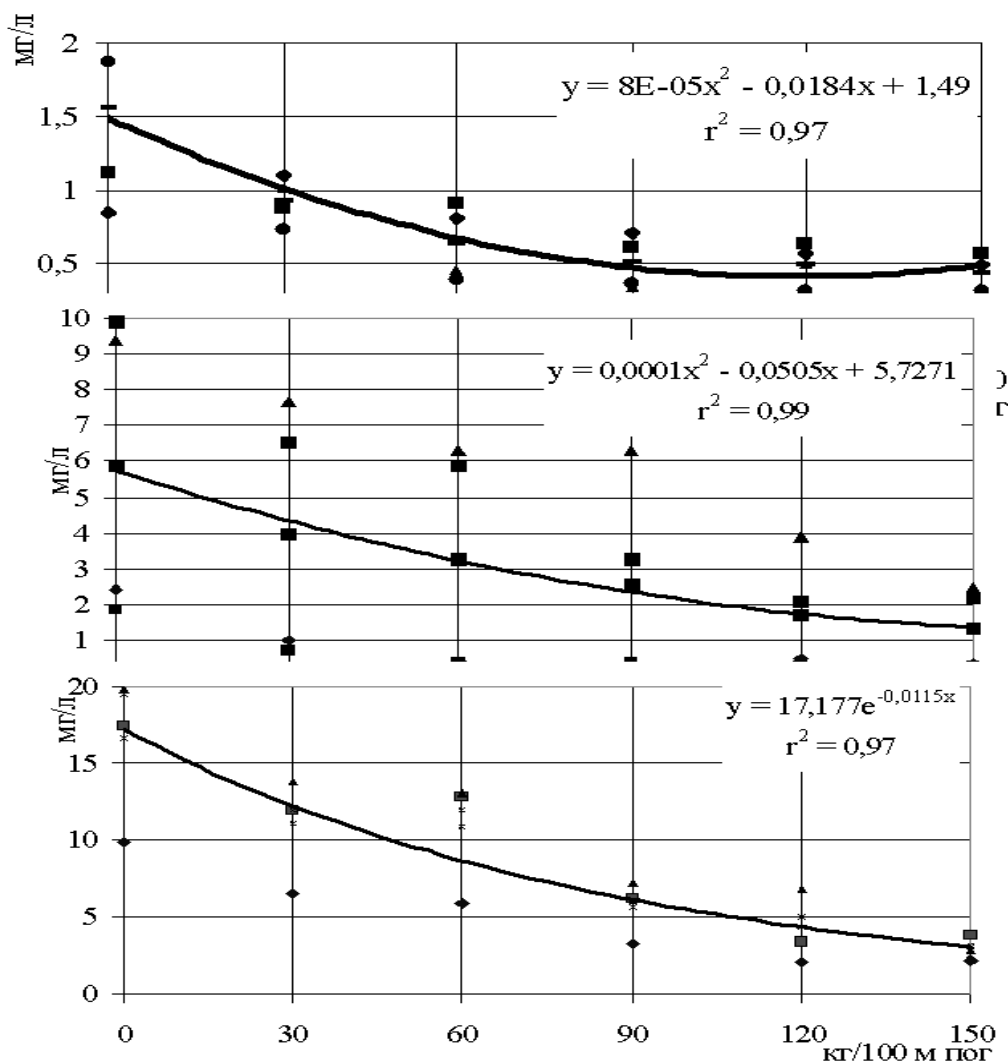


Рис. 12.13. Влияние дозы ингибитора на концентрацию закиси железа в дренажных водах (при концентрации: 1 – до 2,0 мг/л; 2 – до 10 мг/л; 3 – 3,0–20,0 мг/л)

12.6. Защитная функция водохозяйственно-мелиоративного комплекса и прогнозирование прохождения наводнений и паводков на территории Ровенской области

Ровенская область, площадь которой составляет 2,0 млн гектаров, как и большинство областей западного и северного регионов Украины, богата на поверхностные воды. На ее территории протекает 171 река общей длиной 4,4 тыс. километров, расположено 12 водохранилищ, 1688 прудов и 162 озера, общая площадь водного зеркала которых составляет 15,0 тыс. гектаров.

Значительная часть территории области заболочена, болота занимают площадь в 104,9 тыс. гектаров и расположены в основном в поймах рек.

Особенности питания рек и неравномерность распределения их стока на протяжении года вызывают частые подъемы уровней воды. Причем северные и южные районы области имеют определенные особенности. Для южных районов более характерны дождевые паводки, а для северных – как весенние наводнения, так и дождевые паводки.

Ровенская область, особенно ее северные районы, почти ежегодно страдает от подтопления и затопления населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий весенними наводнениями и дождевыми паводками. Статистика свидетельствует о том, что в наиболее многоводные (паводковые) годы в зону подтопления могут попасть до 90 населенных пунктов области. В результате затопления и подтопления территории от наводнений и паводков возникают чрезвычайные ситуации, которые наносят экономические, экологические и социальные убытки. Объектами негативного влияния являются человек, его здоровье и хозяйственная деятельность, а также земля и вода.

Работы по защите населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий области от вредного воздействия воды были начаты еще в 60-х годах прошлого века при проектировании и строительстве польдерных мелиоративных систем. Поскольку эти работы были больше направлены на защиту от вредного воздействия вод сельскохозяйственных угодий, чем населенных пунктов, то, как показали наводнения и паводки 1993, 1996 и 1999 гг., построенный комплекс защитных сооружений является недостаточным и нуждается в значительной доработке, проведении работ по реконструкции и капитальному ремонту большинства его составляющих.

Большая часть защитных гидротехнических сооружений строилась для решения локальных проблем и не составляла единый комплекс, рассчитанный на надежную защиту от катастрофических наводнений и паводков. Как следствие, во время весеннего наводнения 1999 г. за считанные часы паводковыми водами были подтоплены или затоплены 89 населенных пунктов, 453 жилых дома и 2173 усадеб и приусадебных участков, из которых были отселены 911 жителей, в том числе 338 детей. Значительные разрушения нанесла водная стихия дорожному, жилищно-коммунальному, водному и лесному хозяйству, объектам транспорта, энергетики, связи и сельскому хозяйству. Под водой очутилось 33,5 тыс. гектаров сельскохозяйственных угодий. Только убытки сельскому хозяйству составили больше 7 млн гривен, частный сектор понес убытки более чем на 2 млн гривен. Общая сумма убытков от наводнения 1999 г. достигла суммы в 10,5 млн гривен, что в пересчете на сегодняшние цены составляет около 50 млн гривен. Следовательно, защита от вредного действия вод в области является одной из острейших водохозяйственных проблем.

Разработка эффективных мероприятий по защите территории области – наша важнейшая задача. Система защиты должна иметь комплексный характер, создаваться с учетом особенностей формирования и прохождения наводнений и паводков и динамики уровня грунтовых вод.

С целью уменьшения социального напряжения, обеспечения защиты населения, сельских населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий от вредного воздействия вод, минимизации причиненных им убытков областным управлением водных ресурсов в соответствии с постановлением Кабинета министров Украины была разработана и утверждена соответствующая региональная программа защиты от вредного действия вод на 2001–2010 годы. В 2010 г. она была продолжена до 2020 и фактически действовала до 2012 года. В 2013 г. в соответствии с Законом Украины была разработана Программа развития водного хозяйства Ровенской области на период до 2021 года.

За время действия соответствующих программ (2001–2014) на их реализацию из государственного бюджета было выделено и освоено 38,7 млн гривен, что составило 25 % от потребности, предусмотренной программами. За счет выделенных средств были выполнены работы и введены в эксплуатацию 25 объектов защиты: построено 19,8 км защитных дамб, 3 польдерные насосные станции, 71 гидротехническое сооружение, 3 противопаводковых водоема, расчищено 61,6 км русел рек и каналов, укреплено 2,6 км берегов рек. Это позволило в 9 районах области обеспечить защиту 22 населенных пунктов (427 жилых домов), 3075,6 гектара сельскохозяйственных угодий и приусадебных участков.

На сегодняшний день водохозяйственно-мелиоративный комплекс области в своем составе насчитывает 913 км защитных дамб, осушительные системы двустороннего и одностороннего действия площадью осушения 330,5 тыс. гектаров, польдерные системы площадью 59,9 тыс. гектаров, 80 польдерных насосных станций, 16,9 тыс. километров мелиоративных каналов и 12 942 водопропускных сооружения. Этот комплекс обеспечивает защиту от вредного действия вод 46 населенных пунктов, в которых проживает почти 35 тыс. жителей. В стадии незавершенного строительства находится еще 11 объектов защиты, для окончания работ на которых требуется около 20 млн гривен.

В целом финансирование программы развития водного хозяйства области в полном объеме, на что нужно около 90 млн гривен, даст возможность обеспечить защиту 26 населенных пунктов с 340 жилыми домами и 2588 гектарами приусадебных участков и сельскохозяйственных угодий.

Однако, учитывая тот факт, что ежегодно по программе защиты выделяется около 3 млн гривен, завершение процесса полной защиты, будет неблизким, хотя уже сегодня, по данным наших наблюдений, в области даже незначительное наводнение в первую очередь может создать проблемы для 11 населенных пунктов. Эти населенные пункты никакими гидротехническими сооружениями не защищены, поэтому в случае резкого поднятия уровней воды в реках необходимы согласованные действия районных служб относительно проведения своевременной эвакуации населения, а согласованные действия районных служб зависят от эффективного прогнозирования.

Для эффективного прогнозирования прохождения наводнений и паводков на территории нашей области используется система раннего оповещения о чрезвычайных ситуациях, связанных с этими явлениями.

Основной целью системы является:

- оперативное прогнозирование гидрографов наводнений и паводков на реках области;
- подготовка достоверной прогнозной информации о параметрах наводнения и паводка и передача ее соответствующим службам оповещения и инженерным подразделениям;
- выдача рекомендаций для принятия управленческих решений по безаварийному пропуску наводнений и паводков.

Данная система базируется: 1) на наличии соответствующих служб оповещения, связи и реагирования (служба гражданской защиты области); 2) знаниях о рисках.

Составляющие знаний о рисках:

- уровень режим рек, которые притекают к нам из соседних областей (Волинская, Житомирская, Львовская, Тернопольская и Хмельницкая) и прослеживается по имеющимся гидропостам центра гидрометеорологии (Луцк – р. Стырь, Колки – р. Стырь, Вел. Млынивци – р. Иква, Н. Волинский – р. Случь, Ямполь – р. Горынь, Щуровичи – р. Стырь);
- уровневые режимы рек Республики Беларусь, в которые сбрасываем избыточные воды, прослеживаются по имеющимся гидропостам (Выкаровичи – р. Горынь, Мост Любанский и Чернычи – р. Припять);
- запасы воды в бассейнах рек на территории области (снежные запасы, осадки и т. п.) – используются данные метеостанций (Ровно, Дубно, Сарны).

Обобщение приведенных составляющих дает возможность прогнозировать изменение уровня режима рек на территории области. Прогнозируемый уровень режим и разработанные прогнозы относительно возможного затопления зданий водами наводнений и паводков дают возможность определить вероятность затопления того или другого дома и на основе этого своевременно принять решение по предотвращению вредного воздействия вод.

В настоящее время в области разработаны прогнозы по рекам Горынь и Случь в пределах Дубровицкого района, реки Стырь – Владимирецкого и Заречненского районов, реки Иква – города Дубно, реки Случь, – Сарненского района, реки Бунив – Рокитновского района и реки Припять – Заречненского района области. Согласно им установлено, что в зону возможного затопления попадают 3311 жилых и 3708 хозяйственных зданий.

Приведенные прогнозы разработаны для наиболее потенциально опасных участков рек. Также требуется разработка других участков, и для этого мы планируем привлекать профессорско-преподавательский и студенческий состав Национального университета водного хозяйства и природопользования во время прохождения производственной практики (выполнение чертежей поперечников русел рек, высотной съемки местности, опроса местных жителей и др.). Эту систему можно постоянно совершенствовать: например, вести учет влияния на уровень режим рек водохранилищ, прудов, насосных станций, перераспределения воды, которая должна попасть в реки с помощью сухих польдеров и т. д. Над этим и работают водохозяйственники Ровенской области.

Литература

1. Третяк А. М. Землевпорядне проектування: Теоретичні основи і територіальний землеустрій : навч. посібник. – Київ: Вища освіта, 2006 – 528 с.
2. Сухий П. О., Дарчук К. В. Сучасний стан використання земель сільськогосподарського призначення Івано-Франківської області // Економічна та соціальна географія : науковий вісник Волинського національного університету ім. Л. Українки. – 2011. – № 9. – С. 70–77.
3. Кирилюк О. В. Антропогенізація ландшафтів водозбірних басейнів Дерелюю та Виженки // Науковий вісник Чернівецького університету : зб. наук. праць. – Вип. 614–615: Географія. – 2012. – С. 50–53.
4. Волкова Л. А., Косяк Д. С., Холоденко В. С. Методи оцінки стану екосистем басейнів малих річок // Україна та глобальні процеси: географічний вимір : зб. наук. праць : в 3 т. – Київ ; Луцьк: Вежа ; Волин. держ. ун-т ім. Л. Українки, 2000. – Т. 2. – С. 233–234.
5. Волкова Л. А. Природно-господарське використання земель (на прикладі басейнів малих річок Рівненської області) // Географія та туризм : наук. зб. / ред. кол.: Я. Б. Олійник (відп. ред.) [та ін.] – Вип. 22. – Київ: Альтерпрес, 2012. – С. 299–307.
6. Коротун І. М., Коротун Л. К. Географія Рівненської області. – Рівне, 1996. – 274 с.
7. Доповідь про стан довкілля в області 2007–2010 рр. [Електронний ресурс] : Держ. управління охорони навколишнього природного середовища в Рівненській області. – Режим доступу: http://www.ecorivne.gov.ua/report_about_environment/.
8. Doxiadis C. Ekistics: An Introduction to the Science of Human Settlements. – London, 1968. – 527 p.
9. Кирилюк О. В. Антропогенізація ландшафтів водозбірних басейнів Дерелюю та Виженки // Науковий вісник Чернівецького університету: зб. наук. праць. – Вип. 614–615: Географія. – 2012. – С. 50–53.
10. Волкова Л. А. Використання земель сільськогосподарського призначення Рівненської області // Вісник Національного ун-ту водного господарства та природокористування : зб. наук. праць. Технічні науки. – 2013. – Вип. 1(61). – С. 26–32.

11. Волкова Л.А. Антропогенезація басейнів малих річок Рівненської області // Вісник Національного ун-ту водного господарства та природокористування : зб. наук. праць. Технічні науки. – 2013. – Вип. 1(61). – С. 170–175.
12. Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении : учебник. – М.: Изд-во МГУ, 2009. – 328 с.
13. Вознюк С. Т., Кузьмич П. К., Волкова Л. А. Функциональные связи гидравлической проводимости с физическими свойствами почв // Почвоведение. – 1979. – № 2. – С. 82–87.
14. Волкова Л. А. Изменение гидравлической проводимости почв под воздействием агрономелиоративных приемов ее обработки // Краевые задачи теории фильтрации : тезисы докл. Всесоюз. совещания-семинара. – Ровно, 1979. – Ч. II. – С. 244.
15. Дербилян Г. А. Зависимость водопроницаемости почвогрунтов от их свойств // Метеорология и гидрология. – 1975. – № 7. – С. 100–101.
16. Хруцкая З. Я. О природе образования окисных соединений железа в гончарном дренаже // Гидротехника и мелиорация. – 1965. – № 1.
17. Мурашко А. И., Сапожников Е. Г. Защита дренажа от заиления. – Минск: Ураджай, 1978. – 252 с.
18. Лопатина М. Г. Разработка принципов дренажного обустройства грунтовых плотин в условиях хемогенного заиления // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 2008. – Т. 252. – 40–49.
19. Волкова Л. А. Орлов В. О. Екологічні аспекти використання поверхневих вод Західного Полісся України // Экосистемы, их оптимизация и охрана. Вып. 6(25). – Симферополь: ТНУ, 2012. – С. 242–250.
20. Волкова Л. А. Заохорення дренажу меліоративних систем // Вісник Національного ун-ту водного господарства та природокористування : зб. наук. праць. Сільсько-господарські науки. 2012. Вип. 4(60). – С. 130–135.
21. Маслов Б. С. Заиление дренажей железистыми соединениями // Гидротехника и мелиорация. – 1972. – № 10.
22. Волкова Л. А. Обґрунтування надійності роботи дренажу осушувальних меліоративних систем. Kluczowe aspekty naukowej działalności – 2013 // Materiały IX międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji. 7–15 stycznia 2013 roku. Vol. 14. Ekologia. Geografia i geologia. Chemia i chemiczne technologie. Rolnictwo. Weterynaria.: Przemysł. Nauka i studia, 2013. – С. 82–86
23. Волкова Л. А. Обґрунтування доз інгібітору для запобігання заохорення дренажу // Вісник Національного ун-ту водного господарства та природокористування : зб. наук. праць Сільськогосподарські науки. Вип. 4(60). – Рівне: НУВГП, 2012. – С. 170–175.
24. Введение в коррозионную науку и технику / пер. с англ. А. М. Сухотина и др. ; под ред. А. М. Сухотина. – Л.: Химия, 1989. – 456 с.

Глава 13. МОНИТОРИНГ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ПОЛЕСЬЯ

13.1. Становление и развитие мониторинга осушаемых земель гумидной зоны Украины

Мелиорация земель гумидной зоны является одним из базовых факторов социально-экономических преобразований и играет немалую роль в развитии и поддержании национальной экономики и европейской экономики в целом. Выступая как фактор вмешательства в окружающую среду, мелиорация переувлажненных земель стала одной из самых активных природно-хозяйственных систем, не только влияющей на состояние и свойства природных комплексов [59], но и приводящей к их перестройке. С учетом данного фактора, кроме социально-экономического аспекта, она должна оцениваться и с точки зрения соблюдения экологического равновесия, острота которого растет ежегодно [29, 37]. В данном контексте важен вопрос о допустимых преобразованиях существующих ландшафтов, с тем чтобы преобразованные территории в комплексе с окружающей средой не привели к необратимым негативным последствиям. Еще А. Н. Костяков (1960) подчеркивал, что суть осушаемых мелиораций сводится не к снижению уровня грунтовых вод, созданию в корнеобитаемом слое оптимального для роста и развития растений водно-воздушного режима, его обеспечению и поддержанию в течение вегетации, но и к тому, чтобы полностью исключить возможность ухудшения мелиоративно-экологического состояния на прилегающих к осушаемым землям территориях [26].

Научные и практические вопросы проведения мелиоративных работ имеют в Украине давнюю и непростую историю. Следствием работы нескольких поколений мелиораторов является наличие в Украине почти 3 млн га осушаемых земель и, кроме того, около 2,5 Га земель различного назначения, которые условно можно отнести к близлежащим [52]. История развития осушения земель подтверждает, что зона Полесья Украины была объектом мелиоративных преобразований – от незначительных участков к широкомасштабным мелиорациям [24, 25, 26, 29, 30, 37, 59].

Современная мелиоративная наука имеет свою парадигму, методологию, принципы, школы. Классическими для осушительных мелиораций можно считать подходы А. Н. Костякова, Б. С. Маслова и ряда других ученых [27, 30], которые рассматривают мелиорацию земель как сложную систему оптимизации природной среды с учетом создания высокоэффективного сельскохозяйственного производства. Большое научное и практическое значение для мелиорации земель гумидных зон Украины имеют работы С. М. Перехреста, А. М. Ангелочек, В. П. Кубышкина, Д. А. Тютюнника, З. А. Забочиной, В. Е. Алексеевского, С. Потоцкого, П. И. Коваленко, А. Г. Булавко, П. И. Заржевского, А. И. Мурашко, С. Г. Скоропанова, В. Ф. Шебеко и других авторов [8, 15, 18, 28, 41, 45, 51, 58, 60], которые освещали вопросы норм осушения, гидравлических и фильтрационных расчетов систематического дренажа, глубокого рыхления почвы тяжелого гранулометрического состава, проектирования гидромелиоративных систем, особенностей водного режима переувлажненных земель в связи с их осушением, водных свойств торфяных отложений, гидрологических расчетов осушительных систем.

Значительно меньше в тот период изучались вопросы экологических последствий, сохранения и охраны мелиорированных почв. Однако осуществление широкомасштабных работ по осушению заболоченных и переувлажненных земель привели к существенным изменениям в природных комплексах [43, 53] гумидной зоны Украины. Характер изменений, которые наблюдаются на землях с регулируемым водным режимом, определяется особенностями как инженерно-технических, так и физико-географических факторов. К зафиксированным в процессе наблюдений изменениям относятся: снижение уровня грунтовых вод, трансформация природных ландшафтов, ухудшение режима поверхностного стока, снижение почвенного плодородия и изменение водно-физических свойств почв, уменьшение количества видов флоры и фауны, развитие вредных геологических процессов, недостаточный прирост урожайности сельскохозяйственных культур и т. п. [2, 3, 11, 12, 22, 23, 36, 39, 54]. Интенсивность изменений зависит от силы и продолжительности действия мелиоративных мероприятий, а также от устойчивости природных комплексов и сельскохозяйственных агросистем [4, 28, 30, 39, 45, 50].

Важное место среди природоохранных проблем в настоящее время занимают неблагоприятные процессы на осушаемых землях Украины. Одновременно с положительным результатом повышения плодородия почв осушительные мелиорации предусматривают влияние на окружающую среду [24, 25, 30, 37]. В этом заключается противоречивость мелиорации. Исследованиями В. Е. Алексеевского, С. Т. Вознюка, Н. А. Клименко, П. И. Коваленко, В. С. Мошинского, И. Ю. Наседкина, М. И. Ромашенко, Г. П. Рябцева, Р. С. Трускавецкого, А. В. Цветова и многих других авторов [4, 11, 22, 23, 25, 26, 30, 37, 39, 43, 50, 53] установлено, что в пределах осушаемых массивов и на прилегающих к ним территориях наблюдаются:

- 1) иссушение земель и в связи с этим истощение вод четвертичного водоносного горизонта и напорных межслойных вод;
- 2) вторичное заболачивание осушаемых земель из-за недостатков в эксплуатации осушительной сети;
- 3) геодинамические процессы: осадки торфа, суффозии и карстообразования;
- 4) процессы водной и ветровой эрозии;
- 5) засоление органогенных почв, в первую очередь за счет изменения их водного режима;
- 6) изменение гидрохимического режима и загрязнение подземных вод;
- 7) изменение гидрографической сети и площадей осушаемых водозаборов;
- 8) изменение видового состава растительности и площадей проективного покрытия в фитоценозах и т. д. [39].

Сейчас стало понятно, что при проектировании осушительных мелиораций просто необходимо учитывать особенности природных условий территории и предусматривать четкий перечень мероприятий по охране как самих территориальных систем – объектов улучшения, так и их окружающей среды.

Удовлетворяя растущие потребности населения посредством преобразования окружающей среды, мелиорация нарушает абиотические условия и свойства генетически связанных с ними экосистем. Кроме того, создание модификаций природных систем требует их постоянного ухода и поддержания, поэтому не секрет, что сейчас осушительные системы во влажной зоне находятся в ветхом состоянии и требуют значительных вложений – как научно-теоретических, так и финансовых.

При проведении любых мелиоративных мероприятий на переувлажненных и заболоченных землях Украины главным является результат – высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Для этого создается благоприятная мелиоративная ситуация независимо от погодных условий года.

Мелиоративную ситуацию обычно описывают как степень обеспечения с помощью мелиоративных мероприятий улучшения неблагоприятных условий среды (гидрологических, почвенных, климатических) в расчетные периоды эксплуатации осушительной системы [25, 37].

Все перечисленные и многие другие факторы ставят на повестку дня проблему получения объективной информации об изменениях, которые произошли в мелиоративном состоянии, анализа причин данных изменений и тенденций их развития, прогнозирования мелиоративного состояния и его оптимизации, то есть созданию системы эколого-мелиоративного мониторинга (ЭММ) [25, 26, 37].

Мониторинг окружающей среды возник во второй половине XX века как научно-практическое направление системной экологии, задачей которой является установление критериев и выявления границ устойчивости экологических систем. Тогда его целью было получение репрезентативных данных о состоянии, динамические изменения экосистем, создание базы данных, выбор объектов и формирование сети наблюдений. В то время понятие «мониторинг окружающей среды» охватывало не только систему постоянных наблюдений за состоянием компонентов биосферы, но и основанную на естественнонаучной основе (биологический, физико-химический, геофизический) определенную их методологию, а также обозначало действенное информационное средство охраны окружающей среды.

В начале 70-х годов были обоснованы альтернативные концепции мониторинга окружающей среды как сферы научного знания и практической деятельности. Концепция глобального мониторинга природной среды была тогда предложена научным комитетом по проблемам окружающей среды Международного совета научных союзов. Близкую концепцию глобального мониторинга ввел советский геофизик Ю. А. Израэль [20], предложив называть мониторингом систему наблюдений, оценки и прогноза антропогенных изменений состояния окружающей природной среды [21, 39]. Основными элементами этой системы стали наблюдения, оценки и прогнозы состояния окружающей среды. Мониторинг формируется Израэлем по определенным подсистемам, среди которых особую роль играет экологический мониторинг – выявление и исследование антропогенных изменений состояния абиотических компонентов природных сред биосферы и обратной реакции экосистем на природные и антропогенные изменения.

Как мы уже упоминали выше, в период с 1972 по 1974 год научный комитет по проблемам окружающей среды Международного совета научных союзов (SCOPE) произвел и предложил идею глобального мониторинга. Теоретически обосновал ее американский ученый Р. Мунн [21], который рассматривал мониторинг как систему контроля за окружающей средой, охватывающей наблюдения за его состоянием, определение возможных изменений и разработку возможных мер по управлению окружающей средой. Сущность концепции глобального мониторинга заключается в необходимости осуществления повторных наблюдений за элементами окружающей среды в пространстве и времени с определенной целью по конкретным программам. На основе этой концепции возникли различные

подсистемы мониторинга окружающей среды: мониторинг приземного и верхнего слоев атмосферы; мониторинг атмосферных осадков; мониторинг гидросферы; мониторинг литосферы; климатический мониторинг; мониторинг озонового слоя; мониторинг океана; геофизический мониторинг; физический мониторинг; биогеохимический мониторинг.

13.2. Эколого-мелиоративный мониторинг в современной структуре мониторинга природной среды

В Украине в 1992 г. начались разработка и внедрение системы экологического мониторинга Украины в соответствии с Законом «Об охране окружающей природной среды» и Положения о государственном мониторинге окружающей среды [17, 21, 47, 48].

Мониторингом природной среды в широком значении данного термина является система измерений, оценок и прогнозов состояния окружающей среды (природных систем), которые осуществляются с целью выявления природных закономерностей и негативных последствий человеческой деятельности, их ликвидации и избегания в будущем [10, 17, 21, 37, 39].

Мониторинг осушаемых земель – комплекс специальных работ, которые включают в себя сбор, обработку, хранение и передачу информации о состоянии мелиорированных земель и мелиоративных систем, их водный баланс, а также анализ, оценку и прогнозирование возможного влияния мелиоративных мероприятий на окружающую среду [16].

Данные определения закреплены законодательно в Земельном и Водном кодексах Украины, ведомственных нормативных документах Украины и зарубежных стран, приводятся в мировой научной литературе [9, 10, 16, 17, 19, 37].

Согласно современным принципам мониторинга адекватная оценка существующего состояния окружающей среды служит основой прогноза изменения этого состояния в будущем, а также основой разработки эффективных программ управления качеством окружающей природной среды [20, 31, 37]. Реализация этих принципов и есть главная задача мониторинга.

Мониторинг – это способ введения в эколого-экономических системах контура отрицательной обратной связи (рис. 13.1), как такового, что обеспечивает устойчивость этих систем и гарантирует возможность оперативного управления ими [13, 20, 31].

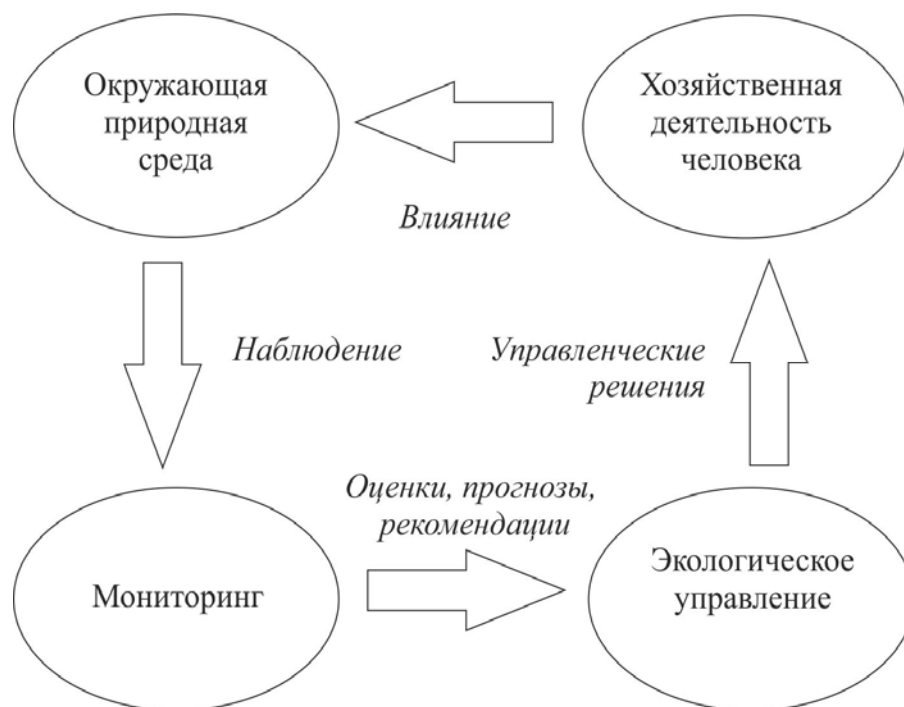


Рис. 13.1. Контур отрицательной обратной связи на основе мониторинга в эколого-экономических системах [31]

Разнообразие и сложность природных систем согласно работам А. Г. Исаченко, В. Ф. Крапивина, В. В. Медведева, Н. Н. Моисеева, Г. В. Мотузова, Ф. Рамада, Н. Ф. Реймерса, П. Трояна и других предусматривают ряд классификационных аспектов. Так, выделяют: уровни мониторинга (территориально-пространственные или в соответствии с задачами и масштабами объектов наблюдения); виды мониторинга (исходя из предмета наблюдения, степени антропогенного нарушения объектов,

пространственно-временного масштаба исследований и т. п.). Все это свидетельствует об иерархичности и высокой сложности планирования и проведения мониторинговых наблюдений. Кроме того, при самом планировании мониторинговых наблюдений предусматривают несколько уровней информации (априорная, текущая, сигнальная) и способов ее получения с помощью контактных и дистанционных измерений. Основным результатом получения информации является планирование и проведение натурного или чаще численного оптимизационного эксперимента [13, 21, 30, 37, 55].

Итак, согласно современной теории мониторинга окружающей среды дееспособная система эколого-мелиоративного мониторинга должна состоять из следующих функциональных блоков [20, 21, 31, 37, 40]:

- блока сбора данных;
- блока первичной обработки, сортировки данных;
- блока воспроизведения информации;
- блока визуализации информации;
- блока моделирования и прогнозирования.

В Украине, как и во всем мире, структура мониторинга природной среды является многоотраслевой, и ее реализуют различные министерства и ведомства [17, 21, 20, 25, 31, 37, 40]:

Основными задачами субъектов системы мониторинга окружающей среды являются:

- долгосрочные систематические наблюдения за состоянием окружающей среды;
- анализ экологического состояния окружающей среды и прогнозирования его изменений;
- информационно-аналитическая поддержка принятия решений в области охраны природы, рационального использования природных ресурсов и экологической безопасности;
- информационное обслуживание органов государственной власти и местного самоуправления, а также обеспечение экологической информацией населения страны и международных организаций.

Координатором мониторинговых исследований в Украине является Министерство экологии и природных ресурсов, где вся мониторинговая информация обобщается и ежегодно публикуется в Национальном докладе о состоянии окружающей природной среды Украины [9, 46].

Для объективной оценки влияния осушительных мелиораций на природные комплексы Полесья при эксплуатации мелиоративных систем различных типов прежде всего необходимо четкое представление об особенностях природных условий осушаемой территории. Это имеет решающее значение при определении схемы размещения режимной сети, анализе результатов наблюдений, определении и принятии решений по направленности использования осушаемых земель и охране окружающей среды, предупреждении развития негативных процессов и явлений [56].

Зона Полесья Украины занимает несколько природно-климатических подзон и геологических структур, что приводит к широкому разнообразию природных условий, а именно: глубин залегания подземных вод, температурного режима, количества осадков и испарения в различные периоды сельскохозяйственного года, разнообразию почв и почвообразующих пород, форм ландшафта и т. д. Всю эту разнообразие условий необходимо учитывать при размещении режимной сети. На осушаемых переувлажненных землях, где вопросы охраны окружающей среды приобретают особое значение, необходимо проведение многоплановых специальных комплексных систематических исследований.

Конечной целью хозяйствования на осушаемых землях является создание такого их состояния, которое отвечало бы требованиям по удовлетворению потребностей в сельскохозяйственной продукции при условии поддержания устойчивого и благоприятного развития природных подсистем. Такая цель соответствовала бы концепции «уравновешенного развития» (Sustainable Development), декларируемой ООН в конце 80-х годов прошлого века [61]. Достижению данной цели служит одна из ведущих подсистем государственного мониторинга – ведомственная сеть эколого-мелиоративного мониторинга мелиорированных земель Украины в рамках Госводагентства Украины и государственная система мониторинга вод в рамках Министерства экологии и природных ресурсов Украины, которые с 1987 г. функционируют на осушаемых землях Украины. Реализацию указанных подсистем осуществляет гидрогеолого-мелиоративная служба Госводагентства Украины [37].

В соответствии с основополагающими трудами [2, 13, 20, 23, 30, 37, 55, 56] эколого-мелиоративный мониторинг может быть определен как система повторных наблюдений в пространстве и времени с взаимодействием природных и техногенных факторов на осушаемых и прилегающих к ним землях, осуществляемых для выявления негативных последствий, имеет целью оценку и прогноз состояний осушаемых земель для нужд управления ими.

Наличие действенной системы ЭММ осушаемых земель, которая разработана и функционирует в Украине благодаря усилиям многих ученых и практиков, а именно: В. Е. Алексеевской, С. А. Балюка, И. М. Белоуса, А. И. Бондаря, П. И. Коваленко, П. И. Ковальчука, Б. И. Козловського, В. В. Мед-

ведева, Б. С. Маслова, И. В. Минаева, В. С. Мошинского, Е. Ю. Наседкина, М. И. Ромашенко, Г. П. Рябцева, А. В. Цветова и многих других [2, 13, 20, 21, 23, 24, 30, 37–39, 43, 53, 55, 56, 60] является гарантом объективной оценки надежного прогнозирования и рационального управления состояниями осушаемых земель.

Сейчас в большинстве территориальных систем мониторинга выделяют три уровня: биосферный, биоэкологический, геосистемный, в который входят как природные геосистемы, так и природно-хозяйственные, например, осушительные системы. Что же касается последних, то наиболее обоснованной идеей организации службы контроля и управления состоянием осушаемых земель в зоне мелиорации является идея эколого-мелиоративного мониторинга – разновидности геосистемного мониторинга и составной части территориального мониторинга, объединяющей объектный, локальный и региональный уровни, гидромелиоративно-экологический, общий (импактный), наземный [37, 40].

Актуальность эколого-мелиоративного мониторинга [57] определяется и тем, что Украина взяла на себя обязательства создавать условия для сохранения биоразнообразия и болотного фонда, в том числе в бассейне р. Припять, подписав ряд международных документов (Рамсарская конвенция, 1971 [44, 48], Программа развития ООН, проект «экосети», 1999 [48, 49] и т. д.), и без мониторинга оценивать влияние антропогенного вмешательства и принимать решения по регулированию невозможно [44, 48, 49, 56]. Создание такой системы мониторинговой сети требовало прежде всего природно-мелиоративного районирования территории, типизации мелиоративных систем с последующим определением объектов наблюдений.

Типизацию осушительных систем выполняли в пределах конкретной почвенно-климатической зоны, принимая во внимание природные, мелиоративные и водохозяйственные признаки с учетом наименьшей таксономической единицы – речного бассейна.

Проведенная типизация позволила систематизировать и унифицировать гидрогеолого-мелиоративные наблюдения, проведенные ранее на территории Полесья Украины, и включить их в систему эколого-мелиоративного мониторинга [56]. В конце концов, в пределах Украинского Полесья выделено 99 типовых систем, режимная сеть которых предназначена для эколого-мелиоративного мониторинга, осуществляемого гидрогеолого-мелиоративной службой Держводагенства Украины. Цель внедрения мониторинга – получение объективной информации о состоянии элементов природного комплекса на осушаемых и прилегающих к ним землях, которые являются основой оценки эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель. Мониторинг выполняется на основе современного технического и методического обеспечения, а именно на основе разработанных Институтом гидротехники и мелиорации УААН вместе с гидрогеолого-мелиоративной службой Госводагенства Украины ведомственных строительных норм (ВСН) «Организация и ведение эколого-мелиоративного мониторинга на мелиорированных землях», часть 2 «Осушаемые земли» [9, 10, 37, 56], а также пособий к ним. Этими документами определены нормативные требования и правила по размещению режимной наблюдательной сети, состава и системы ведения эколого-мелиоративного мониторинга на осушаемых и прилегающих к ним землях.

Анализ и обобщение данных мониторинга позволяют получить оперативную информацию об эколого-мелиоративном состоянии осушаемых земель, техническом состоянии осушительных систем и обуславливают принятие мер по улучшению экологического и мелиоративного состояния осушаемых земель и повышения эффективности их сельскохозяйственного использования, по ремонту и переоборудованию мелиоративной системы, технической и сельскохозяйственной реабилитации осушительной сети и осушаемых земель при неудовлетворительном эколого-мелиоративном состоянии.

Практически на сегодня как на типичных системах, так и на замыкающих поперечниках осушаемых бассейнов не ведется контроль ни уровня режима, ни расходов поверхностного стока, а один лишь гидрохимический режим не позволяет получить комплексной оценки состояния вод речного бассейна. Следует также отметить, что недостаточность финансового обеспечения не позволяет вести на существующей наблюдательной сети необходимый комплекс работ, в том числе ботанические наблюдения [37, 56]. Кроме того, современная режимная сеть не всегда позволяет охватить прилегающие к типичной осушительной системе все земли за пределами активной зоны влияния, иногда часть режимной сети не функционирует.

По нашему мнению, нужно провести инвентаризацию всей наблюдательной сети с целью ее оптимизации: размещения, количества, назначения и состава наблюдательных пунктов, чтобы ее состав был максимально достаточным для получения объективных данных об изменениях составляющих природной среды во всем осушаемом бассейне реки, и не только на осушаемых землях, но и на тех территориях, на которые влияют осушительные мелиорации.

13.3. Методология и перспективы эколого-мелиоративного мониторинга Полесья

Осушение и дальнейшее использование мелиорированных земель ведет к прогнозируемым и непрогнозируемым изменениям в природных процессах, которые имеют разную направленность. Прежде всего это изменения в водообмене и почвообразовании, отражающиеся на количественных и качественных показателях этих природных составляющих. Происходят изменения также в растительном и животном мире, режиме водного стока, параметрах гидрографической сети, микроклиматических показателях и т. д. [6, 7, 40, 55].

Для контроля за экологической ситуацией в пределах мелиоративных систем и в зоне их влияния, а также для дальнейшего совершенствования средств мелиорации земель необходима объективная информация о состоянии природной среды территорий, подвергающихся воздействию мелиораций. Контроль изменений, которые происходят в природных комплексах под влиянием осушения в украинском Полесье, осуществляется путем организации и ведения эколого-мелиоративного мониторинга на репрезентативных объектах в пределах водосборов определенных мелиоративных систем.

Объектом мониторинговых исследований для сбора данных в соответствии с действующими нормами стала типичная осушительная система (или часть системы), которая наиболее полно характеризует особенности природных условий природного региона, а также разнообразие способов осушения, уровня эксплуатации, сельскохозяйственного использования [4, 37, 40] и т. п.

Главными задачами эколого-мелиоративного мониторинга на осушаемых землях являются:

- создание системы наблюдений на репрезентативных мелиоративных системах гумидной зоны Украины в пределах их водосборов;
- ведение комплексных наблюдений на основе единой методической базы;
- получение объективной информации об эколого-мелиоративном состоянии осушаемых земель и прилегающих к ним территорий и его изменениях, обеспечении ею местных водохозяйственных и сельскохозяйственных организаций, областных, ведомственных и общегосударственных органов;
- управление с целью принятия неотложных мер по предупреждению возможных негативных последствий на осушаемых землях;
- разработка единого комплексного подхода к оценке и прогнозу эколого-мелиоративного состояния, экологической устойчивости и надежности осушаемых земель, а также принятие решений по своевременному предупреждению негативных явлений в пределах контролируемых геоэкосистем;
- корректировка схемы наблюдений, сбор, обработка, анализ и обобщение информации, определение и оценка факторов, влияющих на формирование эколого-мелиоративного состояния;
- создание единой информационно-справочной, информационно-консультационной, информационно-вычислительной и аналитической базы эколого-мелиоративного мониторинга для нужд оптимального управления производительностью и экологической устойчивостью осушаемых земель, разработки обоснованных рекомендаций по осуществлению сельскохозяйственной и природоохранной деятельности [40].

Эколого-мелиоративный мониторинг способна выполнять существующая гидрогеолого-мелиоративная служба на основе современного технического и методического ее оснащения.

В процессе проведения ЭММ применяют следующие основные методы исследования [9, 34]:

1. Полевые исследования на грунтовых стационарах или площадках (стационарные исследования), отбор образцов вод на гидрохимические и радиологические анализы, геоботанические наблюдения и т. п. Такие наблюдения проводят в течение длительного периода с целью определения комплекса значений грунтовых и водных показателей по стандартным методикам с применением стандартной принадлежности.

2. Территориальные исследования проводят для установления значений отдельных показателей в избранных точках исследуемой территории.

3. Удаленные исследования осуществляют аэрокосмическими методами.

4. Лабораторные исследования образцов почв и вод проводят аттестованными Госстандартом Украины лабораториями по стандартным методикам и с оборудованием [37].

Поскольку мониторинговым наблюдением обычно невозможно охватить все природные особенности контролируемой территории, полевым и лабораторным мониторинговым исследованиям предшествует проведение типизации объектов исследований, проводимое на основе комплекса водохозяйственных показателей, классификации почв и горных пород, гидрогеолого-мелиоративного районирования с целью выбора наиболее типичных объектов, мониторинговых пунктов и стационаров [37, 38]. Типичные осушаемые системы сочетают природные и мелиоративные условия.

В основе методологии ЭММ лежит система показателей, выбор которых из более чем сотни известных грунтовых показателей и десятков водных показателей [1, 7, 14, 37] обусловлен необходимо-

стью более четкого и полного описания основных свойств и функций почв, грунтообразующих и деградационных процессов, способности почвы удовлетворять потребности растений, особенностей уровня, гидрологического, гидрохимического и радиологического режима природных вод.

Для полноценного функционирования мониторинга осушаемых территорий необходима соответствующая нормативная база, регламентирующая проведение мониторинговых работ и анализ полученных данных. Сейчас особенно остро стоит проблема разработки методико-рекомендательного и информационно-консультационного обеспечения, которое бы позволяло на основе современных методов компьютерной обработки данных и математического моделирования:

- обосновывать схему расположения наблюдательной сети;
- совершенствовать методы мониторинга;
- выполнять оценку мелиоративного состояния и эффективности осушаемых земель через анализ их производительности;
- выполнять оценку экологической устойчивости осушаемых земель;
- проектировать методы оптимального управления на мелиорированных землях;
- проводить экспертизу проектов строительства и реконструкции осушительных систем и т. п.

Главными принципами, на основе которых организуются наблюдения за осушаемыми землями, являются: комплексность, что предполагает согласованную программу необходимых работ; синхронность функционирования всех систем наблюдения; системность наблюдений за состоянием осушаемых земель и объектами, влияющими на них; согласованность сроков проведения наблюдений.

Эффективность мониторинга в значительной степени зависит от обоснования выбора объекта контроля. Типичные системы наиболее полно характеризует комплекс природных условий, определяющих мелиоративную и экологическую обстановку на определенной территории с учетом средств осушения и сельскохозяйственного использования осушаемых земель. В то же время должны быть установлены системы-аналоги, которые соответствуют типовой системе и на которые распространяются результаты мониторинговых наблюдений.

С целью выбора объектов наблюдений для системы эколого-мелиоративного мониторинга было проанализировано современное состояние существующей наблюдательной сети, характер наблюдений на ней, проводимых гидрогеолого-мелиоративной службой Госводагентства Украины для составления кадастра осушаемых земель. С учетом природных и хозяйственных условий мелиорированных территорий проведена типизация всех осушительных систем в украинском Полесье и выделено 99 типовых систем. Проведенная типизация позволила также унифицировать гидрогеолого-мелиоративные наблюдения и на других осушительных системах Украинского Полесья [9, 10, 37, 40].

В контексте выполнения программы нормативного обеспечения ЭММ разработаны ведомственные строительные нормы и пособия к ним, определяющие организационные и методические требования к размещению и оборудованию режимной наблюдательной сети, проведение на ней необходимых наблюдений, первичной обработки данных, составление и оформление первичной документации и ее использование при дальнейшей прогнозной оценке эколого-мелиоративного состояния мелиорированных территорий [9, 46]. Для каждого выбранного объекта наблюдений (типовой системы) составляется паспорт с указанием присвоенного ему кода. В рамках типовых объектов (систем) выделяют участки, состоящие из одного или комплекса точек наблюдений (скважина, шурф, гидрологический пост, почвенный стационар и т. д.), расположенных на одной осушительной карте. Размещают участки по профилям, пересекающим мелиоративную систему и прилегающие к ней земли в пределах водосбора. При этом целесообразно привлечение уже существующих пунктов с длительными рядами наблюдений.

Участки имеют обязательный комплекс наблюдений за состоянием элементов природной среды, а именно:

- режимом уровня и балансом природных вод;
- химическим составом природных вод;
- почвами;
- растительностью;
- радиологическим состоянием воды и почв;
- техническим состоянием мелиоративных систем;
- освоением осушаемых земель.

Размещение и количество участков на системе зависит от почвенно-мелиоративных условий и количества севооборотов [9, 40, 46].

Для обеспечения комплексности данных наблюдательная сеть включает скважины для наблюдений за подземными водами, посты для наблюдений за поверхностным стоком, участки для наблю-

дений за состоянием почв и растительным покровом. Для обоснования размещения режимной сети проводят рекогносцировочное обследование с целью уточнения, корректировки и дополнения результатов предварительного анализа. При рекогносцировке ведут необходимые замеры, испытания, опытные определения экспресс-методом. При обследовании осуществляют инвентаризацию всех без исключения пунктов наблюдательной сети в пределах типовой системы и прилегающих к ней земель. Результаты обследований и инвентаризации являются основой для дальнейшего использования существующих режимных пунктов, их ликвидации или консервации [40].

Ликвидации не подлежат наблюдательные пункты в пределах площадей, на которых уже длительный период (не менее 5 лет) ведут систематические наблюдения или замеры уровня грунтовых вод прекращены, а наблюдательные пункты находятся в удовлетворительном техническом состоянии. Не подлежат ликвидации все пункты комплексных наблюдений (водобалансовые станции и участки, почвенно-мелиоративные стационары и др.). Для всех наблюдательных систем, профилей и расчетных участков составляют каталог наблюдательной сети.

Эколого-мелиоративный мониторинг осуществляют в соответствии с существующими государственными и ведомственными нормативными документами и рекомендациями, которые применяют при ведении кадастра, мелиоративных обследованиях, исследовательских работах и др. [9, 34, 55].

Итогом реализации задач мониторинга должна быть система поддержки принятия решений по использованию мелиорированных земель, определения приоритетов реконструкции мелиоративных систем, защиты земель и населенных пунктов от вредного воздействия вод [9, 10, 16, 19, 21, 26, 32, 46–48].

Решение функциональных задач мониторинга осушаемых земель осуществляется по трем основным направлениям – организационным, методологическим и техническим, обеспечивающим реализацию определенных аспектов организации и ведения мониторинговых работ.

На сегодняшний день, после десятилетий функционирования ЭММ на территории гумидной зоны Украины, разработаны и реализуются методологические основы мониторинга, собран значительный объем данных наблюдений за состоянием природных систем [6, 7, 23]. Принимая во внимание значительные успехи природоохранных институтов, особенно гидрогеолого-мелиоративной службы, в реализации мониторинговых программ, приходится констатировать, что такая реализация имеет ряд проблем. Это прежде всего проблема финансирования мониторинговых работ, вытекающая из общего экономического состояния государства. Кроме того, существует проблема «передвижения» природоохранной информации от стадии получения в стадию принятия управленческих решений, она тесно связана с низким уровнем использования мониторинговых данных в сельском хозяйстве, водохозяйственной практике и природоохранной деятельности. По нашему мнению, такая ситуация сложилась из-за несовершенства самой системы ЭММ и недостаточной разработанности методологии таких важных ее составляющих [37, 40], как:

- 1) методы формирования оптимального набора мониторинговых показателей во времени и пространстве с учетом задач мониторинга природной среды вообще и прикладных задач, решаемых с его помощью;
- 2) методы интерпретации разрозненных мониторинговых данных о состоянии различных природных компонентов (воды, почв, пород литосферы) и природных комплексов;
- 3) методы формирования компьютерных баз данных, первичной и окончательной обработки мониторинговой информации, методы сетевого и телекоммуникационного обеспечения;
- 4) способы распространения данных мониторинговых измерений и результатов аналитических исследований с типичных осушительных систем на другие системы;
- 5) контроль внестационарного состояния осушаемых территорий в пределах типовых осушительных систем;
- 6) контроль состояния прилегающих к осушаемым землям территорий;
- 7) методы прогнозирования и управления водно-воздушным режимом почв и урожайности сельскохозяйственных культур, качеством сельскохозяйственной продукции и экологическим состоянием осушаемых земель по данным ЭММ и т. п.

Такая ситуация заставляет искать новые решения, иные методологические подходы к реализации ЭММ с целью его оптимизации, мобилизации имеющихся ресурсов и, наконец, удешевления мониторинговых работ. Наши многолетние исследования показали, что современный ЭММ и мониторинг природной среды вообще уже не укладываются в его классические определения [7, 34, 40, 55] и нуждаются в расширении и дополнении в соответствии с бурным развитием за последние десятилетия компьютерной техники, информационных технологий и информационных систем. Современная модель ЭММ, на наш взгляд, имеет структуру сложной кибернетической системы, которая может быть изображена в виде блок-схемы (рис. 13.2).



Рис. 13.2. Концептуальная блок-схема современной системы ЭММ [40]

Для обеспечения надежного функционирования системы ЭММ необходимо в ближайшей перспективе разработать специальный комплекс математических моделей, который способен работать с имеющимися и будущими базами данных, решая следующие первоочередные задачи ЭММ:

- оценка эффективности работы осушительных систем по ретроспективным данным;
- оценка текущего состояния осушаемых земель;
- краткосрочный и среднесрочный прогноз урожайности на осушаемых землях;
- оценка устойчивости природных систем под действием техногенных и природных факторов.

Для качественного решения поставленных задач нами разрабатывается необходимый для выполнения пространственной оценки комплекс методов и эмпирических (статистических) моделей переноса (трансформации) данных стационарных мониторинговых наблюдений на неконтролируемые территории, методы биологического и геоботанического мониторинга осушаемых земель и др.

Описанная структура ЭММ соответствует существующим требованиям информационного обеспечения процесса управления, современному состоянию и уровню научного обеспечения ЭММ [35]. Такая структура, обеспеченная необходимой компьютерной техникой и новейшими средствами телекоммуникации, способна обеспечить надежное управление мелиоративной и природоохранной ситуацией на осушаемых землях, вывести природный мониторинг в Украине на передовые рубежи мировой науки и практики.

Эколого-мелиоративный мониторинг осушаемых земель позволяет осуществлять контроль состояния осушаемых земель, дает возможность оценить влияние мелиоративных мероприятий на окружающую среду и его отдельные компоненты, установить причины нарушения нормального функционирования мелиоративных систем в конкретных природных условиях, а также на основе современного информационно-вычислительного и модельного обеспечения прогнозировать и рационально управлять эколого-мелиоративным состоянием и экологической устойчивостью осушаемых земель.

13.4. Мониторинг поверхностных и подземных вод

Согласно Водному кодексу все воды на территории Украины составляют ее водный фонд, а именно: поверхностные воды, искусственные водоемы, каналы, подземные воды и источники, внутренние морские воды и территориальное море.

К землям водного фонда относятся земли, занятые морями, реками, озерами, водохранилищами, другими водоемами, болотами, а также островами, прибрежными защитными полосами вдоль морей, рек и вокруг водоемов, береговыми полосами водных путей, гидротехническими и другими водохозяйственными сооружениями и каналами, а также земли, выделенные под полосы отвода для них. Все водные объекты Украины разделяют на водные объекты общегосударственного и местного значения.

В структурном отношении эколого-мелиоративный мониторинг вод состоит из мониторинга на мелиорированных и прилегающих к ним землям [32, 42, 46–48]:

- подземных вод;
- поверхностных вод на мелиорированных землях;
- почв и растительности.

Наблюдение за состоянием водного объекта осуществляется в соответствии с общим перечнем показателей [31]:

- показатели, характеризующие количество водных ресурсов и его изменения;
- показатели качества вод и нормативов экологической безопасности водопользования, в том числе санитарные нормы, рыбохозяйственные нормативы;
- экологический норматив и категории качества воды водных объектов, которые разрабатываются и утверждаются в установленном порядке.

Наблюдение за источниками негативного воздействия на экологическое состояние водных объектов осуществляется в соответствии с общим перечнем показателей [31]:

- показатели использования водных ресурсов, включая забор воды и сброс сточных вод к объектам;
- показатели, используемые при установлении нормативов предельно допустимого сброса;
- показатели уровня токсичности сточных вод;
- показатели состояния грунтовых вод в пределах влияния полигонов захоронения твердых бытовых отходов;
- другие показатели негативного воздействия на водные объекты.

13.4.1. Мониторинг поверхностных вод в Украине реализуется через несколько ведомственных систем, исторически сложившихся и предназначавшихся изначально для достижения целей, которые не предусматривали сбора данных для предупреждения загрязнения окружающей среды, планирования и разработки природоохранной политики. Численность различных систем такого рода, а также отсутствие эффективной координации действий между различными ведомствами привели к ситуации, когда мониторинг одних водных объектов дублируется, а другие вообще не контролируются [31].

Мониторинг поверхностных вод – это система последовательных наблюдений, сбора, обработки данных о состоянии водных объектов, прогнозирования их изменений и разработка научно обоснованных рекомендаций для принятия управленческих решений.

К основным задачам мониторинга поверхностных вод относится контроль, наблюдение, оценка и прогнозирование состояния качества воды. Система мониторинга выполняет информационную роль и не охватывает элементов управления, поскольку является составной частью общей системы управления окружающей средой и регулирования его качества.

Наблюдение за водными объектами должно включать данные об источниках загрязнения, составе и характере загрязнений, о реакции гидробионтов и изменении состояния водных объектов. Данные этих наблюдений должны сравниваться с данными о естественном состоянии водных объектов до начала заметного антропогенного воздействия, то есть необходимо иметь данные о «фоновых» характеристиках качества и количества водных объектов. Основной целью налаживания системы наблюдений и контроля за уровнем загрязнения водных объектов являются получение данных о природном качестве воды и оценка изменения качества воды под действием антропогенных факторов.

В основу размещения гидрологических пунктов наблюдений положен принцип получения в соответствии с заданной точностью основных характеристик режима – уровня воды и речного стока. Количество и плотность пунктов наблюдений определяются природно-климатическими факторами, а также запросами народного хозяйства и службы прогнозов [21].

Наблюдение и контроль за загрязнением проводится на постоянных и временных пунктах наблюдения, которые размещаются в местах наличия или отсутствия влияния хозяйственной деятельности. При этом организуются:

- стационарная сеть пунктов наблюдений за естественным составом и загрязнением поверхностных вод;
- специализированная сеть пунктов загрязнения водных объектов;
- временная экспедиционная сеть пунктов наблюдений.

Основными объектами, которые требуют мониторинга, являются: места сброса сточных и дождевых вод городов, поселков, сельскохозяйственных комплексов; места сброса сточных вод отдельных предприятий, ТЭС, АЭС; места сброса коллекторно-дренажных вод, которые относятся к осушаемым землям; конечные гидрологические устья крупных и средних рек, впадающих во внутренние водоемы; границы экономических районов, республик, стран, которые пересекают транзитные реки; конечные гидрологические устья речных бассейнов, по которым составляются водохозяйственные балансы; устьевые зоны загрязненных притоков главной реки.

Рациональное размещение пунктов наблюдений, систематичность, комплексность и точность при осуществлении мониторинга поверхностных вод позволяют получить достоверную информацию.

Общая цель, задачи различных исследований, типы водотоков, водоемов обуславливают количество и методы анализов, отбор проб природных вод. В соответствии с этим разрабатывают программы наблюдений по гидрологическим и гидрохимическим показателям [21, 30].

Выбор программы зависит от категории пункта наблюдений.

Осуществление обязательной программы предусматривает:

– гидрологические наблюдения: расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$), скорость течения ($\text{м}/\text{с}$) при опорных измерениях расходы на водотоках или уровень воды (м) на водоемах;

– гидрохимические наблюдения: визуальные наблюдения, температура ($^{\circ}\text{C}$), цветность (градусы), прозрачность (см), запах (баллы), концентрация растворенных в воде газов – кислорода, диоксида углерода ($\text{мг}/\text{дм}^2$, $\text{мг}/\text{л}$); водородный показатель рН, окислительно-восстановительный показатель Eh (мВ); концентрация главных ионов ($\text{мг}/\text{дм}^3$, $\text{мг}/\text{л}$); химическое потребление кислорода; биохимическое потребление кислорода за 5 суток; концентрация биогенных элементов; концентрация распространяемых загрязняющих веществ – нефтепродуктов, синтетических поверхностно активных веществ, пестицидов и соединений металлов [21]. Содержание загрязняющих веществ в поверхностных водах в Украине регламентируется санитарными правилами и нормами [31].

Методы определения качественного состояния поверхностных вод основываются на непрерывном измерении некоторых параметров качества воды или на периодическом отборе проб воды в контрольных створах и проведении ее физико-химического и биологического анализа, а также измерении воды в момент отбора проб.

Для непрерывных наблюдений используют автоматические станции измерения качества воды.

Локализация контрольных пунктов (створов) и автоматических станций измерения качества воды осуществляется с требованиями устаревшего уже сейчас ГОСТ 17.1.3.07-82 «Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков» [30].

Пункты контроля качества поверхностных вод в водоемах и водотоках на государственной сети наблюдений зависят от хозяйственного значения водного объекта, качества воды, размера и объема водной поверхности, размера и водности водотока и других факторов, в зависимости от этого их делят на пункты I, II, III и IV категорий.

Расположение пунктов контроля устанавливают с учетом состояния и перспектив использования водных объектов на основании предыдущих исследований.

Пункты контроля могут включать один или несколько створов, которые устанавливают с учетом гидрометеорологических и морфометрических особенностей водного объекта, расположения источников загрязнения объема и состава сточных вод, сбрасываемых в водный объект, интересов водопользователей [21, 30, 31].

Периодом наблюдений за поверхностными водами принято считать календарный, или гидрологический, год. Частота отбора проб воды в контрольных створах зависит от многих факторов: качества воды; ее расходов и других гидрологических характеристик; хозяйственного значения водного объекта, сменности качества воды в течение года; количества и состава сточных вод, сбрасываемых в водный объект; экономических и технических возможностей; категории пункта контроля.

С целью определения степени влияния источников загрязнения на качество поверхностных вод отбор проб следует осуществлять с учетом режимов работы промышленных предприятий.

Следует отметить, что сегодня весь процесс мониторинга поверхностных вод осуществляется в основном путем традиционных физико-химических анализов проб воды. Такой подход затрудняет определение уровней воздействия микроэлементов – тяжелых металлов, пестицидов, хлорированных углеводородов – достаточно вредных даже при низких концентрациях. По мнению многих экспертов, такие загрязнители широко распространены в водных объектах Украины, и их мониторинг надо осуществлять с помощью анализа биологических показателей и донных отложений [21, 30, 37]. Есть также определенные надежды на внедрение в Украине положений европейской «водной рамочной директивы».

13.4.2. Мониторинг подземных вод. Оценку качества подземных вод в основном осуществляет геологическая служба Минприроды страны. Существуют также дополнительные пункты наблюдения за загрязнением подземных вод средствами химизации сельского хозяйства. Геологическая служба имеет собственную лабораторную базу, а также пользуется услугами Института токсикологии.

Сеть наблюдений геологической службы Минприроды осуществляет слежение за уровнем подземных вод и проводит геохимические исследования. Эта сеть представлена отдельными станциями слежения, расположенными преимущественно в ненарушенных регионах [21, 30, 37].

На местных уровнях ощущается недостаток данных о качестве подземных вод в районах расположения полигонов твердых промышленных и бытовых отходов, заброшенных водоемов, промышленных площадок и других источников загрязнения. Отсутствие современного лабораторного оборудования не позволяет определять степень локального и регионального загрязнения подземных вод токсичными органическими веществами [31].

Для обеспечения охраны подземных вод от загрязнения и истощения в условиях функционирования объектов необходима организация мониторинга состояния подземных вод. Его главными задачами являются наблюдение за уровнем и гидрохимическим режимами подземных вод в зонах интенсивного антропогенного воздействия; анализ и обобщение данных наблюдений с целью оценки изменений состояния подземных вод, определение степени антропогенного воздействия, оценки факторов и определения источников загрязнения подземных вод; прогнозирования состояния подземных вод в условиях воздействия хозяйственной деятельности; обеспечение органов исполнительной власти, контролирующих органов, юридических и физических лиц систематической оперативной информацией об изменениях состояния подземных вод для разработки необходимых мероприятий и предотвращения возможных негативных последствий.

Организация мониторинга подземных вод осуществляется в соответствии со специальными программами исследований, которые составляются индивидуально в зависимости от особенностей гидрогеологических условий, природной защищенности, техногенного воздействия и характера негативных последствий.

Наблюдательная сеть должна создаваться на всех функционирующих хозяйственных объектах, независимо от их форм собственности, деятельность которых влияет или может повлиять на состояние подземных вод. Устройство наблюдательных скважин должно предусматриваться проектами всех объектов, которые обуславливают возможность изменения состояния подземных вод.

Контроль качества подземных вод должен осуществляться в первую очередь для вод зоны аэрации. Если обнаружены загрязнения, наблюдению подлежат и глубокие водоносные горизонты [31].

Для получения, систематизации, анализа и обработки данных об изменениях химического состава подземных вод с целью разработки охранных мероприятий как один из главных элементов мониторинга проводится их гидрохимическое исследование. Перечень показателей, подлежащих контролю, определяется индивидуально в зависимости от местных природных условий и видов хозяйственной деятельности на исследуемой территории и характера негативных последствий [31]. Во всех случаях в контрольных скважинах обязательно контролируют температуру подземных вод, поскольку изменения уровня и гидрохимического режима подземных вод часто сопровождаются тепловыми загрязнениями.

В состав наблюдений за подземными водами входят измерения уровней и температуры с отбором проб воды из скважин и других объектов (колодцев, родников и т. п.). Периодичность измерений уровней устанавливается в зависимости от гидродинамического режима водоносных горизонтов и антропогенного воздействия на них. Контроль качества подземных вод на территориях, где осуществляется хозяйственная деятельность, проводится до 5 раз в месяц, одновременно измеряют температуру подземных вод [31].

Определение уровней и температуры воды в реках, озерах, водохранилищах, а в необходимых случаях и контроль качества вод должны осуществляться в те же сроки, что и на сети наблюдательных скважин. Частота измерений должна обосновываться для каждого конкретного хозяйственного объекта. В случаях резкого изменения гидрохимической обстановки пробы воды отбирают ежемесячно и даже чаще. Частота отбора проб корректируется в зависимости от результатов предыдущих испытаний и задачи исследований [31].

13.5. Выбор объекта и создание наблюдательной сети на осушаемых землях

Эффективность мониторинга в значительной степени зависит от обоснования выбора объекта контроля. Объектом может быть осушительная система или ее часть, которая согласно проведенной типизации является репрезентативной по природным и мелиоративным показателям. Такие системы

наиболее полно характеризует комплекс природных условий, определяющих мелиоративную и экологическую обстановку на конкретной территории с учетом средств осушения и сельскохозяйственного использования осушаемых земель. В то же время должны быть установлены системы-аналоги, которые соответствуют типовой системе и на которые распространяются результаты мониторинговых наблюдений [46].

С целью выбора объектов наблюдений для системы эколого-мелиоративного мониторинга было проанализировано современное состояние существующей наблюдательной сети, характер наблюдений на ней, проводимых гидрогеолого-мелиоративной службой Госводагентства Украины для составления кадастра осушаемых земель. С учетом природных и хозяйственных условий мелиорированных территорий проведена типизация всех осушительных систем в Украинском Полесье и выделено 99 типовых систем. Проведенная типизация позволила также унифицировать гидрогеолого-мелиоративные наблюдения и на других осушительных системах в этом регионе.

Бассейновый подход при организации эколого-мелиоративного мониторинга заключается в том, что мелиорированные территории в бассейнах малых рек являются источником антропогенного воздействия, которое обуславливает экологическое состояние водного объекта и природных комплексов, прилегающих к осушаемому массиву. Малые реки часто выступают в роли водоприемника дренажных вод, которые определяют их качественный состав. В связи с этим осушительная система или ее территориальный элемент необходимо рассматривать как составную часть водосборной площади бассейна реки.

Выбор объектов наблюдений заключается в составлении региональной (областной) схемы расположения репрезентативных (типовых) систем и систем-аналогов с учетом распределения мелиоративной нагрузки по территории на основе ее гидрогеолого-мелиоративного районирования (масштаб 1: 200 000).

Аргументация выбора объекта наблюдений заключается в том, что он предназначен для проведения комплексных режимных наблюдений в единой системе мониторинга и служит источником экстраполяции результатов оценки эколого-мелиоративного состояния на объекты-аналоги [10].

При реализации тематических исследований и целевых задач выбираются дополнительные объекты наблюдений, соответствующие решению конкретного вопроса.

Основанием для выделения бассейна реки или его части как типичного объекта мониторинговых исследований является степень его изученности, что предусматривает:

- наличие кондиционной наблюдательной сети за уровневый режимом и химическим составом подземных вод на осушаемых и прилегающих к ним землях (срок наблюдений не менее 5 лет);
- наличие наблюдательной сети, которая позволяет осуществлять водобалансовые расчеты, или наличие водобалансовых станций;
- наличие водомерных и гидрометрических постов на главных водотоках с периодом наблюдений до и после проведения осушительных мелиораций;
- наличие грунтовых стационаров на осушаемых землях.

В рамках типового объекта выделяют эколого-мелиоративные стационары (ЭМС) для более детального изучения состояния отдельных элементов природной среды, подвергающихся воздействию осушения.

Выделение ЭМС как объектов наблюдений осуществляется по картам природно-мелиоративного районирования большого масштаба.

Типичный участок определяется в зависимости от типа болотного ландшафта, сложности геолого-гидрогеологических условий осушаемых и прилегающих к ним земель, условий водного питания болот, мозаичности растительного покрова и т. д.

Результаты наблюдений на типичной осушительной системе дополняются данными с ЭМС, что позволяет получить весь спектр естественных, технических и агрономических характеристик, необходимых для комплексной оценки эколого-мелиоративного состояния объекта [38, 46].

На осушительных системах, определенных как типичные, наблюдения проводят как на осушаемой площади (в зоне влияния осушения), так и вне ее – в пределах водосбора. Зона действия – часть прилегающей к осушительной системы территории, на внешней границе которой средняя многолетняя амплитуда колебаний уровней грунтовых вод (УГВ) изменяется не более чем на 0,2 м.

Размер зоны влияния ориентировочно может быть установлен по значениям водопроницаемости почвы.

Наблюдательные пункты располагают в виде профилей, расчетных площадок, пересекающих мелиоративную систему, с охватом зоны влияния и смежных площадей в пределах водосбора. Расчетная площадка включает как одну точку (скважина), так и комплекс точек (шурф, гидрологический

пост и др.), расположенных на одной осушительной карте. Расположение и количество расчетных площадок на типичной системе зависит от неоднородности почвенно-мелиоративных условий, чередования севооборотов и способов осушения. На линии прохождения профиля площадки привязывают к нему [46].

Организация режимной наблюдательной сети на типичных объектах включает два этапа:

- обоснование схемы размещения наблюдательной сети;
- строительство режимной наблюдательной сети с соблюдением нормативных и технических требований на проведение конкретных видов работ.

Для обоснования схемы наблюдательной сети осуществляют рекогносцировочное обследование с целью проведения инвентаризации всех без исключения наблюдательных скважин в пределах осушительной системы и прилегающих к ней осушаемых земель [38, 46].

Результаты обследования и инвентаризации существующей сети являются основой для дальнейшего использования режимных пунктов, их ликвидации или консервации. Ликвидации не подлежат наблюдательные скважины, по которым в течение длительного периода (не менее 5 лет) выполнялись систематические наблюдения и замеры уровней подземных (грунтовых) вод, а также скважины, наблюдения по которым приостановлены, но они находятся в удовлетворительном состоянии. Не подлежат ликвидации все пункты комплексных наблюдений (водобалансовые станции и площадки, почвенно-мелиоративные стационары и т. п.).

На водоприемниках, которыми чаще всего служит малая река, контроль качества воды осуществляют выше и ниже места сброса дренажных вод. Другие виды и пункты наблюдений определяют исходя из природно-мелиоративных особенностей объекта и антропогенной нагрузки на водозаборную площадь.

В зависимости от уровня антропогенизации и общего состояния бассейна реки выделяют такие категории объектов:

- подлежащие самому мощному антропогенному воздействию;
- с умеренным антропогенным воздействием;
- с минимальным антропогенным воздействием или такие, где оно отсутствует.

Категория объекта, в свою очередь, определяет режим проведения мониторинговых наблюдений на постах [38, 46].

При организации постов наблюдений придерживаются следующих положений:

- максимально используют существующую сеть системы мониторинга, количество постов наблюдений должно быть минимально достаточным и обеспечивать получение информации, необходимой для решения поставленных задач;
- наблюдения на постах проводят с достаточной периодичностью, они должны быть вероятными, отражать динамику процессов, происходящих на отдельных объектах наблюдений;
- следует соблюдать комплексный подход при организации наблюдений, охватывающих все элементы экосистемы, которые подвергаются антропогенному воздействию.

После выбора объектов наблюдений, исходя из природно-мелиоративного состояния, определяют минимально необходимое количество пунктов наблюдений и их местоположение, что обеспечивает получение объективной и минимально достаточной информации по объекту.

Пункты по всем видам наблюдений размещают в виде профилей, пересекающих типичную мелиоративную систему, с выходом на прилегающие к водосбору осушаемые земли в зависимости от их геоморфологического и геологического строения, характера водного питания и почвенного покрова, режима уровней грунтовых вод, их взаимосвязи с ниже расположенными водоносными горизонтами, конструкцией осушительной системы, водохозяйственными условиями.

В то же время устанавливают объекты-аналоги, на которые распространяются полученные на типовой системе результаты. Такие объекты выбирают на основе гидрогеолого-мелиоративного районирования.

Количество пунктов определяют для каждого объекта отдельно, исходя из требований получения достоверной информации по каждому природному фактору. В среднем каждый пункт должен характеризовать площадь таксономической единицы районирования, соответствующей району [10].

Режимные пункты состоят из наблюдательных скважин за подземными (грунтовыми) водами, пунктов наблюдений за дренажным и подземным стоком (гидрометрические посты и др.), площадок наблюдений за почвенным покровом и растительностью.

В число наблюдательных скважин включают скважины на грунтовой и первый от поверхности напорный или межслойной водоносный горизонт. Размещение скважин в створе имеет два варианта:

- при простых геолого-гидрогеологических и мелиоративных условиях;

– при сложных геолого-гидрогеологических и мелиоративных условиях.

При первом варианте на системах с однотипными условиями формирования природной обстановки оборудуют 2 скважины, которые располагают по потоку перпендикулярно водоприемнику: одна на расстоянии до 50 м от магистрального канала (МК), вторая – у черты осушения.

При втором варианте скважины располагают от бровки магистрального канала на расстоянии 10, 25, 50, 100, 200 м до середины карты, в зависимости от ширины которой количество скважин меняется, и дальше – посередине между каналами. Последнюю скважину располагают на расстоянии от 500 до 1000 м от границы осушки.

В рамках створа располагают две глубокие скважины (в паре с мелкими): одна – в пойменной части долины, вторая – за пределами системы. При симметричном геолого-гидрогеологическом строении долины скважины располагают с одной стороны от МК. При наличии второго створа пункты наблюдений располагают с другой стороны от МК.

На каждом створе оборудуют водобалансовый участок, включающий 3 скважины, расположенные в межканальном пространстве в направлении потока грунтовых вод. Расстояние между наблюдательными скважинами не более 200 м, перепад высот не более 0,5 м. Кроме водобалансовых участков, в створах в пределах осушительной системы обязательны закладки таких участков за пределами границы осушки, но не далее 500 м от нее. При проектировании воднобалансовых участков используют скважины, расположенные в створе. При наличии развитого рельефа с перепадами высот скважину располагают на минимальных и максимальных отметках. На временно переувлажненных землях в условиях формирования верховодки или временного почвенного водоносного горизонта оборудуют выработки для сезонных наблюдений.

Для оценки поверхностного стока с осушаемого объекта используют данные Госкомгидромета. При их отсутствии такие пункты оборудуют свайным или речным водомерным постом.

Гидрометрических пунктов на водоприемнике осушительной системы обычно два – выше и ниже впадения магистрального канала. В случае притока вод, сбрасываемых в магистральный канал (водоприемник), оборудуют водомерные посты на притоке и ниже ее впадения в водоприемник.

В составе режимного створа на осушаемых землях с гончарным дренажем предусматривают пункты замера и определения качества дренажного стока. Измерения проводят в устье дренажного коллектора с одновременным измерением уровней подземных вод. Места замеров дренажного стока определяют по конструкции системы. На каждом участке, отличающемся междренним расстоянием или конструкцией, закладывают пункт замера дренажного стока.

В состав наблюдений на стационарной режимной сети с изменениями почвенного покрова включают наблюдение за влажностью почв зоны аэрации, их физико-механическими и химическими свойствами, изменениями структуры почвенного покрова, трансформацией земельных угодий, сроками изменений основных характеристик грунтов (органических веществ; водородного показателя (рН); емкости поглощения; водно-физического, воздушного, питательного режимов; биологической активности почв; загрязнения, в том числе радиоактивного; интенсивности процессов эрозии; вторичного ожелезнения; интенсивности износа осушаемых торфяников; трансформации органических веществ).

Площадки наблюдений за почвами (грунтовые стационары) располагают на осушительных картах с наиболее распространенными почвами, занимающими не менее 40–50 % площади системы [9, 38]. Площадки закрепляют на местности и располагают вблизи скважин для наблюдений за подземными водами. На прилегающих к осушительной системе территориях грунтовые стационары размещают в пределах наиболее значительных геоморфологических элементов.

При изучении морфологических свойств почв закладывают шурф или проходят скважину ручным способом. При необходимости описания разреза до УГВ и отбора образцов для определения физико-химических и агрохимических показателей закладывают шурф.

В состав комплексных наблюдений на типичной системе входят фенологические наблюдения, а на прилегающих к ней землях – наблюдения за растительным покровом.

Наблюдения за естественной и сельскохозяйственной растительностью разделяют на постоянные (на учетных участках) и временные.

Фенологические наблюдения проектируют только на осваиваемых осушаемых землях, а площадки с этой целью выбирают совместно с агрономической службой хозяйств представители службы ведомственного мониторинга.

Площадки фенологических наблюдений приурочивают к осушительным картам с полной ротацией в севооборотах; при наличии водобалансовой станции – вблизи от нее. Эти площадки располагают на каждом профиле [9, 38, 46].

Вместе с сетью на типичных системах каждой геоморфологической области (Волыньское Полесье, Житомирское Полесье и т. д.) оборудуют водобалансовые площадки (станции), а существующие – включают в систему мониторинга.

На водобалансовой площадке (станции) располагают: пункты наблюдений за подземными водами (куст скважин), метеоплощадку (наблюдение за ветровым и температурным режимами; влажностью воздуха; осадками, температурой почвы; снежным покровом), лизиметры, грунтовые стационары, фенологическую площадку.

13.6. Виды наблюдений на осушаемых землях

Виды, объем и сроки наблюдений на эталонных системах проводят согласно ВСН 33-5.5-01-97 «Организация и проведение эколого-мелиоративного мониторинга на мелиорированных землях. Осушаемые земли» [9].

Комплекс работ включает в себя проведение полевых наблюдений, лабораторных работ, экспериментальных исследований и моделирования. Виды, объемы и сроки наблюдений определяют согласно таблице 13.1.

Наблюдение за составляющими природной среды проводят систематически на пунктах наблюдений, расположенных в створах на расчетных и балансовых площадках (станциях). Количество точек наблюдений должно быть минимально достаточным для получения объективных данных о состоянии природной среды на осушаемых землях.

Для изучения режима подземных (грунтовых) вод наблюдения за уровнем осуществляют систематически по скважинам, расположенных в створах. Измерение уровней и расходов поверхностных вод на водомерных постах ведут одновременно с измерением уровней воды в скважинах. Измерение дренажного стока на осушительных системах с закрытым дренажем также осуществляют вместе с измерением уровней грунтовых вод.

Для оценки химического состава природных вод отбирают пробы подземных и поверхностных вод, дренажного стока. Из скважин пробы воды отбирают на трех расчетных площадках в каждом профиле (в пределах осушаемых земель, прилегающих земель в зоне влияния осушения и за пределами зоны влияния) [9]. Одновременно с отбором проб воды на общий анализ отбирают пробы воды по отдельно утвержденному регламенту на специальные виды анализа (тяжелые металлы, радионуклиды, загрязняющие химические соединения).

Определение водно-физических свойств почв осуществляют на расчетных участках. Количество точек испытаний зависит от сложности почвенного покрова, литолого-гидрологических и ландшафтных условий системы и программы работ.

На торфяных почвах выполняют послойное зондирование торфяной толщи на всю ее мощность до минерального дна. Зондирование торфяников необходимо проводить по диаметру, в зависимости от сложности объекта, через каждые 100–400 м. Количество зондирований во времени устанавливают по регламенту этих работ [9].

Образцы почвы отбирают на определение их водно-физических и агрохимических показателей, а именно:

- морфологическое строение почвенного профиля;
- водопроницаемость;
- максимальную молекулярную влагоемкость;
- наименьшую влагоемкость;
- полную влагоемкость;
- плотность состава;
- плотность твердой фазы;
- водоотдачу;
- механический и микроагрегатный состав (для торфяников – ботанический состав);
- зольность и степень разложения торфа;
- физико-химические свойства (гумус, гидролитическая кислотность, поглощенные катионы, состав солевой вытяжки, рН воды и рН_{КСl}, ОВП);
- агрохимические показатели (подвижные формы N, P, K, валовое железо, подвижные формы железа, алюминия и марганца);
- содержание загрязняющих веществ;
- наличие тяжелых металлов;
- радионуклиды.

Виды и объемы наблюдений на типичных системах

Виды наблюдений и определений	Количество наблюдений			Период наблюдений
	на месяц	за сезон в вегетационный период	на год	
I. Замеры уровней грунтовых вод	3			в теплый период
	1			в холодный период
Отбор проб воды:				
- на общий химический анализ		1		
- на определение специфических компонентов (веществ) по дополнительному заданию		1	1	
- на определение металлов		1		
- на определение радиоактивных элементов (по дополнительному заданию)				согласно заданию
II. Измерения расходов дренажного стока	3			в период наличия стока
Отбор проб дренажных вод:				
- на общий химический анализ	1			
- на определение специфических компонентов, металлов, радионуклидов (по дополнительному заданию)	1			
III. Гидрологические замеры				
1. Уровня, расхода				
- на балансовых участках	еже-дневно			
- на свайных постах вне балансовых участков	2			в теплый период
	1			в холодный период
2. Отбор проб воды				
- ниже сброса сточных вод	1	1		
IV. Полевые и лабораторные исследования				
- морфологическое строение почв			1	раз в 5 лет
- водно-физические свойства	1	3	3	IV, VII, IX месяца
- механический и микроагрегатный анализ				раз на 5 лет
- ботанический состав торфяников				— * —
- зольность, степень разложения			1	Ежегодно
- питательный режим почв	1	6	6	IV–IX месяцы
- полный анализ водных вытяжек	1		1	VII месяц
- содержание загрязняющих веществ (пестициды, удобрения) ¹			1	— * —
- содержание тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Mo, Mn, Hg)			1	XII
- радионуклиды ¹³⁷ Cs и ⁹⁰ Sr			1	XII
V. Наблюдение за изменением глубины торфа (зондированием)				раз в 5 лет
- водопроницаемости			1	— * —
- наименьшей влагоемкости			1	— * —
- плотности состава			1	— * —
- плотности твердой фазы			1	— * —
- полной влагоемкости			1	— * —
VII. Фенологические наблюдения				
- поймы рек			1	ежегодно
- прилегающих земель			1	— * —
IX. Определение состояния природоохранных объектов и проведенных мероприятий			1	после вегетации
X. Топогеодезические работы				1 раз перед началом мониторинга

Периодичность, количество и виды анализов устанавливаются в зависимости от окультуренности почв, природных условий и поставленной задачи [9].

¹ по заданным параметрам.

Пробы воды, образцы почв и растительности анализируют в специальных лабораториях по стандартным методикам.

Организация и проведение режимных наблюдений по оценке радиоактивного загрязнения в зоне осушения зависит от наличия площадей на мелиоративных системах, загрязненных радионуклидами. Комплексные наблюдения за радиоактивными загрязнениями следует вести отдельно: в почвах, растительности и воде, а в поверхностной воде с водной растительностью, гидробиотопами и твердыми частями – по специально утвержденной программе [9].

При расположении типичной осушительной системы в санитарной зоне атомной электростанции (АЭС) наблюдения за радионуклидным составом природных вод и почв обязательны. На объектах наблюдений, находящихся в санитарной зоне АЭС, проводят гамма-съемку согласно утвержденным методикам в масштабе не менее 1 : 50000, районирование территории по материалам гамма-съемки, определяют ранг наблюдательной сети и пункты наблюдений за загрязненностью почв, грунтовых, подземных, поверхностных и дренажных вод, а при необходимости естественной и сельскохозяйственной растительности [9].

При обнаружении деградационных процессов в почвах (эрозия, износ торфа, декальцинация, ожелезнение и др.) необходимо предусматривать дополнительные исследования по отдельной программе для выяснения их масштабов и интенсивности.

При организации наблюдений на торфах определяют их мощность, степень разложения, ботанический состав, зольность, слоистость. Процесс минерализации и уплотнения торфяных почв, вынос продуктов разложения и питания за пределы почвенного профиля подлежат обязательному контролю [9].

На осушаемых почвах необходимо наблюдать:

- нитрификационную способность почв;
- срабатывание торфяного слоя и дегумификацию минеральных почв;
- изменение общего содержания углерода;
- изменение элементарного состава органических веществ;
- изменение состава водорастворимых форм органических веществ;
- иссушение, уплотнение верхних горизонтов;
- ожелезнение и окарбоначивание;
- вторичное заболачивание;
- содержание пестицидов и подвижных форм тяжелых металлов;
- радионуклидное загрязнение почв.

Обязательными являются фенологические наблюдения на участках с естественной и культурной растительностью. При наблюдении за растительностью на осушаемых и прилегающих к ним землях следует определить химический состав растений, объем фитомассы, ее годовой прирост [9, 38, 46]. Метеорологические данные, необходимые для водобалансовых расчетов, прогнозов уровней подземных вод, загрязнения территории и др., получают на метеостанциях и постах Государственной гидрометеорологической службы, а также на специально оборудованных метеорологических площадках водобалансовых станций по стандартным методикам [9].

Наблюдение за техническим состоянием осушительных систем (или их частей) как инженерных объектов выполняют по признакам технической неисправности их элементов и соответствия проекту.

13.7. Методика наблюдений и исследований на эталонных водосборах

Наблюдение за состоянием природной среды на типичных водосборах следует проводить, используя метод профилей и метод локальных зон [21, 34].

Метод профилей заключается в том, что через весь водозабор системы прокладывается нивелирный ход (расчетный створ), преимущественно прямолинейный. Таких ходов может быть несколько в зависимости от крутизны склонов и длины водозабора.

Вдоль расчетного хода выполняются следующие работы:

- замеры УГВ;
- отборы проб почвы;
- отборы проб воды на гидрохимический анализ;
- ботанические и общие ситуационные наблюдения за состоянием лесной и лесо-кустарниковой растительности, лесной подстилки и др.

В дополнение к участкам детального наблюдения выделяются локальные зоны для наблюдения за объектами загрязнения и проявлениями эрозионной деятельности. К ним относятся животноводческие фермы, места хранилищ минеральных удобрений и пестицидов, навозохранилищ и др. [21, 34].

Нивелирные и локальные ходы наносятся на картографическую основу, для каждого из них дается описание и журнал наблюдений. в зависимости от цели и задачи наблюдений определяется их объем и выделяют 5 зон влияния мелиоративной системы:

- 1) внутренняя зона в контурах мелиоративной системы;
- 2) внутренняя зона, охватывает немелиоративные площади в контурах мелиоративной системы;
- 3) зона влияния непосредственно прилегающих земель;
- 4) удаленная зона воздействия;
- 5) зона воздушного пространства.

К дополнительным признакам относятся: локальные понижения на прилегающей территории и локальные повышения на объекте мелиорации (на общем фоне рельефа), механический состав почвы и капиллярного поднятия воды, мощность почвенного покрова и тип почвы, доминирующая растительность на прилегающих землях, общее направление потока грунтовых вод, химический состав грунтовых вод и прогноз его изменений после снижения уровня грунтовых вод [21, 34].

На типичных осушительных объектах проведение почвенно-мелиоративной съемки является основой почвенно-мелиоративных исследований, масштаб которой зависит от площади объекта и сложности природных условий. Почвенно-мелиоративная съемка сопровождается закладкой грунтовых разрезов, подразделяемых на основные, контрольные и прикопки.

Основные грунтовые разрезы закладываются на превосходящих геоморфологических элементах для изучения строения и особенностей почвенного профиля, характера почвообразующих и подстилающих пород, распределения влаги, плотности и т. д. Их глубина – 2,0 м (до УГВ).

Контрольные разрезы закладываются для изучения степени вариации наиболее существенных признаков почв, выявленных при описании основных разрезов. Глубина – 1–1,5 м.

Прикопки закладываются для уточнения границ распространения различных типов почв. Глубина – 80 см.

Количество разрезов, которые закладываются при грунтовой съемке типовых массивов, зависит от сложности природных условий объекта и от масштаба съемки.

Среднее количество основных и контрольных разрезов, которые закладываются на каждые 100 га исследуемого типичного массива составляет:

- от 3 до 7 при масштабе 1 : 10000;
- от 8 до 15 при масштабе 1 : 5000;
- от 20 до 35 при масштабе съемки 1 : 2000.

На торфяных массивах при проведении почвенно-мелиоративной съемки выполняется также зондирование торфяников по диаметру, которые закладываются в зависимости от сложности объекта через 25 или 50 см на всю глубину торфяника к минеральному дну. На обводненных минеральных почвах в зависимости от сложности почвенного покрова дополнительно к каждому разрезу закладывается от 1 до 3 прикопок.

Образцы торфа отбираются из всех основных разрезов и не меньше, чем с 20–50 % контрольных разрезов до глубины 0,3–0,5 м через каждые 10–15 см. По генетическим горизонтам отбираются образцы минеральных почв. Количество и виды анализов определяются по каждому разрезу с учетом типичных особенностей и отличительных признаков различных почв.

При проведении почвенно-мелиоративной съемки типичных осушаемых массивов необходимо охватывать наблюдениями и прилегающие земли, которые примерно в 1,5 раза превышают площадь типового объекта [21, 34].

На опытных участках осуществляется определение водно-физических свойств почв, которые закладываются на типичных для массива почвах. Количество точек для изучения их водно-физических свойств зависит от сложности почвенного покрова. Завершающим этапом почвенно-мелиоративной съемки является составление почвенно-мелиоративной карты с выделением типовых грунтовых участков. Почвенно-мелиоративная карта синтезирует результаты грунтовых, гидрогеологических и других исследований и является фоновой для оценки изменений, которые проходят под влиянием осушения. Грунтовые участки служат в будущем для закладки на них специальных видов наблюдений для оценки изменений, происходящих в отдельных типах почв [8, 17].

13.8. Показатели и критерии оценки эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель

Для количественного и пространственного выражения эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель используются различные показатели (П. И. Закржевская, 1984; Ю. А. Канцибер, А. А. Толко, И. М. Емельянова, 1984; А. А. Толко, И. М. Емельянова, Г. А. Малышева, 1984; В. Е. Алексеевская, И. Ю. Наседкин, И. Б. Корсунская, 1987) [25, 26].

Показатели оценки эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель включают в себя:

- гидрогеологический режим грунтовых вод;
- режим поверхностного и дренажного стока;
- гидрохимический режим грунтовых, поверхностных и дренажных вод;
- уровень радиоактивного загрязнения воды и почв;
- агрохимические и водно-физические свойства почв;
- характер изменений ландшафта;
- наличие эрозионных процессов в почвах и на открытой сети;
- уровень грунтовых вод прилегающей территории;
- состояние растительности.

По данным Б. С. Маслова (1985), показателями мелиоративного состояния осушаемых земель выступают: водный режим земель (влажность корневого слоя почвы, продолжительность поверхностного затопления, уровень грунтовых вод); техническое состояние осушительной системы. Природные (зарастание, заиление, размыв откосов каналов, укупорка дренажных трубок) и антропогенные показатели (сброс мусора в каналы); культуртехническое положение: микрорельеф поверхности, наличие кустарников, камней и т. д.; уровень плодородия почв.

Критериями водного режима земель является глубина залегания уровней грунтовых вод, скорость высвобождения пахотного слоя от гравитационной влаги, сроки отвода поверхностных вод. Водный режим характеризует техническое состояние мелиоративных систем и качество проведения эксплуатационных работ, а также в значительной мере определяет питательный и температурный режим почвы. Применение этого показателя в полной мере основывается на использовании режимных наблюдений на осушаемых землях.

Основным критерием технического состояния мелиоративных систем считается обеспечение своевременного отвода избытка поверхностных вод и снижение уровней грунтовых вод до оптимальных глубин в нормативные сроки.

К критериям уровня плодородия почв принадлежат мощность пахотного слоя, содержание гумуса, рН солевой вытяжки, подвижного фосфора и обменного калия в почве [26].

Показатели оценки эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель подразделяются на основные, специальные и дополнительные. Основные обязательны для осушаемых земель всей гумидной зоны; дополнительные и специальные – применяются для решения специальных целевых задач.

Основными показателями оценки эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель являются уровень грунтовых вод, физические и агрохимические показатели почв, обеспечивающие оптимальные урожаи сельскохозяйственных культур. К дополнительным критериям относятся радиоактивное загрязнение вод, почв, урожая, опасность катастрофических явлений, развития эрозионных процессов, химическое загрязнение почв и вод на локальных территориях (фермы, склады), состояние агроценозов и лесной растительности на прилегающих землях.

Оценку эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель выполняют по комплексу показателей, сравнивая фактические данные с принятыми допустимыми и критическими их значениями. Выделяют три или четыре категории состояния – хорошее, удовлетворительное, неудовлетворительное и крайне неудовлетворительное.

Критерии оценки эколого-мелиоративного состояния по РГВ для осушаемых земель приведены в таблице 13.2.

Комплексную оценку эколого-мелиоративной ситуации на осушаемых землях обеспечивает использование критериев мелиоративной направленности в сочетании с критериями экологической ситуации, к которым относятся:

- наличие негативных процессов (деградация почвенного покрова; вторичное заболачивание; дефляция, водная эрозия, усадки торфа, наличие самоизливающихся скважин);
- химический состав подземных, дренажных, поверхностных вод и гидрохимический режим земель;
- состояние растительности (плотность травостоя, наличие и площадь залысин, состояние сельскохозяйственных растений);
- качество сельскохозяйственной продукции.

Поскольку осушение оказывает существенное влияние на состояние окружающей природной среды, во всех проектах предусматривают природоохранные мероприятия, направленные на предотвращение или минимизацию негативных экологических последствий мелиорации. Для успешного прогнозирования таких мероприятий необходим постоянный мониторинг всех почв, на которых действуют антропогенные факторы.

Критерии оценки эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель по РГВ

показатели плодородия	Пределы показателей				
	трудно-суглинистые (болотные)	суглини- стые	супесча- ные	песча- ные	торфяники низинные
Содержание гумуса, %	3,4-4,0 < 3,4	2,5-3,0 < 2,5	2,0-2,5 < 2,0	1,8-2,0 < 1,8	40-70
Кислотность, рН _{KCl}	4,8-5,0	6,4-6,7	6,0-6,2	5,5-5,8	4,6-6,0
Степень насыщения основа- ниями, %	70,0-80,0	80,0-90,0	70,0-80,0	50,0- 60,0	75,0-90,0
Нитрификационная способность NO ₃ , мг/100 г	0,8-6,0	0,8-6,0	0,8-6,0	0,8-6,0	
Содержание гидролизного азота, мг/100 г (по Тюрину)	4,0-10,0	4,0-10,0	4,0-10,0	4,0-10,0	
Содержание подвижного фос- фора, мг/100 г (по Кирсанову)	5,0-25,0	5,0-25,0	5,0-25,0	5,0-25,0	3,0-8,0
Содержание подвижного калия, мг/100 г (по Кирсанову)	8,0-25,0	8,0-25,0	8,0-25,0	8,0-25,0	30-70
Содержание обменного магния, мг/100 г (по Шахтшабелю)	6,0-8,0	10,0-12,0	8,0-9,0	7,0-8,0	100,0-120,0
Степень разложения торфа, %	—	—	—	—	8,0-45,0
Зольность торфа	—	—	—	—	10,0-50,0
Степень загрязнения	ГДК	ГДК	ГДК	ГДК	ГДК

13.9. Оценка эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель

Оценку эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель по комплексу показателей выполняют по полученным на типичных системах фактическим данным, сравнивая их с принятыми допустимыми и критическими значениями.

Оптимальные количественные значения указанных показателей зависят от климатических зон, грунтовой разницы, обрабатываемых сельскохозяйственных культур, периода действия осушительных систем по циклу сельскохозяйственного производства.

Оценка эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель осуществляется в различных формах и разными методами:

- на основании наблюдений за уровнями грунтовых вод в скважинах стационарной наблюдательной сети;
- то же самое с временными, ежегодно возобновляемыми наблюдательными выработками;
- по результатам рекогносцировочных обследований и осмотров сельскохозяйственных угодий, а также измерений уровня воды в дренажных колодцах и водоприемниках;
- по оценке работы осушительной сети;
- по оценке урожая сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях.

Оценке подлежат все межхозяйственные и внутрихозяйственные осушительные, осушительно-увлажняющие гидромелиоративные системы с открытой и закрытой осушительной сетью, отдельные участки этих гидромелиоративных систем, расположенные в пределах хозяйств. Оценка эколого-мелиоративного состояния на осушительной системе выполняют отдельно для ее гидротехнической части (техническое состояние) и осушаемых почв (почвенно-мелиоративное состояние).

Оценка эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель выполняется по данным эколого-мелиоративного мониторинга, результаты которого приводятся в мелиоративном кадастре, за водно-воздушным режимом и сроками отвода поверхностных вод (табл. 13.3).

Градации оценки эколого-мелиоративного состояния по уровню грунтовых вод приведены в таблице 13.4.

Эколого-мелиоративное состояние на осушаемых землях определяется путем сопоставления основных показателей мелиорированных природных компонентов с проектными величинами, которые, не превышая предельно допустимых величин, должны обеспечить интенсификацию сельскохозяйственного производства.

В общем плане оценка эколого-мелиоративного состояния на осушаемых землях осуществляется путем определения количественных показателей природных комплексов в условиях мелиорации (наиболее подверженных действию гидротехнических мероприятий) и сравнения их с предельно допустимыми значениями. Изменения, происходящие в этих компонентах, различны и неоднозначны на

непосредственно осушаемых землях и прилегающих к ним территориях. Наиболее заметные изменения происходят непосредственно в пределах осушаемого объекта, на прилегающих же землях изменения менее заметны, а часть компонентов практически не испытывает каких-либо изменений (ландшафт, грунтовое плодородие).

Таблица 13.3

Оценка эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель по срокам отвода избыточных вод в вегетационный период, суток² [9]

Сельскохозяйственное использование	Эколого-мелиоративное состояние			
	благоприятное	удовлетворительное	неудовлетворительное	крайне неудовлетворительное
Овощные и овоще-кормовые севообороты	$\frac{< 0,5}{< 2,0}$	$\frac{0,5-1}{1-2}$	$\frac{2-3}{3-5}$	$\frac{> 3}{> 5}$
Полевые, кормовые севообороты, пастбища	$\frac{< 1}{< 2}$	$\frac{1-2}{2-3}$	$\frac{3-5}{4-7}$	$\frac{> 5}{> 7}$
Сенокосы	$\frac{< 1}{< 3}$	$\frac{1-2}{3-5}$	$\frac{3-5}{6-10}$	$\frac{> 5}{> 10}$

Таблица 13.4

Оценка эколого-мелиоративного состояния осушительных систем в зависимости от средней глубины залегания уровня грунтовых вод (в сутки)³ [9]

Сельскохозяйственное использование	Период	Эколого-мелиоративное состояние земель по значениям УГВ, м			
		благоприятное	удовлетворительное	неудовлетворительное	крайне неудовлетворительное
Овощные и овоще-кормовые севообороты	Предпосевной	0,5- 0,6	0,4- 0,5	0,3-0,4	меньше 0,3
	Посевной				
Полевые, кормовые севообороты, пастбища	Вегетационный и уборочный	1,0-1,3	0,8-1,1	0,6-0,7	меньше 0,6
	Предпосевной – посевной	0,5- 0,6	0,4-0,5	0,3-0,4	меньше 0,3
Сенокосы	Вегетационный и уборочный	0,8- 1,0	0,7-0,9	0,5- 0,6	меньше 0,6
	Предпосевной – посевной	0,4- 0,5	0,3-0,4	0,1-0,2	меньше 0,1
	Вегетационный и уборочный	0,6- 0,8	0,4-0,6	0,3-0,4	меньше 0,3

Эколого-мелиоративная оценка любого подконтрольного фактора определяется как благоприятная, удовлетворительная, неудовлетворительная.

Отклонение не более чем на 30 % (достижение предела допустимого воздействия) от принятого за базу сравнения необходимо оценивать как удовлетворительное состояние, более чем на 30 % – неудовлетворительное, 10 % – благоприятное. Оценка влияния осушения на прилегающие земли выполняется как результат сравнения нормативных величин снижения УГВ и ширины зоны активного воздействия с фактическими.

При поступлении в водоем, водоток либо водосточник питьевого назначения нескольких веществ с лимитированными показателям вредности от расположенных выше выпусков сумма отношения концентраций каждого из веществ в расчетном створе (пункте) в соответствующие ПДК не должна превышать единицы.

Эколого-мелиоративную оценку состояния почв за реакцией среды (рН солевое) выполняют согласно градациям, приведенным в таблице 13.5.

Оценку радиоактивного загрязнения природных вод и почв, а также гидрохимических показателей проводят для подземных и поверхностных вод, в том числе вод водоприемников, путем сравнения с критериями, которые регламентируются действующими нормативными документами.

² В числителе – продолжительность отвода поверхностной, в знаменателе – гравитационной воды из пахотного (0–30 см) слоя.

³ Меньшие значения УГВ соответствуют минеральным почвам, большие – торфяным.

Таблица 13.5

**Оценка изменения реакции среды (рН солевое) почв осушаемых земель за развитием процессов
внутрипочвенной эрозии**

Эколого-мелиоративное состояние	рН солевое *	Состояние почв за развитием процессов внутрипочвенной эрозии		
		благоприятное	удовлетворительное	неудовлетворительное
		уменьшение рН солевого на		
Благоприятное	<5,5	<0,2	<0,1	
	5,5-6,5	<0,5	<0,2	<0,1
	>6,5	<1,0	<0,7	<0,5
Удовлетворительное	<5,5	0,2-0,5	0,1-0,2	<0,1
	5,5-6,5	0,5-0,7	0,2-0,5	0,1-0,2
	6,5	≤1,0	0,7-1,0	0,5-0,7
Неудовлетворительное	>5,5	>0,5	0,7-1,0	≥0,1
	5,5-6,5	>0,7	>0,5	>0,2
	>6,5	—	>0,1	>0,7

Примечание: * При рН > 5,5 всякий рост рН считают неудовлетворительным, при рН < 5,5 – удовлетворительным.

Оценку эколого-мелиоративного состояния земель по угрозе развития деградационных процессов выполняют с использованием данных, приведенных в таблицах 13.6 и 13.7.

Таблица 13.6

**Оценка состояния почв по угрозе развития процессов поверхностной эрозии на осушаемых землях
и прилегающих к ним территориях**

Эколого-мелиоративное состояние	Степень податливости почв	Название эрозионных процессов				
		плоскостная и ветровая	линейная	проседание	занесено посевов наносами	пастбищное
		степень проявления процессов				
		смыто, см	размывы глубиной, см	% от площади воронок глубиной 30 см	мощность грубых наносов, см	уничтожен травяной покров, % от площади
Благоприятное	Стойкая	<30	<50	<30	<30	50
	Слабая	<5	<30	<10	<15	30
	Средняя	<5	<10	<5	<5	10
Удовлетворительное	Стойкая	≥30	≥50	≥30	≥30	≥50
	Слабая	15-30	30-50	10-30	15-30	30-50
	Средняя	5-15	10-30	5-10	5-15	10-30
	Сильная	≤5	≤10	≤5	≤5	≤10
Неудовлетворительное	Слабая	>30	>50	>30	>30	>50
	Средняя	>15	>30	>10	>15	>30
	Сильная	>15	>10	>5	>5	>10

Таблица 13.7

Оценка эколого-мелиоративного состояния осушительной сети с развитием процессов эрозии

Эколого-мелиоративное состояние	Степень податливости почв	Оценка состояния сети с проявлениями донной и береговой эрозии				
		название и характеристика явлений			оценка состояния по процессам эрозии	
		размывы глубиной, см	подмыва берега, см	оползни, см	донной	береговой
Доброе	Стойкая	<50	—	—	благоприятная	благоприятная
	Слабая	<30	—	—		
	Средняя	<10	—	—		
Удовлетворительное	Стойкая	≥50	—	—	благоприятная	удовлетворительная
	Слабая	30-50	<5	<5		
	Средняя	10-30	<5	—	удовлетворительная	благоприятная
	Сильная	≤10	—	—		
Неудовлетворительное	Стойкая	>50	>15	>5	удовлетворительная	благоприятная
	Слабая	>30	>5	—	удовлетворительная	удовлетворительная
	Средний	>10	—	—	неудовлетворительная	неудовлетворительная

Оценка эколого-мелиоративного состояния по приведенным показателям для каждого конкретного объекта и определение необходимых мер по его улучшению выполняются через обобщение и анализ данных экспертным путем.

Оценка экологической надежности осушительных систем и их роли в преобразовании ландшафтов определенной территориальной единицы позволяет составить представление о влиянии мелиорации на способность природных комплексов к саморегулированию и самовосстановлению, а также их возможностей искусственного поддержания этой способности при антропогенной перегрузке среды.

Экологическая надежность мелиоративных систем может оцениваться только по эколого-экономической целесообразности и эффективности их функционирования, обеспечивается достижением проектной урожайности и условий экологической стабильности мелиорированной геосистемы, в том числе радиоэкологической. В связи с этим в комплекс показателей оценки экологической надежности осушительной системы включены:

- техническое состояние мелиоративной системы;
- состояние природоохранных элементов системы;
- мелиоративное состояние осушаемых земель;
- урожайность сельскохозяйственных культур;
- радиоэкологическое состояние осушаемой территории.

Техническое состояние осушительной системы (ТС) как показатель определяет возможность системы обеспечивать ее наиболее важную функцию – поддержание оптимальной влажности корнеобитаемого слоя почвы в проектом режиме. Оценка выполняется по двум составляющим:

- степени отклонения от проекта гидромелиоративной системы;
- технической неисправности мелиоративной системы.

Показатель отклонения отдельных элементов гидромелиоративной системы от проекта (A_m) определяется как отношение количества фактически существующих ее элементов к предусмотренных проектом (табл. 13.8).

Таблица 13.8

Схема расчета показателя отклонения отдельных элементов гидромелиоративной системы от проекта

Наименование элементов	Единицы измерения	Количество элементов		Отклонение от проекта % (4:3), $A_{m1...k}$
		общее по проекту	фактическое	
Водоприемник				
Открытые каналы проводной сети				
Открытые каналы регулирующей, защитной и напорной сетей				
Водорегулирующие и другие сооружения на каналах				
Закрытая ведущая сеть				
Закрытая регулирующая сеть				
Водорегулирующие и другие сооружения на закрытой сети				
Насосные станции				
Защитные дамбы				
Водоемы				

Значение A_m рассчитывается по формуле:

$$A_m = \frac{A_{m1} + A_{m2} + \dots + A_{mk}}{k}, \%, \quad (13.1)$$

где $A_{m1}, A_{m2}, \dots, A_{mk}$ – показатели отклонения отдельных элементов гидромелиоративной системы от проекта%; k – количество оцененных элементов системы, шт.

Показатель технической неисправности гидромелиоративной системы (B_t) определяется как отношение количества технически исправных элементов к их общему количеству (табл. 13.9).

Таблица 13.9

Схема расчета показателя технической неисправности гидромелиоративной системы (B_t)

Наименование элементов	Единицы измерения	Количество элементов		Показатель технической неисправности, % (4:3), $B_{m1...k}$
		Общее и фактическое	Не требуют ремонта и восстановления	
Те же элементы, что в таблице 13.8				

$$B_m = \frac{B_{m1} + B_{m2} + \dots + B_{mk}}{k}, \%, \quad (13.2)$$

где $B_{m-1...k}$ – показатель неисправности каждого элемента системы, %; k – количество оцененных элементов, шт.

Общий показатель технического состояния гидромелиоративной системы (T_c) определяется как среднее между показателями A_m и B_m в процентах:

$$T_c = \frac{A_m + B_m}{2}. \quad (13.3)$$

Оценка T_c по полученным показателям осуществляется в соответствии с принятой шкалой:

- более 75 % – состояние хорошее;
- 75–50 % – состояние удовлетворительное;
- менее 50 % – состояние неудовлетворительное.

Определение показателя A_m выполняют один раз после введения системы в эксплуатацию (строительство, реконструкция, переоборудование); B_m – рассчитывают ежегодно в предпосевной период. При невозможности определить показатель A_m из-за отсутствия проектной документации T_c определяют только по B_m .

Осушение и дальнейшее использование мелиорированных земель ведет к прогнозируемым и непрогнозируемым изменениям в природных процессах, которые имеют разную направленность. Прежде всего это изменения в водообмене и почвообразовании, сказывающиеся из количественных и качественных показателей этих природных составляющих. Происходят изменения также в растительном и животном мире, режиме водного стока, параметрах гидрографической сети, микроклиматических показателях и так далее.

Для контроля за экологической ситуацией в пределах мелиоративных систем и в зоне их влияния, а также для дальнейшего совершенствования средств мелиорации земель необходима объективная информация о состоянии природной среды территорий, подвергающихся воздействию мелиорации. Контроль изменений, происходящих в природных комплексах под влиянием осушения, осуществляется путем организации и ведения эколого-мелиоративного мониторинга на репрезентативных (типовых) системах. Такие системы наиболее полно характеризуют комплекс природных условий, определяющих мелиоративную и экологическую обстановку на определенной территории с учетом приемов осушения и сельскохозяйственного использования осушаемых земель. В то же время должны быть определены системы-аналоги, соответствующие типичной системе, на которые распространяются результаты мониторинговых наблюдений.

В состав экологической оценки осушаемых земель обязательно должны входить оценка технического состояния осушительной системы, оценка опасности развития процессов эрозии осушительной сети, податливость пород водной эрозии, а также наличие неисправностей в водопроводных сооружениях.

В конце составляется сводная таблица эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель по всем наблюдательным показателям оценки их отклонения от удовлетворительного по площадям и делаются как общие, так и частные выводы по эколого-мелиоративному состоянию осушаемых земель подконтрольной территории.

Приведенные выше оценочные показатели экологического состояния на осушаемых и прилегающих к ним землях дополняются показателями мелиоративного состояния, обоснованными и разработанными на основе анализа и обобщения материалов эколого-мелиоративного мониторинга, который ведет гидрогеолого-мелиоративная служба, и становятся основой для оценки эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель.

Оценку эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель необходимо разрабатывать для каждой природно-климатической зоны подобно оценке мелиоративной обстановки осушаемых земель.

13.10. Прогноз эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель

Задачей эколого-мелиоративного прогноза является оценка предпосылок, возможностей и определения исходных данных для создания благоприятного водно-воздушного режима осушаемых почв [32]. Прогноз состояния осушаемых земель осуществляется на основе оценки экологической надежности осушительных систем и их роли в преобразовании ландшафтов определенной территориальной единицы. Основным показателем экологической надежности выступает фактическое достижение проектных урожаев сельскохозяйственных культур при соблюдении всех других проектных

режимов функционирования осушительной системы и обеспечения условий экологической стабильности мелиорированной геосистемы.

Экологическую надежность мелиоративных систем оценивают по эколого-экономической целесообразности и эффективности их функционирования. Комплекс оценочных параметров включает:

- техническое состояние мелиоративной системы (ТС);
- состояние природоохранных элементов системы (ПО);
- эколого-мелиоративное состояние осушаемых земель (ЭМС);
- урожайность сельскохозяйственных культур (A_y);
- радиоэкологическое состояние осушаемой территории (РС).

Интегральный показатель экологической надежности осушительной системы определяют как среднее из отдельных оценок в процентах и рассчитывают по формуле:

$$E_n = \frac{T_c + MC + ПО + A_y + РС}{5}, \% \quad (13.4)$$

Оценку экологической надежности выполняют по специально разработанной методике [32] с выделением следующих категорий:

- надежная – более 75 %;
- условно надежная – 75–55 %;
- ненадежная – менее 55 %.

Прогнозная оценка базируется на предположении метеорологических условий года с учетом зональных особенностей почвенно-мелиоративных условий и требований определенных сельскохозяйственных культур к водно-воздушному режиму. За основу принимают оптимальные значения влажности почвы в пахотном слое в разные фазы сельскохозяйственного периода года при различных значениях обеспеченности осадками (табл. 13.10).

Таблица 13.10

Оптимальные значения влажности почв для основных сельскохозяйственных культур по годам с разной обеспеченностью осадками

Основные сельхозкультуры	Влажность почвы в пахотном слое, %											
	Оптимальная для основных сельскохозяйственных периодов и лет с разной обеспеченностью осадками, %						Предложенные для искусственного поддержания значения влажности почв пахотного слоя с целью предотвращения их переувлажнения или иссушения в годы с разной обеспеченностью осадками					
	влажный, 25 %		средний, 50 %		засушливый, 75 %		влажный, 25 %		средний, 50 %		засушливый, 75 %	
	посев, посадка	активная вегетация	посев, посадка	активная вегетация	посев, посадка	активная вегетация	посев, посадка	активная вегетация	посев, посадка	активная вегетация	посев, посадка	активная вегетация
Зерновые, колосовые и однолетние травы	85	80	80	55	55	45	65	55	70	60	80	75
Корнеплоды	80	75	75	50	50	40	70	60	75	65	80	70
Картофель	80	70	70	50	50	40	70	60	75	65	80	70
Кукуруза:												
на силос	80	75	75	55	55	45	70	60	75	65	80	70
на зерно	75	70	70	50	50	40	65	55	70	60	80	75
Овощные	80	75	75	50	50	45	70	60	75	65	75	70
Многолетние травы:												
злаковые	90	85	85	60	60	50	75	70	80	75	80	70
бобовые	85	80	80	65	55	45	70	65	75	70	75	65

Определять состояние влажности пахотного слоя почвы определенного состава можно и по значениям глубины залегания грунтовых вод. Для обеспечения оптимальных значений влажности почвы в разные по водности годы сделаны соответствующие прогнозные отклонения (табл. 13.11).

Прогноз эколого-мелиоративного состояния также выполняется по Методике прогнозирования глубин залегания уровней грунтовых вод на осушаемых землях Украины на предпосевной период.

Прогноз предоставляется на предпосевной (по состоянию на 1 апреля) и середину вегетационного (по состоянию на 30 июня) периоды. Он включает прогноз уровней грунтовых вод на осушаемых и прилегающих к ним землях и влагозапасов в верхнем 0,5-метровом слое почвы [42].

Таблица 13.11

Прогнозные глубины залегания уровня грунтовых вод в различных почвах для обеспечения оптимальной влажности в пахотном слое почвы

Влажность почвы, %	УГВ (см) в почвах различного состава при разной обеспеченности осадков								
	Преимущественно торфяные почвы различной мощности			Преимущественно мелкие торфяники, минеральные супесчаные и легкосуглинистые почвы			Преимущественно тяжелые минеральные почвы		
	25 %	50 %	75 %	25 %	50 %	75 %	25 %	50 %	75 %
40	>180	>180	>180	>200	>200	>200	>200	>200	>200
50	140	130	130	150	140	140	170	160	160
60	100	95	90	110	105	100	130	125	120
70	75	70	65	80	75	70	95	90	85
80	55	50	45	60	55	50	70	65	60
90	45	40	35	45	40	35	50	45	40

Состав и содержание технической информации из прогноза эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель определяется вместе с информацией о мелиоративном состоянии осушаемых земель на предпосевной и середину вегетационного периодов и дается прогноз мелиоративного состояния осушаемых земель.

Осушительные системы снижают уровень грунтовых вод не только в пределах осушаемых массивов, но и на прилегающих землях. Снижение УГВ на прилегающих территориях часто нежелательно, так как оно приводит к изменениям в растительном покрове и снижает уровень воды в питьевых колодцах.

На равнинных территориях на величину залегания УГВ H (м) на расстоянии x (м) от осушительной системы можно определить по формуле:

$$H = H_0 \cdot f(z), \text{ м}, \quad (13.5)$$

где H_0 – величина снижения УГВ в ограждающем канале, то есть на грани осушительной системы, м; $f(z)$ – специальная функция, значение которой находят в зависимости от показателя z и которая определяется по формуле:

$$z = \frac{x}{\sqrt[2]{\frac{K_{\phi} \cdot h \cdot t}{\mu}}}, \quad (13.6)$$

где K_{ϕ} – коэффициент фильтрации грунта, м/сут.; h – мощность водоносного горизонта, м; μ – коэффициент водоотдачи почвы; t – продолжительность снижения УГВ от весеннего максимума к летне-осеннему минимуму.

Величину снижения уровня грунтовых вод (рис. 13.3) определяют на различных расстояниях от системы и строят кривую дисперсии, чтобы установить зону влияния осушительной системы. Границу зоны влияния осушительной системы определяют там, где снижение УГВ не превышает 0,2 м.

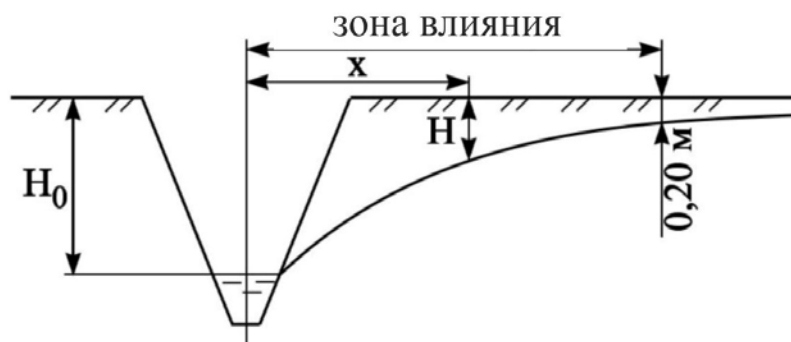


Рис. 13.3. Снижение уровня УГВ в зоне влияния осушительных систем

Итак, эколого-мелиоративный мониторинг осушаемых земель позволяет осуществлять контроль состояния осушаемых земель, дает возможность оценить влияние мелиоративных мероприятий на окружающую среду и его отдельные компоненты, установить причины, которые нарушают нормальное функционирование мелиоративных систем в конкретных природных условиях, позволяет, на основе современного информационно вычислительного и модельного обеспечения, прогнозировать и рационально управлять эколого-мелиоративным состоянием и экологической устойчивостью осушаемых земель.

13.11. Слово о В. Е. Алексеевском

Вадим Евгеньевич Алексеевский родился в 1933 г. в г. Душанбе (Таджикистан). После окончания горного факультета Киевского политехнического института работал инженером-геологом в Таджикистане, Казахстане, Узбекистане и в Украине. С 1959 года вся жизнь Вадима Евгеньевича была связана с мелиорацией и водным хозяйством Украины. В 1965 г. он оканчивает годовые курсы в Украинском институте инженеров водного хозяйства в городе Ровно, дополнив знания геолога знаниями в области мелиорации.

В 1967–1969 гг., по окончании аспирантуры в Украинском институте гидротехники и мелиорации, работает ведущим инженером, руководителем отдела, заместителем директора института по научной работе. В 1971 году защищает кандидатскую диссертацию, в 1985 – докторскую.

В. Е. Алексеевским опубликовано более 200 научных работ. Им подготовлено 15 кандидатов наук, он возглавлял в странах СНГ научную школу ученых, работающих в области охраны природы при проведении мелиорации. Начиная с 1986 г. принимал активное участие в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Под руководством и при самом непосредственном участии В. Е. Алексеевского выполнены обширные и значительные по своим результатам научные исследования; даны обоснования орошения засушливых земель в сложных гидрогеологических условиях Керченского полуострова Крыма, обоснован комплекс природоохранных мероприятий на мелиорируемых и прилегающих к ним землях Украинского Полесья; в сотрудничестве с белорусскими коллегами разработан комплекс подобных мероприятий для всей зоны Полесья.

Много сил и энергии отдал Вадим Евгеньевич методической и практической помощи в организации и развитии гидрогеолого-мелиоративной службы в Украине, в Нечерноземной зоне Российской Федерации, Азербайджане, Белоруссии, республиках Средней Азии, Казахстане. С учеными и практиками этих и многих других стран он поддерживал тесные связи.

Большой опыт природоохранной деятельности коллектива, которым руководил В. Е. Алексеевский, обобщен в ведомственном документе «Организация и ведение эколого-мелиоративного мониторинга на осушаемых землях» и комплексе пособий к нему.

Отдел природоохранных мероприятий Института гидротехники и мелиорации Украинской академии аграрных наук, которым руководил В. Е. Алексеевский, был образован в 1990 г. из отдела мелиоративной гидрогеологии, он занимался и продолжает заниматься широким кругом проблем зоны осушения, и прежде всего вопросами охраны природы. Его основной задачей стало научное объяснение проявлений в природной среде на массивах осушения и прилегающих к ним землях, определение причин и условий их формирования, систематизация и разработка мероприятий по нейтрализации негативных процессов и явлений. Еще одним важным заданием стала разработка основ и принципов системы мониторинга составляющих природной среды на осушаемых землях гумидной зоны Украины, а также создание нормативных документов по вопросам охраны природы в зоне осушения на основе анализа данных, полученных при ведении мониторинговых работ.

Выполнение задач по этим направлениям позволило сформировать научную школу специалистов по разным проблемам экологии в зоне осушения. Ее создал и до последних дней жизни (23 января 2002 г.) возглавлял доктор технических наук, профессор Вадим Евгеньевич Алексеевский.

За достижения в области мелиорации и в первую очередь охраны окружающей среды гумидной зоны СССР в 1983 году В. Е. Алексеевский был удостоен звания заслуженного мелиоратора Украинской ССР.

Под руководством В. Е. Алексеевского, еще в составе отдела мелиоративной гидрогеологии, начала формироваться группа специалистов, непосредственно уделявших особенное внимание определенной составляющей природной среды в оценке влияния на нее осушительных мелиораций, а именно: по формированию режима уровней грунтовых вод в процессе осушения велись работы В. Е. Алексеевским, по оценке баланса грунтовых вод на массивах осушения – И. Ю. Наседкиным, по оценке гидрологических характеристик водоприемников – Н. И. Иванушкиной, по изучению гидро-

химических показателей грунтовых, дренажных и поверхностных вод – Г. П. Рябцевой, по вопросам прогноза изменений режима уровней грунтовых вод – И. Б. Корсунской. Благодаря концентрированному вниманию к определенным характеристикам осушаемых территорий и теоретическим проработкам каждого из специалистов стало возможным написание и успешная защита ими диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата наук: в 1977 г. – Г. П. Рябцевой, в 1978 – И. Ю. Наседкиным, в 1980 – Н. И. Иванушкиной, в 1982 г. – И. Б. Корсунской. Успех защиты определялся тем, что в своем разделе науки это были серьезные и единственные в своем роде исследования. В. Е. Алексеевский пишет работу, в которой освещает общее направление исследований и достижения в пределах сформированной им школы и защищает докторскую диссертацию (1985 г.).

Обобщением выполненных к этому времени работ стала монография по водному режиму и охране осушаемых территорий, написанная группой специалистов по осушению и вышедшая в издательстве «Урожай» в 1989 г. Именно они принимают участие в разработке нормативных документов по вопросам охраны природы для соответствующего раздела проектов по реконструкции или строительству осушительных систем.

В период с 1985 по 1991 год были разработаны и соответствующим образом утверждены типовые схемы природоохранных мероприятий по проектам осушительно-увлажнительных систем, разработаны унифицированные показатели гидрогеологических характеристик мелиорированных территорий, правила расчета минерализации и выноса питательных веществ со стоком с осушаемых территорий, правила по наблюдению за мелиоративным состоянием осушительных систем гумидной зоны СССР.

В последние годы созданный в 1990 г. научный отдел природоохранных мероприятий под руководством В. Е. Алексеевского практически полностью сосредоточился на решении задач экологии мелиорированных земель Полесья и создании системы мониторинга, на разработке его научных основ и практического внедрения. Этим занимались научные сотрудники Е. В. Цветова, Т. И. Топольник, А. М. Корж, инженеры О. В. Тураева, В. М. Зузанская, Л. Г. Мостовая, Л. В. Подзина, техники Ж. С. Ильчишина, В. В. Платенко, В. И. Воробьева, И. А. Демида, Е. А. Слыщенко, водители В. С. Матвеев и А. Н. Дзюба. Разработаны методические указания по организации и ведению мониторинга на осушаемых землях, утвержденные научно-техническим советом Минводхоза Украины. Для решения проблем по оценке влияния Хотиславского карьера строительных материалов в Беларуси, расположенного на границе с Украиной, разработан и внедрен мониторинг природной среды в зоне возможного влияния Хотиславского карьера, утвержденный Минприроды Украины и Комитетом Госприроды Республики Беларусь 13.05.1994.

Главным принципом, ставшим основой для создания и действия мониторинга переувлажненных земель, стал выбор эталонных систем гумидной зоны Украины на основе гидрогеолого-мелиоративного районирования, утвержденных и изданных Госводхозом Украины. Также разработаны и утверждены для целей ведения мониторинга методические указания по оценке эколого-мелиоративного состояния на осушаемых землях. Отдел природоохранных мероприятий являлся основным разработчиком региональной экологической программы «Полесье» (1993–1994), а специалисты отдела В. Е. Алексеевский и И. Ю. Наседкин были главными разработчиками комплексной темы «Программа мероприятий по созданию сети заповедных охраняемых территорий и ренатурализации водно-болотных комплексов» (1994), утвержденными и принятыми Минэкобезопасности Украины.

Большую роль сыграл отдел природоохранных мероприятий в подтверждении статуса Шацкого национального природного парка (НПП), где сотрудниками отдела (Е. В. Цветова, Т. И. Топольник, О. В. Тураева) впервые в Украине организован и велся эколого-мелиоративный мониторинг. В то же время под руководством В. Е. Алексеевского расчеты по мониторингу и анализу его результатов велись для верховьев Припяти и бассейна р. Стоход (1996 г.).

В 1997 г. на основе всего комплекса предыдущих исследований по заданию Госводхоза Украины издан нормативный документ по организации и ведению эколого-мелиоративного мониторинга на осушаемых землях. К этому документу были разработаны пособия по критериям оценки эколого-мелиоративного состояния этих земель. В то же время отдел природоохранных мероприятий начал работы по определению и оценке антропогенных нагрузок на мелиорированные ландшафты. После окончания было предложено не только создание методики расчета и отображения на картах антропогенных нагрузок, но и рекомендаций по усовершенствованию, обустройству сельскохозяйственных и мелиорированных агроландшафтов, регулированию антропогенных нагрузок на них. Эти разработки могут быть использованы в управленческих решениях о перераспределении антропогенных нагрузок на ландшафты (при создании природных парков, зон отдыха, ренатурализации осушительных систем и т. д.).

С 2000 г. сотрудники отдела под руководством В. Е. Алексеевского принимают активное участие в организации и ведении мониторинга в долине р. Припять в связи с началом работ по ее русловосстановлению, что признано необходимым после катастрофического паводка. Мониторинг позволяет оценить характер влияния русловосстановления на гидрологическое состояние реки и прилегающих к ней земель, в том числе на подземные воды, их химический состав, растительность, животный мир.

Одной из важных составляющих работы отдела было систематическое участие научных сотрудников в совещаниях и съездах специалистов областного, республиканского, союзного, стран СНГ и международного уровня и участие в издании материалов этих собраний. Кроме того, по вопросам охраны природы Полесья и ликвидации катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции под руководством В. Е. Алексеевского организовывались тематические совещания.

За время научной работы сотрудниками отдела, которым руководил В. Е. Алексеевский, опубликовано более 500 печатных работ по разным вопросам охраны природы и мониторинга. Также отделом велась активная научно-пропагандистская работа по теме мелиоративной гидрогеологии, эколого-мелиоративного мониторинга и охраны природы при осушительных мелиорациях. Было организовано и проведено 30 межреспубликанских, республиканских и региональных совещаний, конференций и семинаров. По направлениям исследований читался постоянный курс лекций в Институте повышения квалификации Минводхоза СССР (Институт повышения квалификации Госводагентства Украины).

На протяжении многих лет В. Е. Алексеевский был членом специализированного Совета ИГиМ по защите кандидатских и докторских диссертаций, членом Высшей аттестационной комиссии Украины. В. Е. Алексеевский имел государственные награды, в том числе за участие в ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Вот уже 13 лет прошло с того дня, как Вадима Евгеньевича нет с нами, но живет его дух, его дело, его идеи. Живут и работают его ученики в Украине и во многих странах мира, и это вселяет надежду на то, что все сделанное этим воистину Великим человеком приумножится, а все задуманное осуществится.

Литература

1. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур / под ред. В. Медведева. – К.: Аграрна наука, 1997. – 162 с.
2. Алексеевский В. Е. Мелиорация земель Полесья и вопросы охраны окружающей среды. – К.: Знание, 1979. – 19 с.
3. Алексеевский В. Е. Опыт изучения режима подземных вод на осушенных землях Украины // Обзорная информация. – М.: ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1972. – № 7. – 39 с.
4. Влияние осушительных мелиораций на речной сток и грунтовые воды Припятского Полесья Украинской ССР / В. Е. Алексеевский, И. Ю. Наседкин, Г. П. Рябцева [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство. – Киев.: Урожай, 1984. – Вып. 61. – С. 28–33.
5. Алексеевский В. Е., Подзина Л. В. Теория и практика эколого-мелиоративного мониторинга в Украинском Полесье // Теория и практика эколого-мелиоративного мониторинга в Украинском Полесье : сб. докл. – Киев, 1992. – С. 43–53.
6. Алексеевский В. Е., Рябцева Г. П. К оценке сложившейся экологической ситуации на осушаемых землях // Эколого-экономические принципы эффективного использования мелиорированных земель. – Минск, 2000. – С. 30–32.
7. Оценка и контроль изменений в природных комплексах под влиянием осушения / В. Е. Алексеевский, О. В. Скрипник, Г. П. Рябцева [и др.]. – Киев: УкрНИИГиМ, 1992. – 255 с.
8. Булавко А. Г., Янковский К. Ф. Влияние мелиоративных систем на уровень грунтовых вод прилегающих земель // Проблемы использования водных ресурсов. – Минск: Наука и техника, 1971. – С. 40–48.
9. ВБН 33-5.5-01-97 Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу на осушуваних землях. Ч. 2. Осушені землі. Видання офіційне. – Київ: Держводгосп України, 1997. – 70 с.
10. Водний кодекс України (від 06.06.95, постановова №231/95 ВР). – Київ, 1999. – 32 с.
11. Вознюк С. Т. Агромелиоративная характеристика торфяных почв Полесья и Лесостепи Украины // Земледелие на осушаемых землях. – Киев, 1974. – С. 30–42.
12. Вознюк С. Т. Торфяные почвы Полесья и Лесостепи УССР (свойства, окультуривание и повышение эффективного плодородия) : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Харьков, 1969. – 37 с.
13. Герасимов И. П. Научные основы современного мониторинга окружающей среды // Изд. АН СССР. Сер. геофиз. – М.: Изд-во АН СССР, 1975. – № 3. – С. 57–64.
14. Екологічні і водогосподарські умови в долині річки Припять на території Рівненської області / під ред. В. М. Терещенка, Ю. А. Тарасенка, В. Є. Алексєєвського. – Київ: Укрводприрода, 2001. – 32 с.
15. Забочина З. А. Вказівки по осушенню мінеральних надмірно зволжених земель закритим дренажем в західних областях УРСР. – Київ: Урожай, 1969. – 32 с.

16. Закон України «Про меліорацію земель» від 14.01.2000 р. № 1389-XIV.
17. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 р. № 1264-XII (зі змінами та доповненнями).
18. Закржевський П. И. Влияние осушения болот на водный режим прилегающих территорий // Мелиорация земель Полесья и охрана окружающей среды : сб. науч. тр. – Киев: УкрНИИГиМ, 1979. – С. 24–27.
19. Земельний кодекс України (від 25.10.01, постанова №2768-III). – Київ, 2001. – С. 5–25.
20. Израэль Ю. А. Концепция мониторинга состояния биосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1977.
21. Клименко М. О., Прищепа А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля : підручник. – Київ: Видавничий центр «Академія», 2006. – 230 с.
22. Клименко Н. А., Веремеенко С. И. Регулирование температурного режима осушенных почв // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. – № 12. – С. 50–52.
23. До концепції керування природоохоронною діяльністю на осушуваних землях / П. І. Коваленко, В. Є. Алексєєвський, О.В. Цветова [та ін.] // Моніторинг осушуваних земель і питання охорони навколишнього природного середовища. – Київ: ІГіМ, 1995. – С. 5–13.
24. Коваленко П. И., Алексеевский В. Е. О так называемых отрицательных последствиях мелиорации в Полесье // Гидротехника и мелиорация. – 1978. – № 2. – С. 63–67.
25. Козловський Б. І. Меліоративний стан осушуваних земель західних областей України. – Львів: Євровіт, 2005. – 420 с.
26. Козловський Б. І. Наукові основи моніторингу осушених земель. – Л., 1995. – 189 с.
27. Костяков А. Н. Основы мелиорации. – М.: Сельхозиздат, 1960. – 622 с.
28. Кубышкин В. П., Тютюнник Д. А. О мелиоративной оценке минеральных, периодически переувлажненных почв в западных областях УССР // Мелиорация и водное хозяйство. – 1971. – Вып. 15. – С. 33–40.
29. Маслов Б. С. Мелиорация на службе охраны природы // Мелиорация земель Полесья и охрана окружающей среды. – Минск: Ураждай, 1977. – Вып. 1. – С. 3–15.
30. Маслов Б. С., Минаев И. В. Мелиорация и охрана природы. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 271 с.
31. Мацнев А. І., Проценко С. Б., Саблій Л. А. Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля : навч. посібник. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2000. – 504 с.
32. Методика оцінки і прогнозу еколого-меліоративного стану меліорованих земель. Ч. 2: Методика оцінки і прогнозу еколого-меліоративного стану та екологічної надійності осушувальних систем в гумідній зоні України : посібник 2 до ВБН 33-5.5-01-97 «Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу». – Ч. 2: Осушувані землі. – Київ, 2002.
33. Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікація екологічного стану басейнів малих річок України /А.В. Яцик, Л.Б. Бишовець, О.М. Петрук [та ін.]. – Київ, 2007. – 71 с.
34. Методичні вказівки для оцінки еколого-меліоративного стану осушуваних земель України / В. Є. Алексєєвський, О. В. Цветова, Г. П. Рябцева [та ін.]; за ред. О. В. Цветовой. – Київ: ІГіМ УААН, 1995. – 42 с.
35. Мошинский В. С. Модель еколого-меліоративного моніторингу // Эколого-экономические принципы эффективного использования мелиорированных земель : материалы конф. – Минск, 2000. – С. 35–40.
36. Мошинский В. С. О некоторых экологических проблемах осушения в Ровенской области // Теория и практика еколого-меліоративного моніторингу в Украинском Полесье : сб. докл. – Киев, 1992. – С. 61–70.
37. Мошинський В. С. Методи управління продуктивністю та екологічною стійкістю осушуваних земель : монографія. – Рівне: НУВГП, 2005. – 250 с.
38. Мошинський В. С. Моніторинг і оцінка еколого-меліоративного стану осушуваних земель Рівненської області. – Рівне, 1995. – 46 с.
39. Мошинський В. С., Сасюк З. К. Просторова екстраполяція у задачах відтворення даних моніторингу : монографія. – Рівне: НУВГП, 2010. – 184 с.
40. Мошинський В. С., Цветова О. В. Методологія та перспективи еколого-меліоративного моніторингу в Українському Поліссі // Меліорація і водне господарство. – Київ, 2004. – Вып. 90. – С. 33–39.
41. Мурашко А. И. Принципы современных мелиораций в гумидной зоне // Гидротехника и мелиорация. – 1977. – № 4.
42. Наказ Держводагентства «Про затвердження Інструкції з організації та здійснення моніторингу зрошуваних та осушуваних земель»: зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 16 липня 2008 р. за № 656/15347(зі змінами та доповненнями).
43. Наседкин И. Ю. Особенности формирования баланса грунтовых вод в пределах Западного Полесья // Мелиорация и водное хозяйство. – 1974. – Вып. 31. – С. 33–43.
44. Офіційний вісник України від 26.04.2013. – 2013 р. – № 30. – Стор. 126. – Ст. 1065, код акту 66765/2013.
45. Перехрест С. М. Меліорація надмірно зволжених мінеральних земель України. – Київ: Наукова думка, 1966. – 130 с.
46. Посібник з ведення спостережень для еколого-меліоративного моніторингу на осушуваних землях гумідної зони України до ВБН 33-5.5-01-97 «Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу на меліорованих землях України». – Ч. 2: Осушувані землі. – Київ, 1997.
47. Постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» (із змінами, внесеними постановами Кабінету Міністрів України від 24.09.1999 № 1763, від 16.05.2001 № 528, від 15.05.2003 № 717, від 21.06.2004 № 792).

48. Постанова Кабінету Міністрів України від 5 грудня 2007 р. № 1376 «Про затвердження Державної цільової екологічної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища».
49. Розбудова екомережі України / наук. ред. Ю. Р. Шеляг-Сосонко. – Київ: Техпринт, 1998. – 127 с.
50. Рябцева Г. П. Влияние сельскохозяйственного освоения осушаемых земель на химический состав подземных и поверхностных вод // Мелиорация земель Полесья и охрана окружающей среды. – Киев: УкрНИИГиМ, 1979. – С. 38–41.
51. Скоропанов С. Г. Осушительная мелиорация и проблемы окружающей среды // Гидротехника и мелиорация. – 1980. – № 12. – С. 40–43.
52. Режим підґрунтових вод і вологість зони аерації на культурних пасовищах і сіножатях Львівської області / К. П. Терещенко, Й. М. Білоус, Б. І. Козловський [та ін.] // Вісник сільськогосподарської науки. – Київ: Урожай, 1984. – № 3. – С. 56–58.
53. Трускавецький Р. С. Негативні явища в ґрунтоутворенні на осушених землях // Родючість ґрунтів. Моніторинг та управління. – Київ: Урожай, 1992. – С. 147–157.
54. Цветова Е. В. Создание нормативной базы эколого-мелиоративного мониторинга гумидной зоны Украины // Экологические проблемы при водных мелиорациях : докл. науч.-практ. конф. – Киев, 1996. – С. 99–103.
55. Основы эколого-мелиоративного мониторинга украинского Полесья / Е. В. Цветова, Л. В. Подзина, и И. Ю. Наседки [и др.] ; под ред. А. А. Созинова, П. И. Коваленко. – Киев: ИГиМ УААН, 1992. – С. 27–50.
56. Цветова Е. В., Рябцева Г. П., Тураева О. В. Опыт ведения локального мониторинга природной среды в Западном Полесье при решении экологических задач // Природная среда Полесья: особенности и перспективы развития : тезисы докл. IV междунар. конф. – Брест, 2008. – 10 с.
57. Моніторинг меліорованих земель в гумідній зоні України / О. В. Цветова [та ін.] – Рівне: Вісник НУВГП. – Вип. 3(47). – 2009. – 237–242 с.
58. Шебеко В. Ф. Влияние осушительных мелиораций на водный режим территорий. – Минск: Урожай, 1983. – 200 с.
59. Шульгин А. М. Проблемы географо-мелиоративного мониторинга // Природно-мелиоративный мониторинг в СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1984. – С. 3–6.
60. Янголь А. М. Нормативы расчетных модулей стока и основных элементов закрытого дренажа для проектирования осушительных систем в УССР. – Киев: Укргипроводхоз, 1960. – 10 с.
61. Richling A., Solon J. Ekologia krajobrazu. – Warszawa: PWN, 1998. – 307 s.

Глава 14. МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА

14.1. Проблема управления состоянием осушаемых земель на основе его контроля, оценки и прогнозирования

Важной составляющей аграрного потенциала Украины являются земли с регулируемым водным режимом. Осушаемые земли служат базой сельскохозяйственного производства в северных и северо-западных регионах Украины, поэтому разработка комплексных методов оценки их состояния, его прогнозирования и оптимального управления им представляют собой одну из наиболее актуальных проблем современной сельскохозяйственной науки и практики на пути решения задач повышения производительности осушаемых земель в условиях ресурсосбережения и обеспечения экологической безопасности. Несовершенство существующих методов управления производительностью осушаемых земель, отсутствие инструментов управления их экологической устойчивостью выдвигают на первый план проблему разработки методов и методик управления процессами выращивания сельскохозяйственных культур и ведения природоохранной деятельности на осушаемых землях.

Контрольной и информационно-оповещательной основой сельскохозяйственных, мелиоративных и природоохранных мероприятий является система эколого-мелиоративного мониторинга осушаемых земель, а также мониторинга вод Госводхоза Украины, которая входит в общую систему экологического мониторинга (СЭМ «Украина», Постановление Кабинета министров Украины № 785 от 20.08.1993). Решение поставленной научной проблемы позволит применять данные эколого-мелиоративного мониторинга для научного и информационного сопровождения сельского хозяйства и природопользования во влажных зонах Украины.

Основными источниками информации при проведении исследований были материалы собственных натурных исследований, полевых и лабораторных мониторинговых наблюдений гидрогеолого-мелиоративной и гидрометеорологической служб западного региона Украины, опубликованные научные и официальные статистические материалы.

Современные экономические и экологические проблемы сельского хозяйства Украины выдвигают на первый план исследований разработку научных методов экономически и экологически обоснованного рационального управления производительностью богарных и мелиорированных земель с соблюдением требований экологической безопасности. Осушительные системы Украины позволяют выращивать сельскохозяйственные культуры, создавая для них близкие к оптимальным условия любого из природных факторов. Осушаемые земли (ОЗ) требуют бережного хозяйского отношения, рационального управления и охраны.

Специфические природно-климатические условия гумидной зоны Украины обуславливают необходимость ведения эколого-мелиоративного мониторинга с целью разработки и применения методов математического моделирования процессов формирования урожая на осушаемых землях и факторов экологической стабильности мелиорированных земель.

Особенностью осушаемых сельскохозяйственных угодий, которая относит их к сложным системам, является наличие естественной и антропогенной (техногенной) составляющих во внутренней структуре. Осушаемым землям присущи два аспекта и два последствия их существования: 1) сельскохозяйственно-экономический (в том числе мелиоративный); 2) природоохранный (естественно-системный). Целью нашего хозяйствования на осушаемых землях является создание такого их состояния, которое отвечало бы требованиям удовлетворения потребностей в сельскохозяйственной продукции при условии поддержания устойчивого и благоприятного развития природных подсистем. Такая цель соответствовала бы концепции «устойчивого развития» (Sustainable Development), декларируемой ООН в конце 80-х годов прошлого века. Достижению данной цели служит одна из ведущих подсистем государственного мониторинга – ведомственная сеть эколого-мелиоративного мониторинга (ЕММ) мелиорированных земель Украины в рамках Госводхоза Украины и государственная система мониторинга вод в рамках Министерства экологии и природных ресурсов Украины, которые с 1988 г. действуют на осушаемых землях Украины (рис. 14.1) благодаря научным и практическим усилиям В. Е. Алексеевского, С. А. Балюка, И. М. Белоуса, А. И. Бондаря, Н. А. Клименко, П. И. Коваленко, П. И. Ковальчука, Б. И. Козловского, В. В. Лелявского, Б. С. Маслова, В. В. Медведева, И. Минаева, И. Ю. Наседкина, Л. В. Подзиной, М. И. Ромашенко, Г. П. Рябцева, А. В. Скрипника, Т. И. Топольник, Р. С. Трускавецкого, А. В. Цветова, А. В. Яцика и др. Реализацию указанных подсистем осуществляет гидрогеолого-мелиоративная служба Госводхоза Украины.

Мониторинговые исследования в настоящее время служат основным источником информации для разработки сельскохозяйственных и экологических управленческих мероприятий. Основной не-

решенной проблемой мониторинга осушаемых земель и мониторинга вод является отсутствие научных методов интерпретации данных для нужд практического их применения в сельскохозяйственной и природоохранной управленческой практике.

На сегодня отсутствуют надежные методы оценки, прогнозирования состояния и управления осушаемыми землями по данным эколого-мелиоративного мониторинга (ЭММ). Необходима разработка принципиально новых методов на базе информационных технологий и математических моделей, которые бы давали возможность: учитывать причинно-следственные связи; действие основных законов земледелия; рассчитывать значение урожайности; оценивать состояние ОС в целом; прогнозировать будущее состояние; осуществлять рациональное управление и т.д. (рис. 14.1).



Рис. 14.1. Структура современной системы ЭММ

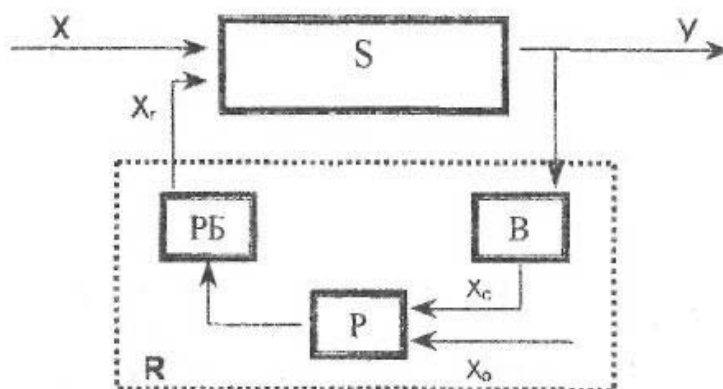


Рис. 14.2. Схема управления осушаемыми землями с использованием обратной связи:

S – регулируемая подсистема (осушаемые земли); R – регулирующая подсистема; X – входной сигнал; Y – выходной сигнал, B – блок измерений ЭММ; P – центральный блок управления ЭММ; РБ – блок реализации управленческих решений; X_c – информационный сигнал; X₀ – оптимальное значение сигнала; X_г – регулирующий сигнал

Основой управления процессами формирования урожая с соблюдением экологического равновесия на осушаемых землях является применение методов математического моделирования на базе объективной мониторинговой информации о фактическом состоянии осушаемых земель. Имеющиеся методы и модели не отвечают следующим требованиям: критериям сложности и искусственности структуры, учета совокупного действия переменных, соответствия задачам и базам данных ЭММ, а также задачам моделирования производительности отдельных откосов, оценки состояния сельскохозяйственных и прилегающих угодий, оценки экологической устойчивости. Поэтому для нужд управ-

ления требуются разработки модели производительности и оценки состояния осушаемых земель (ПОСОЗ), а также модели экологической устойчивости ОС и природно-техногенных систем (ОСОЗ).

14.2. Принципы построения модели продуктивности и оценки состояния осушаемых земель Украины

Из научных принципов моделирования природно-техногенных систем следует, что разрабатываемые математические модели типологически должны принадлежать к интегральным, генетическим, типа «серого ящика», динамическим, причинно-следственным, линейным, нестационарным, детерминированно-стохастическим имитационным моделям с распределенными параметрами.

Свойства осушаемых земель совпадают с набором свойств географических систем (геосистем), что доказывает концептуальную возможность применения положений и методов современного ландшафтоведения и ландшафтной экологии, в частности концепции антропоированной геосистемы (агрогеосистемы), для описания ОС с целью рационального управления их производительностью и экологической устойчивостью.

Разработанной классификацией методов оценки устойчивости геосистем, содержащихся в трудах Д. Л. Арманда, А. Бучека, К. Б. Гальперина, М. Д. Гродзинского, К.Н. Дьяконова, К. Д. Фонсеки, Я. Зоневельда, В. В. Куликова, Р. С. Левонтин, Р. Макартура, Р. Мэя, Б. Миркина, Г. Орианс, А. Рихлинга, М. Ружячки, В. А. Светлосанова, М. Тернера, А. Токколини, В. Д. Федорова, П. Шищенко и других, и анализом их свойств доказано, что разрабатываемая математическая модель оценки, прогнозирования и управления экологической устойчивостью осушаемых земель должна описывать устойчивость ОС на основании определения их фитопроизводительности как базового эмерджентного свойства и применения методов сравнения, в основе которых лежит концепция экологической ниши. На основании анализа свойств агрогеосистем установлено, что принцип действия разрабатываемых моделей должен базироваться на сельскохозяйственных и экологических законах толерантности, совокупном действии факторов, устойчивости природных систем, квантитативной компенсации в функциях геосистем, закономерностях потерь урожая.

14.3. Формулировка модели продуктивности и оценки состояния осушаемых земель Украины

Анализ соответствия показателей ЕММ требованиям критерия состояния показал, что в контексте проблемы исследований наиболее экологически и экономически оправданным является использование в качестве основного комплексного критерия состояния агрогеосистемы показателя интенсивности выработки ею растительной биомассы или, другими словами, фитопродуктивности агрогеосистем.

Поскольку доказана зависимость уровня урожайности сельскохозяйственных культур на осушаемых землях от их мелиоративного состояния, контроль и управление мелиоративным состоянием осушаемых земель Украины является первоочередной задачей при ведении сельского хозяйства и осуществлении природоохранных мероприятий на мелиорированных землях.

Определение на основе системного подхода набора компонентов и системообразующих связей между ними позволяет формализовать объект моделирования. Величина урожайности на ОС функционально зависит от четырех аргументов. Эту зависимость в общем неявном виде можно изобразить в виде функционала

$$y = f(g, l, t, b), \quad (14.1)$$

где y – урожайность (фитопродуктивность) оцениваемой системы; g – потенциальное грунтовое плодородие и почвенные условия; l – уровень инсоляции; t – тепловой режим атмосферы и почвы; b – ботанические, морфологические и биологические особенности растения (культуры, сорта, гибрида) или растительной ассоциации.

Объектом моделирования является полицентрическая, полиструктурная система S_{O_3} , состоящая из пяти сложных элементов различной природы, которые взаимодействуют между собой и с окружающими – прежде всего человеком (рис. 14.3). Итак, имеем абстрактную природно-техногенную систему, представляющую собой территориально целостный набор природных географических компонентов в пределах агрогеосистем определенного территориального уровня, которые находятся под постоянным воздействием инженерных сооружений водорегулирования и выполняют социальную функцию производства сельскохозяйственной продукции.

Учитывая свойства моделируемой системы, как основной оператор (функционал $y = f(x)$), измеряемый и ограниченный на некотором ограниченном множестве Ω_j точек x с мерой μ) модели

ПОСОЗ, можно применить функционал меры в виде интегральной суммы Лебега $y = \sum_{j=1}^m y_j \mu[\Omega^j]$ или в динамической форме после введения временной переменной τ

$$y_\tau = \sum_{j=1}^m y_\tau^j \mu_{\Omega^j} \quad (14.2)$$

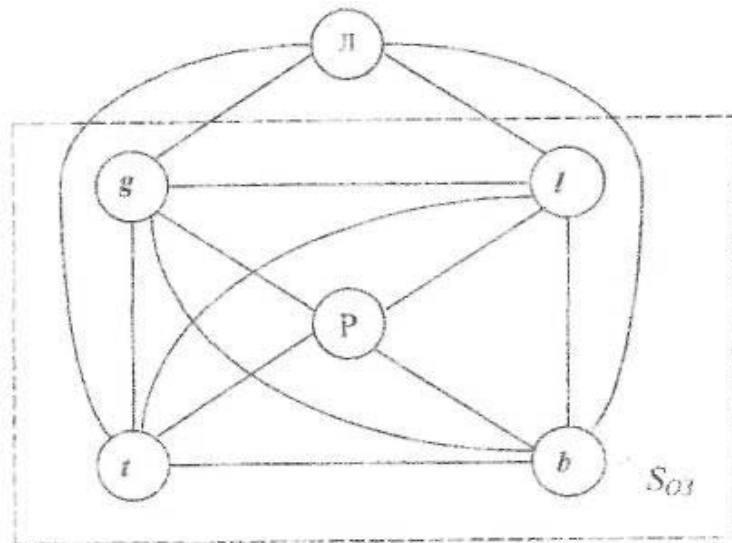


Рис. 14.3. Граф исследуемой системы:

g, l, t, b – элементы системы; p – зеленое растение; l – внешняя система (человек) – связи в системе

Базовые операторы модели сформулированы в виде функционалов меры Лебега для дискретной функции цели:

$$y_e = K(\zeta_a y_a + \zeta_s y_s), \quad y_a = \sum_{f=1}^f \alpha_\tau^f y_\tau^f, \quad y_e = \overline{0, y_b}, \quad (14.3)$$

где y_e – экологически обеспеченная (созданная в условиях конкретного сообщения экологических факторов) полезная фитомасса (урожай), т/га; y_b – биологическая продуктивность (определяется потенциальными производительными возможностями агрофитоценозов, или природного фитоценоза), т/га; ζ_a и ζ_s – весовые коэффициенты, определяющие степень участия совокупного действия факторов в формировании экологически обеспеченного урожая, причем K – коэффициент относительной производительности откоса (только для многоукосных трав) по эмпирической формуле типа:

$$K = \frac{100 y_{0u} \exp(-k_u (n_u - \lambda_u)^2)}{1 + (100 - y_{0u}) \exp(-\mu_u (n_u - \lambda_u))}, \quad K = \overline{0, 1}, \quad (14.4)$$

где n_u – порядковый номер откоса, $n_u = 1, 5$; $\mu_u, k_u, \lambda_u, y_{0u}$ – параметры, зависящие от уровня грунтовых вод на ОС; y_a – производительность с позиций степени; y_s – производительность с позиций совокупного действия факторов; $y_\tau^f \supset \{y_l, y_g, y_t, y_b\}$ – частичные значения урожайности; $\alpha_\tau^f \supset \{\alpha_l, \alpha_g, \alpha_t, \alpha_b\}$ – весовые коэффициенты факторов производительности.

Урожайный эффект от совокупного действия факторов рассчитывается по эмпирической зависимости типа:

$$y_s = \frac{y_b 0,08 \exp(-1,66(q - 0,24)^2)}{0,01 + 0,92 \exp(-4,992(q - 0,24))}, \quad y_s = \overline{0, y_b} \quad (14.5)$$

Элемент g является сложной подсистемой системы S_{O3} , поэтому фитопродуктивность (урожайность) обеспечена почвенным плодородием и почвенными условиями согласно (14.2):

$$y_\tau^g = \sum_{p=1}^{n_p} \gamma_p y_\tau^p, \quad (14.6)$$

где y_τ^p – урожайность за g -м грунтовым показателем, т/га, $p = \overline{1, n_p}$; γ_p – весовые коэффициенты грунтовых показателей (переменных).

Поскольку частичные значения фитопродуктивности являются величинами, зависящими не только от моментальных значений переменных l, t и p , но и от предыдущей динамики этих переменных

в пределах исследуемой системы SO₃ в течение текущего периода вегетации, то эти величины определяются с учетом предыстории роста и развития фитоценоза по зависимости:

$$y_{\tau}^{lp} = \sum_{i=1}^n v_{\tau}^i y_{\tau}^{ij}, \quad (14.7)$$

где y_{τ}^{ij} – фитопродуктивность (урожайность), рассчитанная для j-й переменной на i-м шаге дискретизации модели; v_{τ}^i – весовые коэффициенты i-го шага дискретизации модели, определяется для каждой сельскохозяйственной культуры или вида растительности в зависимости от фазы развития; n – количество шагов дискретизации модели.

$$y_{\tau}^{ij} = \frac{n_f n_l n_s n_d k_w k_l k_s k_d k_i k_h k_w y_b y_{0ij} \exp\left(-k_{ij}\left(x_{ij} - \lambda'_{ij}\right)^2\right)}{1 + (100 - y_{0ij}) \exp\left(-\mu_{ij}\left(x_{ij} - \lambda'_{ij}\right)\right)} \quad (14.8)$$

где x_{ij} – значение j-й переменной на i-м шаге дискретизации модели; μ_{ij} , k_{ij} , y_{0ij} – параметры функции толерантности для j-й переменной (для энергетических переменных определены на конец вегетации) λ'_{ij} – параметр фазового положения оптимума j-й энергетической переменной на i-м шаге дискретизации по зависимости

$$\lambda'_{ij} = \lambda_j - (x_j^* - x_{ij}^*), \quad (14.9)$$

где λ_j – параметр фазового положения оптимума функции толерантности j-й переменной (для энергетических переменных определен на конец вегетации) x_j^* – оптимальное значение j-й энергетической переменной на конец вегетации; x_{ij}^* – оптимальное значение j-й энергетической переменной на i-м шаге дискретизации, рассчитанное по субмодельному ходу оптимальных значений энергетических переменных k_f , k_{wt} , k_l , k_{skd} , k_{ikh} , k_w – поправочные коэффициенты на степень поражения посевов стрессовыми условиями, а именно заморозками, неблагоприятными условиями летне-осеннего этапа вегетации и перезимовки (для озимых), состоянием (для зерновых), градом, засухой, а также на степень неблагоприятного воздействия болезней, вредителей и сорняков; n_f , n_l , n_s , n_d – количество стрессовых повреждений за вегетацию в результате заморозков, состояния (для зерновых), града, засухи.

На основе фундаментального закона толерантности (минимума, оптимума и максимума) Шелфорда и опыта математического моделирования сельскохозяйственных систем и фитоценозов разработан новый вид сигмоидальной функции, пригодной для описания толерантности растений и растительных ассоциаций к действию внутренних и внешних факторов вида

$$y = \frac{y_0 y_b e^{-k(x-\lambda)^2}}{1 + (100 - y_0) e^{-\mu(x-\lambda)}}, \quad (14.10)$$

где: μ – параметр скорости роста функции, $\mu = 0,2$, k – параметр скорости убывания функции на интервале $x^* < x < \infty$ или параметр повреждения, $k = 0,1$; λ – параметр положения оптимума переменной x , $\lambda = -x_{\max} + x_{\max}$; y_0 – параметр приспособленности растения к действию переменной x , $y_0 = 0, y_b$. Преимущества модели: 1) позволяет надежно аппроксимировать экспериментальные данные; 2) все параметры физически интерпретируются; 3) учтено негативное влияние превышения оптимума; 4) график функции не проходит через начало координат; 5) моделируемые значения не могут превысить биологического максимума данного вида, сорта, фитоценоза, культуры; б) простота, которая дает возможность применять для моделирования стандартное программное обеспечение.

Дальнейшие исследования показали, что зависимость (14.10) может успешно применяться для описания не только продукционного процесса, но и многих других стохастических природных процессов и закономерностей, в частности: 1) зависимость между объемом сухого вещества в биомассе многоукосных трав и порядковым номером откоса; 2) ход оптимальных значений суммы активных температур воздуха (превышающих 10 °С) в онтогенезе; 3) средний многолетний ход суммы активных температур воздуха (превышающих 10 °С) за период вегетации; 4) зависимость коэффициента совокупного действия от относительного показателя взаимодействия факторов производительности.

Серьезной проблемой моделирования производственных процессов в природно-техногенных системах является наличие кумулятивного эффекта от совокупного действия факторов жизни растений. По данным литературных и фондовых источников нами разработана субмодель, которая позво-

ляет достаточным для практики ЕММ и использования ОС уровнем адекватности имитировать кумулятивный эффект от действия неограниченного количества переменных, определяющих состояние ОС. С целью достижения сравнения значений физически и математически разнородных переменных модели значения переменных и критерии цели выражены в относительном виде к оптимальным значениям переменных и максимальных значений производительности (y_b). Для описания кумулятивного эффекта применен относительный показатель взаимодействия факторов производительности $q = \overline{0,1}$. Среднее геометрическое относительных отклонений значений переменных от локальных оптимумов:

$$q = \sqrt[k]{\prod_{j=1}^k q_j}, \quad \begin{cases} q_j = 1 - \frac{|x_{ij}^* - x_{ij}|}{x_{ij}^*} \text{ при } x_{ij} < 2x_{ij}^*, \\ q_j = 0 \text{ при } x_{ij} \geq 2x_{ij}^* \end{cases} \quad (14.11)$$

где x_{ij}^* – значение локального оптимума j -переменной на i -м шаге дискретизации общей модели, $j = \overline{1, k}$, где k – количество переменных, учитываемых на i -м шаге дискретизации; x_{ij} – фактическое значение j -переменной на i -м шаге дискретизации.

Среднее геометрическое относительных отклонений позволяет учесть такую важную закономерность производственных процессов: производительность стремится к нулю, если величина хотя бы одного из факторов стремится к нулю. Окончательно урожайный эффект от совокупного действия факторов рассчитывается по зависимости (14.5).

Результатом моделирования может быть величина «квартплаты», или экологически обеспеченного урожая сельскохозяйственных культур (в зависимости от потребностей моделирования). «Амбарный» урожай определяем по зависимости $y = k_m k_t y_e$, где k_m – коэффициент потерь при уборке (рассчитывается с учетом типа и марки уборочной техники, сроков уборки, погодных условий периода сбора и т. п.); k_t – коэффициент потерь при транспортировке продукции; y_e – экологически обеспеченная урожайность; τ^i – время (дней), прошедшее с 20 апреля (дата среднего многолетнего перехода средних суточных температур воздуха через 0°C) до i -й даты.

Учитывая изложенное, на основании разработанной структуры математической модели ПОСОЗ (см. зависимости 14.1–14.11) мы разработали алгоритм ее работы в виде блок-схемы, которая положена в основу компьютерной программы реализации модели ПОСОЗ.

14.4. Идентификация модели продуктивности и оценки состояния осушаемых земель Украины

В процессе идентификации модели производительности и оценки состояния осушаемых земель определен перечень климатических переменных модели производительности и оценки мелиоративного состояния осушаемых земель. Установлено, что основным климатическим показателем для исследуемой системы является сумма активных температур воздуха, превышающих 10°C . Этот показатель позволяет с высокой надежностью ($r = 0,998$; $R^2 = 0,996–0,997$) определять по полученным региональным эмпирическим моделям интенсивность поступления энергии в осушаемых агрогеосистемах. Для обеспечения возможности статистического моделирования средней декадной температуры почвы по данным о средней декадной температуре воздуха разработанная эмпирическую модель имеет вид ($t_e = 1,07611n + 0,6017$ и высокий уровень надежности: $r = 0,94$; $R^2 = 0,88$; $S_{yx} = 1,69$).

Применение системного подхода и методов теории измерений позволило обосновать оптимальный, с точки зрения ведения ЕММ и потребностей моделирования производительности, набор показателей, в который входят: 1) содержание органического вещества (G) для минеральных или зольность (Z) для торфяных почв; 2) содержание подвижного фосфора (P); 3) содержание обменного калия (K); 4) запасы продуктивной влаги в расчетном слое почвы (W); 5) уровень грунтовых вод (h); 6) плотность грунта (d); 7) мощность гумусового горизонта (Hg) для минеральных почв или минерализованной толщи (Hm) для торфяных почв; 8) реакция (pH_{KCl}); 9) окислительно-восстановительные условия (показатель Eh).

Вследствие использования энергетически вещественного способа декомпозиции осушаемой агрогеосистемы по S_{O_2} методу Черчмена – Акофа по теории исследования операций определены бинарные отношения преимущества: $g > l > b > t$ и установлены значения весовых коэффициентов фунционала u_a : $a'g = 0,43$; $a'l = 0,29$; $a'b = 0,14$; $a't = 0,14$.

На основе анализа графа саморегуляции параметры фитопродуктивности, которые формируют окружение (среду) зеленого растения, можно описать бинарным соотношением преимущества $l > g > t$ при условии $l \sim (g + t)$, которое следует из предположения, что солнечная радиация в природных

системах является основным источником энергии для всех тепловых и химических процессов в почве, рассчитав значения весовых коэффициентов для каждого из параметров фитопродуктивности (урожайности) в функционале u_a , которые описывают уровень их значимости («силу») в процессе саморегуляции модуля растение – окружающие условия: $\alpha_i'' = 0,50$; $\alpha_g'' = 0,45$; $\alpha_i'' = 0,05$; $\alpha_b'' = 0$.

Поскольку система S_{O_3} имеет четыре регулятивных входа (рис. 14.3), которые рассматриваются как связи внешнего антропогенного фактора Л с внутренними элементами S_{O_3} , необходимо установить численные значения «веса» компонентов S_{O_3} с точки зрения внешней регуляции. В результате статистического анализа оказалось, что, с одной стороны, приросты урожая, полученные от применения «сильных» и «слабых» мероприятий по тестам Фишера и Стьюдента, существенно отличаются ($pf = 3,5 \cdot 10^{-7}$, $pt = 4,6 - 10^{-8}$), что заставляет нас отклонить гипотезу об их принадлежности к одной генеральной совокупности и подтверждает принципиальную правильность принятого разделения мероприятий. С другой стороны, проведенные тесты Фишера показывают достаточно высокую одно-стороннюю вероятность общности выборок приростов, полученных на торфяных и минеральных грунтах соответственно от слабых ($P_f = 0,77$) и от сильных мер ($p_f = 0,46$). Следовательно, есть все основания для усреднения значений приростов, полученных отдельно от сильных и слабых мер (управленческих альтернатив) независимо от типа почвы для установления общего превосходства первых над вторыми. Экспериментальные данные свидетельствуют о четырехкратном преимуществе сильных мер с точки зрения степени управленческого воздействия.

Имея значение веса ϕ f_v для конкретной стратегии управления, рассчитываем переменные значения весовых коэффициентов α_f''' . В случае полного набора управленческих мероприятий $\alpha_i''' = 0,074$, $\alpha_g''' = 0,463$, $\alpha_i''' = 0,315$, $\alpha_b''' = 0,148$.

Окончательные (усредненные) значения весовых коэффициентов для факторов производительности в случае максимально полного набора управленческих мероприятий составляют $a_g = 0,448$, $a_i = 0,288$, $a_i = 0,168$, $a_b = 0,096$.

Итак, регулятивные меры непосредственного воздействия на элементы системы S_{O_3} в четыре раза эффективнее мер косвенного воздействия. Изменяя значения переменных, а также набор и качество реализации мероприятий, осуществляемых на ОС, мы меняем вес каждого из параметров фитопродуктивности и таким образом результат моделирования – величину фитопродуктивности (урожайности) в заданной точке.

Первые полученные на ОС значения веса отдельных параметров производительности свидетельствуют о том, что почти наполовину объемы урожаев сельскохозяйственных культур и продуктивность квазиприродных фитоценозов на осушаемых землях зависят от грунтовых условий, следовательно, от мелиоративного состояния земель. Элемент «Почвенное плодородие и почвенные условия» в 4,7 раза сильнее, чем «ботанические и биологические особенности», в 2,7 раза сильнее, чем «обеспеченность растений теплом», а также в 1,6 раза сильнее элемента «обеспеченность растений светом». На основе таких соотношений можно утверждать, что при ведении сельского хозяйства и осуществлении природоохранных мероприятий на ОС наибольшее внимание следует уделять регулированию водного и других грунтовых режимов и формированию благоприятной мелиоративной (эколого-мелиоративной) ситуации.

Система ЕММ должна быть направлена на сбор фактических данных преимущественно о состоянии почвенного покрова и территориальный контроль показателей состояния почвы для обеспечения возможности управления производительностью сельскохозяйственных культур.

Применение теории измерений и теории графов для установления соотношений между факторами плодородия и показателями состояния осушаемых почв позволило обосновать набор наиболее репрезентативных грунтовых показателей, ранжировать показатели и параметризовать функционал почвенного плодородия (14.6), рассчитав для него весовые коэффициенты γ'_p

$$\gamma'_{G(Z)} = 0,182; \gamma'_W = 0,152; \gamma'_{Eh} = 0,151; \gamma'_h = 0,121; \gamma'_d = 0,121; \gamma'_{pH} = 0,091; \gamma'_{H_{\Gamma(M)}} = 0,061; \gamma'_K = 0,061; \gamma'_P = 0,06.$$

С точки зрения значимости грунтовых показателей (переменных) при описании плодородия и состояния почвенного покрова получены следующие значения весовых коэффициентов γ''_p :

$$\gamma''_{G(Z)} = 0,167; \gamma''_K = 0,061; \gamma''_P = 0,154; \gamma''_W = 0,128; \gamma''_{pH} = 0,115; \gamma''_d = 0,090; \gamma''_{Eh} = 0,077; \gamma''_h = 0,051; \gamma''_{H_{\Gamma(M)}} = 0,051.$$

Согласно оценке величины веса грунтовых показателей по степени их внешней (антропогенной) регулируемости, рассчитано значение весовых коэффициентов γ_p''' в случае максимально полного набора управленческих мероприятий внешнего (антропогенного) регулирования системы S_{O_3}

$$\gamma_K''' = 0,189; \gamma_P''' = 0,176; \gamma_W''' = 0,135; \gamma_{G(Z)}''' = 0,122; \gamma_{Eh}''' = 0,081; \gamma_h''' = 0,081; \gamma_d''' = 0,081; \gamma_{pH}''' = 0,068; \gamma_{H_{T(M)}}''' = 0,068.$$

Окончательные средние значения весовых коэффициентов для переменных функционала почвенного плодородия в случае максимально полного набора управленческих мероприятий внешнего (антропогенного) регулирования системы S_{O_3} составляют

$$\gamma_{G(Z)} = 0,157; \gamma_K = 0,139; \gamma_W = 0,138; \gamma_P = 0,130; \gamma_{Eh} = 0,103; \gamma_d = 0,097; \gamma_{pH} = 0,091; \gamma_h = 0,084; \gamma_{H_{T(M)}} = 0,060.$$

В реальных условиях функционирования осушаемых земель весовые коэффициенты $\gamma_p \neq const$ (поскольку $\gamma_p''' \neq const$). Их значения зависят от набора, времени выполнения и качества агротехнических, агрохимических, агрометеорологических и других мероприятий. Такой набор мероприятий и их качество задаются пользователем на входе математической модели производительности и оценки состояния осушаемых земель.

Количественная связь между величиной эвапотранспирации сельскохозяйственных растений и объемом производимой фитомассы дает возможность применить значения биологического коэффициента суммарного испарения $k_6 = ET / E^0$ (где ET – величина эвапотранспирации за некоторый отрезок периода вегетации, мм; E – испаряемость с поверхности почвы, лишенной растительности, мм) и таким образом параметризовать функционал учета предыстории развития растений в онтогенезе (14.7), определив весовые коэффициенты фазы развития основных сельскохозяйственных культур. По физическому содержанию k_6 показывает, во сколько раз эвапотранспирация в данных почвенно-климатических условиях отличается от испаряемости, характеризуя способность растений регулировать транспирацию, а следовательно, и степень потребности в факторах жизни для накопления фитомассы урожая. Учитывая значение k_6 для фаз развития данной сельскохозяйственной культуры, определяем весовой коэффициент для i -й фазы развития по зависимости

$$v_i = k_{6i} / \sum_{i=1}^n k_6 \quad (14.12)$$

Для определения значений параметров функции толерантности основных сельскохозяйственных культур в переменных модели ПОСОЗ применены итерационные математические методы (методы Ньютона и градиентного спуска) с использованием программного обеспечения Microsoft Excel. Путем поиска максимальных значений корреляционного отношения, коэффициента корреляции, показателя R^2 и среднеквадратичной погрешности достигалась максимальная сходимость моделируемых по зависимости (14.10) значений с экспериментальными данными по урожайности сельскохозяйственных культур. Полученные таким образом 2394 значения параметров для 23 основных сельскохозяйственных культур содержатся в компьютерной базе данных ЕММ.

Идентификация субмодели совокупного действия переменных заключается в определении вида и коэффициентов зависимости между принятым относительным показателем взаимодействия факторов производительности $q = \overline{0,1}$ (14.11) и фитопродуктивностью $y_s = \overline{0, y_e}$, что обеспечивается совокупным действием переменных. Указанное задание выполнено нами с помощью корреляционного и регрессионного анализа экспериментальных данных по совокупному действию факторов жизни растений, для чего использовались результаты классических экспериментов по изучению совокупного действия, полученные в условиях ОС или близких к ним: 1) опыт Вольные – 3 фактора (свет, вода, полное удобрение), рожь; 2) опыт НИС им. Костычева – 2 фактора (вода, полное удобрение), пшеница; 3) опыт Ротамстедской НИС (опыт Зеельхорста) – 2 фактора (вода, калий – питательные вещества), овес. Показано, что максимальную надежность аппроксимации экспериментальных значений обеспечивает сигмоидальная функция (14.10) (в параметризованном виде – зависимость 14.5). Аналогично по данным литературных источников параметризована эмпирическая модель производительности откосов для многоукосной кормовых культур (14.4).

На основании анализа экспериментальных данных для нужд моделирования величины амбарного урожая разработаны принципы и алгоритм определения коэффициента потерь урожая при уборке. Поскольку для большинства сортов зерновых естественное осыпание зерна является основным путем потерь урожая, а технически и технологически обусловленные потери при применении изно-

шенных зерноуборочных комбайнов могут превышать суммарные потери от природных факторов, возникает необходимость разработки и внедрения в рамках ЕММ информационно-консультационной системы сопровождения и управления хозяйственной деятельностью на осушаемых землях Украины.

В результате численного эксперимента в процессе калибровки модели ПОСОЗ впервые установлено, что сельскохозяйственные культуры имеют разную степень участия закона совокупного действия в общем процессе формирования фитомассы урожая; получены соответствующие значения весовых коэффициентов. Установлено значение поправочных коэффициентов на степень поражения посевов стрессовыми условиями года.

14.5. Верификация модели продуктивности и оценки состояния осушаемых земель

Проверка адекватности математической модели заключается в сравнении результатов, полученных на выходе модели, с результатами, полученными на выходе оригинала. Такое сравнение в данном случае выполняется путем оценки степени сходимости моделируемых и экспериментальных значений производительности осушаемых земель, в результате которого должно быть принято решение об адекватности модели ПОСОЗ и возможности ее применения для практических нужд управления. Для полной проверки модели необходимо проведение ее верификации в два этапа. Первый этап верификации модели ПОСОЗ проводился на «зависимом материале», то есть на экспериментальных данных, использованных в процессе идентификации математической модели. Второй этап реализовывался согласно «независимым» экспериментальным данным, то есть данным, которые не использовались при разработке и идентификации модели.

На первом этапе верификации проводились: 1) проверка на наличие грубых ошибок; 2) проверка модели ПОСОЗ на качество описания реальных процессов на ОЗ. Для верификации модели ПОСОЗ в целом применены данные наших наблюдений по урожайности (фитопродуктивности), проведенных в 2001 г. на эталонных осушительных системах Ровенской области. Проведена верификация блока совокупного действия переменных ЕММ осушаемых земель.

На втором этапе верификации проводился анализ сходимости моделируемых и экспериментальных значений урожайности на ОС. В процессе проведения второго этапа верификации в качестве независимых данных нами применялись статистические данные Министерства аграрной политики об урожайности сельскохозяйственных культур в Ровенской области, в частности статистические данные по урожайности сельскохозяйственных предприятий (всего 1440 значений урожайности), осушаемые сельхозугодья которых расположены на эталонных осушительных системах Ровенской области.

Верификацию модели ПОСОЗ проводили с применением блока показателей, в который входили: относительная погрешность, относительная среднеквадратичная погрешность, отношение средних, линейный коэффициент корреляции, специальный коэффициент корреляции. Проводили графическое сравнение эмпирических и расчетных значений.

Достаточный уровень сходимости моделируемых теоретических значений с экспериментальными значениями урожайности на ОС (уровень точности составляет 80–95 %) свидетельствует об адекватности модели ПОСОЗ исследуемой системы и о возможности ее использования для нужд оценки, прогнозирования состояния ОС, управления производительностью ОС и т. д., а также о возможности ее использования в качестве блока в других математических моделях и, в частности, модели ОСОЗ.

14.6. Применение модели продуктивности и оценки состояния осушаемых земель и ее функциональных блоков

Применение модели ПОСОЗ для практических нужд контроля и управления осушаемыми землями по данным эколого-мелиоративного мониторинга предусматривает разработку алгоритмов и методик, которые позволят пользователю в реальных условиях производства оценивать и прогнозировать эколого-мелиоративное состояние, производительность ОС, эффективность их использования, экологическую устойчивость, разрабатывать рациональные управленческие меры и рекомендации по повышению производительности и экологической устойчивости ОС. В основе разработки этих методик лежат такие общие принципы их построения, как единственный временной масштаб и пространственная общность контролируемых природно-техногенных процессов на ОС. Поскольку характерное время осушаемых агрогеосистем в связи с фитоценоотическими и сукцессионными изменениями составляет 5–10 лет, а исследования эволюционных преобразований на данном этапе ЕММ невозможны, минимальная репрезентативная продолжительность периода мониторинговых наблюдений для нужд управления составляет $t = t_{np} = 5,10$ лет, причем она должна быть тем больше, чем более

ответственным и сложным является исследуемый объект. Для небольших по площади ОС и их частей $t \geq 5$ лет.

Разработанная нами на основе предыдущих исследований и примененная на стадии выбора объектов эколого-мелиоративного мониторинга схема районирования гумидной зоны Украины для нужд управления производительностью и экологической устойчивостью осушаемых земель имеет такую иерархическую структуру: 1) влажная зона Украины; 2) геомелиоративная область; 3) геомелиоративный район; 4) геомелиоративный подрайон – группа геотопов, объединенных по следующим критериям: генетический тип рельефа, генетический тип почвы, гранулометрический состав почвы, тип осушительной системы (по конструкции осушительной сети, принципу сочетания с водоприемником, принципу регулирования водного режима, по сельскохозяйственному использованию); 5) геомелиоративный микрорайон. Геомелиоративный подрайон является таксоном районирования второго уровня и основным (с точки зрения применения моделей ПОСОЗ и ОСОЗ), поскольку дает возможность распространить результаты моделирования, полученные для i -го подрайона, на всю территорию i -го подрайона и на территорию подрайонов i -го типа в рамках других геомелиоративных районов. Данная схема районирования положена в основу реализации методик оценки, прогнозирования и управления производительностью и экологической устойчивостью ОС Украины.

С целью определения практической ценности разработанной математической модели ПОСОЗ проведены испытания ее в режимах: 1) оценки эколого-мелиоративного состояния и общей эффективности сельскохозяйственного использования осушаемых земель; 2) прогнозирования эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель; 3) управления производительностью и эколого-мелиоративным состоянием осушаемых земель; 4) бонитировки осушаемых почв Украины; 5) математического моделирования и оценки экологической устойчивости осушаемых земель. По результатам проведенных исследований можем сделать следующие выводы:

Разработанная нами методика оценки общей эффективности ОС по результатам оценки эколого-мелиоративного состояния ОС может быть представлена в виде следующего алгоритма:

1. Выбор объекта оценки (осушительная система или ее часть, хозяйство, поле, севооборот или его часть, регион и т. д.) с природными особенностями мониторинговых стационаров, данные которых будут использоваться.

2. Формирование базы данных ЕММ с учетом районирования территории. При отсутствии или неполноте данных мониторинговых наблюдений на объекте оценки расчет переменных по имеющимся эмпирическим моделям или выбор соответствующих стационаров на объектах-аналогах.

3. Расчет по модели ПОСОЗ производительности оцениваемого объекта по годам наблюдений для основных сельскохозяйственных культур, которые выращивались за период оценки на данном объекте.

4. Оценка эколого-мелиоративного состояния объекта по экологически обеспеченной урожайности (y_e) каждой культуры с учетом площадей, которые не использовались.

5. Статистический анализ смоделированных временных рядов на степень отклонения от предельных значений и наличия трендов.

6. Выводы о ретроспективном эколого-мелиоративном состоянии объекта и общей эффективности его использования за период исследований с учетом площадей земель, не используемых для производства сельскохозяйственной продукции.

7. Рекомендации по повышению эффективности использования объекта и изменения направления его использования (в случае необходимости).

Применение математической модели ПОСОЗ на примере пяти типовых (эталонных) осушительных систем западной части гумидной зоны Украины показало, что она может эффективно применяться для интерпретации данных мониторинга путем оценки эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель, а также для оценки общей эффективности использования осушаемых сельскохозяйственных угодий.

Разработанная имитационная математическая модель ПОСОЗ позволяет с учетом имеющихся материальных и технических средств выбрать рациональное (в том числе минимальное) сообщение входов (значений показателей ЕММ, данных других служб и возможные меры на заданном уровне их выполнения) с целью получения максимального выхода, в том числе с соблюдением действующих экологических ограничений. Разработка управленческих мероприятий может быть выполнена на любом территориальном уровне организации осушаемых агрогеосистем (после проведения соответствующей адаптации модели): на уровне поля или хозяйства с однотипными грунтовыми условиями, на равные части ОС или ОС в целом, которые обычно совпадают с геомелиоративными подрайонами, а также на топическом (местном) уровне (на уровне геомелиоративных микрорайонов).

Для выбранной территориальной или осушительной системы в целом проводится ряд машинных экспериментов, в ходе которых определяется стратегия управления с целью увеличения производительности и улучшения эколого-мелиоративного состояния и эффективности использования ОС, а также результаты краткосрочного и среднесрочного прогнозирования производительности и эколого-мелиоративного состояния объекта управления.

Прогнозные расчеты, выполненные для ОС «Стубла» Ровенской области, свидетельствуют о том, что разработанная нами математическая модель ПОСОЗ вместе с аналитическими возможностями оценки состояния ОС и их территориальных подсистем обеспечивает возможность надежного прогнозирования будущих состояний оцениваемых объектов на уровне разработки оперативных краткосрочных и среднесрочных прогнозов эколого-мелиоративного состояния и уровня производительности осушаемых земель.

На примере пяти типовых ОС после проведения серии машинных экспериментов на модели ПОСОЗ определена стратегия оптимального управления ОС с целью увеличения производительности и улучшения эколого-мелиоративного состояния. Установлено, что разработанная нами имитационная математическая модель ПОСОЗ является эффективным средством управления осушаемых земель, в том числе в условиях неопределенности.

На базе основных блоков модели ПОСОЗ усовершенствована методика бонитировки осушаемых почв Украины, в которой впервые учтены переменные во времени и пространстве меры существенности грунтовых показателей. Методика позволяет с максимальной объективностью выполнить качественную оценку и установить бонитет гидроморфных почв как объекта мелиорации и сельскохозяйственного использования и таким образом оценить их потенциальное плодородие. Полученные значения бонитета отдельных почвенных контуров и ОС в целом позволяют обоснованно перейти к разработке сельскохозяйственных, мелиоративных и агро-мелиоративных мероприятий для повышения плодородия осушаемых гидроморфных почв, определению экологических приоритетов и нормативов по природно-мелиоративным режимам осушаемых почв, программированию урожаев осушаемых земель, а также дают возможность решать задачи экономической оценки земель при землеустройстве в условиях приватизации осушаемых сельскохозяйственных угодий и развития рыночных отношений в области использования осушаемых земель. На основании изложенной выше методики составлена картосхема бонитета почв эталонной ОС «Головница» (Ровенская область).

Для нужд оценки экологической устойчивости природных и природно-техногенных систем на базе математической модели ПОСОЗ разработана математическая модель оценки экологической устойчивости осушаемых земель и методика ее применения.

Оценка экологической устойчивости осушаемых земель состоит в исследовании устойчивости вертикальной структуры агрогеосистем в пределах ОС (учитывая специфику методики и данных ЕММ) на основании фитопродуктивности качества критерия устойчивости ОС и метода сравнения, основанного на концепции экологической ниши. Математическая модель оценки устойчивости осушаемых земель соединяет в себе два основных подхода: 1) понимание и описание системы как целостного эмерджентного объекта; 2) определение фазовых координат оцениваемой системы и их интерпретация на основании концепции экологической ниши (построенной с применением теории нелинейных колебаний и теории устойчивости Ляпунова). Итак, решение задачи оценки устойчивости осушаемых земель сводится к решению двух задач: во-первых, определению по математической модели ПОСОЗ потенциальной производительности u_e (как меры устойчивости ОС) и ее количественной интерпретации; во-вторых, определению степени отклонения точки состояния ОС от «особой» точки в экологической нише исследуемой системы, соответствующей точке глобального оптимума (с позиций устойчивости природных систем), то есть единственному устойчивому узлу или устойчивому фокусу в фазовом пространстве исследуемой системы (с позиций теории нелинейных колебаний).

Поиск оптимальных и предельных (с позиций природоохраны) значений показателей проводился по комбинированной математически-экспертной методике, которая опирается на экспериментальные данные, полученные автором и другими исследователями на реальных природных и природно-техногенных системах в процессе исследования их инвариантных (нормальных) свойств, которые обеспечивают максимальную устойчивость природной системы к внешним природным и техногенным воздействиям. В результате многокритериального анализа литературных источников о свойствах почвенного покрова, уровневого и гидрохимического режимов подземных и поверхностных вод гумидной зоны Украины нами сформулированы оптимальные и предельные значения показателей ЕММ. Как экологические ограничения гидрохимических показателей поверхностных и подземных вод, которые применялись для оценки экологической устойчивости бассейнов рек, были приняты ПДК, а как оптимальные – их фоновые значения (в том числе по данным мониторинговых наблюдений).

На основе интерпретации положения локальных оптимумов по каждому показателю ЕММ (x_{ij}^*) положение глобального оптимума для ОС в целом, а также значений экологических ограничений по каждому фактору (x'_{ij} и x''_{ij}) нами сформулированы критерии устойчивости агрогеосистемы, принципы методики оценки устойчивости ОС и выявления формы устойчивости осушаемой природно-техногенной системы в модели ОСОЗ.

Устойчивость ОС как набора природно-техногенных систем, созданных за счет антропогенной модификации природной структуры гидроморфных (в том числе болотных) геосистем, а также геосистем иной организации (например, речных бассейнов), оценивается с позиций способности геосистемы сохранять функцию эффективной выработки фитомассы при условии сохранения своей внутренней (модифицированной) структуры. При этом учитывается стохастичность исследуемых систем и тот факт, что моментальное значение любого показателя состояния системы описывает состояние системы в i -й момент времени, но не характеризует устойчивости вертикальной структуры во времени. Поэтому применен подход, который позволяет оценить устойчивость с позиций как моментальных значений показателей, так и их средних значений (близких к математическому ожиданию). При таком подходе моментальные значения показателей x_{ij} сравниваются с экологическими ограничениями на i -й момент времени (x'_{ij} и x''_{ij}) а средние многолетние значения показателей \bar{x}_j – со средними значениями экологических ограничений (\bar{x}'_j и \bar{x}''_j). Кроме того, учитывается наличие трендов, выявленных при статистическом анализе временных рядов для отдельных показателей, характеризующих дрейф состояния системы в сторону оптимума (сохранение устойчивости) или от него (потеря устойчивости). Важное значение имеет наличие у внешней границы области нормальных состояний «критической зоны», ширина которой обусловлена сигмоидальностью изменения устойчивости по отдельным показателям от оптимума к экологическому пределу в экологической нише, то есть экологическими закономерностями.

При реализации методики возникают следующие частные случаи:

1. Если за период наблюдений (T) все показатели состояния оцениваемой системы имели средние многолетние значения в пределах области нормальных состояний (то есть выполняется неравенство $\bar{x}'_j \leq \bar{x}_j \leq \bar{x}''_j$ и \bar{x}_j – средние нижнее и верхнее экологические ограничения) и на каждый момент их определения в системе ЕММ после отсеивания грубых ошибок имели значения, удовлетворяющие неравенству $x'_{ij} < x_{ij} < x''_{ij}$, то независимо от направления дрейфа показателей (при наличии временных трендов для x_j) данная система является инертной и потому экологически устойчивой.

2. Если за период t все показатели состояния оцениваемой системы имеют средние многолетние значения в интервале $(\bar{x}'_j + 0,1(x_j^* - \bar{x}'_j)) \leq \bar{x}_j \leq (\bar{x}''_j - 0,1(x_j^* - \bar{x}''_j))$, а моментальные значения показателей выходили за пределы интервала $x'_{ij} \leq x_{ij} \leq x''_{ij}$, то независимо от направления дрейфа показателей (при наличии временных трендов для x_j) данная система является возобновляемой и поэтому достаточно устойчивой.

3. Если за период t хотя бы один показатель состояния оцениваемой системы имел среднее многолетнее значение вне интервала $(\bar{x}'_j + 0,1(x_j^* - \bar{x}'_j)) \leq \bar{x}_j \leq (\bar{x}''_j - 0,1(x_j^* - \bar{x}''_j))$, но был в пределах интервала $\bar{x}'_j \leq \bar{x}_j \leq \bar{x}''_j$, моментальные значения показателей выходили за пределы интервала $x'_{ij} \leq x_{ij} \leq x''_{ij}$ и имело место статистическое подтверждение ($R^2 > 0,25$ для тренда на уровне значимости $\alpha = 0,05$ по тесту Стьюдента) его дрейфа в направлении x_j^* , то данная система является возобновляемой (II форма восстанавливаемости) и поэтому относительно устойчивой.

4. Если за период t хотя бы один показатель состояния оцениваемой системы имел среднее многолетнее значение вне интервала $(\bar{x}'_j + 0,1(x_j^* - \bar{x}'_j)) \leq \bar{x}_j \leq (\bar{x}''_j - 0,1(x_j^* - \bar{x}''_j))$, но был в пределах интервала $\bar{x}'_j \leq \bar{x}_j \leq \bar{x}''_j$ и имел место статистически подтвержденный его дрейф в направлении от x_j^* , данная система является пластичной (переходит в другую область нормальных состояний) и поэтому экологически неустойчивой.

5. Если за период t хотя бы один показатель состояния оцениваемой системы имел среднее многолетнее значение за пределами интервала $\bar{x}'_j \leq \bar{x}_j \leq \bar{x}''_j$, то независимо от вариации моменталь-

ных значений показателей и от направления дрейфа показателей (при наличии временных трендов для x_j), данная система находится на стадии сукцессионных или эволюционных преобразований и поэтому является экологически неустойчивой. Сукцессионность системы может быть частным случаем пластичности (в исследуемом временном масштабе) или свидетельством разрушения геосистемы с образованием новой. Преимуществами такого статистического подхода к оценке устойчивости с применением концепции экологической ниши являются: во-первых, привлечение к оценке не только переменных, описывающих факторы фитопродуктивности, но и любых других мониторинговых переменных, характеризующих общее экологическое (эколого-мелиоративное) состояние ОС (например, ионный состав водной вытяжки, химический состав поверхностных, подземных и дренажных вод, содержание радионуклидов в почвах и водах и т. д.), во-вторых, возможность прогнозирования состояния и устойчивости оцениваемых систем.

Для максимально объективной оценки степени устойчивости ОС недостаточно порядковой шкалы абсолютных оценок устойчивости, необходимо также создать возможность оценки устойчивости по «сильной», с точки зрения теории измерений, шкале отношений. Такая шкала может быть введена через расчет в математической модели ОСОЗ относительного показателя устойчивости ОС и его интерпретации.

Учитывая сигмоидальный характер убывания устойчивости от оптимума к пессимуму, задача измерения устойчивости по указанной шкале сводится к зависимости определенного вида $\omega = f(x_{ij}, x_{ij}^*, x'_{ij}, x''_{ij}, y_e(\tau), y_b)$ и установления фазовых координат системы. В данном случае предлагается применять экспоненциальную унимодальную модель Гринченко, которая позволяет связать фазовые координаты системы с относительным показателем ее устойчивости. Так, относительный показатель устойчивости вертикальной структуры осушаемой геосистемы по уровню фитопродуктивности (урожайности каждой основной сельскохозяйственной культуры) определяем по зависимости

$$\omega_k = \exp \left[-k_y \left(\frac{y_{ek} - y_{bk}}{y_{bk}} \right)^2 \right], \quad \omega_k = \overline{0,1}, \quad (14.13)$$

где k_y – параметр формы кривой, зависит от сельскохозяйственной культуры, вида угодий, набора переменных модели и т. п.; y_{ek} , y_{bk} – соответственно экологическая и биологическая продуктивность k -й сельскохозяйственной культуры.

Окончательное значение относительного показателя устойчивости по уровню производительности осушаемой геосистемы определяется как результат усреднения ω_k по соответствующим стационарам и в целом для оцениваемой агрогеосистемы, осушительной системы, поля, севооборота и др.

Относительный показатель устойчивости вертикальной структуры осушаемой геосистемы по степени соответствия принятым экологическим нормативам для каждого i -го значения j -й переменной рассчитываем согласно зависимости

$$\omega_{ij2} = \begin{cases} \exp \left[-k_j \left(\frac{x_{ij} - x_{ij}^*}{x_{ij}^* - x'_{ij}} \right)^2 \right], & x_{ij} \leq x_{ij}^* \\ \exp \left[-k_j \left(\frac{x_{ij} - x_{ij}^*}{x_{ij}^* - x''_{ij}} \right)^2 \right], & x_{ij}^* \leq x_{ij} \end{cases} \quad \omega_{ij2} = \overline{0,1}, \quad (14.14)$$

где k_j – параметр формы сигмоидальной кривой, зависит от физического смысла j -й переменной, вида угодий и т. д.; x_{ij} , x_{ij}^* , x'_{ij} , x''_{ij} – соответственно фактическое, оптимальное, нижнее критическое и верхнее критическое значения j -й переменной на i -м шаге дискретизации модели ОСОЗ (момент отбора образца, или измерения за период наблюдений в системе ЕММ).

После расчета всех значений ω_{ij2} определяем значения относительных показателей устойчивости как среднее арифметическое частных значений устойчивости по каждой переменной и по принципу сравнения (экологической ниши) в целом:

$$\omega_{j2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \omega_{ij2}, \quad \omega_{j2} = \overline{0,1}, \quad \omega_2 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \omega_{j2}, \quad \omega_2 = \overline{0,1} \quad (14.15)$$

где t – общее количество переменных, используемых при оценке экологической устойчивости исследуемой системы с математической моделью ОСОЗ, после окончательного усреднения имеем

$$\omega = \frac{1}{2} (\omega_1 + \omega_2), \quad \omega = \overline{0,1}. \quad (14.16)$$

На основании проведенных расчетов ω по модели ОСОЗ, учитывая сигмоидальный характер зависимости устойчивости показателей ЕММ, а также описанный выше принцип Колмана, для интерпретации показателя ω применяли такую шкалу: устойчивая (0,75–1,00), достаточно устойчивая (0,50–0,75), относительно устойчивая (0,25–0,50), неустойчивая (0,00–0,25).

После получения оценок по обеим шкалам делается окончательный вывод об устойчивости вертикальной структуры оцениваемой мелиорированной геосистемы к воздействию внешних факторов природного и антропогенного происхождения, определяются критические показатели, требующие прямого или косвенного регулирования, рассчитываются по полученным трендам прогнозные значения показателей состояния системы и разрабатывается прогноз устойчивости оцениваемой территориальной системы. Это дает возможность по результатам имитационного машинного экспериментирования на модели ОСОЗ разрабатывать рациональные управленческие мероприятия по повышению (сохранению) уровня экологической устойчивости исследуемой системы.

Сформулированная структура модели ОСОЗ, алгоритм ее реализации, представленный в виде блок-схемы на рисунке 14.4, а также разработанная на его основе компьютерная программа, составленная нами на базе Microsoft Excel, позволяют максимально обоснованно выполнять оценку, прогнозировать и управлять экологической устойчивостью ОС по данным эколого-мелиоративного мониторинга осушаемых земель Украины.



Рис. 14.4. Обобщенная блок-схема работы модели оценки устойчивости осушаемых земель

Модель ОСОЗ применена нами для оценки экологической устойчивости осушаемых земель Ровенской области по данным ЕММ, результаты которой в разрезе осушительных систем приведены в таблице 14.1. Составлена картосхема оценки и прогноза экологической устойчивости на примере ОС «Язвинка» (Ровенская обл.).

Результаты оценки экологической устойчивости эталонных осушительных систем Ровенской области

Осушительная система	Абсолютная оценка		Относительные показатели устойчивости			
	форма устойчивости	степень устойчивости	ω_1	ω_2	ω	$\omega_{пр}$
Воробино	восст. (II)	в. стойка	0,355	0,312	0,336	0,343
Головница	восст. (I)	д. стойка	0,792	0,768	0,780	0,780
Деражное-Постоянное	пластическая	неустойчивая	0,323	0,348	0,336	0,333
Иква	пластическая	неустойчивая	0,357	0,317	0,337	0,325
Стубелка	пластическая	неустойчивая	0,478	0,437	0,458	0,455
Стубла	пластическая	неустойчивая	0,248	0,224	0,237	0,231
Язвинка	сукцессионная	неустойчивая	0,224	0,333	0,279	0,272

Примечание. $\omega_{пр}$ – прогнозное значение на 2007 год.

Одним из главных современных деградационных процессов, определяющих пластичность вертикальной структуры, а соответственно потерю устойчивости геомелиоративных подрайонов Западной Лесостепи, составленных дренированными торфяными грунтами, является минерализация органического вещества торфа, сопровождающаяся уплотнением торфяной толщи. Нами обнаружены временные тренды для зольности и плотности торфа в виде уравнений регрессии вида:

$$Z = 0,2943 t + 51,849, R^2 = 0,359, a = 0,05; \quad (14.17)$$

$$d = 0,2338 t + 0,2897, R^2 = 0,651, a = 0,05, \quad (14.18)$$

где t – количество декад от 20 апреля 1988 г., учитывая отрезки от 20 апреля до 30 октября каждого года периода наблюдений; a – уровень значимости для теста Стьюдента при оценке сходимости расчетных и эмпирических значений показателей.

Важной областью применения математической модели ОСОЗ является оценка гидрохимического режима и экологической устойчивости искусственно дренированных (осушаемых) бассейнов, контролируемых в системе мониторинга вод, вод Полесья и Лесостепи Украины. На основе результатов многолетних мониторинговых наблюдений Ровенской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции проведен анализ основных гидрохимических и радиологических показателей состояния природных вод, полученных на двух основных водотоках Ровенской области в четырех поперечниках: 1) р. Стырь, г. Кузнецовск, водозабор Ровенской атомной электростанции (РАЭС); 2) р. Стырь, с. Сопачов, ниже водосброса РАЭС; 3) р. Горынь, с. Высоцк, (граница с Беларусью); 4) р. Виля, г. Острог, ниже водосброса ХАЭС. Полученные в результате корреляционного и регрессионного анализа временных рядов уравнения регрессии, которые на достаточном уровне значимости описывают тренды отдельных гидрохимических и радиологических показателей и применялись для оценки экологической устойчивости бассейнов рек Горынь и Стырь, сведены в таблицу 14.2.

Таблица 14.2

Тренды гидрохимических и радиологических показателей, определяющих экологическую устойчивость бассейнов рек Стырь и Горынь

Диаметр	Показатели	Уравнения регрессии $C = f(t)$	Показатель надежности аппроксимации, R^2	Уровень значимости корреляции, α
р. Горынь с. Высоцк	нитраты	$C = 0,1858t^2 - 1,3716t + 2,9225$	0,702	0,01
	хлориды	$C = -0,5433t + 25,882$	0,570	0,05
	сульфаты	$C = 60,163 t - 0,3733$	0,807	0,01
	БСК	$C = -0,1099t^2 + 0,872t + 5,0923$	0,834	0,01
г. Виля	Cs-137	$C = 2,0579t^0,152$	0,465	0,05
р. Стырь м. Кузнецовск	Зав. вещ.	$C = -0,4282t^2 + 1709,1t - 2106$	0,451	0,05
	нитраты	$C = -0,0611t^2 + 0,8182t - 0,5391$	0,883	0,01
	хлориды	$C = -1,1211t + 2258,3$	0,859	0,01
	сульфаты	$C = 0,4459t^2 - 1785,2t + 2106$	0,863	0,01
р. Стырь с. Сопачов	БСК	$C = 0,0717t^2 - 286,97t + 286975$	0,748	0,01
	Зав. вещ.	$C = -0,5902t + 1198$	0,660	0,01
	хлориды	$Q = -0,8367t + 1691,9$	0,600	0,01
	сульфаты	$C = -3,462t + 6951,1$	0,823	0,01

Примечание*. C – концентрация, мг/л; t – порядковый номер года (с 1992 г.).

Применение модели ОСОЗ в режимах оценки, прогнозирования и управления экологической устойчивости ОС эталонных объектов ЕМIV1 и бассейнов рек Горынь и Стырь показало высокую эффективность разработанных математических моделей по обоснованной оценке, прогнозированию и управлению экологической устойчивостью осушаемых агрогеосистем и речных бассейнов по данным мониторинга. Результаты оценки экологической устойчивости бассейнов рек Горынь и Стырь приведены в таблице 14.3.

Таблица 14.3

Результаты оценки экологической устойчивости бассейнов рек Горынь и Стырь по данным мониторинговых наблюдений

Поперечники и бассейны	Абсолютная оценка			Относительные показатели устойчивости	
	форма устойчивости	доля показателей	степень устойчивости	ω	$\omega_{пр}$
р. Виляя., г. Острог	инертная	1,00	стойка	0,871	0,871
р. Горынь, с. Высоцк	инертная	0,69	стойка	0,376	0,355
<i>Бассейн р. Горынь</i>	относительно устойчивы			0,624	0,613
р. Стырь, г. Кузнецовск	инертная	0,69	стойка	0,578	0,621;
р. Стырь, с. Сопачов	инертная	0,69	стойка	0,533	0,584
<i>Бассейн р. Стырь</i>	устойчивые			0,556	0,603

Примечание*. $\omega_{пр}$ – прогнозное значение на 2007 год.

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Применение модели ОСОЗ в режимах оценки, прогнозирования и управления экологической устойчивостью ОС эталонных объектов ЕМIV1 и бассейнов рек Горынь и Стырь показало высокую эффективность разработанных математических моделей по обоснованной оценке, прогнозированию и управлению экологической устойчивостью осушаемых агрогеосистем и речных бассейнов по данным мониторинга.

2. Приведены теоретическое обобщение и новое решение научной проблемы управления производительностью и экологической устойчивостью осушаемых земель по данным мониторинговых наблюдений, направленного на повышение производительности осушаемых земель, существенное снижение потребления водных и материальных ресурсов, повышение экологической безопасности земледелия на осушаемых землях, эффективное использование данных эколого-мелиоративного мониторинга.

3. Проведение мониторинговых наблюдений, управления на их основе эколого-мелиоративным состоянием осушаемых земель Украины и его контроль являются первоочередной задачей при ведении сельского хозяйства и осуществлении природоохранных мероприятий на осушаемых землях. Специфические природно-климатические условия гумидной зоны Украины обуславливают необходимость ведения эколого-мелиоративного мониторинга с целью разработки и применения методов системного математического моделирования величины биомассы урожая растений, а также факторов экологической стабильности осушаемых и прилегающих к ним земель. Мониторинговые исследования в системе ведомственного мониторинга Госводхоза служат основным источником информации для разработки сельскохозяйственных и экологических управленческих мероприятий во влажных зонах Украины. Основной нерешенной проблемой мониторинга осушаемых земель и мониторинга вод остается несовершенство научных методов интерпретации данных для нужд их практического применения в сельскохозяйственной и природоохранной практике, методов рационального управления состоянием контролируемых территорий.

4. Современное состояние сельского хозяйства и эколого-мелиоративного мониторинга обуславливают необходимость разработки принципиально новых методов оценки, прогнозирования и управления на базе математических моделей, которые бы давали возможность системно учитывать содержание процессов, действие основных законов земледелия, рассчитывать значение урожайности, оценивать состояние антропогенно измененных природных систем, прогнозировать будущее состояние, осуществлять машинное экспериментирование с целью рационального управления осушаемыми землями. Поскольку имеющиеся методы и модели не соответствуют требованиям по уровню сложности и искусственности структуры, учета совокупного действия переменных, соответствия задачам и базам данных мониторинга и т. д., возникла необходимость разработки специальной математической модели производительности и оценки состояния осушаемых земель, а также математической модели оценки экологической устойчивости осушаемых земель и природно-техногенных систем.

5. В процессе постановки целей, путей моделирования и спецификации (формулировки) модели производительности и оценки состояния осушаемых земель обосновано применение фитопродуктивности (урожайности) как основного критерия оценки состояния осушаемых земель. Впервые установлена количественная зависимость урожайности сельскохозяйственных культур на осушаемых землях от их мелиоративного состояния. С помощью системного подхода формализован объект исследований, которым является полицентрическая, полиструктурная агрогеосистема.

5. С учетом свойств моделируемой системы обосновано применение в качестве основного оператора модели ПОСОЗ функционала меры Лебега, который имеет универсальный характер и может применяться для математического моделирования исследуемой системы. Для описания закона толерантности (минимума, оптимума и максимума) разработан новый вид функции толерантности растений и растительных ассоциаций к действию внутренних и внешних факторов. Доказано, что разработанная и параметризованная зависимость для описания закона толерантности с высокой точностью аппроксимирует экспериментальные данные о свойствах природных систем и поэтому может применяться в имитационной математической модели производительности и оценки состояния осушаемых земель и других имитационных математических моделях природных и природно-техногенных систем. По экспериментальным данным впервые разработан блок совокупного действия, который имитирует кумулятивный эффект от действия переменных, определяющих состояние исследуемой системы. Впервые для природных систем в условиях сельскохозяйственного использования установлены вид и параметры эмпирического блока субмодели совокупного действия переменных, значения весовых коэффициентов, описывающих степень участия эффекта совокупного действия факторов в процессе формирования урожая.

6. В результате проведенных теоретических исследований определена общая структура имитационной математической модели ПОСОЗ, что позволяет по мониторинговым данным с применением данных метеорологических наблюдений определять и прогнозировать производительность осушаемых земель, разрабатывать меры рационального управления осушаемыми землями.

7. Для создания модели производительности и оценки состояния осушаемых земель определен рациональный набор климатических переменных и показателей эколого-мелиоративного мониторинга. Установлено, что основным климатическим показателем для исследуемой системы является сумма активных температур воздуха, превышающих 10 °С, позволяющая с высокой надежностью определять по полученным региональным эмпирическим моделям интенсивность поступления энергии в исследуемые агрогеосистемы. Впервые полученные значения веса отдельных параметров производительности на ОС свидетельствуют о том, что 0,45 объема урожая сельскохозяйственных культур на осушаемых землях определяют почвенные условия, а следовательно, мелиоративное состояние земель. На основе полученных весовых соотношений можно утверждать, что при ведении сельского хозяйства и осуществлении природоохранных мероприятий на мелиорированных землях наибольшее внимание следует уделять регулированию грунтовых режимов и формированию благоприятной мелиоративной (эколого-мелиоративной) ситуации, а система эколого-мелиоративного мониторинга должна быть направлена на сбор почвенно-мелиоративных показателей осушаемых земель для обеспечения возможности управления их производительностью.

На основании количественной связи между эвапотранспирацией сельскохозяйственных растений и объемом фитомассы параметризованы функционалы учета предыстории развития растений в онтогенезе путем определения весовых коэффициентов фазы развития основных сельскохозяйственных культур. Определены параметры функции толерантности основных сельскохозяйственных культур относительно факторов производительности. Для нужд моделирования величины урожая в реальных условиях производства разработана эмпирическая модель производительности откосов для многоукосных кормовых культур, сформулированы принципы и алгоритм учета потерь урожая при его уборке на осушаемых землях.

9. Поэтапная проверка разработанной математической модели ПОСОЗ проведена сравнением расчетных значений урожайности основных сельскохозяйственных культур с эмпирическими, она показала достаточную степень сходимости моделируемых и фактических значений производительности осушаемых земель. Уровень точности модели изменяется в пределах 80–95 %.

10. Для нужд объективной интерпретации данных эколого-мелиоративного мониторинга, рационального управления осушаемыми землями Украины при условии сохранения их экологической устойчивости на базе математической модели ПОСОЗ и концепции экологической ниши разработаны математическая модель и методика оценки экологической устойчивости осушаемых земель и природно-техногенных систем. Данная модель позволяет назначать форму и степень экологической устойчивости вертикальной структуры оцениваемой агрогеосистемы, прогнозировать степень устойчивости с целью разработки рациональных сельскохозяйственных и природоохранных мероприятий на

уровне осушаемых земель, а также на уровне антрополизированных геосистем другой структуры и территориальной организации.

11. С целью определения степени практической ценности разработанных математических моделей ПОСОЗ и ОСОЗ проведены их испытания в режимах: 1) оценки эколого-мелиоративного состояния и общей эффективности сельскохозяйственного использования осушаемых земель; 2) прогнозирования эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель; 3) управления производительностью и эколого-мелиоративным состоянием осушаемых земель; 4) бонитировки осушаемых почв Украины; 5) моделирования и оценки экологической устойчивости осушаемых земель; 6) прогнозирования и управления экологической устойчивостью осушаемых земель и речных бассейнов.

Результаты испытания показали, что разработанные имитационные математические модели могут эффективно применяться для интерпретации данных мониторинговых наблюдений путем оценки эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель, а также общей эффективности использования осушаемых сельскохозяйственных угодий, прогнозирования будущих состояний оцениваемых объектов на уровне разработки оперативных краткосрочных и среднесрочных прогнозов эколого-мелиоративного состояния и уровня производительности осушаемых земель, программирования и прогнозирования урожаев сельскохозяйственных культур, определения природоохранных приоритетов при эксплуатации осушаемых систем, осуществления экспертизы проектов строительства и реконструкции осушительных систем, бонитировки осушаемых почв, оценки формы и степени экологической устойчивости ОЗ и речных бассейнов.

Результаты научных исследований успешно апробированы в условиях производства, вошли в 4 нормативных документа, используемых в учебном процессе НУВХП для подготовки специалистов в области водного и сельского хозяйства. Внедрение разработанных моделей и их программного обеспечения в практику деятельности сельскохозяйственных и водохозяйственных предприятий гумидной зоны Украины позволит на 30–60 % увеличить эффективность сельскохозяйственного использования осушаемых земель, повысить уровень использования природных ресурсов на осушаемых землях Украины. Социальный эффект от внедрения предложенных разработок заключается в улучшении характера и условий труда инженерно-технических работников, повышении качества природной среды и уровня подготовки инженерно-технических кадров в области сельскохозяйственных мелиораций, экологии и агропромышленного комплекса Украины.

Литература

1. Мошинський В. С. Моніторинг і оцінка еколого-меліоративного стану осушуваних земель Рівненської області. – Рівне ; Ковель: Ковельська друкарня, 1995. – 46 с.
2. Методичні вказівки по організації та веденню моніторингових робіт на осушуваних землях / В. С. Алексєєвський, О. В. Цвєтова, Г. Л. Рябцева [та ін.]. – Київ: ІГІМ УААН, 1995. – 77 с.
3. Методичні вказівки для оцінки еколого-меліоративного стану осушуваних земель України / В. С. Алексєєвський, О. В. Цвєтова, Г. Л. Рябцева [та ін.]. – Київ: ІГІМ УААН, 1995. – 42 с.
4. Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу на осушуваних землях. Ч. 2. Осушувані землі: ВБН 33-5.5-01-97 / В. С. Алексєєвський, О. В. Цвєтова, Г. Л. Рябцева [та ін.]. – Київ: Держводгосп України, 1997. – 70 с.
5. Посібник з ведення спостережень для еколого-меліоративного моніторингу на осушуваних землях гумідної зони України. До ВБН 33-5.5-01-97 / В. С. Алексєєвський, О. В. Цвєтова, Г. Л. Рябцева [та ін.]. – Київ: Держводгосп України, 1997. – 124 с.
6. Використання меліорованих земель Рівненської області в сучасних умовах : інформ.-довідковий посібник / О. В. Скрипник, П. І. Гаць, В. М. Терещенко [та ін.]. – Київ ; Рівне, 1997. – 124 с.
7. Екологічні і водогосподарські умови в долині річки Прип'ять на території Рівненської області / Г. В. Балахно, В. Д. Чубарев, Л. П. Сафронова [та ін.]. – Київ: ІГІМ УААН, 2000. – 32 с.
8. Моніторингові роботи в верхоріччі Прип'яті в зв'язку з проведенням протиаводкових заходів (2000–2001 роки) / В. Алексєєвський, О. Цвєтова, Л. Подзіна [та ін.]. – Київ: ПІМ УААН, 2001. – 29 с.
9. Мошинський В. С. Розрахунок глибини залягання рівнів ґрунтових вод на осушуваних землях за базовими свердловинами // Гідротехніка і меліорація в Україні : зб. наук. пр. – Київ: ПІМ УААН, 1994. – Вип. 3. – С. 138–142.
10. Мошинський В. С. Сучасні напрямки спеціалізації підготовки інженерів для потреб моніторингу природного середовища // Технологія навчання : наук.-метод. збірник. – Рівне: УПВГ, 1995. – С. 70–72.
11. Мошинський В. С. Оцінка стану ґрунтів на о.с. «Стубелка» Рівненської області // Актуальні проблеми водного господарства : зб. наук. статей до 75-річчя від дня заснування УДАВГ. – Рівне, 1997. – С. 45–46.
12. Мошинський В. С., Морозюк С. В., Морозюк Б. Б. До створення методики експертизи земельного фонду // Вісник УДАВГ: зб. наук. пр. – Рівне, 1998. – Вип. 1 – С. 60–63.
13. Мошинський В. С. Методика застосування даних еколого-меліоративного моніторингу для оцінки ґрунтового покриття // Вісник УДАВГ: зб. наук. пр. – Рівне, 1998. – Вип. 1. – С. 63–67.

14. Мошинський В. С., Тимейчук О. Ю., Семенюк В. П. Постмеліоративні зміни сольового режиму торфовищ лісостепу України // Вісник УДАВГ: зб. наук. пр. – Рівне, 1999. – Вип. 2. – С. 76–79.
15. Мошинський В. С. До розробки концепції оцінки стану природно-технічних систем // Вісник РДТУ: зб. наук. пр. «Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво». – Рівне, 1999. – Спецвипуск. – С. 45–49.
16. Мошинський В. С. Визначення відносної ваги складових урожаю на осушуваних землях за ступенем їх взапорегульованості // Вісник РДТУ: зб. наук. пр. – Рівне, 2000. – Вип. 1 (3) – С. 54–58.
17. Мошинський В. С. Оцінка стану ґрунтового покриву осушувальної системи «Воробино» // Вісник РДТУ: зб. наук. пр. – Рівне, 2000. – Вип. 2. – С. 56–63.
18. Мошинський В. С., Тимейчук О. Ю., Семенюк В. П. Про явище галоморфізації осушуваних земель північного лісостепу України // Вісник РДТУ: зб. наук. пр. – Рівне, 2000. – Вип. 3(5). – С. 41–46.
19. Мошинський В. С. Аналіз сучасного екологічного стану річок Стир і Горинь за даними моніторингових спостережень // Вісник –78.
20. Мошинський В. С., Сасюк З. К. Деякі стохастичні закономірності осушуваних ґрунтів північно-західного Лісостепу України // Вісник РДТУ: зб. наук. пр. – Рівне, 2000. – Вип. 5(7). – С. 59–66.
21. Мошинський В. С. Еколого-меліоративна ситуація і урожай // Водне господарство України. – 2000. – № 3–4. – С. 15–18.
22. Moshynsky V. Modern Water Conditions in The Northwest Part of Ukraine: An Analysis // Water Engineering & Management. – Des Plaines IL USA, 2001. – No 4. – P. 22–26.
23. Мошинський В. С., Сасюк З. К. Визначення відносної ваги складових урожаю на осушуваних землях // Вісник ХДАУ. – Харків, 2000. – Вип. 1 – С. 57–63.
24. Мошинський В. С. Загальний рівень та динаміка родючості ґрунтів осушувальної системи «Стубла» // Вісник РДТУ: зб. наук. пр. – Рівне, 2001. – Вип. 3(10). – С. 43–51.
25. Вознюк С., Мошинський В., Вознюк Н. Парниковий ефект можна контролювати (за матеріалами Варшавського міжнародного семінару) // Водне господарство України. – 2001. – № 3–4. – С. 2–7.
26. Гладовська Т. М., Мошинський В. С., Семенюк В. П. Часовий аналіз біологічних параметрів осушуваних земель // Вісник РДТУ: зб. наук. пр. – Рівне, 2001. – Вип. 4(11). – С. 86–92.
27. Гладовська Т. М., Мошинський В. С. Флористичний аспект дослідження стану ґрунтів на осушуваних землях // Вісник РДТУ: зб. наук. пр. – Рівне, 2001. – Вип. 5 (12). – С.71–78.
28. Мошинський В. С., Супрунець М. Ф. Проблеми визначення та зменшення втрат на шляху від екологічно забезпеченого до «комірнього» врожаю // Вісник РДТУ: зб. наук. пр. – Рівне, 2002. – Вип. 1 (14). – С. 52–56.
29. Мошинський В. С. Методика бонітування осушуваних ґрунтів гумідної зони України // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2002. – Спец. випуск до VI з'їзду УТТА. Книга 2. – С. 139–141.
30. Мошинський В. С. Наукові підходи до математичного моделювання продуктивності осушуваних земель України за даними еколого-меліоративного моніторингу // Вісник РДТУ: зб. наук. пр. – Рівне, 2002. – Вип. 3 (16). – С. 80–89.
31. Мошинський В.С. Функція толерантності у математичній моделі продуктивності сільськогосподарських угідь України // Вісник УДУВГП: зб. наук. пр. – Рівне, 2002. – Вип. 4 (17). – С. 102–108.
32. Мошинський В. С. Математична модель і методика оцінки екологічної стійкості осушуваних земель // Вісник УДУВГП: зб. наук. пр. – Рівне, 2002. – Вип. 5 (18). – С. 121–129.
33. Мошинський В. С., Вознюк С. Т. Вибір та оцінка ґрунтових показників для математичної моделі урожайності на осушуваних землях // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2002. – Вип. 63, – С. 5–9.
34. Цветова О. В., Топольнк Т. І., Мошинський В.С. Вдосконалення системи моніторингу меліорованих земель // Вісник УДУВГП: зб. наук. пр. – Рівне, 2003. – Вип. 6(19). – С. 127–132.
35. Moszyński W. Dynamika stezenia jonow w odwodnionych glebach norfowych terenow lesno-stepowych zachodniej Ukrainy // Roczniki Gleboznawcze. – Warszawa, 2002. – t. 53. – № 3/4. – S. 55–65.

Часть 2. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЛИОРАЦИЙ

Глава 15. ПОЛЕССКИЕ РЕКИ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ИХ ВОДОСБОРОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОСУШИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ

15.1. Общая характеристика

Полесские реки представляют собой развитую гидрографическую сеть, бассейнам которой присущи равнинный рельеф местности, распространение песчаных отложений в поверхностной толще почв, болот, заболоченных территорий, бессточных понижений, близкое залегание уровня грунтовых вод, значительная озерность и лесистость, существенная насыщенность мелиоративными (осушительными) каналами и закрытыми дренажными системами (рис. 15.1–15.4) [6, 7, 12, 15, 20, 22, 36].

На территории Украинского Полесья протекает несколько тысяч рек различной величины. Удельная густота речной сети составляет 0,33 км/км², а с учетом рек длиной менее 10 км – около 1 км/км². Главные водные артерии Украинского Полесья – участки р. Западный Буг, верховья участка р. Припять, реки правобережья Припяти, участок р. Днепр севернее Киева, притоки Днепра Тетерев, Ирпень и Десна. К правобережным рекам Припяти относятся реки Уборть, Уж, Льва, Горынь, Случь, Стыр, Стоход, Турия и много других меньших рек. Важнейшими из них являются реки Припять, Горынь и Стыр. На левобережной части Украины значительную часть Полесья занимает водный бассейн р. Десны и ее притоков – Снов, Остер и др.

Реки Полесья имеют небольшие уклоны и широкие долины, которые существенно осушены искусственным дренажем. Берега русел и поймы рек характеризуются наличием множественных очагов зарастания водной растительностью и кустарниками. Левый берег – высокий, как следствие изменения течения в древнюю эпоху.

Небольшие уклоны, меандрирования, зарастание берегов обуславливают медленное течение воды в реках. Скорость течения в межень составляет 0,3–0,4 м/с, во время наводнений – около 1 м/с. На реке Припять паводковые скорости достигают 2,0–2,5 м/с [22, 23]. В бассейне Припяти протекает 14,9 тыс. водотоков [6, 12, 15, 22]. Площадь бассейна реки – 12,1 млн га, из них 6,9 – в Украине, заболоченность – 16 %, лесистость – 26 %, распашка – 25 %. Густота речной сети – 0,42 км/км².

Исток Припяти находится на водораздельной заболоченной территории в районе с. Голядин Шацкого района Волынской области. Плоский рельеф местности в истоке не дает возможности с достаточной точностью определить линию водораздела между бассейнами Припяти и Западного Буга.

Одной из характерных особенностей полесских рек и их бассейнов является склонность к переувлажнению земель, развитию процессов затопления и подтопления территорий во влажные периоды и половодья. Также происходит постепенная трансформация окружающей среды в результате хозяйственной деятельности и глобальных изменений климата.

Для обеспечения развития аграрного производства на Полесье, защиты населенных пунктов от затопления и подтопления, наводнений и паводков, создания благоприятных условий проживания и безопасности жизнедеятельности населения проведены значительные гидромелиоративные работы, созданы крупные мелиоративные системы и мощные противопаводковые комплексы.

Еще в конце XIX века осушение болот Полесья считали основной причиной засух и снижения водности р. Днепр. Однако в последние годы доказано, что болота не могут питать реки даже за счет фильтрационной способности торфяных залежей, которая быстро падает вместе со снижением уровня грунтовых вод в болотах.

Кроме того, известно, что около 10 % осадков формируется из водяного пара местного происхождения, то есть изменения испарения в результате осушительных мелиораций не могут существенно повлиять на климат. Как следствие, осушение болот связано не с частыми засухами, а с циклическими колебаниями регионального климата [26].

Развитие мелиоративного строительства, энергетики, коммунального хозяйства и строительство водозатратных промышленных предприятий стали причиной резкого роста безвозвратного водопотребления, перераспределения и уменьшения водных ресурсов. В ряде областей Украины вследствие растущей антропогенной нагрузки на речные бассейны значительно ухудшились качество водных ресурсов и гидроморфологическое состояние рек в целом, уменьшился речной сток, исчезли некоторые малые реки, появились новые водохранилища и пруды, что в основном привело к необратимым изменениям природных речных ландшафтов.

Любая хозяйственная деятельность в бассейнах рек должна согласовываться с долгосрочными планами использования водных ресурсов, что обеспечит возможность контроля и целенаправленного

воздействия на гидрологический режим, а также позволит решить проблему совершенствования управления, рационального использования и охраны водных ресурсов [8].



Рис. 15.1. Схема района Западного Полесья



Рис. 15.2. Схема района на междуречье Турья-Стоход

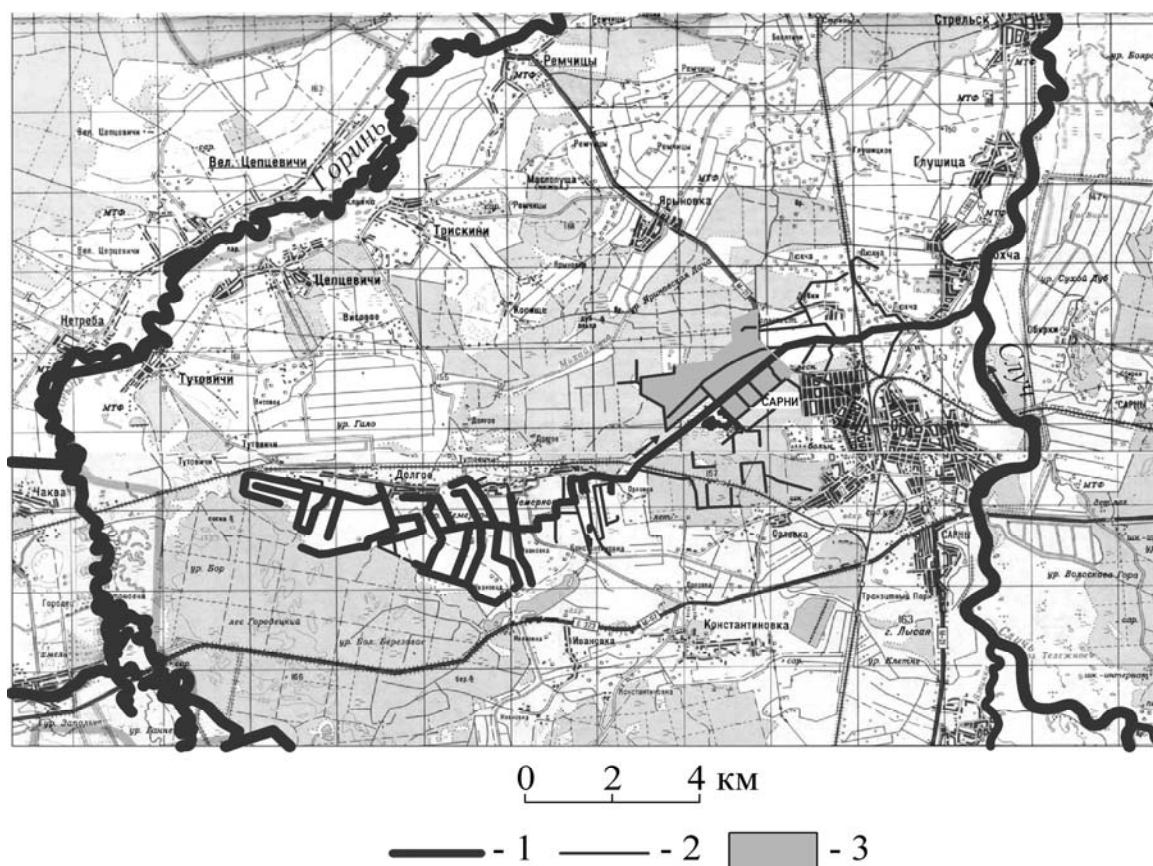


Рис. 15.3. Схема района на междуречье Горынь-Случь
Сарненской опытной станции ИВПиМ НААН:

1 – магистральный канал; 2 – осушительные каналы; 3 – территория опытной станции

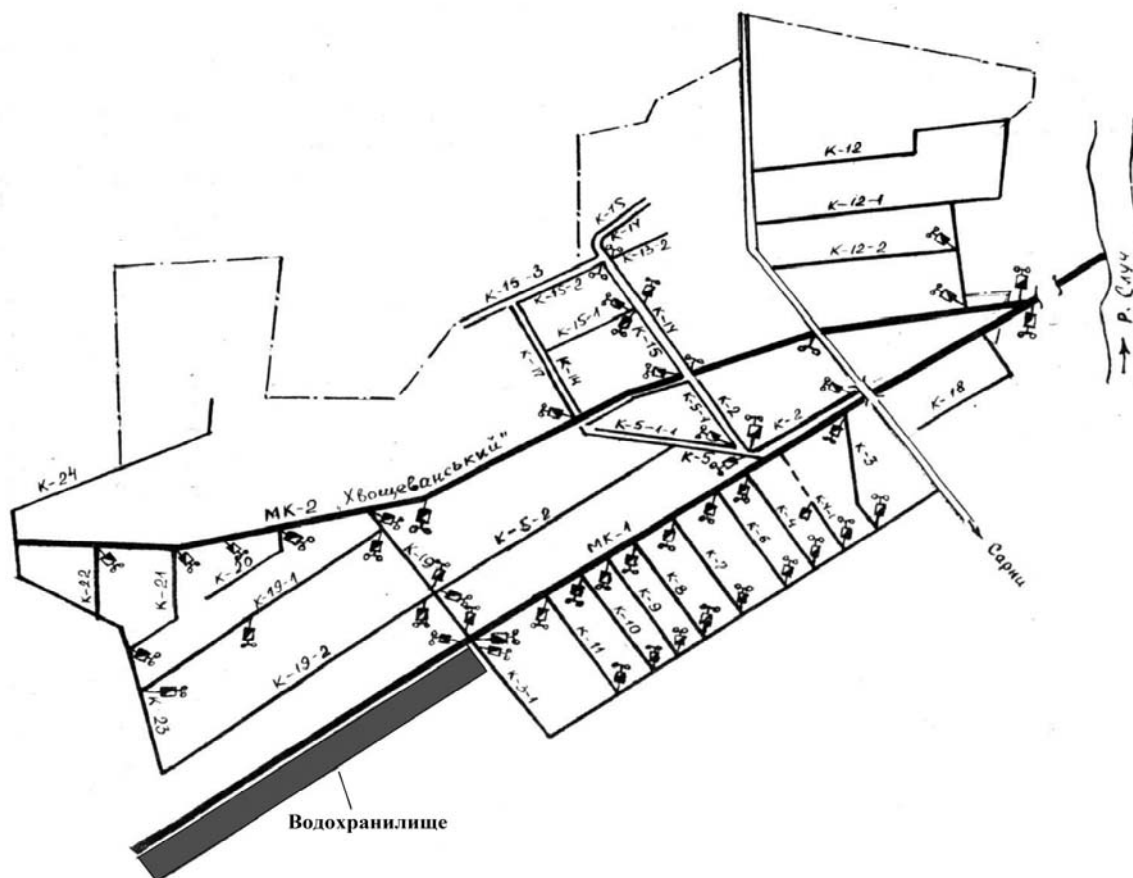


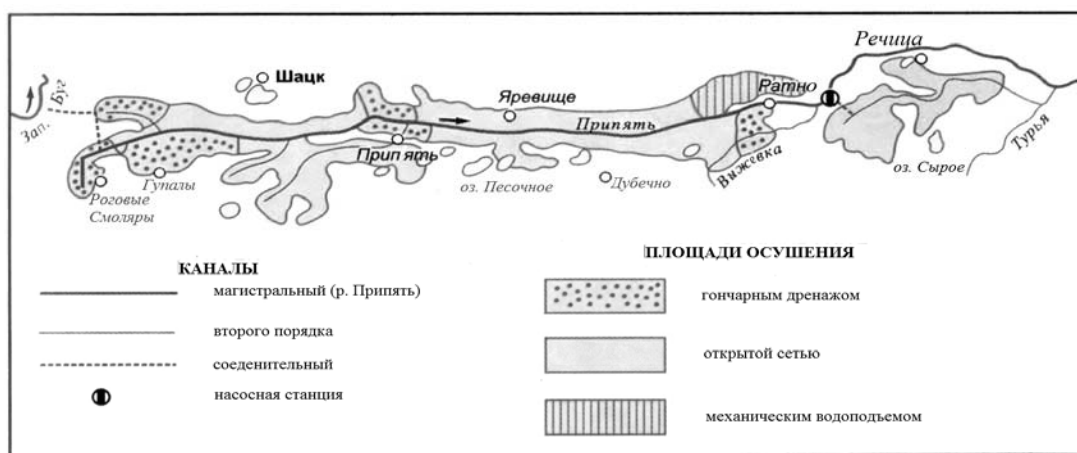
Рис. 15.4. Схема мелиоративной системы Сарненской опытной станции ИВПиМ НААН [5]

15.2. Осушительные системы в бассейнах рек

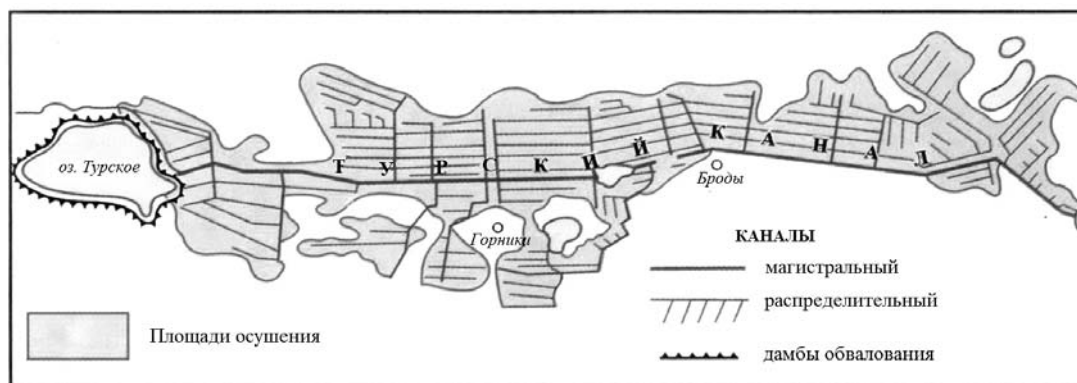
На территории Полесья проведены масштабные работы по осушению переувлажненных земель, созданию осушительных систем [1, 20, 22]. Развитию мелиораций в районе положила начало созданная в 1872 г. специальная Западная экспедиция во главе с генералом И. И. Жилинским [4, 30, 36]. По данным исторических исследований, в 1873 г. составлен Генеральный план осушения земель в Западной части России на площади более 8 млн га, для реализации которого организовали Западную экспедицию под руководством И. И. Жилинского. Научное обеспечение деятельности Западной экспедиции было сделано выдающимися учеными, среди которых В. В. Докучаев, А. П. Карпинский, А. И. Воейков, П. И. Панфилов, Е. В. Оппоков и др. В 1878 г. разработанный проект осушения получил золотую медаль Всемирной выставки в Париже. За период 1874–1898 гг. в бассейне р. Припять было построено более 4 тыс. км каналов со шлюзами, плотинами и перемычками. Объем земляных работ составил около 16 млн м³.

В 1909 г. значительно возросло финансирование работ по мелиорации переувлажненных земель. В 1913 г. была создана Межгубернская Полесская изыскательская партия под руководством Е. В. Оппокова, в задачу которой входило изучение гидрологического режима рек и составление проектов их регулирования. Получило развитие научное обеспечение осушительной мелиорации. В Волынской губернии созданы Рудня-Родовельское болотное опытное хозяйство (1913 г.), которое в 1923 г. было преобразовано в станцию, Сарненская болотная исследовательская станция (1913 г.), в Полтавской – Подставское болотное опытное поле (1915 г.), которое в 1936 г. переведено в верховья р. Супий (теперь Яготинский район Киевской области) с созданием Панфило-Яготинского опорного пункта, теперь – Панфильская исследовательская станция ННЦ «Институт земледелия НААН» [29].

Интенсивное строительство осушительных систем велось в 1960–1990 гг. [7, 22, 32, 36]. Сейчас общая площадь осушенных земель на Полесье составляет более 3,6 млн га, из них около 1 млн га в Украине. Одними из крупнейших осушительных систем в регионе являются Верхнеприпятская, Турская, Стубла (рис. 15.5) [7, 20]. Для защиты пойм от затопления и подтопления на отдельных участках рек проведены значительные мелиоративные работы, устроены водозащитные дамбы и осушительные системы-польдеры. Площадь осушительных систем польдерного типа, которые одновременно выполняют роль защиты населенных пунктов от наводнений и паводков, составляет 47,9 тыс. га в Волынской области, 58,3 тыс. га – в Ровенской.



а



б

Рис. 15.5. Схема осушительных систем [7]:

а – Верхнеприпятская; б – Турская

Кроме рек, территория Полесья насыщена большими магистральными и обычными осушительными каналами. Магистральные осушительные каналы, как правило, приурочены к малым рекам, русла которых были отрегулированы (очищенные, углубленные, выпрямленные, упорядоченные) в результате гидротехнических мелиораций.

Показательным примером является магистральный канал Сарненской опытной станции (ОС) ИВПиМ НААН, который находится в северной части Ровенской области на междуречье Горынь-Случь (рис. 15.3–15.4) [7, 20]. Длина магистрального канала (МК) составляет около 18 км. Площадь бассейна – 80 км². Средний уклон – 2 см/км.

Сарненская ОС расположена на северо-западной окраине г. Сарны Ровенской области. Станция находится в центре Западного Полесья на междуречье крупнейших рек региона Горыни и Случа, которые относятся к бассейну Припяти и соответственно Днепра.

Магистральный канал берет начало вблизи с. Долгое Сарненского района. Канал протекает по территории Сарненской ОС и на северной окраине г. Сарны, сбрасывается канал в р. Случь.

Магистральный канал Сарненской ОС совместно с руслом р. Случь играют важную роль обеспечения повышенной дренирующей и водосточной способности территорий г. Сарны. Бассейн Сарненского МК представляет собой осушаемую территорию, представленную мелиоративными системами, в том числе мелиоративной системой Сарненской опытной станции, которая считается примером типичной для условий Ровенской области дренажной мелиоративной системой.

Мелиоративная система Сарненской ОС включает разветвленную сеть открытых каналов. Она представлена главным магистральным каналом МК-1, магистральным каналом второго порядка МК-2 или «Хвощеванский», сборными каналами ЗК-1, К-19, К-5, коллектором К-5-2, нагорно-ловчими каналами К-1, К-2, К-23, К-24. Верхняя часть мелиоративной системы, которая расположена по левую сторону от МК-2, представлена системой с выборочным осушением и предназначена для отвода избыточной влаги из отдельных понижений переувлажненных форм рельефа.

Часть системы, которая находится в верховьях между МК-2, землями Гослесфонда и каналом К-19, оборудована регулирующими подпорными гидротехническими сооружениями, которые обеспечивают задержание продуктивных запасов воды в весенний период и после выпадения летних дождей путем предупредительного шлюзования.

Территория Сарненской опытной станции и прилегающие к станции земли представляют собой живописный полесский уголок с нетронутой природой, полями и лесами, березовыми рощами, заболоченными участками, сетями мелиоративных каналов и осушительными системами.

Большие лесные площади покрыты зарослями ягодных растений, черники и брусники, на моховых болотах – клюквы и голубики. На влажных местах растет ольха. Вокруг г. Сарны растут сосновые и дубовые леса, встречаются островки осины, заросли орешника, малины. Искусственные леса образованы на песчаных холмах и сугробах, которые находились в северной части города.

Для района станции присущи многочисленные водоемы, которые образовались в карьерах после добычи торфа. В этих водоемах водится рыба.

Реки Горынь и Случь протекают с юга на север. Левые берега рек высокие, правые – низкие. Во время наводнений и паводков реки выходят из берегов, вода поступает на пойму и заливают луга.

Город Сарны строился на заболоченной лесистой местности. Об этом свидетельствуют названия улиц Боровая, Березовая, которые сохранились со времен основания поселка Торфова. Застройка велась в сложных условиях, требующих рытья осушительных каналов, устройства насыпей, корчевания леса и кустарников. Болото подходило к самой железнодорожной станции, тянулось вдоль улицы Широкой. Также болото лежало на месте парка, который был заложен в первые годы XX в.

Таким образом, осушительные системы являются неотъемлемой и важной составляющей речных бассейнов.

15.3. Наводнения и затопление территорий

В отдельные периоды на реках Полесья наблюдаются наводнения, которые существенно дополняют увлажнение, приводят к разливу рек, длительному затоплению и подтоплению больших площадей сельскохозяйственных угодий и населенных пунктов, обуславливают чрезвычайные ситуации, наносят большие материальные убытки, иногда уносят человеческие жизни. Частые затопления и чрезмерные переувлажнения также наблюдаются на бессточных территориях, в зонах перекрытия природных стоков воды искусственными насыпями, при подпорах воды в районе гидротехнических сооружений, мостов, рыболовных или бобровых плотин и т. д. [2, 3, 9–11, 13, 14, 17–36].

В бассейнах полесских рек затопление и подтопление территорий наблюдаются в многоводные годы в периоды после таяния снега и выпадения сильных дождей. Весеннее половодье проходит ежегодно. Наибольшие половодья формируются в условиях одновременного снеготаяния и выпадении дождей. Сильные половодья на р. Припять и значительные затопления местности наблюдались в 1845, 1877, 1886, 1888, 1889, 1895, 1907, 1924, 1931, 1932, 1934, 1940, 1956, 1958, 1966, 1970, 1999, 2010 гг. [9, 10, 31, 33, 36]. Очень большое половодье имело место в 1845 г. Расход воды в реке Припять на гидрологическом посту Мозырь составил 11000 м³/с, что считается возможным один раз в 800 лет.

Средняя высота весеннего половодья над минимальным летним уровнем составляет 3,5–4,5 м на р. Припять, 1,5–3,0 м – для левобережных притоков и 1–2,5 м – для правобережных. Продолжительность стояния воды на пойме около 1–2 месяцев. Продолжительность половодья существенно зависит от длины реки, лесистости, заболоченности и закарстованности водосборов. Она составляет 40–80 дней.

Дождевые паводки разрушительного характера на Полесье наблюдаются 1 раз в 4–6 лет. По величине стока и высоты уровня воды всего бассейна Припяти они преимущественно меньше, чем тало-снежные наводнения. В то же время возникновение поверхностного стока на Полесье возможно 15–20 раз в год. Дождливые периоды продолжаются (с перерывами) по 2–3 месяца.

Сильные дождевые паводки в бассейне р. Припять наблюдались в 1948 (июль-август), 1955, 1965 (июнь-июль), 1969 (июнь-август), 1974 (октябрь-ноябрь), 1980 (июнь-август), 1993, 1998 гг. (июнь-июль). На малых реках иногда во время оттепелей наблюдаются зимние наводнения. Зимой высокие наводнения имели место в периоды с дождями в 1948, 1982, 1986, 1989, 1998 гг.

Переувлажнение земель и заболачивание массивов Полесья обусловлены комплексом природных факторов, среди которых основное значение имеют большие атмосферные осадки (600–800 мм/год), малое испарение (500–700 мм/год), слабая естественная дренированность и относительно малая протяженность каналов и речной сети на территории, а также равнинный характер, особые геологические, гидрогеологические и почвенные условия.

После аварии на Чернобыльской АЭС и загрязнения радионуклидами значительных территорий Полесья в 1986 г. прохождение наводнений обуславливает усложнение радиологической обстановки на отдельных реках, а также на днепровских водохранилищах в результате смыва и вынесения радионуклидов с поверхностным стоком.

Паводковые воды разрушают мелиоративные осушительные системы, в частности польдеры.

Наводнения возникают главным образом весной вследствие таяния снегов и выпадения весенних дождей. Однако наводнения случаются и летом, а иногда осенью и зимой во время сильных ливневых и длительных интенсивных дождей. В целом они носят длительный и спокойный характер.

Модули стока талых вод достигают 1000 л/с·км² при значительной гидрографической сети (например, вблизи с. Головесни) и 20 л/с·км² – на водосборах с высокой мозаичностью бессточных понижений (например, в районе г. Остра).

К примечательным особенностям полесских наводнений принадлежит очень большая их продолжительность. Пойма р. Припять затапливается в среднем на 80–110 дней, а в отдельные годы до 180 дней. Площадь затопления поймы при 1%-ной обеспеченности уровня наводнения составляет 579 тыс. га, при 5%-ной – 550, при 10%-ной – 487, при 25%-ной – 404, при 50%-ной – 197 тыс. га.

Наводнения и затопления на Полесье наблюдаются довольно часто. В XX веке на территории Украинского Полесья произошло более 40 наводнений. Особенно значительные весенние наводнения произошли в 1924, 1932, 1949, 1954, 1955, 1956, 1966, 1967, 1976, 1979 гг. Большие, главным образом летние дождевые паводки прошли в 1913, 1948, 1955, 1965, 1969, 1974 (осенний паводок), 1980, 1993, 1998 гг.

Обобщенные статистические материалы о величинах атмосферных осадков и уровней воды во время наводнений (в частности, дождевых) на реках Правобережья Припяти приведены в таблицах 15.1, 15.2 [18].

Таблица 15.1

Количество осадков в периоды формирования высоких паводков на реках Правобережья Припяти

Периоды формирования паводков, месяц, год	Количество осадков по областях, мм			Среднее многолетнее количество осадков, мм
	Волынская, Львовская	Ровенская, Хмельницкая	Житомирская, Киевская	
7-8.1913	190-420	190-340	200-250	150-155
6-7.1948	230-450	210-350	250-430	155-160
6-7.1955	200-330	190-260	170-250	155-160
6-7.1965	170-250	160-200	180-290	155-160
6-8.1969	210-340	300-520	260-450	220-230
9-10.1974	210-270	165-220	140-160	85-95
7-8.1980	250-340	200-250	170-340	150-155
6-7.1993	220-350	240-310	260-380	155-160
6-7.1998	190-350	230-310	230-370	156-160

Таблица 15.2

Максимальные повышения уровней воды во время паводков на реках Правобережья Припяти

Паводковый период, (месяц, год)	Максимальные повышения уровней воды (м) на реках			
	Припять (верховья)	Турия, Стоход	Стыр	Горынь, Случь
6-7.1948	0,6-1,0	0,6-1,1	1,6-3,2	1,7-4,5
6-7.1955	1,4-1,5	1,5-2,1	2,0-4,4	2,0-3,3
6-7.1965	1,2-1,4	0,9-1,2	1,6-3,0	3,0-3,5
6-8.1969	1,1-1,4	1,2-1,3	2,0-4,0	3,9-4,1
10-11.1974	1,9-2,4	1,5-2,2	2,4-4,5	3,6-3,8
7-8.1980	1,9-2,1	1,6-2,2	2,3-3,0	3,7-4,1
6-7.1993	1,4-1,6	0,9-1,3	1,9-2,4	3,8-4,1
6-7.1998	1,3-1,9	1,1-1,6	2,2-3,4	3,6-3,8

Статистическая частота затопления заводей на реках в бассейне Днестра составляет 80 % числа лет, а в бассейне Припяти – 85 %. Например, пойма реки Горынь за 39-летний период затапливалась 22 раза.

В дождливом стоке рек, например Стыр и Горынь, прослеживается 7-летняя цикличность его максимумов. Ниже приведена статистика различных по масштабам проявлений затопления, подтоп-

ления, наводнения, паводков, переувлажнения на территории Полесья в 1886–2016 гг., которая составлена по результатам обработки научных публикаций и периодики [1–3, 9–15, 17–23, 25–28, 30–33].

Наводнение на реках Полесья в 1886 г. По заявлению министра сообщения путей очень большое наводнение наблюдалось на реках Горыни, Припяти, Случи. Наводнение нанесло большой ущерб.

Наводнение на р. Горынь в 1913 г. Сообщение о наводнении содержится в рапорте начальника округа сообщения путей.

Половодье весной 1970 г. На Полесье сформировалась высокая водность от снеготаяния, которая существенно увеличилась в результате весенних дождей. В отдельных районах норма атмосферных осадков за апрель-май была превышена в 2,2 раза. Обеспеченность максимумов половодья составила 5–10 %. Половодье носило региональный характер. Наблюдалось большое и длительное затопление земель на поймах полесских рек. Затоплению подверглись десятки городов и многие сотни деревень.

Дождевое наводнение осенью 1974 г. На Полесье прошли сильные дожди. В период с 20 сентября по 10 октября на территории водного бассейна Западного Буга и верховьев Припяти выпало 250–300 мм осадков, то есть 5–6 месячных норм. Обеспеченность атмосферных осадков составила около 1,2 %, то есть такие осадки наблюдаются примерно 1 раз в 80 лет. Вследствие сильных дождей на реках сформировались высокие уровни воды. Например, на р. Горынь (г. Речица) вода поднялась на 2,8 м. По масштабу паводок почти совпадал с крупнейшими весенними наводнениями.

Сильные дожди и паводки на реках нанесли большой ущерб сельскому хозяйству. Затопление земель на речных поймах продолжалось почти 4 месяца, в отдельных местах вода стояла до середины следующего лета. Подверглись затоплению многочисленные населенные пункты. Упало много опор линий связи и электропередачи. Наводнения приостановили работы по осушению заболоченных земель в верховьях Припяти, к выполнению которых в 1974 г. приступил трест «Волыньводстрой».

Паводок на реках северо-западных районов Украинского Полесья 19–23 июля 1980 г. На упомянутой территории выпали сильные ливневые дожди: до 60–75 мм в сутки и до 240 мм за 5 дней. В нижней части рек Горынь и Стыр возникли сильные разливы.

В результате наводнения претерпело затопление много сельскохозяйственных угодий и населенных пунктов. Некоторые деревни оказались отрезанными от других сел и районных центров. К ним можно было добраться только водным путем.

Зимнее наводнение 1980–1981 гг. В начале зимы потеплело, начали таять снега, потом выпали сильные дожди. Талая вода быстро стекала по ледовой корке. На реках наблюдались две последовательные волны подъема уровней воды: одна от таяния снега, вторая – от дождей. На р. Горынь (г. Речица) общий подъем уровня воды достиг 2,2 м. Наводнение привело к большим затоплениям земельных угодий населенных пунктов. Не было возможности вывоза заготовленного на зиму сена, которое полностью или частично было утрачено.

Затопление и подтопление территорий на Западном Полесье 25–31 июля 1993 г. На территории Полесья 25–26 июля прошли интенсивные дожди, которые сопровождались сильным ветром. За 2 дня выпала месячная норма дождя. Вышли из берегов реки, подверглись затоплению значительные территории. В Ровенской области наводнение охватило Сарненский, Дубровицкий, Рокитновский, Березновский и Костопольский районы, в Волынской области – Рожищенский, Киверцовский, Ковельский и Маневицкий районы, которые лежат в бассейнах рек Стыр и Стоход. В Киевской области большое наводнение наблюдалось на р. Уж.

Наводнение нанесло серьезный ущерб сельскому хозяйству. В Ровенской области было затоплено около 50 тыс. га посевов, 15 000 дворовых участков. Полегло около 10 тыс. га зерновых, 3 тыс. га льна. Град уничтожил 22 тыс. га зерновых. Пострадали картофельные поля, которые служили основными центрами поставки семян картофеля для многих районов Украины. Убытки нанес также сильный ветер, который свалил много деревьев и опор линий электропередачи. Погибло 2 жителя села. Убытки составили 300 млрд руб. В Киевской области наводнение нанесло ущерб на сумму около 150 млрд руб. На р. Уж увеличился уровень загрязнения воды радионуклидами.

Наводнение на реках Горынь и Случь летом 1998 г. В июле прошли сильные дожди, поднялись уровни воды в реках. В Дубровицком районе Ровенской области подверглись затоплению сельскохозяйственные угодья на площади 1976,8 га, в том числе 685 га пастбищ, 892 га сенокосов, 322 га зерновых культур, 39,5 га домов, 17 га кукурузы, 5,3 га овощей, 15 га картофеля. В индивидуальном секторе затоплены огороды на площади 731,4 га, пастбища и сенокосы – 64,5 га.

Весенние наводнения на Западном Полесье в 1999 г. В начале марта 1999 г. обширные наводнения наблюдались на Ровенском и Волынском Полесье. В Ровенской области вышли из берегов реки Случь, Горынь, Устья. Отметка воды на р. Случь достигла 5,99 м. Подверглись затоплению 86 насе-

ленных пунктов, 423 дома, 2021 усадьба, около 15 тыс. га посевов озимых культур и многолетних трав, отселены 911 жителей и более 1000 животных. Больше всего пострадали села Дубровицкого района: Бережки, Колки, Заслущье, Висоцик, Переброды, Будымля, Смородск. В с. Заслущье были затоплены 60 жилых домов, 54 – подтоплены, затоплено 90 и подтоплено 231 хозяйственное здание. В ночь с 8 на 9 марта в с. Колки покинули дома 77 человек, в с. Порубки – 47. В хозяйстве с. Колки затоплены 350 га из имеющихся 744 га пахотной земли, практически вымокло 100 га ржи и 15 га озимой пшеницы.

Наводнения на Волынском Полесье в 1999 г. В поречье Стохода и Припяти в пределах Ратновского, Камень-Каширского, Люблянского и Любешовского районов Волынской области наблюдались разливы рек, затопление выпасов и сенокосов и многих сел. Повышенные уровни воды в Припяти наблюдались с августа 1998 г.

Среди причин развития наводнений в этом регионе выделяют не только природные факторы (дожди), но и интенсивное зарастание русла рек и создание искусственных подпоры воды вследствие сооружения на реках сотен браконьерских плотин.

Частые паводки и выходы из берегов наблюдались на Западном Буге. В результате разлива на правом берегу вблизи с. Грабово Шацкого района возникла угроза изменения положения русла, которое служит границей между Украиной и Польшей. Русло реки стремится пройти таким образом, что около 500 га украинской земли может оказаться отрезанными от государства.

Наводнение на р. Припять в марте-мае 1999 г. в районе зоны отчуждения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. На водосборах верхней Припяти зимой сформировались повышенные снежные запасы. Половодье началось 4–5 марта. Уровни воды в реке поднялись на 1,5–2,0 м. Максимального значения уровни достигли 3 апреля. Расходы воды во время пика наводнения составляли 2800–3000 м³/с. Они были самыми большими с момента прохождения большого наводнения 1979 г. (во время наводнения 1979 г. расходы воды составляли 4500–4700 м³/с). По величине наводнение 1999 г. относится к наводнениям, которые повторяются 1 раз в 8–10 лет.

Расходы твердого стока на р. Припять составляли в основном 300–500 г/м³ при максимальных значениях 3–5 кг/м³. Скорость течения воды в реке достигла 2,0–2,5 м/с.

В результате наводнения произошло затопление территории поймы от границы с Республикой Беларусь до Семиходовского старика в 80-километровой зоне отчуждения. Для предупреждения развития затоплений на пойме в аварийном режиме была построена временная насыпь, наращена существующая (1993 г. строительства) дамба. Наводнение обусловило значительный смыв радионуклидов с поверхности поймы в реку. Вследствие больших объемов стока и разбавления содержание радионуклидов в реке и днепровских водохранилищах не превышало заданных уровней контрольных концентраций и соответствующих нормативов.

31 мая 2002 г. В районном центре Барышевка Киевской области зафиксировано 104 мм осадков. Подверглись затоплению низинах города, парк, отдельные огороды.

В апреле 2003 г. Наблюдались половодья на реках Десна, Сейм, Снов. Паводковые воды отрезали села Бирино (972 жители), Подгорное (14 жителей), Прокоповка (162 жителя). Необходимые перевозки осуществляли моторными лодками.

7–9 июля 2003 г. В полесских районах Житомирской и Ровенской областей прошли интенсивные осадки. Вода залила низины. Местами на огородах пострадали посадки картофеля.

В середине апреля 2004 г. В Черниговской области весеннее половодье охватило 21 населенный пункт. На Днестре паводковыми водами окружены 12 сел, в том числе Мнёв, Радуль, Новоселки, Суслонка, Кукари, Плехтиевка. В Мнёве размыто дорогу. На улицах села Радуль стояла вода. Перевозки людей и доставку продуктов осуществляли на моторной лодке. В Новоселках разлив воды охватил 60 домов. Во многих домах вода поднялась до уровня пола. На Десне вода не вышла из берегов, но окружила села Бирино, Прокоповку, Подгорное Новгород-Северского района.

28–30 марта 2006 г. В поселке Квасилов Ровенского района Ровенской области в результате таяния снега и дождей и наводнения на р. Устье подверглись подтоплению 26 частных домов на улицах Тихой и Набережной. Возникла угроза подтопления подвалов 7 многоэтажек и 83 домов на отрезке трассы Киев – Чоп возле с. Колоденка. Для защиты от затопления сводный отряд спасателей МЧС проводил откачку воды в р. Устье с помощью мотопомп и пожарной насосной станции.

В районе г. Березно на р. Случь резко поднялись уровни воды, вследствие чего была затоплена пойма. На одном из образованных островов на расстоянии около 30 м от берега оказалось трое мальчиков, которые поехали на велосипедах в местную березовую рощу заготавливать сок. Спас детей 63-летний пенсионер, который на повозке добрался до острова и доставил их на сушу.

18 апреля 2006 г. В г. Луцк подверглась затоплению часть территории Центрального парка культуры и отдыха им. Леси Украинки, который находится на пойме р. Стир. В воде оказался дет-

ский городок. В парке находятся защитные инженерные системы (дамба, дренаж), но бывшая болотистая местность время от времени испытывает подтопления.

20 апреля 2006 г. В Черниговской области наблюдались половодья на реках Днепр и Десна. На р. Днепр у гидропоста Неданчичи зарегистрирована отметка уровня воды 634 см. Местами паводковые воды затопили прилегающие к рекам участки дороги. Уровень воды на отдельных участках поднялся на 60–120 см. Вода охватила и отрезала от райцентров и другие населенные пункты – 27 сел (Бирино, Прокоповка, Подгорное, Малый Дырчин, Родуль, Карп, Лысая Гора, Сосница, Пекарев, Малое Устье, Большое Устье, Загребелье, Гапишковка, Яклычи, Спасское и др.).

17–20 июля 2006 г. В Житомирской области вблизи с. Игнатполь прорвало плотину пруда Овручского лесхоза, расположенного на р. Жерев. В результате сильных дождей, выпавших за короткое время, уровень воды в реке поднялся на 80 см. В результате прорыва подверглись затоплению более 70 га земель, принадлежащих жителям с. Игнатполь. Потоки воды размывли участок дороги Житомир – Овруч. Убытки от прорыва ставка оценены в 207 тыс. грн.

1–31 августа 2006 г. В Волынской области в августе 2006 г. выпало 216 мм осадков при норме около 60 мм. В Шацком районе выпал 291 мм, Любешовском – 250 мм. Уровни воды в верховье реки Припять, в реках Выжевка, Турья, Стоход, Стыр за время летнего паводка превысили показатели весеннего половодья 2006 г., в р. Западный Буг – достигли максимального многолетнего. Вследствие длительных и сильных дождей и наводнений подверглись затоплению и переувлажнению значительные площади в Шацком, Ратновском, Любешовском, Камень-Каширском, Старовижевском и других районах области – 44,2 тыс. га. Особенно угрожающая ситуация сложилась в Ратновском районе. В этом районе потерпели убытки от затопления 6250 га посевов. Из-за переувлажнения почвы 40 % урожая зерновых и других сельхозкультур в коллективных агроформированиях района погибло. Более 50 % сельских полей находились под водой. Картофель и свеклу приходилось выкапывать из-под воды. Сумма ущерба от стихии в Ратновском районе составила более 5 млн грн. Всего сельхозпроизводители Волынской области понесли убытки на сумму более 200 млн грн.

Для обеспечения пропуска паводка с минимальными негативными последствиями большой объем работ по водоотведению и защите от затопления провели водохозяйственные организации области. На мелиоративных осушительных системах, площади которых в области составляют 456 тыс. га, вовремя были подняты затворы гидротехнических сооружений для беспрепятственного стока воды. Включены 20 насосных станций, которые обеспечили перекачки паводковых вод из переполненных водой мелиоративных каналов в объеме 24 млн м³. Часть стока р. Припять перебрана в Беларусь с помощью Днепро-Бугского канала. 2 сентября в Любешовском районе, который существенно пострадал от стихийного бедствия, побывал первый заместитель председателя Верховной Рады Украины Адам Мартынюк, который вместе с руководством области провел совещание по поводу ликвидации последствий затопления. Несколько улучшил гидротехническую ситуацию в регионе сухой и теплый сентябрь. В то же время важная роль по обеспечению защиты от вредного воздействия вод в полесских районах принадлежит мелиоративным системам и мероприятиям.

21–31 января 2007 г. Началось наводнение в верховье р. Припяти. Подверглись затоплению сельхозугодья в Ратновском и Любешовском районах Волынской области.

15 марта 2007 г. В Черниговской области возникли очаги затопления в результате наводнения на р. Десна. Осложнилось транспортное сообщение между отдельными населенными пунктами. Прервана связь между селами Бирино, Подгорное, Прокоповка, райцентром Новгород-Северский. Прекратила функционирование паромная переправа на Десне, которая обеспечивала сообщение с селами Пекарев, Кнуты, Костырев, Синютин и райцентром Сосница.

2–3 июня 2007 г. В Волынской области наблюдались сильные дожди, ураганы и смерч. В г. Владимир-Волынский 2 июня за 3 часа выпали 82 мм осадков при месячной норме 76 мм. В отдельных домах подтоплены подвалы. В г. Кварц над южной его частью пронесся смерч. Повреждено 7 многоэтажных и 60 частных домов, линии электропередачи. Уничтожено 3 га леса местного лесхоза. Сумма убытков – около 300 тыс. грн.

12 июля 2007 г. В Житомирской, Волынской, Ровенской, на севере Хмельницкой и Тернопольской областей выпала двух-трехмесячная норма осадков. Например, в Маневичах и Любешове Волынской области три дня шел ливень. Вода залила сельхозугодья на значительных площадях («Голос Украины», 2007, 13 июля). В агропромышленной корпорации «Заря» Ровенского района Ровенской области выбиты градом и вымочены дождями 400 га площадей рапса. Хозяйство понесло убытки на сумму 2 млн грн. Урожай рапса уменьшился до 18–20 ц/га против прогнозируемых 40–45.

14–15 июля 2008 г. В Волынской и Ровенской областях прошли сильные дожди, грозы, затяжные ливни со шквальным ветром. В г. Луцк на протяжении двух дней выпало более половины месячной нормы осадков. В Волынской области больше всего пострадали Гороховский, Киверцовский, Ко-

вельский и Луцкий районы. Местами уничтожены зерновые, существенно повреждены сельхозкультуры. Чрезмерная влажность почв сделала невозможным выход на поля уборочной техники. В Ровенской области пострадали Сарненский, Костопольский, Дубновский, Демидовский, Радивилловский районы. В Демидовском и Радивилловском районах уничтожено около 1200 га сельхозугодий.

10–20 сентября 2008 г. В Волынской и Ровенской областях во второй декаде сентября прошли затяжные дожди. В г. Луцке выпали 2-месячные нормы осадков, по области в целом – 1,5 нормы, в г. Сарны – 1,5 нормы, в г. Ровно – 2 нормы, в г. Дубно – 2,5 нормы. Дожди прошли после сильной жары. 7 сентября температура достигла рекордной отметки – 33,1° С. Уровень воды в реках Западного Буга поднялся на 2,2 м, Припяти – 0,2 м. На р. Стоход вблизи г. Любешов наблюдался выход воды на пойму. Переувлажнение почв резко осложнило сбор урожая поздних сельскохозяйственных культур и сев озимых. Для защиты территорий от затопления и подтопления обеспечена работа дренажных насосных станций на мелиоративных системах-польдерах: 10 – в Любешовском районе, 2 – в Ратновском.

10–11 января 2010 г. В северных регионах Украины ночью наблюдались дожди, мокрый снег и порывы ветра. Обесточены 218 населенных пунктов, в частности в Волынской – 75, Ровенской – 24, Житомирской – 92, Черниговской – 53. Вследствие дождей и оттепели подверглись затоплению улицы многих населенных пунктов.

30 марта 2010 г. В Волынской и Ровенской областях сложилась сложная гидрологическая ситуация. Талые и тало-дождевые воды обусловили подъем уровней воды в реках и мелиоративных каналах и подтопление сельскохозяйственных угодий на площади более 100 тыс. га. В Волынской области подверглись подтоплению территории низовьев 11 населенных пунктов, в зону затопления попало 84 усадьбы Ратновского, Любешовского и Маневичского районов. В райцентрах Любешов и Камень-Каширский началось подтопление хозяйственных зданий и жилья реками Стоход и Цир.

1–2 января 2011 г. В Волынской области после длительных дождей и снега, которые выпали в ноябре и декабре 2010 года, поднялись до критических отметок уровни воды в реках. Вода вышла на поймы, наблюдалось зимнее половодье. Толщина снежного покрова в области составила около 20 см.

20 января 2011 г. На Волыни наблюдалось наводнение. Затоплению подверглись территории Ратновского, Камень-Каширского, Маневичского и Любешовского районов. На всех реках области поднялись уровни воды с выходом ее на поймы. На реках Припять, Стоход, Стыр и Турия вода поднялась до критических отметок. Подверглись затоплению 22 тыс. га территории, из них 2,2 тыс. га сельскохозяйственных угодий, 380 приусадебных участков, 25 хозяйственных построек, 2 жилых дома.

21 января 2011 г. В Волынской области наблюдались оттепель и дожди. На р. Припять существенно на (85 см) поднялся уровень воды, который превысил критическую отметку на 56 см. Подверглись затоплению 1084 приусадебных участка и 31,6 тыс. га территории, из них 14,8 тыс. га сельскохозяйственных угодий.

21 января 2011 г. В Ратновском районе Волынской области затоплены 979 приусадебных участков и более 4 тыс. га сельскохозяйственных угодий. В поселке Заболотье наводнение вызвало угрозу местном кладбищу.

27 января 2011 г. В Ратновском районе Волынской области затоплено 17 350 га территории, из них 7823 га сельскохозяйственных угодий, 975 приусадебных участков. Больше всего вреда пришлось на Заболотье. В Ратно на р. Припять образовался ледовый затор, который был оперативно ликвидирован. В с. Подгорье возникла угроза прорыва водозащитной дамбы. Местные жители в течение двух дней укрепляли дамбу мешками с песком. Работало 40 повозок. Районное управление водного хозяйства передало 400 мешков с песком. В с. Залухов паводковая вода прорвала водозащитную дамбу. Прорыв в дамбе ликвидировали в течение 3 дней. На ликвидации прорыва действовали работники службы водного хозяйства, спасатели и местные жители.

15 февраля 2011 г. В Волынской области продолжалось зимнее наводнение. На р. Стоход зафиксировано превышение исторического уровня воды на 2 см. В районе поселка Любешов вода достигла относительной отметки 300 см. На реке появилась шуга, образовались заторы льда. В Любешове вода вплотную подошла к домам на его окраине (ул. Чкалова).

1 июня 2012 г. На Волыни в Камень-Каширском районе горели торфяники. Очаги горения находились вблизи сел Выдерта и Стобыховка. Общая площадь пожаров 3,5 га. Для тушения использовалась вода реки Цир, которая подавалась с помощью пожарных рукавов на расстояние около 700 м. Техника тушения заключалась в затоплении очага горения. Считают, что причина возгорания заключается в разжигании пастухами ночью огня для обогрева.

8 июля 2012 г. В Маневичском районе Волынской области прошли грозовые дожди с градом и ветром, которые нанесли ущерб полям и огородам, повредили кровли 37 домов.

1–10 апреля 2013 г. В Волынской области зоны затопления и подтопления образовались в 9 населенных пунктах, в частности в Луцком районе – 2, в Любешовском – 2, Иваничевском, Ковельском, Камень-Каширском, Маневичском и Турийском – по 1. В зоне затопления и подтопления попало более 5 тыс. га сельскохозяйственных угодий. В Ровенской области наблюдались затопления и подтопления территории в городах Кузнецовск, Костополь и пгт. Владимирец, с. Заречное (более 40 домов).

8 апреля 2013 г. В Волынской области продолжалось половодье и рост уровня воды в реках. Местами наблюдалось затопление территорий. Подверглись затоплению 6 хозяйственных построек в селах Пожог и Зарика Любешовского и в селе Рознички Маневицкого районов, а также сельскохозяйственные угодья и сенокосы на площади 561 га. Защиту территорий от затопления обеспечивает работа мелиоративных систем, которые отводят поверхностные воды самотеком или с помощью откачки через сеть открытых каналов и рек. Всего в области в то время периодически работало 27 насосных станций.

12 июня 2013 г. В Волынской области после выпадения в течение последних четырех недель 2–3 месячных норм осадков и более в подтопленном состоянии находилось более 11 тыс. га сельхозугодий. Больше всего пострадали территории Ратновского района.

30 июля 2013 г. В Луцке и на прилегающих территориях наблюдался сильный дождь с порывами ветра. В Луцке в центре затопления оказалась улица Дубновская. Подверглись затоплению подвалы жилых домов, территории 2 больниц (второй городской и областной детской). Ветер повалил много деревьев, которые местами перекрыли улицы. Вследствие затопления и завалов приостановилось движение автотранспорта. Всего в Волынской области обесточены 29 сельских населенных пунктов. Общая сумма убытков от затоплений в Луцке составляла 5,27 млн грн. По уровню убытков затопление квалифицировано как стихия областного значения.

1–5 июня 2014 г. Вследствие значительных атмосферных осадков подверглись затоплению территории Западного Полесья. Площадь затопленных и подтопленных сельхозугодий составляла около 10 тыс. га. На р. Припять вода вышла на пойму.

14 июня 2015 г. В результате сильного ливня подверглись затоплению улицы в г. Ровно.

22 августа 2016 г. В результате сильного ливня подверглись затоплению улицы в г. Луцк.

Результаты проведенных исследований показали, что территория Полесья относится к одному из наиболее уязвимых регионов относительно проявлений наводнений, паводков, затопления, подтопления, переувлажнения земель и вредного воздействия вод.

15.4. Особенности формирования стока рек Полесья в условиях осушительных мелиораций и возможных изменений климата

Осушительные мелиорации, выполненные на научной основе и с соблюдением всех технических условий, не вызывают истощения водных ресурсов. Сторонниками такого мнения стали многие зарубежные и отечественные ученые и практики. На основе обобщения результатов исследований по влиянию осушительных мелиораций на водный режим можно сделать следующие выводы:

– осушительные мелиорации по-разному влияют на водный режим рек в зависимости от климатических, почвенных, гидрогеологических, гидрографических условий водосбора, степени его заболоченности, типа болот, расположения и площади осушаемых торфяных болот и минеральных заболоченных земель: в одних случаях это влияние может быть незначительным, а в других проявляться достаточно определенно;

– в первые годы после осушительных мелиораций происходит некоторое увеличение годового и сезонного стоков, которое связано с уменьшением суммарного испарения и износом запасов избыточных вод, а в дальнейшем, учитывая интенсивность хозяйственной деятельности на мелиорированных землях, проходит внутригодовое перераспределение стока;

– максимальные расходы могут как увеличиваться, так и уменьшаться, что в значительной степени зависит от типа осушаемых территорий (торфяные или минеральные почвы) и их расположения; в свою очередь, минимальный и меженный стоки в условиях одностороннего нерегулируемого осушения обычно значительно увеличиваются, а сток рек при осушении низинных болот также может значительно увеличиваться за счет дополнительного притока грунтовых вод [14].

В настоящее время наблюдения за речным стоком непосредственно на осушаемых территориях отсутствуют. Имеющиеся данные о водности рек учитывают интегральный сток со всей площади водосбора, включая как сток с осушаемых территорий, расположенных на некоторой части речного бассейна, так и сток с периферических минеральных суходолов. Если схема формирования речного стока с долинных болот еще в 60-е годы прошлого века была достаточно подробно изложена

В. В. Романовым и К. Е. Ивановым, то модель формирования стока из всего осушаемого водосбора при двустороннем регулировании влажности освоенных земель пока недостаточно раскрыта.

После проведения осушительных мелиораций на водосборах частично изменяются условия формирования речного стока. В таблице 15.3 приведены факторы и условия, способствующие изменению речного стока на водосборах в сторону как увеличения, так и уменьшения [13].

Таблица 15.3

Факторы, влияющие на изменение речного стока

В сторону увеличения	В сторону уменьшения
отвод воды с территории сетью каналов и дрен	перекрытие каналов шлюзами-регуляторами
спрямление и углубление водоприемников и русел рек	снижение водопроницаемости осушаемых торфяных залежей и потери поверхностного стока на заполнение аккумулирующей емкости отработанного слоя осушаемых торфяных залежей
привлечение сетью каналов стока с заболоченных замкнутых массивов	
увеличение уклонов поверхностных и грунтовых вод	потери на испарение с поверхности прудов и водохранилищ
уменьшение испарения с неосвоенных осушаемых участков	
дополнительный приток грунтовых и напорных вод через раскрытые каналами водоносные горизонты	расхождение пиков наводнений осушаемых частей водосборов и природных угодий
сброс вод, аккумулированных в болотах	потери стока на заполнение замкнутых понижений при торфоразработках
расчистка русел от растительности	

Необходимо дополнить, что влияние мелиораций на речной сток при осушении торфяных болот и избыточно увлажненных минеральных почв проявляется по-разному, например, водно-физические свойства минеральных почв, особенно тяжелых по механическому составу, в отличие от торфяников, меняются несущественно.

В результате осушения пойменных заболоченных земель меняются условия формирования речного стока с осушаемой площади, в то время как на суше, прилегающей к этой площади, они не вызывают существенных изменений, так как на склонах уровень грунтовых вод к проведению осушения обычно находится на значительном расстоянии от поверхности и именно поэтому его некоторое снижение не отражается на условиях формирования речного стока.

После отвода воды с территории, перед началом весеннего паводка, уровень грунтовых вод в поймах располагается ниже ее поверхности, чем до начала осушения, что способствует образованию некоторой аккумулирующей емкости. Имеющиеся в настоящее время результаты наблюдений за изменением влажности осушаемого торфяника на протяжении всего года показывают, что в периоды расположения уровня грунтовых вод на некоторой глубине от поверхности влажность почвы меньше полной влагоемкости и, как следствие, почвы способны впитать в себя определенное количество воды.

Следует отметить, что если летом поверхностные воды могут беспрепятственно проникать в торфяник до его полного насыщения, то зимой они промерзают на некоторую глубину, и это является большим препятствием для инфильтрации талых вод в почву, причем полное оттаивание торфяника происходит уже после прохождения пика паводка [16].

Результаты натуральных наблюдений на территории Украины и Беларуси показывают, что на осушаемых поймах с торфяными почвами поверхностный сток почти никогда не наблюдается (на торфяниках сток бывает только в годы со значительными снегозапасами и глубоким промерзанием почвы), в то время как на массивах с минеральными почвами речной сток присутствует. Обычно вода, сформированная на поверхности торфяников от таяния снега и выпадения осадков, постепенно инфильтруется вглубь, повышая уровень грунтовых вод. Итак, на осушаемых поймах с торфяными почвами поверхностный сток чаще всего поступает в каналы уже в виде грунтового, то есть происходит перераспределение стока.

По мере повышения уровня воды в магистральных каналах вода в коллекторах и боковой сети оказывается все более подпертой, что вызывает быстрый подъем уровня грунтовых вод и, наконец, в некоторые годы вода из открытой сети может поступать на территорию осушаемой поймы. После этого уровень грунтовых вод резко поднимается и почти на всех участках достигает поверхности поймы. В результате по мере снижения уровней в каналах вода освобождает осушаемую поверхность и уровень грунтовых вод благодаря наличию осушительной сети быстро снижается.

Речной сток в течение летней межени после осушения может несколько возрасти за счет возможного дополнительного притока подземных вод через раскрытые каналами водоносные горизонты и попусков воды, аккумулированной в прудах и водохранилищах, но в натуре увеличение речного стока часто выявить невозможно, так как в вегетационный период каналы нередко перекрыты шлюзами-регуляторами, которые создают искусственный подпор.

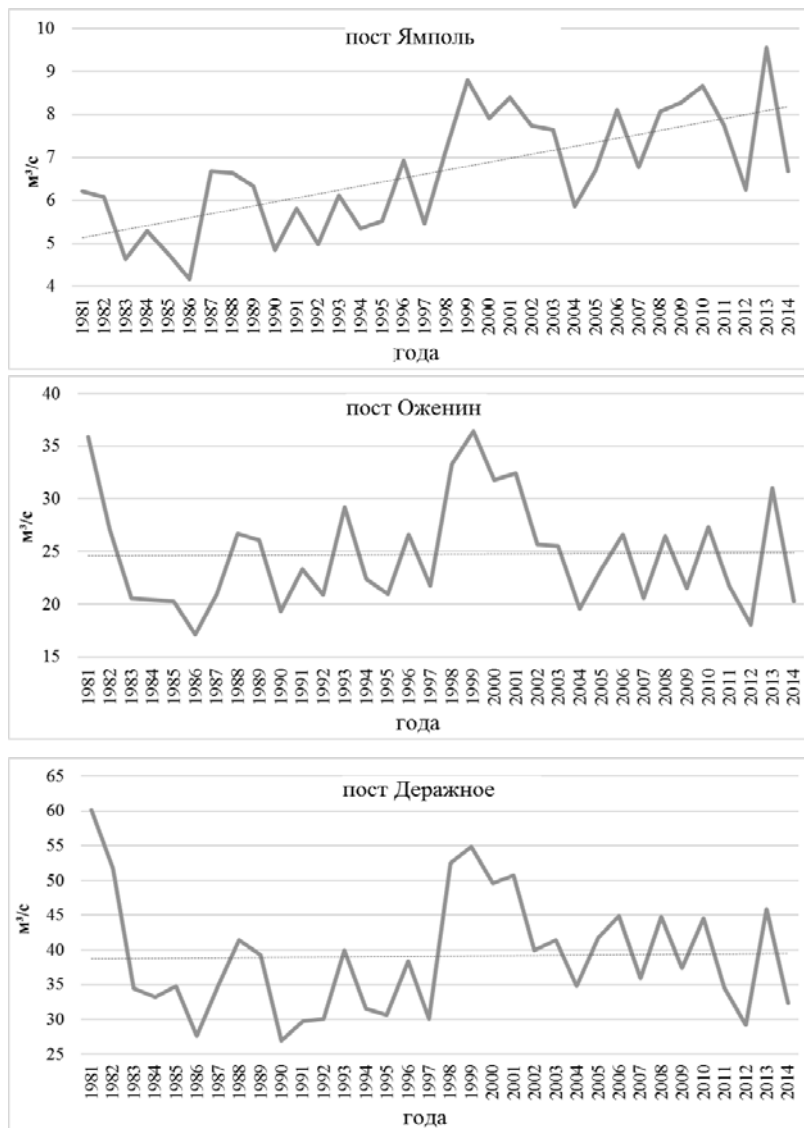


Рис. 15.6. Колебания среднегодового стока р. Горынь

На протяжении осени речной сток может увеличиваться за счет сброса воды, не использованной на увлажнение земель, с осушаемой территории при полном открытии всех шлюзов-регуляторов и дополнительного притока грунтовых вод через открытые каналами водоносные горизонты.

Годовой сток после осушения под влиянием испарения может не меняться, однако может увеличиваться и уменьшаться. В результате дополнительного притока подземных вод (привлечение речного стока сетью каналов и дрен из замкнутых понижений и блюдц) годовой сток водотоков обычно несколько увеличивается [14].

Также влияние на формирование речного стока оказывают влияние климатические характеристики. Дело в том, что учеными-климатологами наблюдается устойчивая тенденция глобального повышения температуры воздуха. Необходимо отметить, что глобальные изменения климата происходили всегда, но они носили естественный характер и были достаточно длительными. Те же гидрометеорологические процессы, которые наблюдаются в последние десятилетия и продолжают сегодня, являются результатом неупорядоченной и экстенсивной антропогенной деятельности всего человечества. В конечном итоге такая деятельность вызвала не только изменения водности рек, но и глобальные процессы трансформации климата.

По результатам наблюдений за климатическими характеристиками на метеопостах Сарны и Ровно, а именно за температурой воздуха (рис. 15.9) и за выпадением атмосферных осадков (рис. 15.10) построены графики их колебаний. По графикам колебаний температуры воздуха наблюдается четкая тенденция ее повышения. В свою очередь, выпадение атмосферных осадков имеет более стабильный характер, но с резкими пиками их увеличения и уменьшения. Только на станции Ровно отмечено повышение их выпадения, что связано с наличием развитой городской инфраструктуры, а также выбросами в атмосферный воздух от завода «РовноАзот».

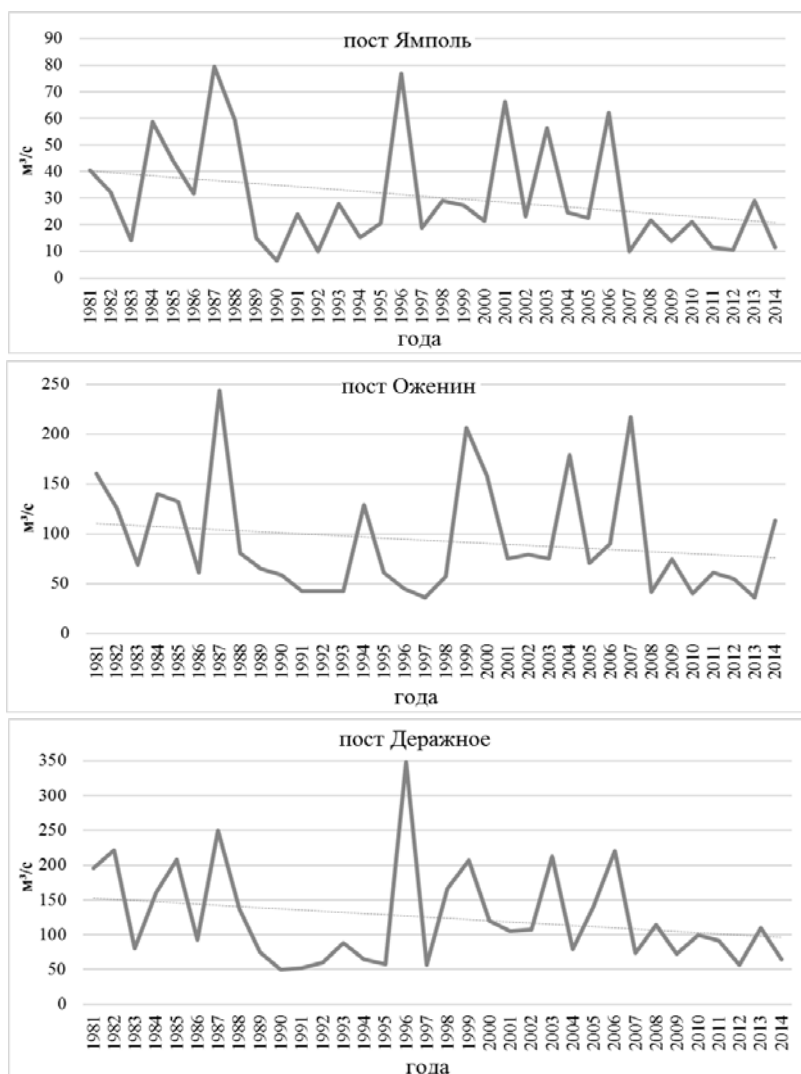


Рис. 15.7. Колебания максимального стока р. Горынь

Таким образом, при проектировании и эксплуатации водохозяйственных систем необходимо учитывать, что на речных водосборах осушаемых территорий высокие расходы паводков наблюдаются почти ежегодно, что наносит большой вред водохозяйственным объектам. Также нужно понимать, что в засушливые периоды величины максимального стока очень малы, поэтому при хозяйственном освоении территории требуется предусматривать мероприятия по увлажнению осушаемых земель.

Необходимо также отметить, что после проведения осушительных мелиораций сток весеннего половодья и паводков заканчивается несколько раньше, что, в свою очередь, способствует некоторому снижению значений посевных расходов воды. После осушения, в связи с регулированием уровня воды в каналах, проходит внутригодовое перераспределение речного стока, которое существенно влияет на минимальный сток и соотношение значений максимальных мгновенных и среднесуточных расходов воды.

Одним из важнейших факторов современных наблюдений является информация о форме земной поверхности, которая может использоваться в различных отраслях экономики, например в строительстве, экологии, водном хозяйстве. Данная информация имеет важное значение для понимания принципов движения воды на поверхности, а также влияния хозяйственной деятельности на изменение водности рек в том или ином районе.

В качестве исходных данных для геоинформационного моделирования речных бассейнов используются цифровые модели рельефа Shuttle radar topographic mission (SRTM) – радарная топографическая съемка большей части территории Земного шара, за исключением самых северных и южных широт, а также океанов.

SRTM имеет свои характеристики и предназначена для научного использования в сочетании с ГИС-технологиями и другими специальными программными продуктами.

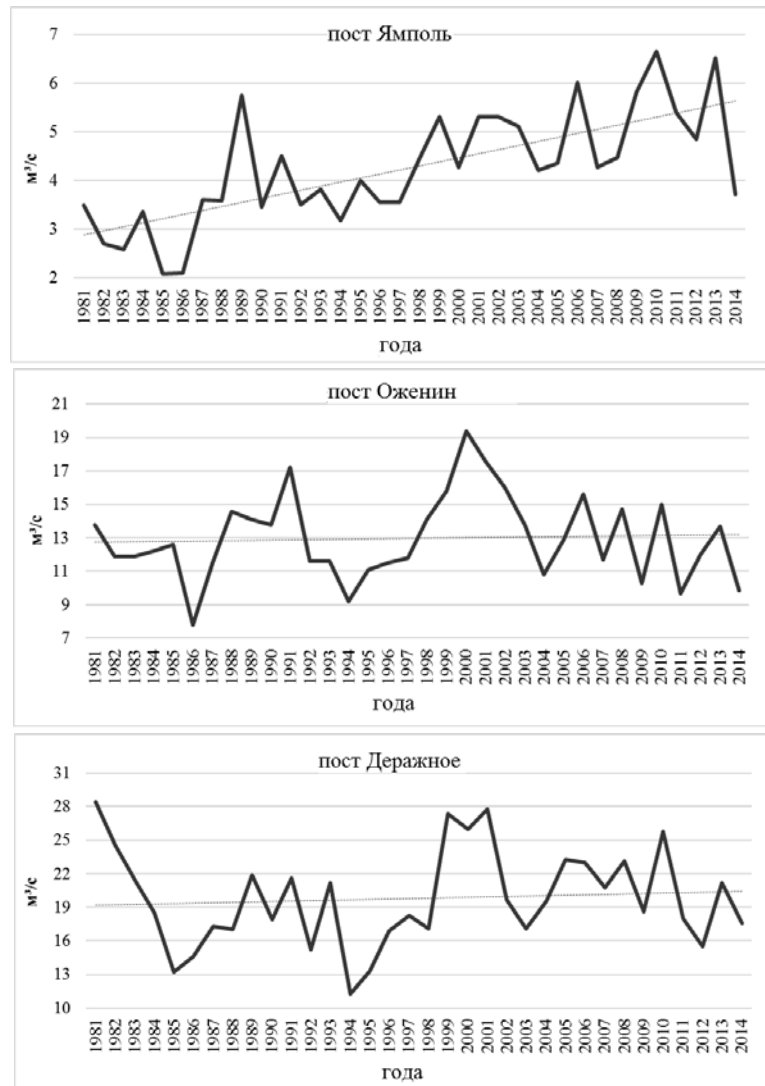


Рис. 15.8. Колебания минимального стока р. Горынь

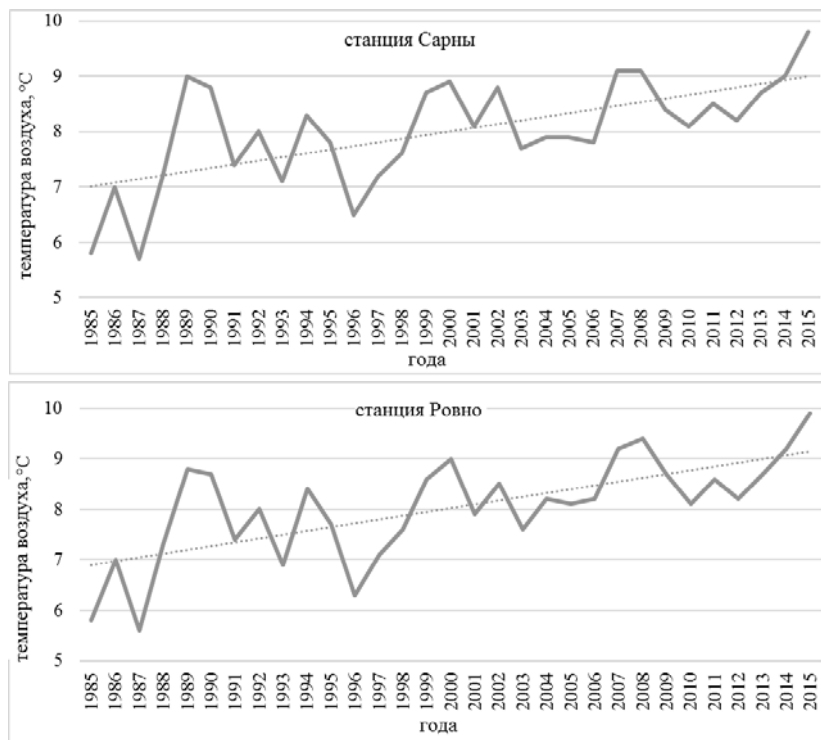


Рис. 15.9. Колебания температуры воздуха

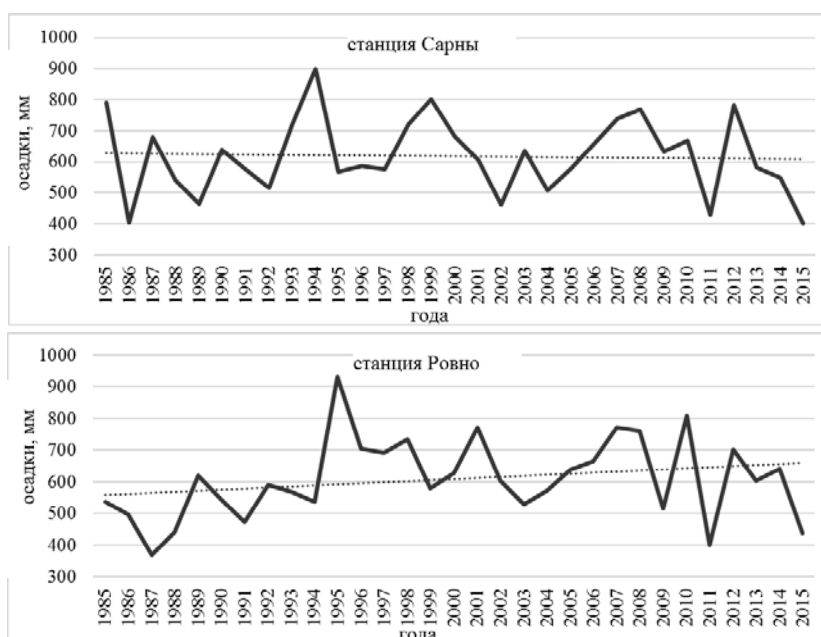


Рис. 15.10. Колебания атмосферных осадков

Для качественного описания и численного моделирования гидрологических систем в настоящее время разработано большое количество подходов и соответствующих математических моделей. Однако указанные подходы не имеют универсального характера и ориентированы на моделирование конкретных речных водосборов или отдельных процессов, которые формируют речной сток [34].

Для оценки современного состояния с помощью программных обеспечений Google Earth и ArcGIS был выполнен ряд операций по уточнению гидрографических характеристик бассейна р. Горынь (табл. 15.4).

Таблица 15.4

Основные морфометрические характеристики бассейна р. Горынь

Расстояние, км		Падение, м/км	
исток – пост Ямполь	72 (71)	исток – п. Ямполь	1,48
исток – п. Оженин	240 (223)	исток – п. Оженин	0,67
исток – п. Деражное	421 (379)	исток – п. Деражное	0,44
исток – п. Дубровица	594 (542)	исток – п. Дубровица	0,35
исток – устье	719 (659)	исток – устье	0,30 (0,33)
Коэффициент извилистости		Площади, км ²	
исток – п. Ямполь	1,31	к посту Ямполь	1411 (1400)
исток – п. Оженин	2,49	к посту Оженин	5937 (5860)
исток – п. Деражное	3,66	к посту Деражное	9246 (9160)
исток – п. Дубровица	2,96	к посту Дубровица	11917 (12000)
исток – устье	2,57		

Примечание: курсивом приведены уточненные характеристики, в скобках – официальные со справочников.

На первом этапе гидрологического моделирования строятся базовые морфометрические модели, характеризующие рельеф территории бассейна. Данные гипсометрические карты отображают высотные отметки земной поверхности (рис. 15.11).

По результатам высотного анализа было установлено, что абсолютно максимальная точка для бассейна р. Горынь (от истока к посту Дубровица) составляет 459 м БС, соответственно минимальная – 120 м БС.

Данные гипсометрические карты постепенно обрабатываются функциями гидрологического моделирования: заполняются понижение рельефа местности; определяется направление речного стока; выполняется построение растра аккумулятивного стока; идентифицируются линии водотока; определяются водотоки-звенья; присваивается порядок каждому звену сети речного стока; выполняется построение растра, содержащего контуры всех водосборных площадей [24].

В результате выполненного расчета по приведенному алгоритму строятся водосборные бассейны разного порядка для каждого элемента гидрологической сети на основе цифровой модели рельефа исследуемой местности.

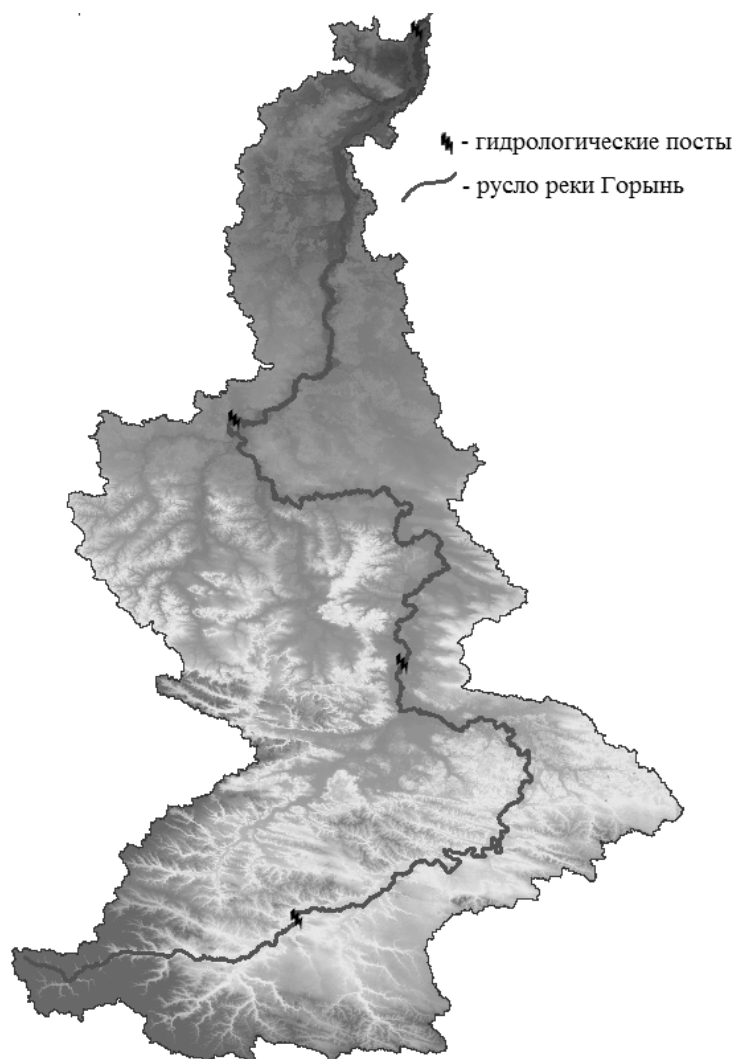


Рис. 15.11. Гипсометрическая карта бассейна р. Горынь (от истока к посту Дубровица)

Для лучшего отображения работы программного расчета на рисунке 15.12 приведен отдельный участок бассейна р. Горынь – от истока к первому гидрологическому посту Ямполь (отдельными цветами приведены суббассейны рассматриваемого бассейна).

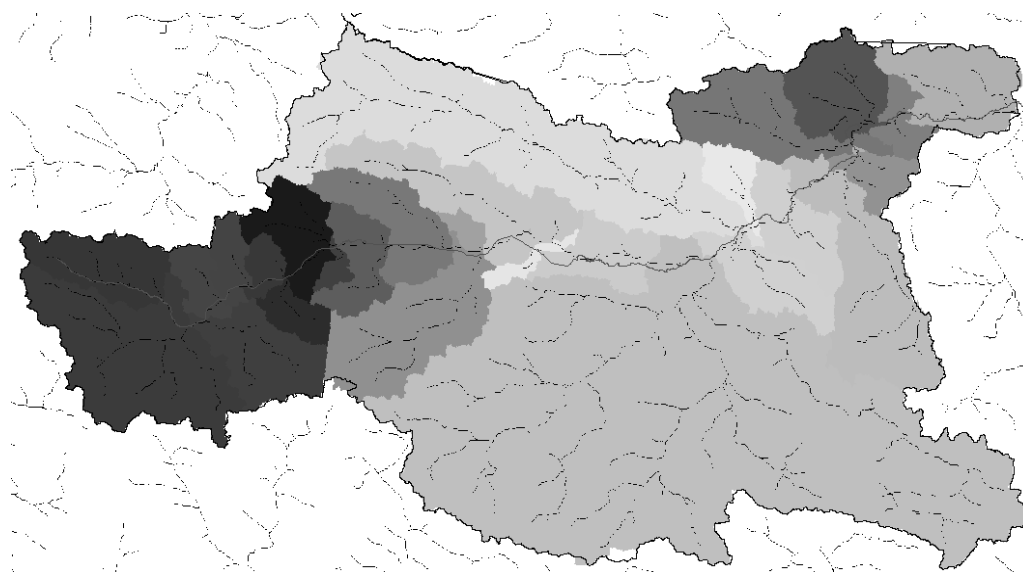


Рис. 15.12. Моделирование суббассейнов р. Горынь (исток – пост Ямполь)

Современные цифровые модели рельефа SRTM позволяют более точно и качественно выполнять комплекс гидрологических и морфометрических расчетов, так как в данном случае уточнены основные морфометрические характеристики бассейна р. Горынь. Необходимость применения данных цифровых моделей рельефа также обусловлена обновлением базы данных водного и земельного кадастров. До сих пор в справочниках, используемых для водохозяйственных расчетов, приведены данные, полученные на основе карт с масштабом 1:100 000, в то время как на основе SRTM можно строить карты с масштабами от 1:10 000 до 1:25 000.

Итак, осушительные мелиорации на фоне естественных колебаний климатических факторов и речного стока по-разному сказываются на годовом и межгодовом стоках, а также на максимальных расходах паводков и весеннего половодья в зависимости от климатических, почвенных, гидрографических, гидрогеологических условий речных водосборов, степени заболоченности и площади осушаемых земель на таких территориях. Поэтому для решения проблемы влияния осушительных мелиораций и возможных изменений климата на речной сток, получения количественной оценки его изменения, уточнения расчетных модулей стока, учета воды, используемой на водопотребление культурами, необходимо на осушаемых водосборах проводить регулярные наблюдения за всеми элементами водного баланса и климатическими характеристиками.

Литература

1. Алексеевский В. Е., Соловяненко Ю. И. К началу мелиоративных работ в верховьях Припяти // Гидротехника и мелиорация. – 1975. – № 11. – С. 98–102.
2. Альгерчик В. М. Земля и вода Полесья // Гидротехника и мелиорация. – 1979. – № 3. – С. 58–62.
3. Васильченко Г. В., Гриневиц Л. А. Опыт борьбы с наводнениями в СССР и задачи инженерной защиты от затоплений сельхозугодий в пойме р. Припяти // Проблемы Полесья. – Минск: Наука и техника, 1984. – Вып. 9. – С. 20–28.
4. Вергунов В. А. Сільськогосподарська дослідна справа в Україні від зародження до академічного існування: організаційний аспект. – Київ: Аграрна наука, 2012. – 416 с.
5. Використання меліорованих земель Рівненської області в сучасних умовах (інформаційно-довідковий посібник) / О. В. Скрипник [та ін.] ; ред. колегія: П. І. Коваленко [та ін.]. – Київ ; Рівне, 1997. – 123 с.
6. Вишневський В. І. Ріка Дніпро: Наукове видання. – Київ: Інтерпрес ЛТД, 2011. – 384 с.
7. Водне господарство в Україні / за ред. А. В. Яцика, В. М. Хорєва. – Київ: Генеза, 2000. – 456 с.
8. Водогрецкий В. Е. Антропогенное изменение стока малых рек. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 176 с.
9. Войцехович В. О., Лузан Л. І. Сучасні зміни максимального стоку річок Українського Полісся // Наук. праці УНДГМУ: Гідрометеорологічні дослідження в Україні. – Вип. 247. – Київ, 1999. – С. 125–134.
10. Войцехович О. В. Аналіз наслідків впливу водопілля 1999 р. на р. Прип'яті і водоохоронних заходів в зоні ЧАЕС на стан радіоактивного забруднення Дніпровської водної системи // Бюлетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. – 1999 (жовтень). – № 14. – С. 13–19.
11. Дрозд В. В. Водный режим половодья после мелиорации // Проблемы Полесья. – Вып. 7. – Наука и техника. – 1981. – С. 273–280.
12. Дрозд В. В., Ревера О. З. Река Припять. – Минск: Университетское, 1988. – 77 с.
13. Запольский И. А. Влияние мелиорации на водный баланс Украинского Полесья. – Київ: Наук. думка, 1991. – 168 с.
14. Каркуций Г. Н. Гидрологические аспекты осушительных мелиораций. – Київ: Наукова думка, 1982. – 158 с.
15. Ковальчук І. П., Павловська Т. С. Річково-басейнова система Горині: структура, функціонування, оптимізація : монографія. – Луцьк: РВВ «Вежа» Волинського нац. ун-ту ім. Лесі України, 2008. – 244 с.
16. Козловський Б. І. Вплив осушувальних меліорацій на водно-фізичні властивості ґрунтів західного регіону України // Вісник Львівського ун-ту, серія Географія. – 1998. – Вип. № 23. – С. 219–224.
17. Корбутяк М. В., Сливка П. Д., Стеблевец П. Стік річок правобережного Полісся України // Україна та глобальні процеси : гідрографічний вимір : зб. наук. праць : в 3 т. – Київ ; Луцьк : Ред.-вид. відд. «Вежа» Волинського держ. ун-ту. – 2000. – Т. 2. – С. 267–269.
18. Лук'янець О. І., Сусідко О. І. Річки правобережжя Прип'яті в періоди високої водності: повторюваність дощових паводків та особливості гідрологічного режиму // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 1999. – Вип. 247. – С. 136–143.
19. Влияние мелиорации на эффективность использования природных ресурсов Украинского Полесья / П. П. Маракулин [та ін.] // Сб.: Проблемы Полесья. – Вып. 7. – Минск: Наука и техника, 1981.
20. Потоцкий Г. С., Майструк С. П., Кожушко Л. Ф. Мелиорация Полесья /общ. ред. Г. С. Потоцкого ; отв. за вып. С. Т. Вознюк. – Ровно: Облполиграфиздат, 1984. – 109 с.
21. Мольчак Я. О., Герасимчук Г. В., Мисковець І. Я. Річки та їх басейни в умовах техногенезу. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2004. – 336 с.
22. Мониторинг, использование и управление водными ресурсами бассейна р. Припять / под общ. ред. М. Ю. Калинина и А. Г. Ободовского. – Минск: Белсенс, 2003. – 269 с.

23. Нежиловський Р. А. Наводнення на реках и озерах. – Л.: Гидрометеоздат, 1988. – 184 с.
24. Павлова А. Н. Геоинформационное моделирование речного бассейна по данным спутниковой съёмки SRTM (на примере р. Терешки) // Известия Саратов. гос. ун-та. – 2009. – Т. 9. – С. 39–44.
25. Паламарчук М. Н. Формирование и расчетные характеристики максимального летне-осеннего стока рек Украинского Полесья : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Пермь, 1988. – 16 с.
26. Ревера О. З. Влияние осушительных мелиораций на водные ресурсы р. Днепр // Мелиорация земель Полесья и охрана окружающей среды. – Минск : Ураджай, 1977. – Вып. № 1. – С. 149–154.
27. Хроніка і характеристика водних стихій в Україні у 1991–2002 роках / М. Ромащенко [та ін.] // Водне господарство України. – 2002. – № 5–6. – С. 38–46.
28. Савчук Д. Хроніка водних стихій в Україні у 2008 році // Водне господарство України. – 2009. – № 1. – С. 42–46.
29. Слюсар І. Т. Історія розвитку осушувальних меліорацій в Україні // Землеробство. – 2012. – Вип. 84. – С. 3–10.
30. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986–2005 рр.) / за ред. В. М. Ліпінського, В. І. Осадчого, В. М. Бабіченко. – Київ: Ніка-Центр, 2006. – 312 с.
31. Сусідко М. М. Надзвичайно високі повені в басейні Прип'яті // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2006. – Вип. 255. – С. 279–282.
32. Гідрогеоекологічні умови верхів'я долини річки Прип'ять / О. В. Цветова, Г. П. Рябцева, І. Ю. Наседкін. [та ін.] ; за ред. П. І. Коваленка, Ю. Й. Бахмачука ; Ін-т водних проблем і меліорації. – Київ ; Ковель ; Луцьк: ТОВ «Ковельська міська друкарня», 2013. – 200 с.
33. Швец Г. И. Выдающиеся гидрогеологические явления на Юго-Западе СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1972. – 244 с.
34. Шевчук С. А., Вишневикий В. І., Бабій П. О. Уточнення гідрографічних характеристик річок з використанням методів ДЗЗ // Вісник геодезії і картографії. – 2014. – № 5. – С. 29–32.
35. Шлапак Г. Меліорація Західного Полісся. Короткий історичний огляд // Водне господарство України. – 1999. – № 3–4. – С. 44–46.
36. Яцик А. В. Водогосподарська екологія : у 4 т., 7 кн. – Київ: Генеза, 2004.

Глава 16. ВОДОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ

16.1. Методология идентификации величины водоресурсного потенциала и выявления закономерностей его пространственных изменений

Проблема оценки имеющихся и доступных для использования в ближайшие годы ресурсов воды различного качества и дислокации, их возможных изменений под влиянием климатических и социально-экономических процессов устойчивого характера в настоящее время является весьма актуальной.

Понятие водоресурсного потенциала сельской территории вытекает из балансового уравнения (16.1), которое описывает результат процесса обмена масс между отдельными фрагментами единого водного тела [9], сформированного в корнеобитаемом слое почвы, растительном покрове и первом от поверхности водоносном горизонте (рис. 16.1).

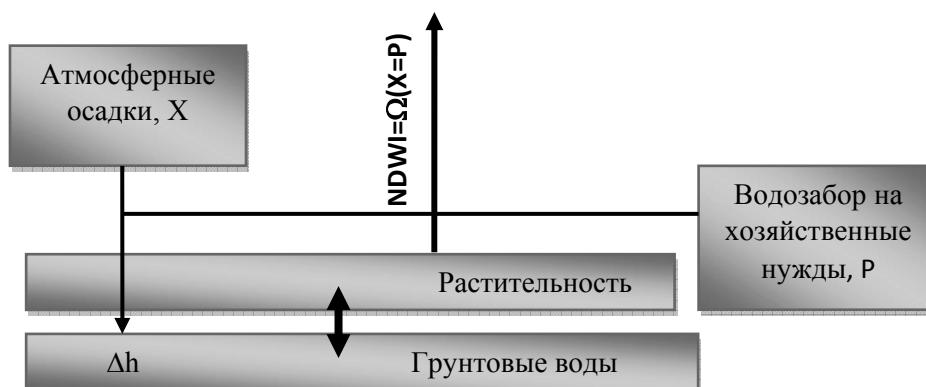


Рис. 16.1. Формирование водоресурсного потенциала элементарного участка сельской территории

Не рассматриваются водные тела (объекты), которые не используются в пределах сельской территории из-за плохого качества воды, а также постоянной или временной изолированности водоемов от основной водной массы, задействованной в водохозяйственных процессах. Это, главным образом, морские воды, неочищенные сточные и сточные воды, транзитный сток рек.

Оценка величины водоресурсного потенциала с анализом его пространственных изменений в пределах определенной сельской территории выполнялись нами в следующей последовательности.

По результатам анализа картографического материала об имеющейся водохозяйственной инфраструктуре, водных объектах, землепользовании, особенностях рельефа, сети наблюдательных скважин выделялись элементарные участки площадью около 4,0 га со скважиной в центре.

Исходными данными для оценки водоресурсного потенциала были:

- ряды наблюдений за уровнем или глубиной залегания грунтовых вод;
- синхронные ряды наблюдений за атмосферными осадками на метеорологических станциях;
- аналогичные ряды наблюдений за забором воды на все хозяйственные нужды по материалам, которые содержат таблицы формы 2-ТП-водхоз;
- результаты дистанционного зондирования земной поверхности (космические снимки) в видимом, инфракрасном и тепловом диапазонах.

Кроме этого, использовались результаты наземных обследований на опорных пунктах для верификации данных, полученных с помощью космических снимков, бумажные картографические материалы (схемы с координатной привязкой точек отбора проб воды, грунтовые карты, карты глубин залегания грунтовых вод, планы землепользования и т. п.), данные космической радарной топографической съемки.

Атмосферные осадки (X_o) и воды (P_o), поступившие на данный элементарный участок на нужды сельскохозяйственного производства и сельского населения, частью испаряются (E_o), частью фильтруются (I_o), пополняя запасы грунтовых вод (ΔV) и запасы влаги в корнеобитаемом слое почвы (ΔW).

Поверхностным стоком в этом случае можно пренебречь вследствие незначительной водосборной площади элементарного участка. Исходя из этого, водный баланс элементарного участка сельской территории можно описать уравнением

$$X_o + P_o = E_o + I_o, \quad (16.1)$$

где сумма атмосферных осадков и водозабора на хозяйственные нужды, собственно, и является водоресурсным потенциалом.

Величину фильтрации можно рассчитать по формуле

$$I_o = \mu * \Delta h - E_{wg}, \quad (16.2)$$

где μ – коэффициент водоотдачи при снижении уровня грунтовых вод или недостатка водонасыщения при его подъеме; Δh – величина изменения уровня грунтовых вод; E_{wg} – испарение грунтовых вод.

С учетом (16.1) уравнение (16.2) можно записать как

$$X_o + P_o = \mu * \Delta h + (E_o - E_{wg}), \quad (16.3)$$

где $(E_o - E_{wg}) \approx const = b$, что подтверждается результатами воднобалансовых исследований и расчетов за многолетний период, опубликованных в научной литературе [2, 3].

Можно утверждать о высокой вероятности того, что среди множества элементарных участков сельской территории есть такие, для которых эмпирическая связь изменения уровня грунтовых вод с водоресурсным потенциалом будет описываться именно формулами (16.3)–(16.4) с коэффициентом детерминации больше 0,70.

$$X_o + P_o = a(\mu * \Delta h + b), \quad (16.4)$$

где a – коэффициент размерности.

На характер связи, которую описывает формула (16.4), влияет глубина залегания уровня грунтовых вод в начале расчетного периода. Начало приходится на 20 апреля, конец – на 10 октября каждого года. По опубликованным данным [2], именно на эти моменты времени влагозапасы в корнеобитаемом слое почвы чаще всего приближаются к наименьшей влагоемкости.

Чем больше начальная глубина, тем меньше испарение грунтовых вод, тем больше значение параметра b , что приводит к уменьшению наклона кривых, которые описывает уравнение (16.4).

Подключив к обработке многолетние данные об изменении уровня грунтовых вод в максимальном количестве имеющихся наблюдательных скважин, построив для каждой из них зависимость (16.4) и рассчитав коэффициенты детерминации R^2 , оставляем в дальнейшей обработке только те скважины, для которых $R^2 \geq 0,70$ и которые в дальнейших расчетах будут играть роль опорных скважин.

С самого начала оценки исключаем из рассмотрения скважины, расположенные в населенных пунктах, приканальных зонах, в сфере влияния на режим и баланс грунтовых вод любых искусственных и естественных водных объектов, гидротехнических сооружений.

С помощью эмпирических зависимостей, установленных для опорных скважин, по известным изменениям уровня грунтовых вод рассчитываем водоресурсный потенциал для остальных наблюдательных скважин. Расстояние этих скважин от опорных не должно превышать 1,0 км.

По изменению уровня грунтовых вод в остальных наблюдательных скважинах с помощью эмпирических зависимостей (15.4), определяем водоресурсный потенциал конкретного расчетного года для всех элементарных участков (скважин) территории. При этом образуется множество точек, которые будут характеризовать водоресурсный потенциал некоторого фрагмента сельской территории.

Точечная информация на карте водоресурсного потенциала затрудняет анализ его пространственных изменений и поиск их закономерностей. Более удобным вариантом являются карты с результатами GIS-интерполяции точечных данных на прилегающую к элементарным участкам территорию.

Визуализация водоресурсного потенциала фрагментов сельских территорий заключается в построении инструментами ArcGIS или других программных продуктов карт, которые являются растровым или векторным отображением закономерностей пространственного распределения водоресурсного потенциала в выбранной системе координат.

Поставленную задачу авторы решали с помощью косвенной оценки водоресурсного потенциала через его связь с нормализованным разностным индексом увлажненности (Normalized Difference Water Index – NDWI), который характеризует физиологическое состояние растительного покрова, определяемое условиями увлажнения его корнеобитаемого слоя. Впервые индекс описан в научных источниках [3, 4].

Использование нормализованной разницы между минимумом и максимумом отражения увеличивает точность измерения, уменьшает влияние различия в освещенности, облачности, поглощении радиации атмосферой. Нормализованный разностный индекс увлажненности рассчитывали по формуле:

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}, \quad (16.5)$$

где NIR – отражение электромагнитного излучения в ближней инфракрасной области спектра; SWIR – отражение излучения в коротковолновой инфракрасной области спектра.

Приведенный выше индекс имеет тесную корреляцию с нормализованным разностным вегетационным индексом (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI), который характеризует физиологическое состояние растительного покрова, обусловленное, в первую очередь, условиями увлажнения его корневого слоя.

Для определения состояния растительности сравнивают между собой яркость изображения в красном и инфракрасном участках спектра. Значение яркости в красном и инфракрасном диапазонах спектра изменяется пропорционально изменению взаимного расположения Солнца и растений [6].

Расчет индекса основывается на том, что в красной области спектра (0,6–0,7 мкм) находится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом растений, а в инфракрасной (0,7–1,0 мкм) – максимум отражения клеточными структурами листьев. Фотосинтетическая активность связана с плотностью растительного покрова, что приводит к уменьшению отражения в красной области спектра и увеличению его в инфракрасной, поэтому отношение яркости именно в этих диапазонах спектра позволяет отделять растительность от других природных объектов.

При нормальном состоянии растительности значения индекса находятся в пределах 0,6–0,65, при дефиците влаги или болезни растений – в пределах 0,3–0,4 [6].

Спутники, информация с которых отвечала нашей задаче, принадлежала, в частности, Landsat со сканером ТМ (Thematic Mapper) и ЭТП + (Enhanced Thematic Mapper) – для создания ретроспективного ряда наблюдений и новому спутнику этой же серии Landsat 8. Эта информация является актуальной и находится сегодня в открытом доступе.

Набор инструментов, установленных на спутнике Landsat 8 (Operational Land Imager) позволяет получать снимки в девяти спектральных диапазонах, семь из которых близки к каналам других спутников этой серии. Пространственный канал космических снимков имеет разрешение 30 м в видимой, ближней и средней инфракрасных зонах, панхроматический канал с разрешением 15 м, а различия теплового канала составляет 100 м. Лучший каталог этих снимков принадлежит Геологической службе США.

Для элементарных участков сельской территории наблюдается достаточно тесная корреляционная связь NDWI с водоресурсным потенциалом. Эмпирическая формула такой связи устанавливалась нами для каждой скважины, привлекая в качестве переменных рассчитанный для них водоресурсный потенциал и NDWI, усредненные по пикселям, из которых состоит растровое отображение данного элементарного участка сельской местности (7 × 7 пикселей для снимков, сделанных с Landsat) со скважиной в центре.

Используя функцию $X_o + P_o = a_o * NDWI + b_o$, программный продукт ArcGIS и метод, изложенный в литературе [1, 2], растровое или векторное изображение NDWI можно трансформировать в изображение пространственного распределения водоресурсного потенциала.

Прогноз изменения водоресурсного потенциала во времени может быть только вероятным. Для этого необходимы ретроспективный (не менее, чем за десятилетие) ряд расчетных сезонных величин водоресурсного потенциала и соответствующие кривые их обеспеченности. Обеспеченность в данном случае является вероятностью превышения конкретной величины водоресурсного потенциала в ряду, упорядоченном по убыванию. Задача на сегодня трудоемкая и не имеет достаточного информационного обеспечения.

Прогнозирование водоресурсного потенциала следует рассматривать как задачу оценки его величины для фрагмента сельской местности, не обеспеченного скважинами для наблюдения за изменениями уровня грунтовых вод, осадкомерами для измерения атмосферных осадков, а также средствами водоучета в водохозяйственной сфере.

16.2. Оценка и типизация сельских территорий по величине водоресурсного потенциала на примере Ровенской области

Для проведения расчетов в пределах Ровенской области были выбраны ключевые участки в пределах Ровенского и Сарненского районов, которые удовлетворяют ряду требований, а именно: ключевой участок должен находиться неподалеку от метеостанции и иметь максимальное информационное обеспечение. Например, в пределах выбранных ключевых участков находится 57 наблюдательных скважин (рис 16.2).

Ключевые участки находятся в границах мелиоративных систем (рис. 16.2–16.3). На системы двухстороннего регулирования в Сарненском районе приходится более 90 % (табл. 16.1), в Ровенском районе – около 60 %. В Ровенском районе значительная часть осушенных площадей (около 15 %) приходится на польдерные системы [5, 7].

Таблица 16.1

Характеристика мелиоративных систем

Районы	Площадь осушаемых земель, га	Количество мелиоративных систем, шт.	Площадь осушительных земель, га		
			с закрытым дренажем	двухстороннего регулирования	польдеров
Сарненский	48686	39	27084	44182	9104
Ровенский	8160	19	5625	5314	1308

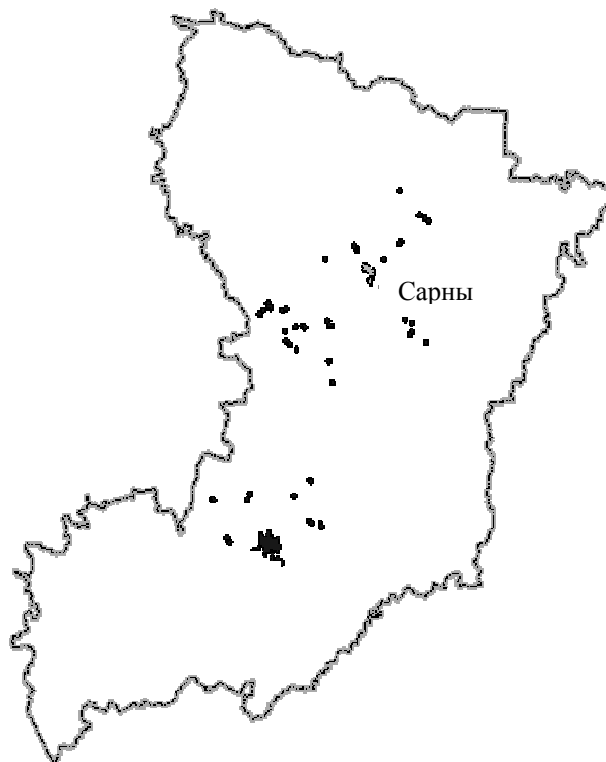


Рис. 16.2. Ключевые участки Ровенской области

Таблица 16.2

Типы мелиоративных почв

Районы	Мелиоративный фонд	Болотно-торфяные	Заболоченные	Дерново-глеевые	Луговые глеевые	Глеевые песчаные
Сарненский	58578	26490	13575	5870	6883	5254
Ровенский	11868	3010	3750	2116	1090	-

Большую часть осушаемых почв в Сарненском районе составляют болотно-торфяные почвы – более 45 % (табл. 16.2). В Ровенском районе преобладают дерново-подзолистые и черноземы луговые. Доля площадей переувлажненных сельскохозяйственных угодий в Сарненском районе 51 %, а в Ровенском – 10 %. Наибольший модуль стока в Сарненском районе – 4,5–5 л · с/км², в Ровенском районе он меньше и составляет 3–3,5 л · с/км².

Основными источниками водопоступления на территорию ключевых участков в Ровенской области являются атмосферные осадки, транзитный сток с прилегающих территорий (поступление воды с подземным стоком и поверхностным стоком рек). Отток воды происходит за счет дренажного и поверхностного стока и фильтрации воды в подземные горизонты, испарения с поверхности суши.

Следует заметить, что суммарное испарение с осушаемых площадей, занятых торфяниками, увеличивается вследствие улучшения условий роста и развития растений. При этом инфильтрация и поверхностный сток уменьшаются, в результате снижения уровня грунтовых вод на минеральных почвах испарение уменьшается, а инфильтрация атмосферных осадков на зеркало грунтовых вод увеличивается в несколько раз.

Согласно разработанному авторами метода оценки величины водоресурсного потенциала были систематизированы, обобщены и проанализированы данные об изменениях уровня грунтовых вод синхронно с изменениями суммарного водопоступления.

Выбраны скважины, для которых имеются длительные ряды наблюдений, а расположены они вне зоны влияния каналов и природных водотоков. В пределах ключевых участков в расчетах было задействовано 55 наблюдательных скважин.

Изменение уровня грунтовых вод рассчитывалось по формуле

$$\Delta h = h_1 - h_2, \quad (16.6)$$

где h_1 – уровень грунтовых вод на начало вегетационного периода; h_2 – уровень грунтовых вод на конец вегетационного периода.

Для каждой скважины построены зависимости изменения глубины залегания грунтовых вод от суммарного водопоступления (16.4). Для обработки оставлялись скважины, для которых коэффициент детерминации превышал 0,7. Таким скважинам предоставлялся статус опорных. Пример таких зависимостей приведен на рисунке 16.5.

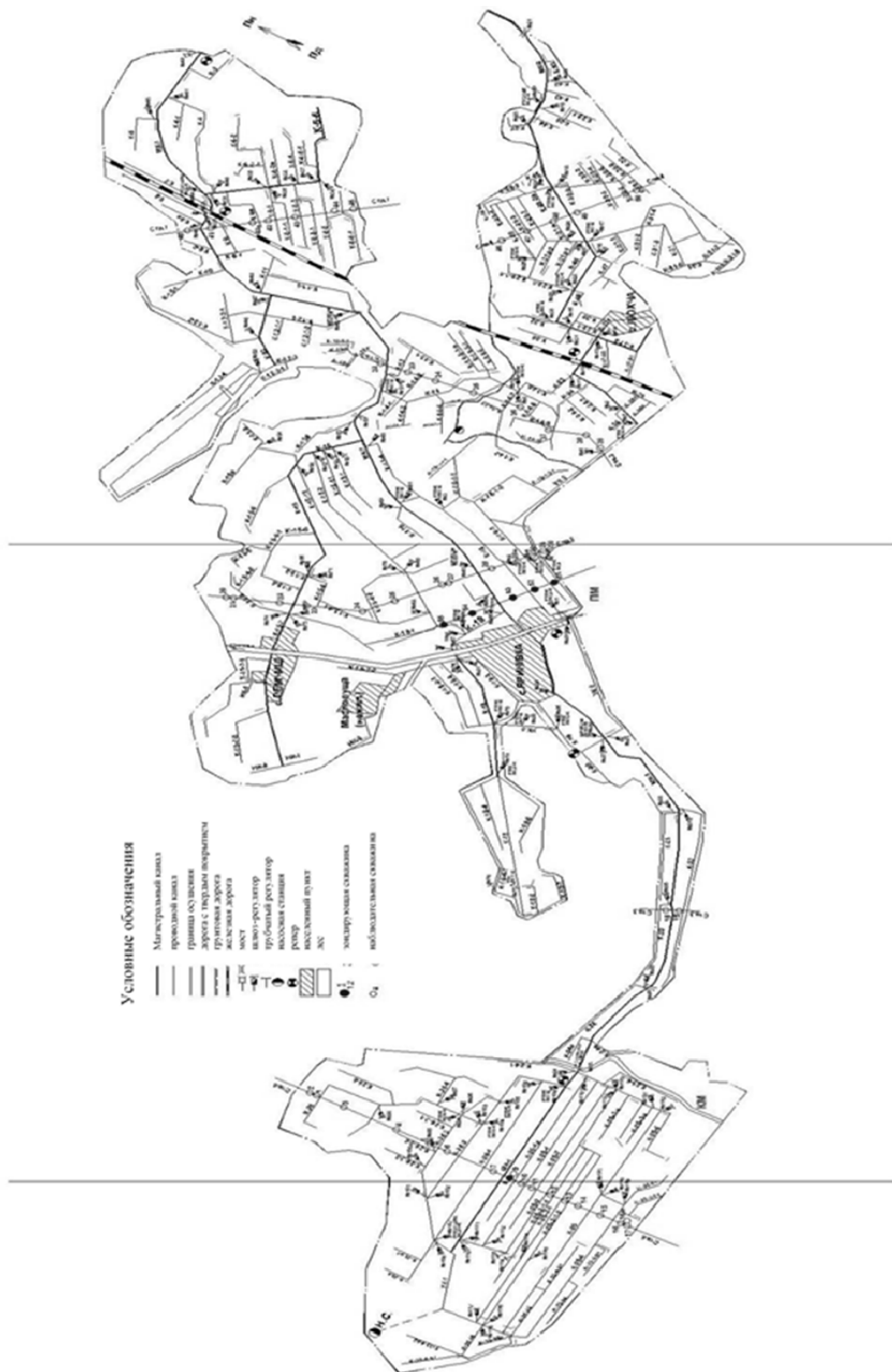


Рис. 16.3. Ключевой участок на Яриновской осушительной системе

Связь изменения уровня грунтовых вод с суммарным водопоступлением (водоресурсным потенциалом) достаточно тесная (коэффициент детерминации больше 0,9), поэтому, используя его, можно, рассчитав водоресурсный потенциал для остальных элементарных участков с наблюдательными скважинами.

Для оценки водоресурсного потенциала фрагментов пилотных территорий воспользуемся спутниковыми снимками, дешифрованными для нормализованного разностного вегетационного индекса (NDWI). Результат показан на рисунке 16.9.

Применив статистическую обработку, мы определили среднее значение индекса для каждого элементарного участка. Коэффициент пространственной вариации данной величины составляет 20 %.

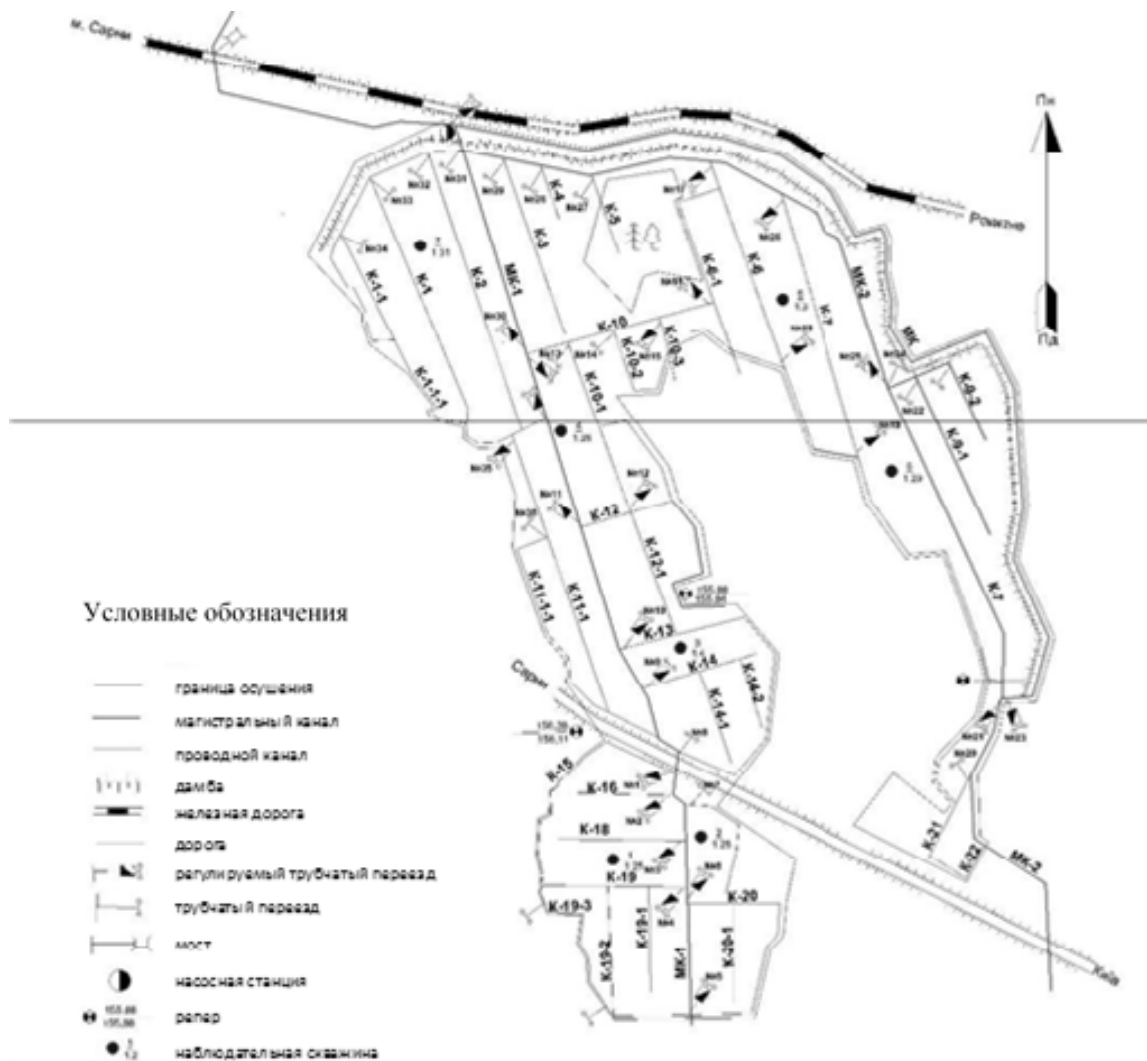


Рис. 16.4. Ключевой участок на Страшевской осушительной системе

Построив зависимость водоресурсного потенциала от индекса для выборок с коэффициентом детерминации 0,74 (рис. 16.6), трансформируем картосхемы нормализованного разностного вегетационного индекса в картосхемы водоресурсного потенциала территории.

Типизация заключается в определении участков сельских территорий с одинаковыми или близкими по характеру проявления условиями формирования водоресурсного потенциала. Такие участки идентифицируются на картосхемах замкнутыми или параллельными изолиниями нормализованного разностного индекса увлажненности (Normalized Difference Water Index – NDWI) земной поверхности [3, 4, 8]. Такой методический подход основывается на установленном авторами тесной корреляционной связи этого индекса с водоресурсным потенциалом.

Для Ровенской области корреляция между водоресурсным потенциалом и NDWI в 2006, 2009 и 2010 гг. составила не менее 0,85 (рис. 16.7)

Основным фактором формирования водоресурсного потенциала сельских территорий Ровенской области являются атмосферные осадки. При одинаковом значении NDWI водоресурсный потенциал больше во влажные годы. Для анализа характера территориального распределения водоресурсного потенциала нами были выбраны годы с разной обеспеченностью вегетационных периодов атмосферными осадками, а именно период с 2005 по 2011 год.

Для сезона обеспеченностью по осадкам 25 % водоресурсный потенциал можно рассчитать по формуле

$$Y = 748x + 679, \quad (16.7)$$

где Y – величина водоресурсного потенциала; x – значение индекса увлажненности.

Для сезонов обеспеченностью 50 и 75 % водоресурсный потенциал рассчитывается соответственно по формулам:

$$Y = 803x + 342, \quad (16.8)$$

$$Y = 593x + 450 \quad (16.9)$$

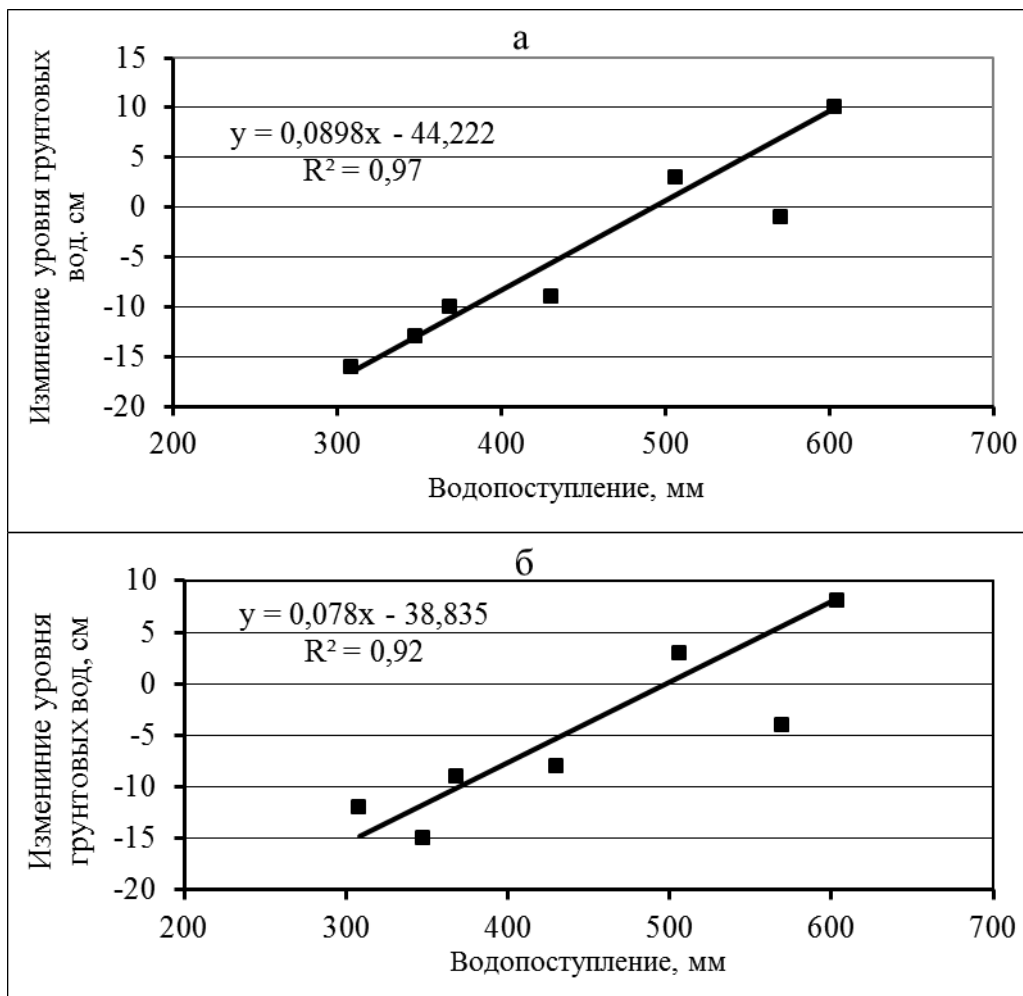


Рис. 16.5. График зависимости изменения уровня грунтовых вод от водопотупления для условий Ровенской области:

а – осушительная система Яриновка, св. 53; б – осушительная система Карпиловка рудник, св. 6

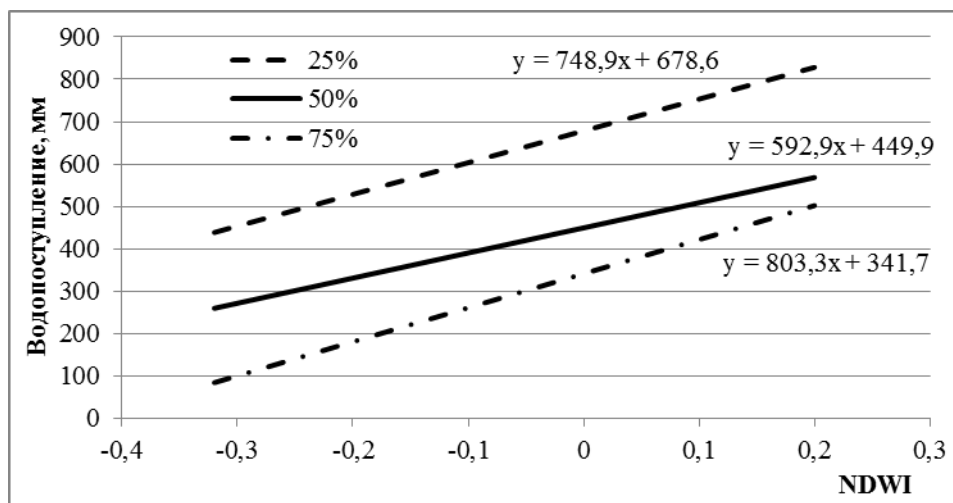


Рис. 16.6. Связь водоресурсного потенциала с NDWI для Ровенской области

Кроме того, сделано предположение о том, что уравнения, характеризующие связь величины водоресурсного потенциала с атмосферными осадками, в годы с близкими погодными условиями будут иметь близкие по значению параметры (коэффициенты).

Для проверки этого предположения сравнивались коэффициенты в формуле расчета NDWI для 2005 г. с 80%-ной обеспеченностью и 2009 г. с такой же обеспеченностью. Разница была несущественной.

Для идентификации факторов, влияющих на величину водоресурсного потенциала, нами выполнена классификация Ровенской области по структуре землепользования.

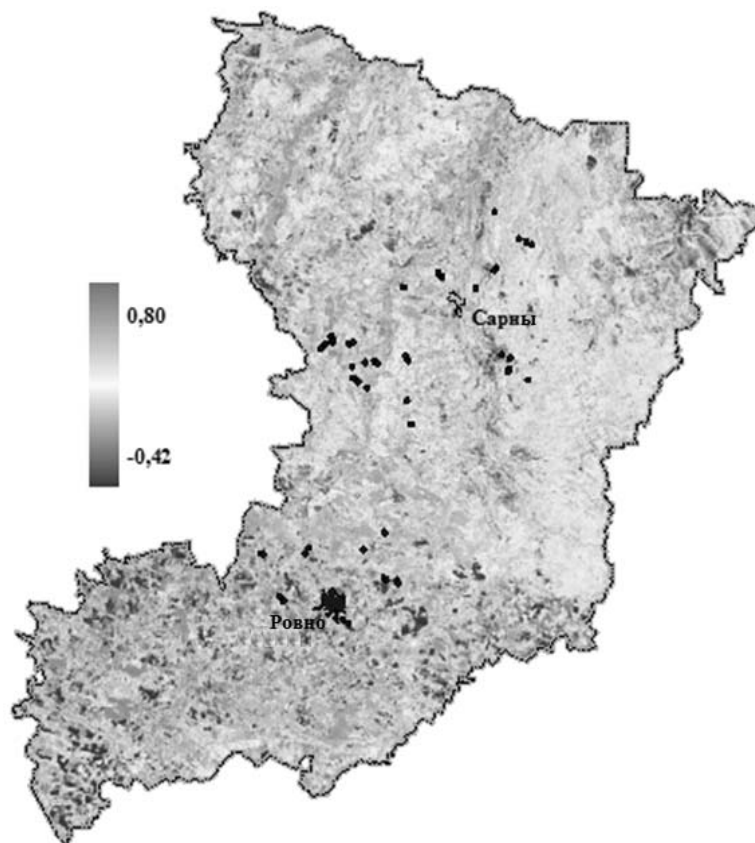


Рис. 16.7. Нормализованный разностный индекс увлажненности земной поверхности Ровенской области (с наблюдательными скважинами)

Рассчитан водоресурсный потенциал в пределах Ровенской области в разные годы. Полученные результаты были сопоставлены с информацией о структуре использования земель.

Таблица 16.3

Обеспеченность Ровенской области атмосферными осадками за вегетацию по метеостанции Сарны

Год	Обеспеченность, %	Осадки, мм
1989	76	350
1990	37	465
1991	46	453
1992	84	330
1993	41	460
1994	20	515
1995	50	444
1996	59	423
1997	67	397
1998	12	570
1999	7	592
2000	33	473
2001	63	402
2002	88	320
2003	29	498
2004	93	312
2005	80	347
2006	24	506
2007	16	570
2008	3	604
2009	71	368
2010	54	430
2011	97	308

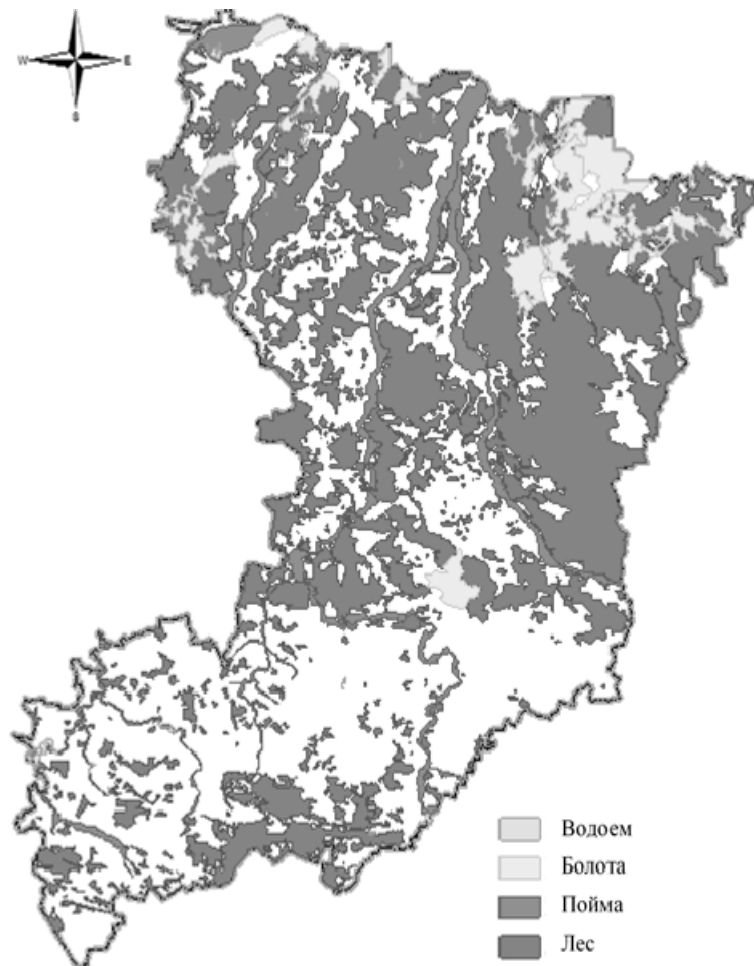


Рис. 16.8. Структура использования земель на территории Ровенской области

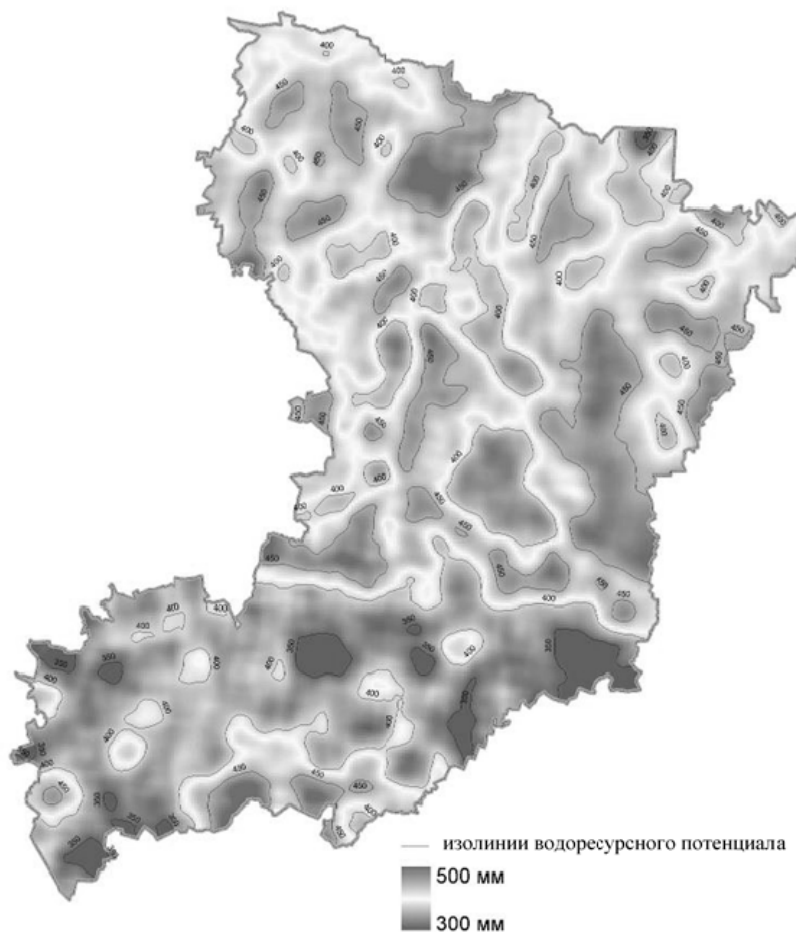


Рис. 16.9. Водоресурсный потенциал территории Ровенской области года 25%-ной обеспеченности

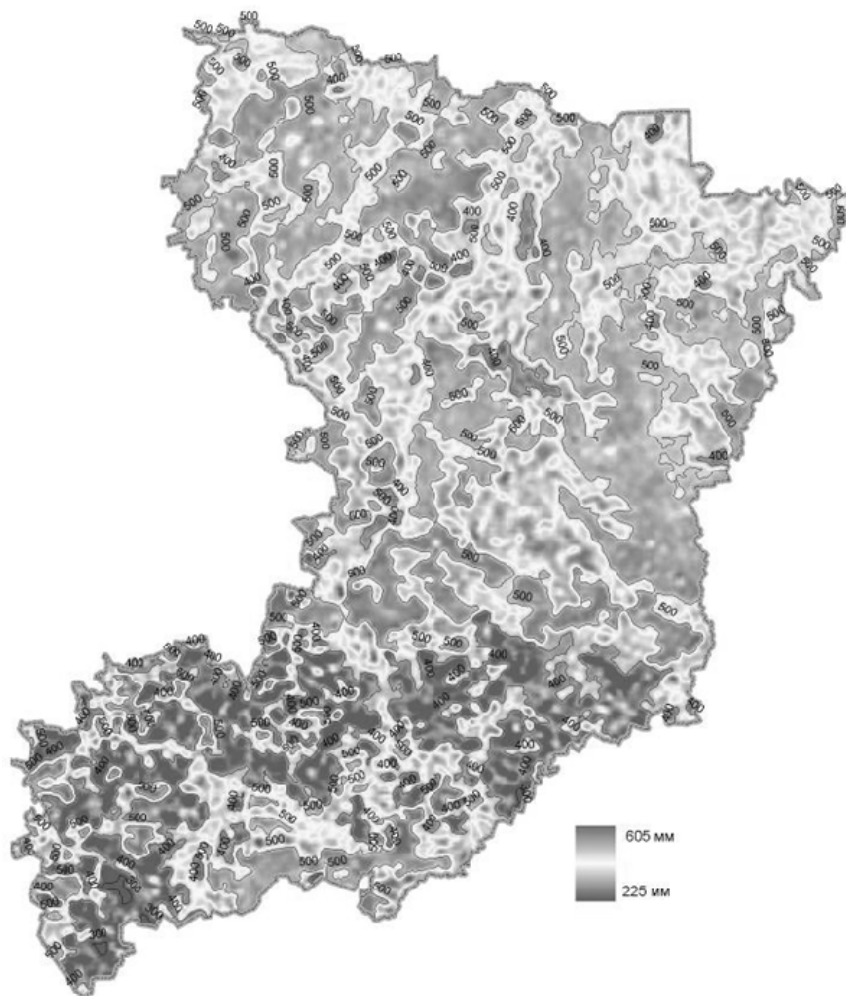


Рис. 16.10. Водоресурный потенциал территории Ровенской области года 75%-ной обеспеченности

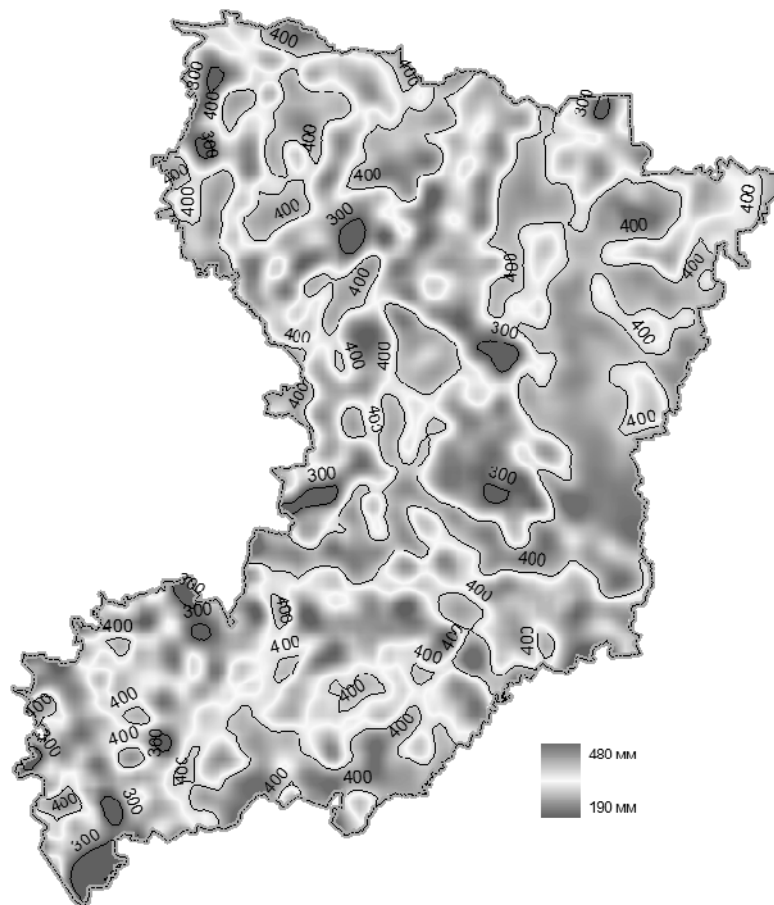


Рис. 16.11. Водоресурный потенциал территории Ровенской области года 50%-ной обеспеченности

Оказалось, что треть территории области на ее юге по сравнению с остальной частью имеет меньше лесных насаждений и соответственно меньший водоресурсный потенциал (рис. 16.8). На рисунке 16.9 водоресурсный потенциал увеличивается в северном направлении на лесистых участках.

В засушливые годы неоднородность пространственного распределения водоресурсного потенциала заметно возрастает. Выявлению общих тенденций в пространственном распределении водоресурсного потенциала помогает генерализация данных с использованием стандартных наборов обработки изображений. Так, для Ровенской области выделено три основных типа территории. Первый, приближенный к зональному типу, приходится на северную часть, покрытую лесом. Водоресурсный потенциал здесь наибольший – 400–500 мм за вегетационный сезон.

Второй тип – переходный – характеризуется умеренной азональностью в диапазоне водоресурсного потенциала 350–400 мм. Приурочен к осушительным и осушительно-увлажнительным мелиоративным системам зоны лесов.

Третий тип приходится на лесостепную зону в южной части области. Характеризуется минимальными величинами водоресурсного потенциала 300–350 мм, а также выраженной азональностью.

Таким образом, лес является фактором, усиливающим однородность водоресурсного потенциала в основном за счет более равномерного пространственного распределения атмосферных осадков и температур приземного слоя воздуха.

Сельскохозяйственные угодья характеризуются меньшим водоресурсным потенциалом и большой неоднородностью его пространственного распределения. Азональность усиливается при наличии дренажных систем.

Литература

1. Chiles J., Delfiner P. Geostatistics. Modeling Spatial Uncertainty. – New York: John Wiley and Sons, 1999. – 695 p.
2. Cressie N. Statistics for Spatial Data. – New York: John Wiley and Sons, 1993. – 900 p.
3. Use of NDVI and land surface temperature for Drought Assessment: merits and limitations / A. Karnieli, N. Agam, R. T. Pinker [et al.] // Journal of climate. – 2010. – № 23. – P. 618–623.
4. Roerink G. J., Su Z., Menenti M. S-SEBI: A simple remote sensing algorithm to estimate the surface energy balance // Phys. Chem. Earth. – V. 25. – 2000. – № 2. – P. 147–157.
5. Використання меліорованих земель Рівненської області в сучасних умовах // Інформаційно-довідковий посібник. – Київ ; Рівне, 1996. – 123 с.
6. Даниленко Ю. Ю. Типізація зрошуваних агроландшафтів за природними меліоративними властивостями // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2011. – № 1. – С. 89–91.
7. Природные и экономические аспекты гидротехнических мелиораций в Западном Полесье УССР / И. Н. Коротун, М. Д. Будз, М. В. Корбутяк [и др.] // Природно-мелиоративный мониторинг в СССР : сб. ст. – М.: МФГО, 1984. – С. 55–64.
8. Михайлов Ю. О., Даниленко Ю. Ю., Лютницький С. М. Оцінювання водоресурсного потенціалу сільських територій // Меліорація і водне господарство.– 2013. – № 100. – С. 163–170.
9. Шпак И. С. Водный баланс орошаемого массива с открытой системой подачи воды при поливе дождеванием // Водные ресурсы. – 1976. – № 4. – С. 88–97.

Глава 17. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНОЙ НАГРУЗКИ НА БАССЕЙНЫ МАЛЫХ РЕК УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

17.1. Оценка и учет влияния антропогенных факторов на годовой сток рек

Проблема влияния осушительных мелиораций на сток рек в условиях интенсивного сельскохозяйственного освоения водосборов в последние годы стала особенно актуальной в связи с решением задач комплексного использования и охраны водных ресурсов. Однозначного ответа на вопрос влияния осушения на сток нет. Годовой сток, а также сток весенних половодий и дождевых паводков, которые являются расчетными при проектировании водохозяйственных объектов, могут изменяться как в сторону уменьшения расходов воды, так и в сторону их увеличения.

Снижению стока содействуют: 1) возрастающее испарение с мелиоративных площадей; 2) возникновение зоны аэрации; 3) создаваемые крупные водохранилища. Увеличению стока благоприятствуют: 1) вскрытие водоносных горизонтов; 2) канализованность водосбора; 3) водоотведение с замкнутых понижений.

Влияние осушительных мелиораций на сток носит региональный характер, поэтому только на основе комплексных гидролого-географических исследований можно дать прогнозную оценку гидрологического режима в условиях интенсивного сельскохозяйственного освоения мелиорированных земель.

Цель исследований – выполнить анализ и оценить влияние мелиоративной нагрузки на бассейны малых рек Украинского Полесья; установить изменение годового и его вероятностные значения (на примере опорных рек); дать оценку изменения гидрографической сети. В качестве опорных рек для исследования приняты: р. Луга – г. Владимир-Волынский, р. Вырка – с. Сварыни, р. Иква – с. Млыновцы, р. Выжевка – пгт. Выжевка, р. Стоход – пгт. Любешов.

Быстрый рост промышленности, сельского хозяйства, населенных пунктов приводит к изменению стока рек и их режима. Уже сейчас под воздействием факторов хозяйственной деятельности некоторые реки региона лишились естественно сложившейся структуры водного баланса речных водосборов. В будущем, в связи с реализацией громадных планов хозяйственного развития региона, число рек, испытывающих значительное воздействие антропогенных факторов, еще больше возрастет. Поэтому для рационального использования и охраны водных ресурсов от истощения представляется очень важной как оценка уже произошедших изменений стока, так и учет тех изменений стока, которые произойдут в результате реализации проектируемых сейчас водохозяйственных мероприятий.

17.1.1. Методы количественной оценки антропогенных изменений стока. Оценка и учет влияния различных видов хозяйственной деятельности на величину годового стока – это сложная задача, обусловленная отсутствием необходимой исходной информации, а также наличием сложного сочетания антропогенных факторов, воздействующих на сток.

В настоящее время для количественной оценки изменений стока предложено много методов, которые могут быть разделены на следующие основные группы [1, 3]:

1) методы, основанные на исследовании многолетних колебаний стока с одновременным анализом изменения естественных факторов и развития хозяйственной деятельности в бассейнах;

2) водобалансовые методы, предусматривающие изучение элементов водного и теплового балансов водосборов, где происходит непосредственное взаимодействие поверхностных и подземных вод с антропогенными факторами;

3) метод моделирования (натурного и математического) условий формирования стока с использованием различных аналоговых установок, аналоговых и электронных цифровых вычислительных машин.

Методы первой группы, получившие наибольшее применение в практике, позволяют определить влияние всего комплекса хозяйственной деятельности, а второй и третьей группы – влияние отдельных факторов.

Первая группа методов реализуется путем применения:

– приема оценки средних характеристик стока (за год, половодье, межень) под влиянием хозяйственной деятельности на основе анализа многолетних колебаний стока по нормированный разностным интегральным кривым вида

$$\frac{\sum(k_i - 1)}{C_v} = f(T) \quad (17.1)$$

– приема оценки, заключающегося в сравнительном анализе, совместно с метеорологическими факторами, осредненных величин стока за периоды, выбранные из многолетнего ряда наблюдений с существенно различным уровнем развития хозяйственной деятельности в бассейнах;

– метода восстановления естественного стока реки, находящегося в нарушенных условиях по связи с рекой-аналогом, сток которой не подвержен антропогенным изменениям; используется обычная парная корреляция или строятся графики связи интегральных величин стока (двойные интегральные кривые);

– метода множественной корреляции, состоящего в восстановлении естественных величин гидрологических характеристик по уравнению связи между стоком и природными факторами; разность между восстановленным и наблюдаемым (бытовым) стоком показывает суммарную роль антропогенных факторов в формировании стока;

– метод районных зависимостей характеристик стока (расходов и модулей) от площади водосбора и другие.

Вторую группу составляют:

– метод водного баланса речных водосборов;

– метод руслового и учетного водного баланса;

– метод гидрометрических съемок.

К третьей группе относятся:

– метод натурного моделирования условий формирования стока с помощью натурной уменьшенной копии речного водосбора;

– метод активного эксперимента, реализуемого непосредственно на речном водосборе;

– метод моделирования стокообразующих факторов на электро-интеграторах или интеграторах других видов;

– метод математического моделирования процессов стока на аналоговых и электронных цифровых вычислительных машинах.

Методы первой группы имеют тот недостаток, что они требуют наличия длительных периодов наблюдений, охватывающих различные этапы развития хозяйственной деятельности на водосборе. Кроме этого, они не позволяют раскрыть физическую сущность процессов, происходящих на водосборе, и выделить роль каждого антропогенного фактора в преобразовании стока.

Балансовые методы, напротив, дают возможность оценить индивидуальное воздействие каждого фактора на сток, вскрыть физическую суть процесса формирования стока, но использование этих методов требует производства специальных трудоемких и длительных полевых исследований. К тому же пока еще недостаточна точность определения отдельных элементов водного и теплового балансов.

Методы натурного (физического) и математического моделирования позволяют разработать приемы управления процессами формирования и использования водных ресурсов, дают наиболее обоснованную с физической точки зрения оценку влияния антропогенных факторов на сток. Однако они являются трудоемкими, требуют наличия широкой и надежной исходной информации, которая зачастую отсутствует при выполнении расчетов для соответствующего проектирования.

К числу факторов, оказывающих заметное влияние на годовой сток исследуемой территории, относятся: осушительные мелиорации, агролесомелиоративные мероприятия, промышленно-коммунальное и сельскохозяйственное водопотребление, пруды и водохранилища.

Влияние агролесомелиораций на годовой сток весьма обстоятельно исследовано В. Е. Водогрецким. Им разработана обоснованная методика количественной оценки воздействия агролесомелиораций.

17.1.1.1. Исходные данные и их обработка. Исходными данными для исследований является годовой сток малых рек Украинского Полесья с площадями водосборов от 200 до 3000 км², с периодами наблюдений от 22 до 42 лет.

Для всех пяти рассматриваемых рек приведена статистическая обработка за весь период наблюдений (табл. 17.1–17.5), а также за периоды с естественным и нарушенным режимом стока (табл. 17.6–17.13).

Кроме того, выявлен период начала нарушения естественного режима стока (рис. 17.1), построены кривые обеспеченности годового стока (рис. 17.2) по которым определены обеспечение величины расходов.

**Расчет статистических параметров годового стока за весь период наблюдений
по р. Луга – г. Вл. Волынский (F=1270 км²)**

№ п/п	Годы	Q_i , м ³ /с	Q_i , м ³ /с	Годы	Q_i в убыв. порядке	K_i	K_{i-1}	$(K_{i-1})^2$	P, %
1	1965	3,16	3,16	1980	7,09	1,63	0,63	0,40	4,30
2	1966	5,42	8,58	1979	6,80	1,56	0,56	0,32	8,70
3	1967	4,59	13,17	1978	6,18	1,42	0,42	0,18	13,0
4	1968	3,50	16,67	1981	5,80	1,33	0,33	0,11	17,4
5	1969	3,18	19,85	1966	5,42	1,25	0,25	0,06	21,7
6	1970	3,54	23,39	1975	5,39	1,24	0,24	0,06	26,1
7	1971	3,51	26,9	1974	5,22	1,20	0,20	0,04	30,4
8	1972	2,72	29,62	1977	4,97	1,14	0,14	0,02	34,8
9	1973	3,27	32,89	1976	4,74	1,09	0,09	0,01	39,1
10	1974	5,22	38,11	1987	4,60	1,06	0,06	0,00	43,5
11	1975	5,39	43,5	1967	4,59	1,06	0,06	0,00	47,8
12	1976	4,74	48,24	1970	3,54	0,81	-0,19	0,03	52,2
13	1977	4,97	53,21	1971	3,51	0,81	-0,19	0,04	56,5
14	1978	6,18	59,39	1968	3,50	0,80	-0,20	0,04	60,9
15	1979	6,80	66,19	1973	3,27	0,75	-0,25	0,06	65,2
16	1980	7,09	73,28	1969	3,18	0,73	-0,27	0,07	69,6
17	1981	5,80	79,08	1965	3,16	0,73	-0,27	0,07	73,9
18	1982	4,60	83,68	1985	3,13	0,72	-0,28	0,08	78,3
19	1983	3,11	86,79	1983	3,11	0,71	-0,29	0,08	82,6
20	1984	2,78	89,57	1986	3,00	0,69	-0,31	0,10	87,0
21	1985	3,13	92,7	1984	2,78	0,64	-0,36	0,13	91,3
22	1986	3,00	95,7	1972	2,72	0,63	-0,37	0,14	95,7
		$Q_0 = 4,35$			$\Sigma = 95,70$	$\Sigma = 22,00$	$\Sigma = 0,00$	$\Sigma = 2,04$	

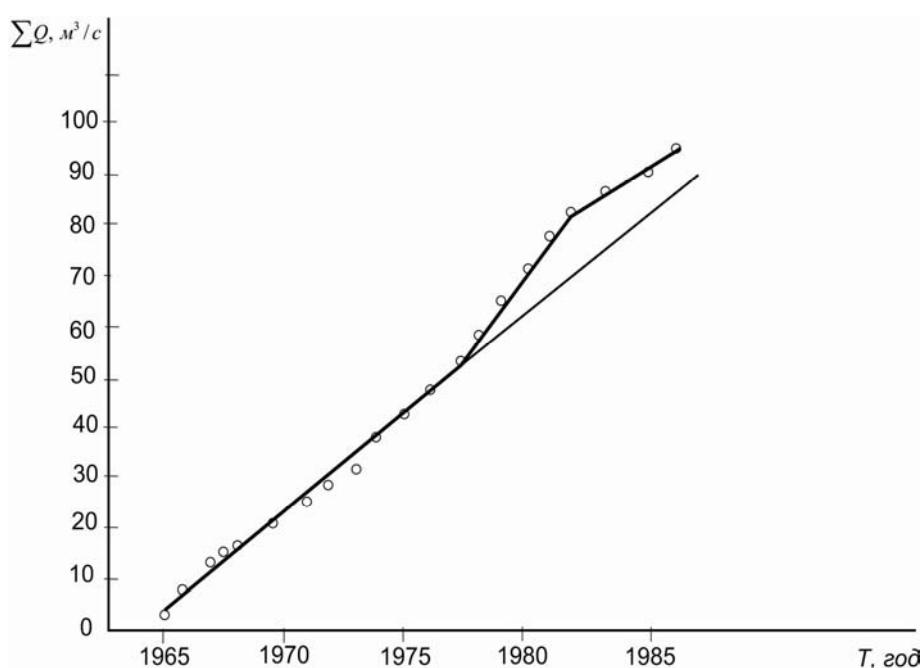


Рис. 17.1. Суммарная кривая годового стока р. Луга – Владимир-Волынский

**Расчет статистических параметров годового стока за весь период наблюдений
по р. Вырка – с. Сварыни (F=231 км²)**

№ п/п	Годы	Q _i , м ³ /с	Q _i , м ³ /с	Годы	Q _i в убыв. порядке	K _i	K _{i-1}	(K _{i-1}) ²	P, %
1	1947	0,36	0,36	1970	1,93	2,24	1,24	1,55	2,44
2	1948	0,80	1,16	1958	1,93	2,24	1,24	1,55	4,88
3	1949	0,56	1,72	1975	1,44	1,67	0,67	0,45	7,32
4	1950	0,44	2,16	1979	1,38	1,60	0,60	0,37	9,76
5	1951	0,49	2,65	1976	1,35	1,57	0,57	0,32	12,20
6	1952	0,65	3,3	1974	1,30	1,51	0,51	0,26	14,63
7	1953	0,78	4,08	1977	1,22	1,42	0,42	0,18	17,07
8	1954	0,30	4,38	1956	1,11	1,29	0,29	0,08	19,51
9	1955	0,96	5,34	1971	1,11	1,29	0,29	0,08	21,95
10	1956	1,11	6,45	1981	1,11	1,29	0,29	0,08	24,39
11	1957	0,38	6,83	1982	1,09	1,27	0,27	0,07	26,83
12	1958	1,83	8,66	1969	1,07	1,24	0,24	0,06	29,27
13	1959	0,66	9,32	1966	1,05	1,22	0,22	0,05	31,71
14	1960	0,61	9,93	1978	1,03	1,20	0,20	0,04	34,15
15	1961	0,47	10,40	1980	1,03	1,20	0,20	0,04	36,59
16	1962	0,51	10,91	1955	0,90	1,05	0,05	0,00	39,02
17	1963	0,49	11,4	1985	0,96	1,12	0,12	0,01	41,46
18	1964	0,52	11,92	1983	0,94	1,09	0,09	0,01	43,90
19	1965	0,53	12,45	1948	0,80	0,93	-0,07	0,00	46,34
20	1966	1,05	13,5	1953	0,78	0,91	-0,09	0,01	48,78
21	1967	0,66	14,16	1968	0,77	0,90	-0,10	0,01	51,22
22	1968	0,77	14,93	1967	0,68	0,79	-0,21	0,04	53,66
23	1969	1,07	16	1986	0,68	0,79	-0,21	0,04	56,10
24	1970	1,93	17,93	1959	0,66	0,77	-0,23	0,05	58,54
25	1971	1,11	19,04	1960	0,66	0,77	-0,23	0,05	60,98
26	1972	0,44	19,48	1952	0,65	0,76	-0,24	0,06	63,41
27	1973	0,64	20,12	1973	0,64	0,74	-0,26	0,07	65,85
28	1974	1,30	21,42	1949	0,56	0,65	-0,35	0,12	68,29
29	1975	1,44	22,86	1965	0,53	0,62	-0,38	0,15	70,73
30	1976	1,33	24,19	1964	0,52	0,60	-0,40	0,16	73,17
31	1977	1,22	25,41	1984	0,52	0,60	-0,40	0,16	75,61
32	1978	1,03	26,44	1962	0,51	0,59	-0,41	0,17	78,05
33	1979	1,38	27,82	1951	0,49	0,57	-0,43	0,19	80,49
34	1980	1,03	28,85	1963	0,49	0,57	-0,43	0,19	82,93
35	1981	1,11	29,96	1961	0,47	0,55	-0,45	0,21	85,37
36	1982	1,09	31,05	1950	0,44	0,51	-0,49	0,24	87,80
37	1983	0,94	31,99	1972	0,44	0,51	-0,49	0,24	90,24
38	1984	0,52	32,51	1957	0,38	0,44	-0,56	0,31	92,68
39	1985	0,96	33,47	1947	0,36	0,42	-0,58	0,34	95,12
40	1986	0,68	34,15	1954	0,30	0,35	-0,65	0,42	97,56
		Q ₀ = 0,86			Σ = 34,24	Σ = 40	Σ = 0	Σ = 38,07	

Расчет статистических параметров годового стока за весь период наблюдений по р. Иква – с. Радянское (F=632 км²)

№ п/п	Годы	Q _i , м ³ /с	Q _i , м ³ /с	Годы	Q _i в убыв. порядке	K _i	K _{i-1}	(K _{i-1}) ²	P, %
1	1945	4,20	4,20	1948	6,18	1,81	0,81	0,66	2,33
2	1946	2,99	7,19	1949	5,16	1,51	0,51	0,26	4,65
3	1947	3,48	10,67	1975	5,16	1,51	0,51	0,26	6,98
4	1948	6,18	16,85	1981	4,87	1,43	0,43	0,18	9,30
5	1949	5,16	22,01	1976	4,82	1,41	0,41	0,17	11,63
6	1950	3,46	25,47	1973	4,73	1,39	0,39	0,15	13,95
7	1951	3,87	29,34	1974	4,57	1,34	0,34	0,12	16,28
8	1952	2,82	32,16	1945	4,20	1,23	0,23	0,05	18,60
9	1953	2,74	34,90	1966	4,10	1,20	0,20	0,04	20,93
10	1954	2,10	37,00	1969	4,06	1,19	0,19	0,04	23,26
11	1955	2,85	39,85	1971	3,92	1,15	0,15	0,02	25,58
12	1956	3,60	43,45	1951	3,87	1,13	0,13	0,02	27,91
13	1957	2,21	45,66	1967	3,83	1,12	0,12	0,02	30,23
14	1958	2,65	48,31	1980	3,78	1,11	0,11	0,01	32,56
15	1959	1,91	50,22	1956	3,60	1,06	0,06	0,00	34,88
16	1960	2,56	52,78	1979	3,55	1,04	0,04	0,00	37,21
17	1961	1,88	54,66	1980	3,54	1,04	0,04	0,00	39,53
18	1962	3,16	57,82	1965	3,53	1,04	0,04	0,00	41,86
19	1963	2,78	60,60	1982	3,52	1,03	0,03	0,00	44,19
20	1964	2,71	63,31	1947	3,48	1,02	0,02	0,00	46,51
21	1965	3,53	66,84	1950	3,46	1,01	0,01	0,00	48,84
22	1966	4,10	70,94	1979	3,29	0,96	-0,04	0,00	51,16
23	1967	3,83	74,77	1968	3,23	0,95	-0,05	0,00	53,49
24	1968	3,23	78,00	1970	3,21	0,94	-0,06	0,00	55,81
25	1969	4,06	82,06	1962	3,16	0,93	-0,07	0,01	58,14
26	1970	3,21	85,27	1978	3,08	0,90	-0,10	0,01	60,47
27	1971	3,92	89,19	1946	2,99	0,88	-0,12	0,02	62,79
28	1972	3,54	92,73	1955	2,85	0,84	-0,16	0,03	65,12
29	1973	4,73	97,46	1952	2,82	0,83	-0,17	0,03	67,44
30	1974	4,57	102,03	1963	2,78	0,82	-0,18	0,03	69,77
31	1975	5,16	107,19	1953	2,74	0,80	-0,20	0,04	72,09
32	1976	4,82	112,01	1964	2,71	0,79	-0,21	0,04	74,42
33	1977	3,29	115,30	1958	2,65	0,78	-0,22	0,05	76,74
34	1978	3,08	118,38	1960	2,56	0,75	-0,25	0,06	79,07
35	1979	3,55	121,93	1983	2,43	0,71	-0,29	0,08	81,40
36	1980	3,78	125,71	1986	2,25	0,66	-0,34	0,12	83,72
37	1981	4,87	130,58	1957	2,21	0,65	-0,35	0,12	86,05
38	1982	3,52	134,10	1984	2,19	0,64	-0,36	0,13	88,37
39	1983	2,43	136,53	1985	2,18	0,64	-0,36	0,13	90,70
40	1984	2,19	138,72	1954	2,10	0,62	-0,38	0,15	93,02
41	1985	2,18	140,90	1959	1,91	0,56	-0,44	0,19	95,35
42	1986	2,25	143,15	1961	1,88	0,55	-0,45	0,20	97,67
		Q ₀ =3,41			∑=143,15	∑=42	∑=0,0	∑=3,4	

Расчет статистических параметров годового стока за весь период наблюдений по р. Выжевка – ст. Выжевка ($F=722 \text{ км}^2$)

№ п/п	Годы	Q_i , м ³ /с	Q_i , м ³ /с	Годы	Q_i в убыв. порядке	K_i	K_i-1	$(K_i-1)^2$	P, %
1	1947	1,7	1,7	1980	6,06	2,24	1,24	1,55	2,44
2	1948	4,94	6,64	1974	5,32	1,97	0,97	0,94	4,88
3	1949	3,48	10,12	1948	4,94	1,83	0,83	0,69	7,32
4	1950	2,24	12,36	1979	4,36	1,61	0,61	0,38	9,76
5	1951	2,43	14,79	1966	4,28	1,59	0,59	0,34	12,20
6	1952	1,38	16,17	1958	4,16	1,54	0,54	0,29	14,63
7	1953	3,09	19,26	1956	3,96	1,47	0,47	0,22	17,07
8	1954	0,72	19,98	1981	3,93	1,46	0,46	0,21	19,51
9	1955	3,64	23,62	1967	3,77	1,40	0,40	0,16	21,95
10	1956	3,96	27,58	1955	3,64	1,35	0,35	0,12	24,39
11	1957	2,01	29,59	1978	3,62	1,34	0,34	0,12	26,83
12	1958	4,16	33,75	1949	3,48	1,29	0,29	0,08	29,27
13	1959	1,81	35,56	1970	3,48	1,29	0,29	0,08	31,71
14	1960	1,86	37,42	1965	3,33	1,23	0,23	0,05	34,15
15	1962	2,87	40,29	1953	3,09	1,14	0,14	0,02	36,59
16	1963	1,34	41,63	1962	2,87	1,06	0,06	0,00	39,02
17	1964	1,44	43,07	1971	2,74	1,01	0,01	0,00	41,46
18	1965	3,33	46,4	1951	2,43	0,90	-0,10	0,01	43,90
19	1966	4,28	50,68	1965	2,32	0,86	-0,14	0,02	46,34
20	1967	3,77	54,45	1950	2,24	0,83	-0,17	0,03	48,78
21	1968	2,35	56,8	1986	2,05	0,76	-0,24	0,06	51,22
22	1969	1,76	58,56	1957	2,01	0,74	-0,26	0,07	53,66
23	1970	3,48	62,04	1976	1,99	0,74	-0,26	0,07	56,10
24	1971	2,76	64,8	1977	1,88	0,70	-0,30	0,09	58,54
25	1972	1,5	66,3	1960	1,86	0,69	-0,31	0,10	60,98
26	1977	1,86	68,16	1973	1,86	0,69	-0,31	0,10	63,41
27	1974	5,32	73,48	1985	1,84	0,68	-0,32	0,10	65,85
28	1975	3,26	76,74	1959	1,81	0,67	-0,33	0,11	68,29
29	1976	1,99	78,73	1969	1,76	0,65	-0,35	0,12	70,73
30	1977	1,88	80,61	1982	1,74	0,64	-0,36	0,13	73,17
31	1978	3,62	84,23	1983	1,73	0,64	-0,36	0,13	75,61
32	1979	4,36	88,59	1947	1,70	0,63	-0,37	0,14	78,05
33	1980	6,06	94,65	1972	1,50	0,56	-0,44	0,20	80,49
34	1981	3,93	98,58	1964	1,44	0,53	-0,47	0,22	82,93
35	1982	1,74	100,32	1961	1,41	0,52	-0,48	0,23	85,37
36	1983	1,73	102,05	1952	1,38	0,51	-0,49	0,24	87,80
37	1984	0,71	102,76	1963	1,34	0,50	-0,50	0,25	90,24
38	1985	1,84	104,6	1954	0,72	0,27	-0,73	0,54	92,68
39	1986	2,05	106,65	1984	0,71	0,26	-0,74	0,54	95,12
40	1961	1,41	108,06	1975	3,26	1,21	0,21	0,04	97,56
		$Q_0=2,70$			$\Sigma=108,06$	$\Sigma=40$	$\Sigma=0,0$	$\Sigma=8,76$	

Таблица 17.5

**Расчет статистических параметров годового стока за весь период наблюдений по р. Стоход –
пгт. Любешов (F=2970 км²)**

№ п/п	Годы	Q _i , м ³ /с	Q _i , м ³ /с	Годы	Q _i в убыв. порядке	K _i	K _{i-1}	(K _{i-1}) ²	P, %
1	1961	5,79	5,79	1975	22,3	2,14	1,14	1,30	3,70
2	1962	7,05	12,84	1974	21,5	2,07	1,07	1,13	7,41
3	1967	6,23	19,07	1979	17,1	1,64	0,64	0,41	11,11
4	1964	4,65	23,72	1980	16,7	1,60	0,60	0,37	14,81
5	1965	6,72	30,44	1970	12,4	1,19	0,19	0,04	18,52
6	1966	10,5	40,94	1976	12,4	1,19	0,19	0,04	22,22
7	1967	11,4	52,34	1978	12	1,15	0,15	0,02	25,93
8	1968	7,82	60,16	1981	12	1,15	0,15	0,02	29,63
9	1969	7,48	67,64	1971	11,8	1,13	0,13	0,02	33,33
10	1970	12,4	80,04	1967	11,4	1,10	0,10	0,01	37,04
11	1971	11,8	91,84	1982	10,7	1,03	0,03	0,00	40,74
12	1972	6,45	98,29	1966	10,5	1,01	0,01	0,00	44,44
13	1973	8,7	106,99	1985	10,4	1,00	0,00	0,00	48,15
14	1974	21,5	128,49	1977	9,71	0,93	-0,07	0,00	51,85
15	1975	22,3	150,79	1973	8,7	0,84	-0,16	0,03	55,56
16	1976	12,4	163,19	1968	7,82	0,75	-0,25	0,06	59,26
17	1977	9,71	172,9	1969	7,48	0,72	-0,28	0,08	62,96
18	1978	12	184,9	1986	7,39	0,71	-0,29	0,08	66,67
19	1979	17,1	202	1983	7,08	0,68	-0,32	0,10	70,37
20	1980	16,7	218,7	1962	7,05	0,68	-0,32	0,10	74,07
21	1981	12	230,7	1965	6,72	0,65	-0,35	0,13	77,78
22	1982	10,7	241,4	1972	6,45	0,62	-0,38	0,14	81,48
23	1983	7,08	248,48	1963	6,23	0,60	-0,40	0,16	85,19
24	1984	4,26	252,74	1961	5,79	0,56	-0,44	0,20	88,89
25	1985	10,4	263,14	1964	4,65	0,45	-0,55	0,31	92,59
26	1986	7,39	270,53	1984	4,26	0,41	-0,59	0,35	96,30
		Q ₀ =10,41			Σ=270,53	Σ=26	Σ=0,0	Σ=5,06	

Таблица 17.6

**Расчет статистических параметров годового стока за период с естественным режимом стока
по р. Луга – г. Владимир-Волынский (F=1270 км²)**

№ п/п	Годы	Q _i , м ³ /с	Годы	Q _i в убыв. порядке	K _i	K _{i-1}	(K _{i-1}) ²	P, %
1	1965	3,16	1966	5,42	1,35	0,35	0,12	7,69
2	1966	5,42	1975	5,39	1,34	0,34	0,12	15,38
3	1967	4,59	1974	5,22	1,30	0,30	0,09	23,08
4	1968	3,5	1976	4,74	1,18	0,18	0,03	30,77
5	1969	3,18	1967	4,59	1,14	0,14	0,02	38,46
6	1970	3,54	1970	3,54	0,88	-0,12	0,01	46,15
7	1971	3,51	1971	3,51	0,87	-0,13	0,02	53,85
8	1972	2,72	1968	3,5	0,87	-0,13	0,02	61,54
9	1973	3,27	1973	3,27	0,81	-0,19	0,03	69,23
10	1974	5,22	1969	3,18	0,79	-0,21	0,04	76,92
11	1975	5,39	1965	3,16	0,79	-0,21	0,05	84,62
12	1976	4,74	1972	2,72	0,68	-0,32	0,10	92,31
		Q ₀ =4,02		Σ=48,24	Σ=12,0	Σ=0,0	Σ=0,65	

Таблица 17.7

**Расчет статистических параметров годового стока за период с естественным режимом стока
по р. Вырка – с. Сварыни (F=231 км²)**

№ п/п	Годы	Q _i , м ³ /с	Годы	Q _i в убыв. порядке	K _i	K _{i-1}	(K _{i-1}) ²	P, %
1	1947	0,36	1958	1,83	2,61	1,61	2,61	4,17
2	1948	0,8	1956	1,11	1,59	0,59	0,34	8,33
3	1949	0,56	1969	1,07	1,53	0,53	0,28	12,50
4	1950	0,44	1966	1,05	1,50	0,50	0,25	16,67
5	1951	0,49	1955	0,96	1,37	0,37	0,14	20,83
6	1952	0,65	1948	0,8	1,14	0,14	0,02	25,00
7	1953	0,78	1953	0,78	1,11	0,11	0,01	29,17
8	1954	0,3	1968	0,77	1,10	0,10	0,01	33,33
9	1955	0,96	1967	0,68	0,97	-0,03	0,00	37,50
10	1956	1,11	1959	0,66	0,94	-0,06	0,00	41,67
11	1957	0,38	1960	0,66	0,94	-0,06	0,00	45,83
12	1958	1,83	1952	0,65	0,93	-0,07	0,01	50,00
13	1959	0,66	1949	0,57	0,81	-0,19	0,03	54,17
14	1960	0,66	1965	0,53	0,76	-0,24	0,06	58,33
15	1961	0,47	1964	0,52	0,74	-0,26	0,07	62,50
16	1962	0,51	1962	0,51	0,73	-0,27	0,07	66,67
17	1963	0,49	1951	0,49	0,70	-0,30	0,09	70,83
18	1964	0,52	1963	0,49	0,70	-0,30	0,09	75,00
19	1965	0,83	1961	0,47	0,67	-0,33	0,11	79,17
20	1966	1,05	1950	0,44	0,63	-0,37	0,14	83,33
21	1967	0,68	1957	0,38	0,54	-0,46	0,21	87,50
22	1968	0,77	1947	0,36	0,51	-0,49	0,24	91,67
23	1969	1,07	1954	0,3	0,43	-0,57	0,33	95,83
		Q ₀ =0,70		Σ=16,07	Σ=23	Σ=0	Σ=5,10	

Таблица 17.8

**Расчет статистических параметров годового стока за период с естественным режимом стока
по р. Выжевка – пгт. Ст. Выжевка (F=722 км²)**

№ п/п	Годы	Q _i , м ³ /с	Годы	Q _i в убыв. порядке	K _i	K _{i-1}	(K _{i-1}) ²	P, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1947	1,7	1974	5,32	1,99	0,99	0,97	3,03
2	1948	4,94	1948	4,94	1,84	0,84	0,71	6,06
3	1949	3,48	1966	4,28	1,60	0,60	0,36	9,09
4	1950	2,24	1958	4,16	1,55	0,55	0,30	12,12
5	1951	2,43	1956	3,96	1,48	0,48	0,23	15,15
6	1952	1,38	1967	3,77	1,41	0,41	0,17	18,18
7	1953	3,09	1965	3,64	1,36	0,36	0,13	21,21
8	1954	0,72	1978	3,62	1,35	0,35	0,12	24,24
9	1955	3,64	1949	3,48	1,30	0,30	0,09	27,27
10	1956	3,96	1970	3,48	1,30	0,30	0,09	30,30
11	1957	2,01	1965	3,33	1,24	0,24	0,06	33,33
12	1958	4,16	1975	3,26	1,22	0,22	0,05	36,36
13	1959	1,81	1953	3,09	1,15	0,15	0,02	39,39
14	1960	1,86	1962	2,87	1,07	0,07	0,01	42,42
15	1961	1,41	1971	2,76	1,03	0,03	0,00	45,45

16	1962	2,87	1951	2,43	0,91	-0,09	0,01	48,48
17	1963	1,34	1968	2,35	0,88	-0,12	0,02	51,52
18	1964	1,44	1950	2,24	0,84	-0,16	0,03	54,55
19	1965	3,33	1957	2,01	0,75	-0,25	0,06	57,58
20	1966	4,29	1976	1,99	0,74	-0,26	0,07	60,61
21	1967	3,77	1977	1,88	0,70	-0,30	0,09	63,64
22	1968	2,35	1960	1,86	0,69	-0,31	0,09	66,67
23	1969	1,76	1973	1,86	0,69	-0,31	0,09	69,70
24	1970	3,48	1939	1,81	0,68	-0,32	0,11	72,73
25	1971	2,76	1969	1,75	0,65	-0,35	0,12	75,76
26	1972	1,5	1947	1,7	0,63	-0,37	0,13	78,79
27	1973	1,86	1972	1,5	0,56	-0,44	0,19	81,82
28	1974	5,32	1964	1,44	0,54	-0,46	0,21	84,85
29	1975	3,26	1961	1,41	0,53	-0,47	0,22	87,88
30	1976	1,99	1952	1,38	0,51	-0,49	0,24	90,91
31	1977	1,88	1963	1,34	0,50	-0,50	0,25	93,94
32	1978	3,62	1954	0,72	0,27	-0,73	0,53	96,97
		$Q_0=2,68$		$\Sigma=85,64$	$\Sigma=32,0$	$\Sigma=0$	$\Sigma=5,72$	

Таблица 17.9

**Расчет статистических параметров годового стока за период с естественным режимом стока
по р. Стоход – пгт. Любешов ($F=2970 \text{ км}^2$)**

№ п/п	Годы	Q_i , м ³ /с	Годы	Q_i в убыв. порядке	K_i	K_{i-1}	$(K_{i-1})^2$	P, %
1	1961	5,79	1970	12,4	1,51	0,51	0,26	7,14
2	1962	7,05	1971	11,8	1,43	0,43	0,19	14,29
3	1963	6,23	1967	11,4	1,39	0,39	0,15	21,43
4	1964	4,65	1966	10,5	1,28	0,28	0,08	28,57
5	1965	6,72	1973	8,7	1,06	0,06	0,00	35,71
6	1966	10,5	1968	7,82	0,95	-0,05	0,00	42,86
7	1967	11,4	1969	7,48	0,91	-0,09	0,01	50,00
8	1968	7,82	1962	7,05	0,86	-0,14	0,02	57,14
9	1969	7,48	1965	6,72	0,82	-0,18	0,03	64,29
10	1970	12,4	1972	6,45	0,78	-0,22	0,05	71,43
11	1971	11,9	1967	6,23	0,76	-0,24	0,06	78,57
12	1972	6,45	1961	5,79	0,70	-0,30	0,09	85,71
13	1973	8,70	1964	4,65	0,57	-0,43	0,18	92,9
		$Q_0=8,23$		$\Sigma=106,99$	$\Sigma=13,00$	$\Sigma=0$	$\Sigma=1,11$	

Таблица 17.10

**Расчет статистических параметров годового стока за период с нарушенным режимом стока
по р. Луга – г. Владимир-Волынский (F=1270 км²)**

№ п/п	Годы	Q _i , м ³ /с	Годы	Q _i в убыв. порядке	K _i	K _{i-1}	(K _{i-1}) ²	P, %
1	1977	4,97	1980	7,09	1,49	0,49	0,24	9,09
2	1978	6,18	1979	6,8	1,43	0,43	0,19	18,18
3	1979	6,80	1979	6,18	1,30	0,30	0,09	27,27
4	1980	7,09	1981	5,8	1,22	0,22	0,05	36,36
5	1981	5,80	1977	4,97	1,05	0,05	0,00	45,45
6	1982	4,60	1982	4,6	0,97	-0,03	0,00	54,55
7	1983	3,11	1985	3,13	0,66	-0,34	0,12	63,64
8	1984	2,78	1983	3,11	0,65	-0,35	0,12	72,73
9	1985	3,13	1986	3	0,63	-0,37	0,14	81,82
10	1986	3,00	1984	2,78	0,59	-0,41	0,17	90,91
		Q ₀ =4,75		Σ=47,46	Σ=10,0	Σ=0	Σ=1,11	

Таблица 17.11

**Расчет статистических параметров годового стока за весь период с нарушенным режимом стока
по р. Вырка – с. Сварины (F=231 км²)**

№ п/п	Годы	Q _i , м ³ /с	Годы	Q _i в убыв. порядку	K _i	K _{i-1}	(K _{i-1}) ²	P, %
1	1970	1,93	1970	1,93	1,80	0,80	0,65	5,56
2	1971	1,11	1978	1,44	1,35	0,35	0,12	11,11
3	1972	0,44	1979	1,39	1,30	0,30	0,09	16,67
4	1973	0,64	1976	1,35	1,26	0,26	0,07	22,22
5	1974	1,3	1974	1,30	1,21	0,21	0,05	27,78
6	1975	1,44	1977	1,22	1,14	0,14	0,02	33,33
7	1976	1,36	1971	1,11	1,04	0,04	0,00	38,89
8	1977	1,22	1981	1,11	1,04	0,04	0,00	44,44
9	1978	1,03	1962	1,09	1,02	0,02	0,00	50,00
10	1979	1,38	1978	1,03	0,96	-0,04	0,00	55,56
11	1980	1,03	1980	1,03	0,96	-0,04	0,00	61,11
12	1981	1,11	1985	0,96	0,90	-0,10	0,01	66,67
13	1982	1,09	1983	0,94	0,88	-0,12	0,01	72,22
14	1983	0,94	1986	0,68	0,64	-0,36	0,13	77,78
15	1984	0,52	1973	0,64	0,60	-0,40	0,16	83,33
16	1985	0,96	1984	0,52	0,49	-0,51	0,26	88,89
17	1986	0,68	1972	0,44	0,41	-0,59	0,35	94,44
		Q ₀ =1,07		Σ=18,1	Σ=17,0	Σ=0	Σ=1,88	

Таблица 17.12

Расчет статистических параметров годового стока за весь период с нарушенным режимом стока по р. Выжевка – пгп. Ст. Выжевка ($F = 722 \text{ км}^2$)

№ п/п	Годы	$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	Годы	Q_i в убыв. порядке	K_i	K_{i-1}	$(K_{i-1})^2$	P, %
1	1979	4,36	1980	6,06	2,16	1,16	1,36	11,11
2	1980	6,06	1974	4,36	1,56	0,56	0,31	22,22
3	1981	3,93	1981	3,93	1,40	0,40	0,16	33,33
4	1982	1,74	1986	2,05	0,73	-0,27	0,07	44,44
5	1983	1,73	1985	1,84	0,66	-0,34	0,12	55,56
6	1984	0,71	1982	1,74	0,62	-0,38	0,14	66,67
7	1985	1,84	1983	1,73	0,62	-0,38	0,15	77,78
8	1986	2,05	1984	0,71	0,25	-0,75	0,56	88,89
		$Q_0=2,80$		$\Sigma=22,42$	$\Sigma=8,0$	$\Sigma=0$	$\Sigma=2,85$	

Таблица 17.13

Расчет статистических параметров годового стока за весь период с нарушенным режимом стока по р. Стоход – пгп. Любешов ($F = 2970 \text{ км}^2$)

№ п/п	Годы	$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	Годы	Q_i в убыв. порядке	K_i	K_{i-1}	$(K_{i-1})^2$	P, %
1	1974	21,5	1975	22,3	1,77	0,77	0,60	7,14
2	1975	22,3	1974	21,5	1,71	0,71	0,50	14,29
3	1976	12,4	1979	17,1	1,36	0,36	0,13	21,43
4	1977	9,71	1980	16,7	1,33	0,33	0,11	28,57
5	1978	12	1976	12,4	0,99	-0,01	0,00	35,71
6	1979	17,1	1978	12	0,95	-0,05	0,00	42,86
7	1980	16,7	1981	12	0,95	-0,05	0,00	50,00
8	1981	12	1982	10,7	0,85	-0,15	0,02	57,14
9	1982	10,7	1985	10,4	0,83	-0,17	0,03	64,29
10	1983	7,08	1977	9,71	0,77	-0,23	0,05	71,43
11	1984	4,26	1986	7,39	0,59	-0,41	0,17	78,57
12	1985	10,4	1983	7,08	0,56	-0,44	0,19	85,71
13	1986	7,39	1984	4,26	0,34	-0,66	0,44	92,86
		$Q_0=12,58$		$\Sigma=163,54$	$\Sigma=13$	$\Sigma=0$	$\Sigma=2,23$	

Таблица 17.14

Расчетные статистические параметры годового стока за расчетные периоды наблюдений

Река – пункт	За весь период наблюдений			Естественный режим			Нарушенный режим		
	n	$Q_0, \text{ м}^3/\text{с}$	Cv	n	$Q_0, \text{ м}^3/\text{с}$	Cv	n	$Q_0, \text{ м}^3/\text{с}$	Cv
Лука – г. Вл.Волынский	22	4,35	0,31	12	4,02	0,24	10	4,75	0,35
Вырка – с. Сварыни	40	0,86	0,45	23	0,70	0,48	17	1,07	0,34
Иква – с. Млыновци	42	3,41	0,29						
Выжевка – пгп. Ст. Выжевка	40	2,70	0,47	32	2,68	0,42	8	2,80	0,64
Стоход – пгп. Любешов	26	10,41	0,45	13	8,23	0,30	13	12,58	0,43

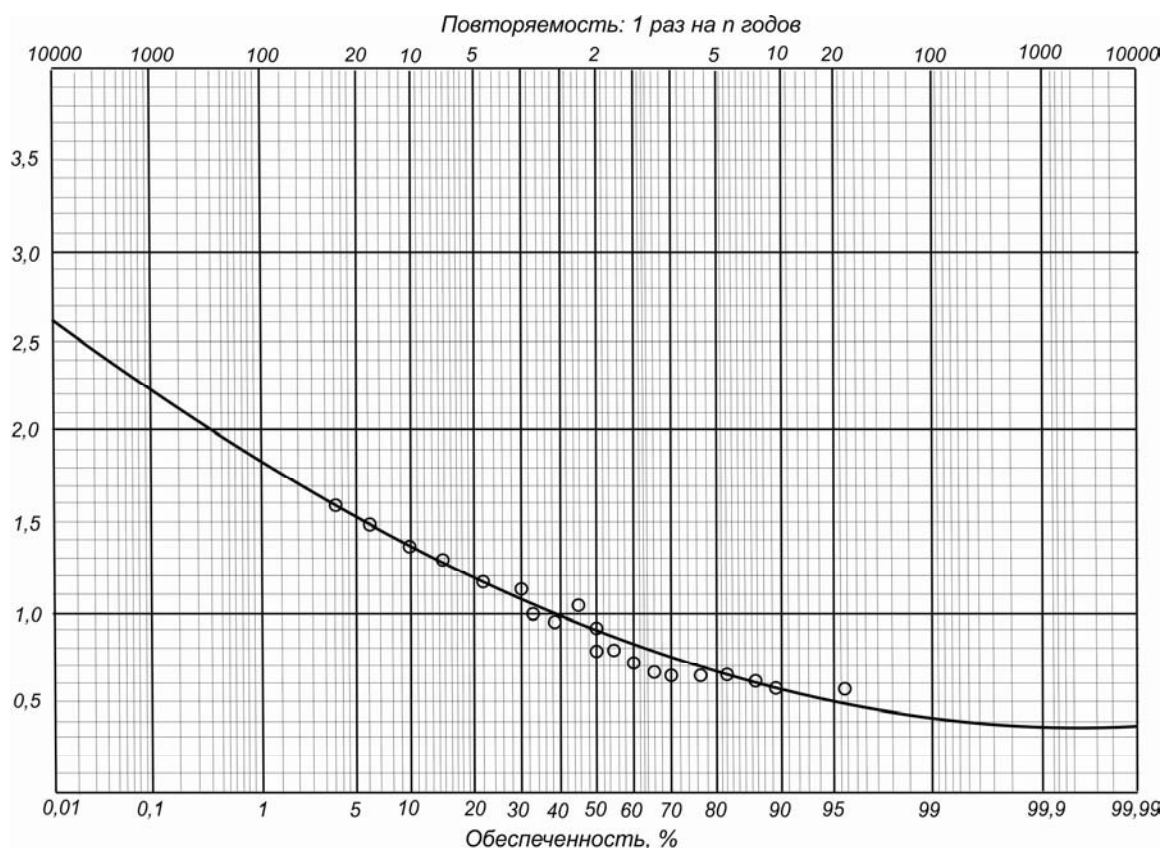


Рис. 17.2. Кривая обеспеченности годового стока по р. Луга – г. Владимир-Волынский
 $T = 22$, $Q_0 = 4.35 \text{ м}^3/\text{с}$; $C_v = 0,31$; $C_s = 0,62$

17.1.2. Методика оценки влияния осушения на сток малых рек. Для количественной оценки влияния осушения на годовой сток очень удобен метод безразмерного критерия В. Ф. Шебеко [1], посредством которого анализируется сток в однотипных природных условиях того же водосбора. Этот метод представляет собой сочетание двух методов – водного баланса и сравнения стока, имевшего место до и после реализации осушительных мелиораций.

Уравнение водного баланса для отдельного года можно записать так

$$X - Y \pm \Delta W \pm \omega - E = 0, \quad (17.2)$$

где X – осадки; E – суммарное испарение; ΔW – изменение запасов воды в бассейне; ω – подземный водообмен.

Из-за перераспределения во времени запасов влаги в бассейне объем стока за отдельные годы в работе [1] принимается равным

$$Y = \gamma(X - E), \quad (17.3)$$

В равенстве (17.3) коэффициент γ определяет долю стока от ежегодного поглощенного бассейном слоя воды $X - E$ и представляет собой безразмерный критерий, посредством которого оценивается влияние осушения на годовой сток. Однако использование этого коэффициента весьма затруднено, поскольку требуются специальные исследования и расчеты нормы суммарного испарения с бассейна.

Решение задачи можно упростить, если принять

$$X - Y = E \pm \Delta W \pm \omega = \gamma' \cdot x \quad (17.4)$$

Здесь γ' -коэффициент выражает долю ежегодно испарившейся и поглощенной бассейном влаги от количества выпавших осадков. Он позволяет оценить послемелиоративные изменения стока как равные идентичным изменениям $E \pm \Delta W \pm \omega$. Этим упрощается задача, так как вместо трудноопределимых сумм испарения безразмерный коэффициент находится по известным ежегодным величинам стока и осадков.

Далее можно следовать методике работы [1]. Коэффициент для отдельных лет изменяется в широких пределах и по мере увеличения периода осреднения должен стабилизироваться. Стабильность значений выявляется с помощью скользящих n -леток;

$$\gamma' = \frac{\sum_1^n (X - Y)}{\sum_1^n (X + Y)} \quad (17.5)$$

Для расчёта γ' имеющийся ряд наблюдений по речному водосбору делится на периоды до и после мелиорации. Для каждого периода находится максимальное и минимальное значение.

На процесс стабилизации оказывает влияние, помимо инертности влагообмена, взаимосвязь поверхностных и грунтовых вод и неточность определения составляющих водного баланса. Поэтому для каждого из периодов до мелиорации и после находятся осредненные стабильные и близкие по величине (за n -лет) коэффициенты γ' [1].

Изменение γ' , обусловленное осушением, равно

$$\gamma^t = \gamma_\delta - \gamma_n, \quad (17.6)$$

где γ_n – осредненное стабилизированное значение γ' за период времени после осушения; γ_δ – то же за период осушения.

Изменение средней величины ΔS и среднего объема годового стока ΔY определяется по уравнению

$$\Delta S = \Delta Y = \Delta \gamma \cdot \bar{x}, \quad (17.7)$$

где \bar{x} – среднемноголетнее значение осадков.

Как видно из таблицы 17.15, рассчитанные по ряду рек Украинского Полесья при $n = 1$ значения γ' колеблются в широком диапазоне. В послемелиоративный период стабилизация величины γ' достигается через 4–6 лет, а в домелиоративный период – после 7–8 лет. Этот результат свидетельствует о том, что интенсивность влагообмена значительно возрастает в бассейне после мелиорации. Кроме того, в результате осушения величина γ' сокращается, определяя увеличение годового стока, интенсивности срабатывания подземного стока и сокращение оттока подземного стока за пределы рассматриваемого бассейна.

Характер изменений подземного стока зависит от интенсивности осушения и гидрогеологических условий бассейна. Однако, как показано в работе [1], наибольшее влияние на изменение стока оказывает степень осушения водосбора или удельный вес осушенных земель на нем. На основании данных, полученных в результате расчета (табл. 17.15) построен график зависимости $\gamma'_{oc} = f(\gamma_{oc})$ (рис. 17.3). Для приближенной оценки изменения среднего стока под влиянием осушения при $0,10 \leq \delta_{oc} \leq 0,80$ можно использовать этот график, а при $\delta_{oc} < 0,10$ принимать $\Delta Y' = 0$. При этом верхняя кривая отвечает обильному, нижняя слабому и средняя – обычному подземному питанию.

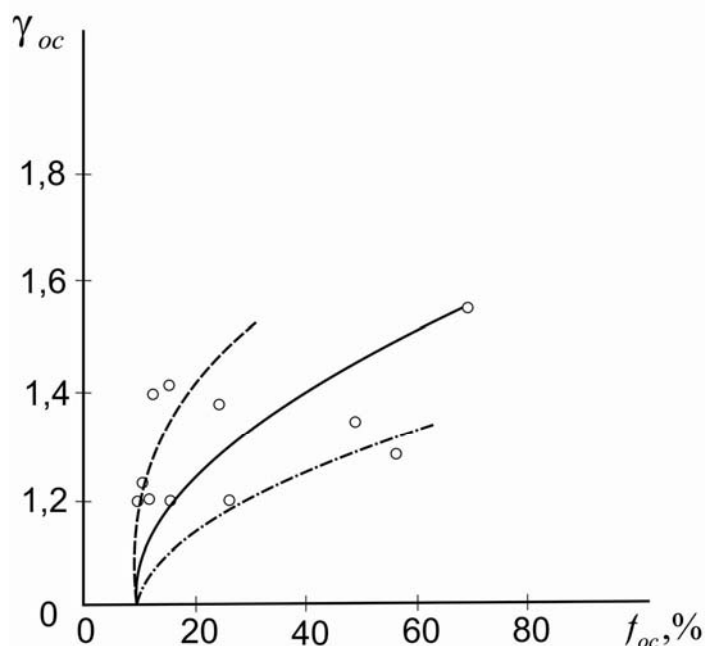


Рис. 17.3. Зависимость γ'_o от степени осушения водосбора f_{oc}

Диапазон изменения критерия γ в бассейнах рек Украинского Полесья

Река	Период	Значение в скользящих n-летках										Изменение стока	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%	мм
Иква – с. Млыновцы	Д	0,62	0,69	0,62	0,52	0,57	0,60	0,67	0,73	0,78	0,81	20	24
	П	0,70	0,68	0,66	0,67	0,64	0,57	0,67	0,76	0,71	0,71		
Вырка – с. Сварыни	Д	0,83	0,87	0,87	0,87	0,80	0,86	0,86	0,76	0,81	-	65	68
	П	0,71	0,81	0,87	0,81	0,72	0,71	0,77	0,76	0,73	-		
Выжевка – с. Руда	Д	0,84	0,75	0,79	0,77	0,80	0,88	0,88	0,80	0,80	0,80	20	24
	П	0,63	0,66	0,63	0,61	0,56	0,57	0,69	0,79	0,78	0,78		
Стоход – пгт. Любешов	Д	0,85	0,77	0,84	0,87	0,89	0,90	0,88	0,87	0,87	-	10	12
	П	0,49	0,44	0,83	0,83	0,85	0,89	0,86	0,85	0,85	-		

17.2. Формирование стока рек на осушенных землях Западного Полесья Украины

17.2.1. *Мелиоративный фонд и его освоение.* Из общей площади переувлажненных земель, составляющей в Полесской части Украины 4,6 млн га, осушено около 2,4 млн га (табл. 17.16).

Таблица 17.16

Характеристика мелиоративного фонда и его освоение в Украине, тыс. га
(по данным П. Н. Паламарчука)

Характеристика мелиоративного фонда	Площадь, га	Освоено					Остаток мелиоративного фонда	
		1965 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г.	1985 г.	тыс. га	%
Общая площадь мелиоративного фонда в Украине	6568,7	1372,6	1620,3	2071,9	2544,2	3041,0	2341,6	35,6
в том числе территории, не подлежащие освоению	1186,1	1186,1	1186,1	1186,1	1186,1	1186,1	1186,1	100
Общая площадь мелиоративного фонда Полесья Украины	4576,5	1057,3	1213,5	1541,7	1853,5	2308,5	1637,0	35,8
в том числе: переувлажненные минеральные земли	2510,0	150,0	161,5	474,6	759,8	1115,1	1394,9	55,6
затопленные минеральные земли	793,3	457,3	521,0	530,2	551,8	651,5	141,8	17,8
торфоболотные земли	642,8	450,0	531,0	536,9	541,9	541,9	100,6	15,6
территории, не подлежащие осушению	630,7	630,7	630,7	630,7	630,7	630,7	630,7	100

Первые мелиоративные системы, построенные до 60-х годов, обеспечивали осушение только открытыми каналами. Комплексные мелиоративные работы в больших масштабах начались после 1966 г. В эти годы широко применяются системы с двусторонним регулированием водного режима и устройство гончарного дренажа. В 1985 г. в Полесье на 56 % осушенной площади имеется гончарный дренаж, а на 35 % – системы с двусторонним регулированием водного режима. В поймах рек на площади более 170 тыс. га земли осушаются с учетом необходимости защиты их от затопления паводковыми водами с помощью строительства дамб, обвалования и механической откачки воды.

Наиболее крупные осушительные системы созданы в Волынской области – Турская, Цирская, Мельницкая, в верховьях рек Припяти и Стохода, во Львовской – Желдецкая, Нежухов-

ская, «Солокия»; в Ровенской – «Мельница», «Печаловка», «Иква», «Стубла», «Зурно», Карпиловская, Ярыновская, Бережанская, в Житомирской – Замисловичская, Великолучанская, Верхнеслучанская.

Многолетний опыт проведения осушительных мелиораций показал высокую социально-экономическую значимость в преобразовании Полесья. Они способствуют общему оздоровлению этой территории, увеличению занятости населения, росту земельного фонда в областях с низкой земельной обеспеченностью. Мелиоративные системы расположены в основном в долинах и на пойменных землях бассейнов рек, поэтому для оценки их влияния на характеристики стока рек наибольший интерес представляют сведения о динамике осушенных площадей в речных бассейнах, замыкаемых гидрометрическими створами с продолжительными периодами наблюдений за водным режимом (табл. 17.17).

Таблица 17.17

**Динамика осушенных площадей в бассейнах Припятского Полесья Украины
(по данным М. Н. Паламарчука)**

Река – пункт	Площадь водосбора, км ²	Осушено земель в % от площади водосбора					
		1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г.	1985 г.
Западный Буг – с. Засов	107	14,8	17,9	18,1	20,7	22,6	26,8
Западный Буг – г. Каменка Бугская	2260	11,7	28,8	29,4	31,2	33,0	34,2
Западный Буг – г. Сокаль	6250	3,3	13,3	15,2	16,2	17,0	18,7
Полтва – г. Буск	1440	11,8	24,0	24,6	25,6	27,2	29,6
Рата – с. Волица	1140	4,5	4,5	5,7	9,6	10,2	11,0
Рата – с. Межеречье	1740	11,4	34,7	40,9	42,4	44,1	44,8
Выжевка – с. Руда	141	-	-	-	-	4,3	14,6
Выжевка – пгт. Старая Выжевка	722	2,1	8,0	4,5	5,1	8,8	16,6
Турья – с. Ягодное	502	-	10,9	12,8	13,7	16,4	19,8
Турья – г. Ковель	1480	-	7,0	11,2	13,8	15,3	18,2
Турья – с. Бузаки	2630	3,1	7,0	15,3	18,9	20,4	23,5
Стоход – с. Малиновка	692	5,8	6,5	12,2	21,0	22,3	26,5
Стоход – с. Гулевка	1420	6,1	6,3	12,7	16,7	19,7	22,1
Стоход – пгт. Любешов	2970	3,6	3,6	8,2	15,0	13,6	14,9
Стырь – с. Щуровцы	2020	1,7	13,9	14,7	15,3	20,4	21,5
Стырь – г. Луцк	7200	0,5	3,9	5,5	6,9	9,7	10,7
Стырь – с. Млынок	10900	0,3	5,1	6,5	8,6	12,6	14,2
Радоставка – с. Троица	316	11,1	26,0	21,2	21,9	55,4	61,0
Иква – с. Радянское	632	0,4	0,6	1,7	3,6	5,1	6,4
Иква – Млыновская ГЭС	1960	2,4	2,7	7,5	8,1	8,6	9,3
Горынь – пгт. Ямполь	1400	1,0	1,7	1,9	2,1	4,5	5,4
Горынь – с. Оженин	5860	0,1	0,7	2,6	3,0	4,3	4,5
Горынь – с. Деражно	9160	0,1	0,8	2,4	3,9	5,7	7,1
Горынь – пгт. Речица	27000	2,6	3,0	4,3	4,7	12,2	14,5
Вырка – с. Сварыни	231	-	-	11,9	14,	27,9	28,2
Бережанка – с. Подлесное	187	-	2,5	10,2	15,2	24,6	26,0
Случь – с. Большая Клитна	232	-	-	-	-	-	-
Случь – с. Громада	2480	-	-	0,1	0,1	0,4	0,8
Случь – г. Сарны	13300	-	5,0	9,4	12,1	13,2	16,5
Хомора – пгт. Поника	1410	0,1	1,2	1,9	4,3	5,1	17,3
Тня – с. Броники	982	-	12,8	17,8	20,1	27,0	29,4
Смолка – с. Суслы	632	-	0,3	6,0	13,9	17,2	20,0
Льва – с. Осницк	276	12,8	18,3	35,4	35,4	35,7	36,7
Уборть – с. Рудня Ивановская	776	5,9	8,2	17,5	24,3	27,5	30,3
Уборть – с. Перга	2880	3,9	9,2	12,3	14,9	20,3	22,0
Уборть – с. Краснобережье	5260	1,2	4,4	10,1	11,6	12,0	12,7
Уж – г. Коростень	1450	0,4	2,6	2,7	9,1	9,9	10,7
Уж – пгт. Полесское	5690	0,4	2,5	2,8	4,8	8,5	10,2
Жерев – с. Вязовка	1360	-	-	1,0	1,0	5,9	6,3
Норин – с. Славенщина	804	-	-	1,0	2,4	9,0	11,4
Илья – Лубны	300	-	-	-	-	-	-

Распределение мелиорируемых земель по речным водосборам рассматриваемой территории неравномерно: наибольшая доля осушенных болот, заболоченных и переувлажненных земель приходится на Полесскую низменность и равнинную часть бассейна Западного Буга. Здесь площади осушенных земель достигают 20 % и более от площади водосбора (реки Турья, Стоход до с. Гулевка, Вырка, Бережанка, Льва, Уборть). Значительная доля осушенных земель характерна для верховьев р. Стырь в пределах Малого Полесья (р. Стырь – с. Щуровцы, р. Радоставка – с. Тройца).

Для Припятского Полесья характерно наличие большого количества мелких осушительных систем, построенных в разное время. Их распределение в зависимости от размеров по бассейнам рек приведено в таблице 17.18.

Таблица 17.18

Распределение осушительных систем по бассейнам рек Припятского Полесья

Бассейн реки	Площадь, га.								Всего, шт.
	<200	200-500	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000-8000	8000-10000	>10000	
Верховье Припяти	2	3	4	5	1			1	16
Турья	2	7	2	11	8	2			32
Стоход	1	1	6	1	6	2		2	19
Стырь	12	15	9	18	6	8	2	1	71
Горынь	29	48	35	9	15	3	2	2	143
Случь	21	25	14	16	9	7			92
Уборть		1	1	2	9	2	1		16
Ствига	1	1	3	1					6
Уж	1	1	4	7	4	5			22
Итого:	69	102	112	58	58	27	5	6	417

Основной диапазон площадей: 200–2000 га. Наибольшее количество осушительных систем приходится на бассейн рек Горыни и Случи – 143 и 92 соответственно. В основном это мелкие системы, площадь их составляет 200–1000 га. Осушительных систем площадью более 10 тыс. га – 6, расположены они в верховье р. Припяти и бассейнах рек Стохода, Стыри и Горыни.

Осушительные системы в Припятском Полесье расположены на переувлажненных (55 %) и заболоченных (17 %) минеральных, а также на торфоболотных (14 %) землях. Соотношение их на системах может быть различно. Часто системы целиком расположены на торфяниках (Пляшевка – 1987 га, Слоновка – 1441 га, Покрова в бассейне р. Стыри до с. Щуровцы) или на минеральных землях («Вырка», «Желудек» в бассейне р. Вырка, Комсомольская и Верхне-Убортянская в бассейне р. Уборть). В основном на системах преобладают минеральные почвы.

Осушаемые земли интенсивно осваиваются под пашню (52–82 %), сенокосы и пастбища (17–40 %). Только в Волынской области эта структура нарушается: под сенокосы и пастбища здесь используется больше 60 % осушенных земель. За счет мелиорируемых земель вблизи крупных городов увеличены площади пригородного хозяйства для использования их под овощные и кормовые культуры.

На общей посевной площади наибольшая часть отводится под зерновые (в среднем 44,5 % в том числе озимая пшеница – 22 %, кукуруза – 2,2 % и кормовые культуры – 40 %).

17.2.2. Формирование стока на осушенных земель. Одна из наиболее важных проблем охраны водных ресурсов – оценка качественных и количественных изменений структуры водного баланса в районах интенсивного развития мелиораций. Особенно важна эта проблема для территории Украинского Полесья, где широко проводится осушение заболоченных массивов. Здесь на больших площадях в результате осушения сформировалась зона аэрации мощностью 0,8–1,2 м, сложенная различными по составу и свойствам почвами. Водно-физические, особенно фильтрационные свойства этих почв в осушенном состоянии проявляют себя иначе, чем в состоянии переувлажнения.

Эти свойства значительно меняются в процессе эксплуатации осушенных земель. Вот это вместе обуславливает изменение условий питания, что в итоге сказывается на запасе воды как в целом районе, так и в отдельных его частях.

Для Украинского Полесья рассматриваемая проблема важна и потому, что грунтовые воды первого от поверхности напорного горизонта верхнего мела широко используются для формирования стока р. Днепр.

Основным показателем влияния осушения на изменение в верхней части подземной гидросферы служит режим источников подземных вод, а также сток малых рек, особенно в меженный период. К сожалению, эти водные объекты до осушения не были охвачены сетью стационарных гидрологических наблюдений. Имеются лишь отрывочные данные об их режиме, полученные в процессе изысканий под мелиоративное строительство. В первую очередь следует отметить, что в результате значительно уменьшилось количество источников и малых водотоков. Так, при повторных инженерно-геологических изысканиях под реконструкцию Красновольской осушительной системы (Ковельский район Волынской области) установлено, что здесь практически прекратили свое существование многочисленные в прошлом левобережные и правобережные притоки р. Рудки. Существование этих притоков обеспечивалось высоким стоянием подземных вод сенонтурона и их разгрузкой. Аналогичные явления отмечаются практически в пределах всех осушенных земель. Кроме исчезновения многих малых водотоков на осушенных массивах вблизи от них, отмечается значительное уменьшение количества источников как грунтовых, так и напорных меловых вод. Для оставшихся после осушения источников характерно заметное уменьшение их дебита. При этом некоторые из них функционируют эпизодически, появляясь в весеннее время или отдельные годы. Понижение уровня воды в последнее время отмечается на многочисленных озерах Украинского Полесья.

Все изложенное позволяет сделать вывод об отрицательном влиянии осушения на условия питания подземной гидросферы, что приводит к заметному понижению уровней не только грунтовых, но и напорных вод. Однако это не позволяет еще сделать общее однозначное заключение об отрицательном влиянии осушительных мелиораций на водные ресурсы района. Особый интерес при этом представляет вопрос о влиянии осушения на подземный сток рек. Для изучения этого влияния в последнее время применяют метод меженной гидрометрической съемки рек с осушенными и неосушенными площадями водосбора. Этот метод имеет ряд недостатков. Наиболее важный из них трудность, а иногда и невозможность, подбора рек-аналогов с близкими по составу и водно-физическими свойствами покровных четвертичных отложений. Как известно, отложения болот и заболоченных массивов отличаются большой пестротой как по составу, так и по водно-физическим свойствам.

Для изучения влияния осушения на гидрогеологический режим рек рассматриваемого района можно использовать данные о дренажном стоке с осушенных массивов за вегетационный период. Однако отсутствие стоковых площадок на заболоченных массивах не позволяет привести точные данные с неосушенных площадей. С некоторой степенью условности, сравнивая дренажный и меженный сток малых рек с неосушенной и слабоосушенной площадью водосбора, можно сделать некоторые выводы о влиянии осушения на верхнюю часть подземной гидросферы. Следует отметить, что дренажный сток представляет собой только часть подземного (грунтового) питания рек в меженный период. В таблице 17.19 приведены данные (среднестатистические) о среднемесячном дренажном стоке юго-восточной части Волынского Полесья за 1976–1980 гг., а также о межennom стоке рек площадью водосбора до 300 км² (р. Льва – с. Осницк, р. Вырка – с. Сварыни и др.). Из таблицы видно, что дренажный сток значительно выше, чем сток с неосушенной и слабоосушенной площади. При этом наибольшая разница между ними отмечается в первые два месяца вегетационного периода.

В апреле-мае дренажный сток в отдельные годы в 5 раз больше речного меженного. В остальные летне-осенние месяцы эта разница уменьшается. Тем не менее, за небольшим исключением, дренажный сток заметно больше меженного. Эта разница объясняется особенностями формирования грунтового стока на осушенных землях. Здесь в конце марта – начале апреля весенний подъем уровня грунтовых вод достигает своего максимума. Уровень воды устанавливается на дневной поверхности или близко к ней.

Гидрогеологические условия на осушенных землях в этот период практически мало отличаются от заболоченных. Однако понижение уровня в летне-осенний спад происходит немного интенсивней. Так, в течение апреля сток с них составляет более 40 % от суммы за весь вегетационный период. Сток с неосушенных земель в это время всего 25 % от суммы за вегетационный период (табл. 17.20). При этом в абсолютных значениях (среднестатистических) сток с осушенных земель более чем в три раза больше, чем с неосушенных. Это объясняется дополнительным объемом воды, поступающей в речную сеть за счет интенсивного осушения верхнего слоя (формирование зоны аэрации). При понижении уровня воды на 0,5 м, что на осушенных землях происходит к концу апреля, сток с 1 км² торфяника превышает 80 тыс. м³. С минеральных земель этот объем должен быть больше.

Характеристика дренажного и меженного стока л/с*км²

Месяцы	Сток									
	1976		1977		1978		1979		1980	
	дренаж- ный	межен- ный*	дренаж- ный	межен- ный	дренаж- ный	межен- ный	дренаж- ный	межен- ный	дренаж- ный	межен- ный
IV	9,95	3,98	13,0	4,53	7,50	3,58	16,0	4,35	9,50	3,82
V	2,25	2,72	14,7	2,49	3,28	2,72	6,51	3,62	4,56	2,27
VI	2,75	1,53	5,0	1,99	2,48	0,79	1,09	1,16	2,36	1,63
VII	1,45	0,72	2,50	2,35	2,05	0,89	1,08	0,72	2,0	1,81
VIII	1,05	0,36	1,80	2,02	0,82	0,54	1,05	0,72	1,02	1,81
IX	1,80	0,72	4,40	1,81	2,76	0,72	0,85	0,40	3,0	1,81
X	1,15	0,72	3,60	1,81	1,25	1,01	0,75	0,36	2,94	1,81
Среднее за вегетацион- ный период	2,91	1,54	6,43	2,43	2,88	1,46	3,90	4,62	3,62	2,14

Примечание: * меженный сток рек с неосушенным водосбором.

Распределение стока с осушенных и неосушенных земель внутри вегетационного периода

Характеристика стока	Месяцы							Сумма за вегетационный период
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Сток дренажный с осушенных земель, мм и % от суммы за вегетационный период	29,9	16,7	5,29	3,21	3,87	6,92	3,50	69,4 мм
	43,1	24,1	9,96	7,61	4,62	5,57	5,04	100 %
Сток с неосушенных земель, мм и % от суммы за вегетационный период	9,58	9,03	3,68	3,48	2,93	2,74	3,01	34,5 мм
	27,8	26,2	10,7	10,1	8,51	7,96	8,73	100 %

В остальные месяцы вегетационного периода распределение стока на осушенных и на неосушенных землях примерно одинаково. Однако в абсолютных величинах сток с осушенных земель в течение всего вегетационного периода в 1,5–2,0 раза больше.

Важным фактором увеличения стока с осушенных земель является изменение водно-физических свойств почв в процессе их осушения и эксплуатации. По данным Ровенской гидрогеолого-мелиоративной партии, объемная масса скелета торфа увеличивается под воздействием сельскохозяйственных машин с 0,27 до 0,36 г/см³ до глубины 0,5 м и больше. Такое уплотнение торфа уменьшает его проницаемость, особенно в вертикальном положении, увеличивает поверхностный и грунтовый сток, что часто приводит к переосушению земель. В осенне-зимнее время в результате насыщения водой и промерзания объемная масса скелета торфа вновь уменьшается до 0,25–0,2 г/см³.

Для основных и древесно-основных разностей торфа, преобладающих в пределах рассматриваемой территории, характерны более высокие значения коэффициента фильтрации, в горизонтальном состоянии заболоченных массивов это свойство проявляется слабо и не играет заметной роли в формировании стока. При осушении это приводит к уменьшению инфильтрации атмосферных осадков за вегетационный период, так как они задерживаются верхними слоями зоны аэрации, и не оказывает заметного влияния на изменение уровня грунтовых вод, что, с одной стороны, приводит к увеличению стока, с другой – к переосушению мелиорируемых земель.

Исходя из всего изложенного, можно сделать следующие выводы:

– малые реки с площадью водосбора до 10–15 км², питание которых происходит за счет мелких болотных озер, источников грунтовых вод и поверхностного стока болот, при осушении практически прекращают свое существование и значительно уменьшают свой сток. Очень часто исчезновение малых водотоков обусловлено ошибками проектирования мелиоративных систем;

– малые реки с площадью водосбора несколько квадратных километров, значительная часть стока которых образуется за счет локальной разгрузки напорных вод, при осушении значительно уменьшают сток или прекращают свое существование. Это связано с понижением уровня напорных вод, которое отмечается в районах осушительных мелиораций;

– на реках с площадью водосбора от десятков до сотен квадратных километров, где основная часть стока в меженный период формируется за счет разгрузки грунтовых вод, при осушении

площади их водосбора отмечается заметное увеличение стока на протяжении всего весенне-летнего периода.

17.3. Рекомендации по оценке антропогенной трансформации гидрографической сети

Основой для сравнительного анализа трансформации гидрографической сети является опорная орографическая карта (масштаб 1:200000), составленная на основе государственной топографической съемки, выполненной в масштабе 1:25000. На карте отражены все водотоки длиной более 0,5 км и проведены водораздельные линии, оконтуривающие водосборные площади всех рек.

Для оценки трансформации гидрографической сети и антропогенной нагрузки на водосбор рекомендуется применять совмещение на единой картографической основе естественных границ водосборов и контуров административно-хозяйственной сети. Изменение в гидрографической сети проводится по данным съемок, выполненных в последние годы. По данным гидрометрических измерений на совмещенной карте составляется таблица, характеризующая направленность изменений по отдельным водотокам.

Анализ карты и таблицы позволяет определить направленность в изменении гидрографии. На примере р. Ставы (бассейн Случи) установлено, что широкомасштабное гидромелиоративное строительство приводит как к изменениям орографического рисунка, так и к перераспределению стока между отдельными водосборами. Так, за анализируемое 30-летие площадь бассейна р. Ставы (544,13 км в 1954 г.) в целом увеличилась на 2,2 км² [5].

Деформация коснулась разных участков водосбора – если основное расширение в западной части, где в ручей Юрдика магистральным каналом переброшена часть стока из правобережных притоков Горыни, то наиболее значительные потери площади связаны с переброской стока в осушительную систему «Головница» относящуюся к системе р. Корчик (южная и юго-восточная окраины водосбора).

В результате строительства осушительных систем в бассейнах малых рек сток этих рек и их гидрографическая сеть изменяются. Заметное изменение стока наблюдается при осушении водосбора больше 10 %.

Влияние осушительных мелиораций на сток имеет региональный характер, поэтому только на основе комплексных физико-географических исследований конкретных водосборов может быть дана надежная прогнозная оценка гидрологического режима в условиях интенсивного сельскохозяйственного освоения. По наблюдениям на государственных гидрологических постах установлено, что большая часть зафиксированных изменений стока (48 %) находится в пределах точности измерений. Минимальный сток в одних случаях снижается до 30 %, в других – увеличивается более чем на 200 %.

Литература

1. Шебеко В. Ф., Закржевский П. И., Братилевская Э. Л. Гидрологические расчеты при проектировании осушительных и осушительно-увлажнительных систем. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 312 с.
2. Доброумов Б. М., Устюжанин Б. С. Преобразование водных ресурсов и режима рек центра ЕТС. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 221 с.
3. Шикломанов И. А. Антропогенные изменения водности рек. Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 304 с.
4. Указания по изучению и определению выноса минеральных, органических веществ и ядохимикатов дренажными и грунтовыми водами с мелиорируемых земель. – Минск: БелНИИМВХ, 1980.
5. Исследовать антропогенную нагрузку на малые реки Западного Полесья Украины и дать оценку ее влияния на водные ресурсы расчетного бассейна : отчет о НИР (Тема № 1-53) / УИИВХ. – Ровно, 1990 – 68 с.

Глава 18. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ПОЛЕСЬЯ

18.1. Экологическая оценка качества поверхностных вод

Актуальность оценки качества поверхностных вод Полесья обусловлена трансграничным расположением бассейнов рек Западного Буга, Припяти и Днестра с высоким антропогенным (промышленно-аграрным) воздействием на их экосистемы и ухудшением качества поверхностных вод. Начиная с середины XX века реки Полесья под влиянием широкомасштабных мелиораций, химизации сельского хозяйства, распашки пойм, осушения земель, развития промышленности и городов претерпели значительные изменения. В бассейнах рек снизилась устойчивость природных ландшафтов. В значительной части рек качество воды трансформировано с I в III класс. Современная нормативная база не способна остановить эти процессы; кроме того, она мало интегрируется с нормативной базой передовых европейских стран. В связи с этим возникла необходимость в обосновании и разработке новой нормативной базы, и прежде всего в проведении экологической оценки и установлении экологических нормативов качества поверхностных вод. На решение этих вопросов и направлены наши исследования. Их выполнение будет способствовать концентрации усилий всех субъектов управления и хозяйствования на разработку и реализацию природоохранных мероприятий по улучшению экологического состояния рек в регионе и потребует установления научно обоснованных значений основных показателей качества поверхностных вод, присущих их естественному состоянию.

Экологическая оценка качества вод дает информацию о воде как о составляющей части водной экосистемы, среде обитания гидробионтов и важной части природной среды человека. Характеристика качества поверхностных вод дается на основе экологической классификации. Классификация включает широкий набор гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических, бактериологических и других показателей, которые отражают особенности абиотической и биотической составляющих водных экосистем. Экологическая оценка качества поверхностных вод является базой для установления экологических нормативов качества воды по отдельным водным объектам или их частям, группам водных объектов и бассейнов рек.

Установка и использование конкретных количественных значений экологических нормативов качества воды по отдельным водным объектам создает предпосылки для управления их экологическим состоянием, поскольку природоохранные организации должны будут составлять и осуществлять научно обоснованные программы по охране вод с четко определенными конечными целями улучшения качества воды, а следовательно, и состояния водных экосистем.

Современные способы оценки качества поверхностных вод основаны на сравнении результатов исследований химического состава и физических свойств в отдельных контрольных пунктах с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), что является недостаточным для объективной оценки качества воды исследуемых водных объектов.

Реальная оценка экологической обстановки, процессов, что происходят в окружающей среде, невозможна без применения максимально достоверных критериев, то есть качественных или количественных признаков, взятых за основу экологической классификации состояния природных водных экосистем. В связи с этим как в Украине, так и за рубежом, давно уже ведутся поиски новых методических подходов к оценке качества воды, разрабатываются новые научные основы проведения комплексных оценок. Особенно расширились работы в этом направлении за последние годы, что объясняется усилением государственного контроля в области охраны вод.

Вступление Украины в Совет Европы требует проведения такой экологической политики, которая будет направлена в соответствии с Конституцией Украины на «обеспечение экологической безопасности и поддержание экологического равновесия». Для этого необходимо совершенствование нормативного обеспечения деятельности по охране вод в государстве. Одним из путей совершенствования нормативного обеспечения охраны вод и водопользования является разработка экологических нормативов качества воды водных объектов. Статья 37 Водного кодекса Украины предусматривает разработку и внедрение нового природоохранного регламента – экологического норматива качества поверхностных вод.

В июле 2000 г. как официальный документ по водной политике была утверждена Директива Европейского парламента и Совета европейских сообществ (ЕС), которая действует до 2020 года и основной задачей которой является препятствование дальнейшему ухудшению состояния водных экосистем. Интегральным показателем состояния водных экосистем служит качество воды, которое оценивается по количественным и качественным характеристикам. Обобщенной для стран – членов ЕС экологической классификации качества поверхностных вод, которая основывается на количественных критериях, до сих пор не существует.

Вопросы комплексной оценки качества воды разрабатывались многими учеными не только в Украине (А. Д. Коненко, О. А. Алекин, О. П. Оксуюк, В. С. Жукинский, В. Д. Романенко, А. В. Яцык, В. К. Хильчевский, А. Г. Масенко, О. И. Денисова), но и за рубежом (Хартон, Труитт, Гарсиа, Браун). Хотя количество предложенных методов комплексных оценок качества воды достаточно большое, этот вопрос до сих пор остается проблемным и требует одновременного изучения различных свойств водного объекта. О масштабах проблем свидетельствует тот факт, что к началу третьего тысячелетия в Украине не было ни одного юридического документа, который законодательно утверждал бы тот или иной способ оценки качества воды и рекомендовал его к общему использованию в работе.

Оценка качества поверхностных вод выполнена на основе экологической классификации качества поверхностных вод суши и эстуариев Украины, которая включает набор гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических, бактериологических и других показателей, отражающих особенности составляющих водных экосистем.

Экологическая классификация является неотъемлемой частью экологической оценки качества поверхностных вод, поскольку выполнение такой оценки невозможно без наличия экологической классификации, которая является ее критериальной базой.

Расчет экологической оценки качества воды рек региона проведен согласно Методике экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям (далее Методика экологической оценки) [1], которая на основе единых экологических критериев позволяет сравнивать качество воды на отдельных участках водных объектов, в водных объектах разных регионов. Она включает три блока показателей: солевого состава, трофо-сапробиологических (эколого-санитарных) показателей, показателей содержания специфических веществ токсического воздействия. Средние значения для трех блочных индексов качества воды определяются путем вычисления среднего номера категорий по всем показателям данного блока, наихудшие значения для трех блочных индексов качества воды определяются по относительно худшим показателям среди всех показателей данного блока. Результаты экологической оценки в этой работе представляются в виде объединенной оценки, основанной на заключительных выводах по трем блокам [2].

Выполнение объединенной оценки качества воды для определенного водного объекта в целом или для отдельных его участков заключается в вычислении интегрального экологического индекса (I_E), который определяется по формуле:

$$I_E = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}, \quad (18.1)$$

где I_1 – индекс загрязнения воды компонентами солевого состава;

I_2 – индекс трофо-сапробиологических показателей;

I_3 – индекс специфических показателей токсического воздействия.

18.2. Водные объекты, пункты наблюдения

Оценка качества поверхностных вод выполнялась относительно рек Волынского и Житомирского Полесья, входящих в бассейны Западного Буга, Припяти и Днепра, а именно: участок собственно Западного Буга и Припяти в пределах Полесья, 3 притока Западного Буга (Гапа, Ягодинка, Копайвка) и 13 притоков Припяти (Выжевка, Турия, Цыр, Стоход, Стырь, Конопелька, Прудник, Серна, Горынь, Путиловка, Уборть, Уж, Норин), приток Днепра (Тетерев).

На всех упомянутых водных объектах на протяжении многих лет проводились регулярные наблюдения за отдельными показателями качества воды силами низовых звеньев групп аналитического контроля различных природоохранных организаций Украины: Минприроды, УкрГМЦ, Госводагентства и МОЗ. Эти разрозненные между собой данные были проанализированы и систематизированы. Годы избирались так, чтобы все по водности были маловодными, то есть освещали худшие условия формирования качества воды в реках, что очень важно для объективности их сравнения между собой по показателям экологической оценки. В результате проведенных исследований за расчетные годы избран вегетационный период (летне-осенняя межень) 2001 и 2004 гг., охарактеризованные специалистами Гидрометцентра как близкие по водности.

При определении контрольных пунктов наблюдений придерживались следующих принципов:

– максимально использовать имеющийся информативный фонд, что накоплен в системе государственного мониторинга качества поверхностных вод областных подразделений аналитического контроля, подчиненных разным службам;

– пункты наблюдений на реках должны быть, по возможности, одними и теми же в течение всех лет исследований, а при невозможности соблюдения этого условия как можно ближе между собой;

– для определения влияния загрязнения водных объектов промышленными и коммунально-бытовыми сточными водами городов, поселков и сел желательно использовать данные пунктов наблюдений, расположенных выше и ниже этих населенных пунктов.

В результате были использованы данные о качестве воды рек Волынского и Житомирского Полесья в пунктах гидроэкологических и санитарно-гигиенических наблюдений, сгруппированных в порядке их расположения по течению. Расположение створов установлено с учетом современного использования воды для развития отдельных отраслей народного хозяйства области, источников систематического и аварийного загрязнения вод, данных о водном режиме, физико-географических и морфометрических признаков, а также современного расположения пунктов систематических наблюдений за поверхностными водами [3].

18.3. Характеристика исходной информации

Оценка качества речных вод выполнена по трем блокам показателей: солевой состав, трофо-сапробиологический и специфические показатели токсического воздействия. Для этого нами использованы данные: Департамента экоресурсов, Гидрометцентра, Облводресурсов, ОблСЭС. Однако полученная информация не дает возможности наилучшим образом осуществить экологическую оценку качества поверхностных вод по трофо-сапробиологическим и токсикологическим критериям. Это вызвано тем, что исходная информация по отдельным величинам трофо-сапробиологических компонентов и специфических веществ токсического воздействия, предусмотренных приложениями 2 и 3 к Методике экологической оценки [1], имеет недостатки, которые невозможно устранить на момент данной разработки.

Первый недостаток – в большинстве случаев отсутствуют данные величин бихроматной окисляемости и величин перманганатной окисляемости (в бассейне Западного Буга), гидробиологических и бактериологических показателей. На некоторых пунктах наблюдений в бассейне Припяти, а именно на р. Стырь от с. Александровки до с. Топольно, были собраны данные только по 4 показателям (взвешенные вещества, прозрачность, бихроматная окисляемость, БПК₅).

Второй недостаток – это неравномерное расположение пунктов наблюдений в бассейнах рек. Пункты наблюдений четырех областных управлений (Экоресурсов, Госводагентства, УкрГМЦ, Минздрава) сосредоточены преимущественно у городов и значительных населенных пунктов. В то же время крупные отрезки рек, особенно в их верхних и средних течениях, не контролируются соответствующими организациями, потому что на них вообще отсутствуют пункты наблюдений. Это обстоятельство затрудняет анализ динамики изменений качества воды рек, выявления конкретных источников загрязнения воды, контроль по эффективности осуществляемых мероприятий по охране воды.

Третий недостаток – недостаточно представлены и вызывают сомнение данные относительно величин некоторых компонентов солевого состава (HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+}), эколого-санитарных показателей качества воды (прозрачность, БСК_{полн}) и токсичных ингредиентов ($\text{Cr}_{\text{общем}}$, фенолов).

Малочисленность данных относительно содержания в воде рек органических веществ дает возможность определить их наличие только по величине БПК₅ (данные БПК_{полн}, ПО, БО почти отсутствуют). Такая неполная информация может привести к существенным недостаткам при экологической оценке качества речных вод по блоку трофо-сапробиологических показателей.

Самая подробная информация, касающаяся качества воды в реках региона, приведена в таблицах архива, находящегося в департаментах экологии и природных ресурсов в регионах, где указаны число, месяц, год и место отбора каждой пробы, результаты покомпонентных определений и рассчитаны средние значения показателей контрольных проб. Наиболее полно охарактеризован данными блок солевого состава, где, кроме хлоридов, сульфатов и суммы ионов, для расчетов были приняты данные исследований по показателям содержания кальция, магния, калия, натрия, гидрокарбонатов. Наличие такой информации полностью соответствует требованиям Методики экологической оценки [1] как по количеству определений, так и по качеству данных показателей.

Относительно показателей трофо-сапробиологического блока следует отметить, что из 20 показателей, предусмотренных экологической классификацией качества поверхностных вод, обеспечение данными в разные годы было неодинаковым и колебалось от 9 до 11 показателей. Блок специфических веществ токсического воздействия охарактеризован и использует 13 показателей, которые и брались за основу при проведении экологической оценки блока специфических веществ токсического воздействия в современный период.

Разрозненная и ограниченная аналитическая информация по блоку специфических веществ токсического и радиационного воздействия позволила разработать только ориентировочную оценку качества воды исследуемого региона.

18.4. Оценка качества воды по показателям солевого состава

При оценке качества воды рек региона за солевым составом учитывались следующие основные положения:

1. Формирование химического состава речных вод Полесья происходит под влиянием целого комплекса природных и антропогенных факторов, среди которых, несмотря на значительное воздействие хозяйственной деятельности человека, главную роль играет гидрологический режим рек.

2. Территория протекания рек находится на западе равнинных просторов двух природно-географических зон Украины, Полесья и Лесостепи, поэтому вдоль течения рек границы гидрохимических изменений в них достаточно точно совпадают с границами физико-географических зон.

3. Характеристики качества воды средних и малых рек различных физико-географических зон Украины по природным значениям общей минерализации и содержания в них сульфатов и хлоридов представлены в литературе [4].

Оценка качества воды по солевому составу на отдельных участках рек исследуемых бассейнов была проведена на основании Методики экологической оценки [1] и включала оценку качества речных вод по критериям минерализации, хлоридов, сульфатов и определения ионного состава речных вод. Для этого были использованы в соответствии с Методикой экологической оценки [1] перечень таких классификаций: классификация качества поверхностных вод по критериям минерализации, классификация качества поверхностных вод по критериям ионного состава, классификация качества пресных гипо- и олигокальциевых вод по критериям загрязнения компонентами солевого состава.

Формирование химического состава русловых вод рек Западного Полесья происходит в условиях избыточного увлажнения под воздействием широкого распространения обогащенных на карбонатах верхнемеловых пород и включенных в них подземных вод, дренирующих руслами рек. Это обуславливает гидрокарбонатно-кальциевый состав их вод: относительная концентрация HCO_3^- колеблется в пределах 27–40 % экв., а Ca^{2+} – 33–45 % экв.

Солевой состав воды Западного Буга и Припяти и их притоков формируется в условиях повышенной влажности и определяется влиянием карбонатных и гипсовых пород, залегающих в основании их водосборов. Поэтому вода большинства рек по природным условиям отвечает, согласно классификации О. А. Алекина, гидрокарбонатному классу, группе кальция II–III типа, $\text{C}_{\text{Ca}}^{\text{II-III}}$.

Средняя величина минерализации речных вод основного русла Западного Буга и его притока не превышает 360 мг/дм³, а наихудшие значения – 450 мг/дм³, кроме рек Луга и Гапа, где средние величины минерализации составляли 406,8 и 495,0 мг/дм³, а худшие – 655,8 и 525,0 мг/дм³ соответственно. Наивысшие средние и худшие значения суммы ионов отмеченные в воде устьевое участка р. Студянка (619 и 731 мг/дм³ соответственно), самые низкие в воде р. Копайвка, возле с. Бережцы (154 и 184 мг/дм³ соответственно).

Что касается классификации качества воды по отдельным показателям блока солевого состава, то результаты расчетов показали следующее. Согласно средним и худшим значениям суммы ионов (133,5–396,5 мг/дм³ и 317–478 мг/дм³) вода реки Западный Буг на участке 220 км от с. Литовеж к с. Грабово относится к категории качества 1 «отличная», «очень чистая». Только на пограничном пункте (с. Грабово) по максимальным значениям суммы ионов вода реки отнесена к категории 2 (550 мг/дм³) «очень хорошая», «чистая».

Наибольшие значения суммы ионов отмечаются в воде Западного Буга на входе в Волынскую область (с. Литовеж, 475 мг/дм³), у г. Устилуг (478 мг/дм³) и на границе с Беларусью (с. Грабово, 550 мг/дм³). Такое увеличение минерального загрязнения реки Западный Буг происходит за счет сброса неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод, которые попадают из Львовской области [5], через р. Студянка от шахт Волынского района, городов Нововольнска и Владимир-Волынский, а также через реки Луга и Гапа с дренажными водами мелиоративных систем. В среднем по реке в пределах Волынской области сумма ионов составляет от 441 мг/дм³ по худшим величинам до 150 мг/дм³ – по средним их значениям, что соответствует 1 категории качества «отличная», «очень чистая».

Воды притоков Западного Буга рек Ягодинка и Копайвка по средним и наихудшим значениям суммы ионов принадлежат так же, как и вода р. Западный Буг, к категории 1 «отличные», «очень чистые». Только речка Гапа по худшим показателям относится к категории 2 «очень хорошие», «чистые» воды.

На Полесском участке вода р. Западный Буг по средним и худшим концентрациям хлор-иона относится к категории 3 «хорошие», «достаточно чистые» и редко – к категории 2 «очень хорошие», «чистые» воды.

По содержанию сульфатов вода основного русла Западного Буга имеет достаточно пеструю картину (от 1 до 4 категории) до границы с Полесским краем вода принадлежит к 1 категории, как по

средним так и по худшим значениям содержания этого компонента. Только после слияния с водами Студянки наблюдается существенное локальное загрязнение сульфатами, как по худшим, так и по средним концентрациям сульфат-иона. Далее по течению реки идет некоторое улучшение качества воды относительно содержания сульфат-иона и уже возле с. Грабово вода р. Западный Буг соответствует 2 и 3 категории качества.

Значение индекса загрязнения компонентами солевого состава (I_1) свидетельствует о том, что вода р. Западный Буг по средним и наихудшим его величинам ($1,7 \leq I_1 \leq 2,3$) в целом характеризуется категорией 2 и оценивается как «очень хорошая» и «чистая». В среднем по бассейну Западного Буга в пределах Волынского Полесья вода характеризуется как «очень чистая» – «чистая» по степени чистоты и как «отличная» – «очень хорошая» по состоянию ($1,3 \leq I_1 \leq 2,0$).

Вода правых притоков Припяти в среднем имеет минерализацию (по сумме ионов) от 156 до 350 мг/дм³. В водах основного русла Припяти и ее притоков содержание хлоридов составляет до 30 мг/дм³, сульфатов – до 50 мг/дм³. В среднем воды большинства рек Полесья мало (200 мг/дм³) и среднеминерализованные (200–500 мг/дм³). Повышение уровня суммы ионов отмечалось только в местах сброса недостаточно очищенных и неочищенных сточных вод коммунальных, промышленных и сельскохозяйственных объектов (р. Турия, г. Ковель 424 и 514 мг/дм³, р. Стырь, г. Луцк 400 и 480 мг/дм³, р. Горынь, ниже сброса КОС СП «Пролисок» 410–440 мг/дм³, р. Устье, г. Ровно 702 мг/дм³, р. Уборть, пгт. Емильчино 510 мг/дм³).

В среднем вода притоков р. Припять, как и вода основного русла, по средним и наихудшим значениям суммы ионов относится к категории 1 «отличная», «очень чистая». Следует уточнить, что в районах, где отмечены высокие значения наихудших величин содержания минеральных веществ, воды относятся к категории 2, что вызвано влиянием хозяйственной деятельности.

Содержание хлоридов и сульфатов зависит от природных условий формирования химического состава воды, а также от степени интенсивности хозяйственной деятельности на водосборе. В среднем по бассейну Припяти вода по содержанию хлоридов принадлежит от категории 1 «отличная», «очень чистая», начиная от истока, до категории 3 – «хорошая», «достаточно чистая» в среднем участке течения, за исключением вод рек Уборть (пгт. Куйбышево) и Норин (г. Овруч) по среднему и наихудшему содержанию хлор-иона (97,2–143,0 и 79,8–104,5 мг/дм³ соответственно), принадлежащих к категории 4 («удовлетворительные», «слабо загрязненные» воды), что вызвано сбросом недостаточно очищенных сточных вод коммунальных предприятий пгт. Емильчино и г. Овруч.

Что касается сульфатов, то по средним и наихудшим значениям этого показателя вода рек бассейна Припяти находится на грани 1 и 2 категорий качества и колеблется от «отличной», «очень чистой» до «очень хорошего», «чистой».

Оценка по критериям загрязнения компонентами солевого состава свидетельствует о том, что ситуация в водных объектах бассейна Припяти довольно хорошая. Рассчитанные индексы солевого состава (I_1) свидетельствуют о том, что вода основного русла Припяти по средним и худшим величинам I_1 характеризуется как «отличная», «очень чистая» ($1,0 \leq I_1 \leq 1,3$), «очень хорошая», «чистая» вода ($1,7 \leq I_1 \leq 2,0$). Только отмечается некоторое ухудшение качества воды рек Уборть и Норин, где индексы составляют 1,7–3,0 и 2,0–2,7 соответственно. То есть, качество воды колеблется от «очень хорошей», «чистой» до «хорошей», «достаточно чистой».

С исследуемых водных объектов бассейна Днепра территории Западного Полесья берут начало и протекают реки Тетерев (среднее течение), Ирпень (верховья реки), Ирша с Возней. Река Ирша и ее приток р. Возня протекают по территории, которая представлена дерново-подзолистыми песчаными почвами, бедными на карбонаты. Это является одной из причин уменьшения значений суммы ионов воды (в пределах 200–350 мг/дм³) в сравнении с другими реками бассейна.

Если проследить по содержанию солей в воде основного русла р. Тетерев, то можно сделать вывод о том, что сумма ионов по средним и худшим значениям показателя колеблется в пределах 360–450 и 401–486 мг/дм³ соответственно (в среднем – 409,2–453,6 мг/дм³), то есть их вода относится к категории 1 – «отличная», «очень чистая». Увеличение минерального загрязнения основного русла Тетерева (по сумме ионов) происходит постепенно: в верховьях (пгт. Чуднов) – 398,5–415 мг/дм³, в среднем течении (г. Житомир, водохранилище) – 438,0–476,0 мг/дм³, вода в нижней части (с. Вишевичи) – 437–484 мг/дм³.

Что касается Полесских притоков Тетерева – рек Ирша и Возня, то содержание солей в их воде по средним и наихудшим значениям составляет 219,5–384,5 и 220,0–396,0 мг/дм³ соответственно. Вода характеризуется как «отличная», «очень чистая». Увеличение концентрации солей в воде Ирши (г. Володарск-Волынский, с. Украинка) и Возня (водохранилище бумажной фабрики) предопределено влиянием хозяйственной деятельности на водосборах этих рек.

Концентрация хлор-иона в воде р. Тетерев находится в общем в пределах категории 3 («хорошие», «достаточно чистые» воды) и колеблется от 33 до 68 мг/дм³. Но есть несколько исключений, когда содержание хлоридов не превышает 30 мг/дм³ (2 категория). К ним относят такие пункты исследований: р. Тетерев, г. Житомир, водохранилище и р. Тетерев, с. Дениши, ниже плотины, где по концентрации СГ-ионов вода «очень хорошая», «чистая». Повышение содержания хлоридов на некоторых участках реки Тетерев (пгт. Чуднов, 500 м ниже сброса ОСК БВ УЖКХ; г. Житомир, 5 км ниже города, с. Вышевичи) обусловлено влиянием сточных вод коммунальных предприятий этих населенных пунктов.

Вода левых притоков Тетерева р. Ирши и р. Возня по концентрации хлор-иона относятся также ко 2 и 3 категориям, причем категория 2 наблюдается в пунктах отбора, расположенных выше города Малин, и на территории водохранилища Малинской бумажной фабрики.

В основном русле Тетерева содержание сульфатов находится в пределах 1, 2 категории. Исключением являются пункты на р. Тетерев – пгт. Чуднов, 500 м ниже сброса ОСК БВ УЖКХ, где концентрация хлор-иона соответствует 4 категории и вода классифицируется как «удовлетворительная», «слабо загрязненная», и р. Тетерев, г. Житомир, 4,5 км выше города, где по наихудшему содержанию хлор-иона вода отвечает 3 категории качества.

Что касается рек Ирши и Возни, то в среднем по их руслам содержание сульфатов отвечает 2–3 категории качества. Но в местах воздействия на речные воды сточных вод Малинской бумажной фабрики происходит увеличение худших концентраций SO_4^{2-} , и они относятся к категории 4 «удовлетворительные», «слабо загрязненные» воды. Значительное количество сульфатов зафиксировано в водах р. Ирши у г. Володарск-Волынский, которая обусловлена выклиниванием сульфатных минеральных вод вдоль русла реки.

Оценка качества воды рек бассейна Днепра в пределах Житомирского Полесья по критериям загрязнения компонентами солевого состава свидетельствует о том, что ситуация в этих водных объектах довольно хорошая. Значения индекса загрязнения компонентами солевого состава (I_1) р. Тетерев ($1,3 \leq I_1 \leq 2,7$) свидетельствуют о неодинаковой антропогенной загруженности основного русла реки. Наибольшее влияние на речные воды имеют стоки промышленных и коммунальных предприятий в районах с. Чуднов ($2,0 \leq I_1 \leq 2,7$), г. Житомир ($2,0 \leq I_1 \leq 2,3$). Исключением является пункт, который находится в г. Житомир на водохранилище, в районе гидропарка, который по средним и наихудшим значениям $I_1 = 1,3$ отвечает 1 категории качества.

Реки Тетерев, Ирша, Возня, Ирпень, относятся к категории 2 «очень хорошие», «чистые» и II класса «хорошие», «чистые» [6].

Анализ блочного индекса солевого состава (I_1) вод рек бассейнов Западного Буга, Припяти и Днепра в пределах Западного Полесья, позволил сделать следующие выводы:

1. Основной особенностью территориального распределения показателей солевого состава (сумма ионов, ионный состав, отдельные компоненты солевого состава) в реках бассейнов Западного Буга, Припяти и Днепра является то, что в химическом составе их вод наблюдается четкая гидрохимическая зональность: сумма ионов и содержание главных ионов в целом растут в направлении с севера на юг – от зоны смешанных лесов (Волынское Полесье) до лесостепной зоны (Волынская возвышенность).

2. Оценка качества речных вод по критериям загрязнения компонентами солевого состава свидетельствует о том, что ситуация в водных объектах бассейнов довольно хорошая. Значение I_1 , в основном, колеблется в пределах 1–2 категории. Ухудшение качества речных вод происходит в районах населенных пунктов и промышленных центров.

3. Все воды исследуемых рек по солевому составу относятся к I и II классу качества, оцениваются как «отличные» и «хорошие» по состоянию «очень чистые» и «чистые» по степени их чистоты (загрязненности).

18.5. Оценка качества по трофо-сапробиологическим (санитарно-гигиеническим) показателям

Оценка качества воды трофо-сапробиологического блока выполнялась по гидрофизическим, гидрохимическим показателям и индексам сапробности. Конечным результатом оценки является определение трофности и зоны сапробности вод согласно экологической классификации качества поверхностных вод по трофи-сапробиологическим критериям [1].

Итоговые данные о качестве воды в реках и их притоках свидетельствуют о том, что почти на всех пунктах наблюдений качество воды по трофо-сапробиологическим критериям принадлежит к III классу: «удовлетворительные», «загрязненные» воды как по наихудшим, так и по средним величинам имеющихся показателей.

В рамках III класса качество вод основного русла Западного Буга и его приток различалась по принадлежности к категориям 4 («удовлетворительные», «слабо загрязненные», эвтрофные, β' -мезосапробные воды) и категории 5 («посредственные», «умеренно загрязненные», ев-политрофные, α' -мезосапробные воды).

В целом же воды Западного Буга и исследованных рек его бассейна принадлежали к ев-политрофным водам α' -мезосапробной зоны с наихудшими величинами и до ев-политрофных с уклоном к эвтрофным водам α' -мезосапробной зоны с уклоном к β' -мезосапробной по средним величинам. Такой высокий уровень трофности рек бассейна Западного Буга можно объяснить только одним: большим содержанием веществ, которые являются факторами высокой потенциальной биологической продуктивности рек, однако в то же время и фактором низкого качества вод, так как по содержанию нитритного и нитратного азота и фосфора фосфатов воды Западного Буга и его приток принадлежали, как правило, к категориям 6 и 7 («очень грязные», «очень плохие»).

По сравнению с реками бассейна Западного Буга качество вод в реках бассейна Припяти, оцениваемая по трофо-сапробиологическим критериям, оказалась в целом почти такой же: принадлежащей к III классу («удовлетворительные», «загрязненные»).

Качество воды в р. Припять, оцениваемая по наихудшим значениям трофо-сапробиологических показателей, принадлежала к категории 5, субкатегории 5 (6), то есть к ев-политрофным с уклоном к политрофным водам α' -мезосапробной зоны, а качество воды, оцениваемое по средним значениям тех же показателей, принадлежало к субкатегории 4–5, то есть переходным от эвтрофных к ев-политрофным водам переходной β' -мезосапробной к α' -мезосапробной зоны.

Воды притоков Припяти в целом тоже оцениваются категорией качества 5 «посредственные», «умеренно загрязненные», но если по худшим величинам показателей они безоговорочно относились к ев-политрофным водам α' -мезосапробной зоны, то по средним величинам этих показателей – к ев-политрофным с уклоном к эвтрофным водам α' -мезосапробной зоны с уклоном к β' -мезосапробным. То есть в рамках 5 категории качество воды этих рек имело лишь некоторыми отличиями по наихудшим и по средним значениям, выраженным на уровне субкатегории.

Таким образом, воды рек бассейна Припяти с эколого-санитарных позиций могут считаться в целом «удовлетворительными», «загрязненными», с определенным уклоном к ухудшению качества воды по трофо-сапробиологическим критериям. Основная причина этого состояния рек бассейна Припяти, как и рек бассейна Западного Буга, – избыточное содержание в воде соединений азота и фосфора, то есть интенсивная эвтрофикация.

Воды бассейна Днепра представлены р. Тетерев, вода основного русла на большинстве пунктов наблюдений принадлежала к III классу качества как по худшим, так и по средним значениям, диапазон изменчивости этих значений был достаточно широким – от 4 до 5 категории и от 3 до 5 категории и относился преимущественно к α' -мезосапробной зоне с уклоном к α'' -мезосапробной зоне.

18.6. Оценка качества воды по показателям специфических веществ токсического воздействия

Международный термин для определения токсикантов – потенциально опасные токсичные вещества (ПОТР). С экологической точки зрения поступление токсикантов в водные объекты рассматривается как процесс их токсификация.

Соединения тяжелых металлов есть компоненты поверхностных вод, которые значительно влияют на качество воды и функционирования водных экосистем, некоторые из них имеют мутагенные и канцерогенные свойства. Степень влияния тяжелых металлов на гидробионты зависит не только от общей концентрации металлов, но и от их физико-химического состояния. Образование комплексных соединений тяжелых металлов с растворенными органическими веществами природного происхождения чаще всего обуславливает снижение токсичности металлов. В целом в реках Украины наблюдается тенденция доминирования тяжелых металлов [7, 8].

В Методике экологической оценки [1] при определении качества воды по специфическим веществам токсического воздействия учитываются количественные характеристики 10 металлов, а также фторидов, цианидов, нефтепродуктов, летучих фенолов и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), всего 18 ингредиентов.

В материалах результатов аналитического контроля государственного мониторинга поверхностных вод, который осуществляется лабораториями Минприроды, Госводагентства, УкрГМЦ и Минздрава, приведены одиночные данные относительно 11 компонентов: кадмий, медь, железо общее, марганец, цинк, никель, свинец, хром общий, фенолы, нефтепродукты, СПАВ, которые чаще всего определяются аналитически. Систематические данные о содержании в речных водах Полесья показателей радионуклидного воздействия отсутствуют вовсе.

Эти специфические вещества называются приоритетными токсикантами, потому что их появление в поверхностных водах вызвано природными особенностями и народнохозяйственным направлением региона.

Кадмий в природных водах, как правило, отсутствует. Встречается иногда в шахтных водах, сточных водах некоторых химических и металлообрабатывающих заводов. Кадмий присутствует в ионной форме в кислых водах и в нерастворимой в воде форме в виде гидроксида или карбоната. Кадмий относится к канцерогенным элементам.

Медь – высокотоксичный металл для многих живых организмов. Прекращение их роста происходит при концентрациях больше 10 мкг/дм^3 . Главным источником поступления меди в поверхностные воды являются отходы химической промышленности и шахтные воды. Ее содержание в природных водах колеблется в пределах $2\text{--}3 \text{ мкг/дм}^3$.

Железо общее попадает в воду в основном в результате химического разрушения горных пород под действием ветра. Значительное количество железа поступает в водные объекты с отходами предприятий различных отраслей промышленности и сельского хозяйства, относится к канцерогенным элементам.

Марганец в поверхностные воды попадает в результате процессов выщелачивания железомарганцевых руд и других минералов, содержащих этот элемент. Соединения марганца выявлены в сточных водах рудообогатительных комбинатов, предприятий химической промышленности и в шахтных водах. Повышение его концентрации в организме вызывает ускоренное образование антител.

Цинк поступает в поверхностные воды со стоком рудообогатительных комбинатов, гальванических цехов машиностроительной и электротехнической промышленности, целлюлозно-бумажных предприятий, заводов минудобрений. Содержание растворенного цинка в незагрязненных реках изменяется от $0,5$ до 15 мкг/дм^3 . Более высокие концентрации (до 100 мкг/дм^3) характерны для рек, протекающих вблизи промышленных территорий. Токсичность цинка предопределяется антагонизмом с другими тяжелыми металлами. Цинк нарушает активность ряда ферментов в организме живых существ, замедляет темпы их роста, снижает плодовитость.

Никель в незагрязненных и слабо загрязненных речных водах содержится с концентрацией в пределах $0,8\text{--}10,0 \text{ мкг/дм}^3$. Важнейшими источниками загрязнения никелем являются сточные воды цехов никелирования и обогатительных фабрик. Огромные выбросы никеля сопровождают сжигание топлива. Никель относится к канцерогенным элементам, может вызывать респираторные заболевания. Самыми распространенными в природных водах являются соединения Ni, образующиеся в щелочной среде. Большинство никеля переносится речными водами во взвешенном состоянии.

Свинец относится к мало распространенным элементам. В природе он встречается в виде эндогенных (галенит PbS) и экзогенных (англезит PbSO_4) минералов. Растворение этих минералов является одним из источников поступления свинца в поверхностные воды. Значительное повышение содержания свинца в окружающей среде, в том числе в поверхностных водах, обусловлено его широким применением в промышленности. Одним из главных источников загрязнения являются сжигание угля, применение тетраэтилсвинца в моторном топливе, а также внесение в водоемы со сточными водами рудообогатительных фабрик, металлургических предприятий, химических производств и шахт.

Содержание свинца в незагрязненных поверхностных водах колеблется от десятых долей до нескольких микрограммов в 1 дм^3 . В речных водах его содержание бывает выше за счет миграции в составе взвешенных веществ. Концентрация растворенного свинца в большинстве природных вод, в которых имеется достаточное количество растворенного CO_2 и pH, близкого к $8,0$, обычно достаточно небольшое (не превышает 10 мкг/дм^3). Для живых организмов свинец является одним из сильных токсикантов. Неорганические соединения свинца (Pb^{2+}) нарушают обмен веществ и выступают ингибиторами ферментов. Длительное потребление воды даже с низким содержанием металла – частая причина острых и хронических заболеваний. Способность заменять кальций в костях – одно из коварных последствий действия неорганических соединений свинца. Кроме того, свинец связывает большое количество различных молекул аминокислот, гемоглобина, большинство энзимов и тем самым нарушает нормальный обмен веществ.

Хром общий – поступает в водные объекты через сточные воды гальванических цехов машиностроительных заводов и предприятий химической промышленности. Соединения хрома в повышенном количестве обладают канцерогенными свойствами. Летучие фенолы являются основным компонентом фенольных сточных вод и вместе с ними они попадают в канализационную сеть, поверхностные воды и загрязняют их. В концентрациях, которые равны несколько микрограмм на дм^3 , они могут негативно влиять на живые организмы водных объектов. Некоторые из фенолов в концентрациях около нескольких микрограммов на 1 дм^3 могут вызывать хлорфенольный запах и привкус, которые появляются после хлорирования поверхностных вод в процессе водоподготовки.

Нефтепродукты и нефть наносят большой вред биоценозам водотоков и водоемов. При разработке скважин вместе с нефтью попадают большие объемы пластовой воды, которая не только характеризуется высокой минерализацией, но и содержит до 3 г/дм³ сырой нефти. Еще больше нефти (до 10 г/дм³) обнаружено в сточных водах нефтеперерабатывающих производств. Нефтяные загрязнения достаточно токсичны. Уже при концентрации 60 мкг/дм³ портятся вкусовые характеристики качества воды. При концентрации более 50 мкг/дм³ гибнет рыба, 1200 мкг/дм³ не выдерживают представители планктона и бентоса. На поверхности чистой воды одна капля нефти расходится грязно-радужной пленкой на площадь диаметром 1–1,5 м, которая под действием ветра способна перемещаться в два раза быстрее, чем поверхностный слой воды.

СПАВ – детергенты, входящие в состав новых видов синтетических моющих средств, которые могут образовывать устойчивую пену даже при их небольшом количестве. Это свойство не теряется даже после прохождения через очистные сооружения. Наличие в воде незначительного количества синтетических моющих средств придает ей неприятный вкус и запах. При концентрации около 1 мг/л наблюдается гибель значительной части планктона, 3 мг/л – дафний, 5 мг/л – рыбы.

На основном русле Западного Буга при входе в область (с. Литовеж), вблизи города Устилуг, ст. Ягодин и с. Грабово определялись Cd, Cu, Fe, Mn, Zn, Ni, Pb, Cr, фенолы, нефтепродукты и СПАВ, а в районе Нововольнска, ниже выпуска сточных вод города, только 1 компонент (железо общее).

Содержание кадмия в воде основного русла Западного Буга прослежено в 4 пунктах наблюдений от границы с Львовской областью (с. Литовеж) до границы с Беларусью (с. Грабово). Здесь концентрация Cd по средним и наихудшим величинам качества воды соответствует категории 6 «плохие», «грязные» воды. Такие концентрации Cd обусловлены хозяйственной деятельностью на водосборе и сбросом сточных вод от населенных пунктов. Из притоков с наибольшим содержанием в воде Cd по средним и максимальным величинам отмечается р. Луга и Стрыпа (средние значения – 6 категория «плохие», «грязные», наихудшие – 6–7 категории «плохие», «грязные» – «очень плохие», «очень грязные»). Воды рек Луга – Свинорыйка и Гапа по средним концентрациям Cd отнесены к «посредственным», «умеренно загрязненным» (5 категория), а по наихудшим – до 6 категории качества. Чистейшими по содержанию кадмия являются воды рек Ягодинки и Копаивки (1 категория качества «отличные», «очень чистые» по средним и наихудшим величинами Cd).

В среднем по бассейну Западного Буга в пределах Полесья содержание Cd в речных водах соответствует 5 категории по средним и 6 категории качества по наихудшим величинам и оцениваются как «посредственные», «умеренно загрязненные» и «плохие», «грязные» соответственно.

Медь зафиксирована практически на всех пунктах наблюдений Полесского участка Западного Буга устойчивым загрязнением воды. При входе и на выходе из области качество речной воды по средним и наихудшим значениям этого компонента соответствует 4 и 6 категории «удовлетворительная», «слабо загрязненная» и «плохая», «грязная». В районе ст. Ягодин по средним концентрациям состояние качества речной воды ухудшается к 5 категории.

В водах приток Луга, Луга – Свинорыйка, Стрыпа, Студянка, Гапа и Ягодинка содержание меди характеризуется 4 категорией по средним и 6 категорией по худшим значениям этого тяжелого металла. В реках Гапа и Копаивка вода отнесена к категории 5 по среднему и до 6 категории по наихудшему содержанию Cu. В среднем по бассейну Западного Буга регистрируется медь в концентрациях, которые соответствуют 4 категории по средним и 6 категории по худшим величинам.

Источником поступления меди в речные воды могут быть препараты, применяемые при обработке сельскохозяйственных угодий, которые расположены в бассейне Западного Буга.

Железо общее в воде основного русла и рек бассейна Западного Буга определялось практически на всех 20 пунктах наблюдений. Содержание железа общего в воде основного русла Западного Буга почти во всех пунктах наблюдений соответствует 4 категории по средним и наихудшим значениям. Только в районе г. Устилуг вода характеризовалась по наихудшим величинам содержания Fe_{общ.} 5 категорией («посредственная», «умеренно загрязненная»), а у с. Грабово по средним величинам – 3 категорией качества («хорошая», «достаточно чистая»).

Вода Луги, Гапы, Ягодинки соответствует 4 категории и характеризуется по средним и наихудшим концентрациям железа общего как «удовлетворительная», «слабо загрязненная». Несколько более загрязненными по наихудшему содержанию железа является вода рек Копаивка и Студянка. Они отнесены к 6 категории качества, воды «плохие», «грязные». Среди 7 притоков Западного Буга наибольшие концентрации этого компонента зафиксированы в водах рек Копаивка и Студянка (4 и 6 категории соответственно).

Исходная информация о содержании в воде марганца позволила оценить качество воды по этому компоненту почти во всех пунктах исследований. Полученный результат показал, что средние и

худшие величины Мп в воде основного русла Западного Буга очень варьируют – от категории 3 «хорошая», «достаточно чистая» к категории 5 «посредственная», «умеренно загрязненная».

Из притоков наиболее загрязненными по среднему и наихудшему содержанию Мп являются воды реки Студянка (4 и 6 категория соответственно). К чистым в этом отношении отнесены воды Ягодинки (1 и 3 категории) и Копайвки (3 и 4 категории). В среднем по бассейну Западного Буга содержание Мп соответствует 3 категории по средним и 5 категории – по худшим его концентрациям.

По содержанию цинка качество воды основного русла Западного Буга несколько лучше: средняя концентрация цинка здесь равна 10 мкг/дм^3 , 2 категория, наихудшая – $37,5 \text{ мкг/дм}^3$, 4 категория качества. По этим данным вода основного русла р. Западный Буг оценивается как «очень хорошая», «чистая» и «удовлетворительная», «слабо загрязненная». Только в пункте Ягодин качество воды по средним значениям несколько ухудшается (категория 3 «хорошая», «достаточно чистая»). По наихудшему содержанию Zn вода Западного Буга в пределах области в основном отвечает 4 категории качества и является «удовлетворительной», «слабо загрязненной».

Из притоков Западного Буга самые низкие средние и наихудшие концентрации величины цинка зафиксированы в воде р. Гапа (1 и 2 категории соответственно). Качество воды рек Ягодинка, Копайвка, Студянка и Луга по средним значениям содержания цинка не превышает предела 2–3 категории и оценивается как «очень хорошая», «чистая» – «хорошая», «чистая», а по худшим концентрациям – 4 («удовлетворительная», «слабо загрязненная») – 6 («плохая», «грязная») категория.

Никель в среднем по бассейну р. Западный Буг по средним и худшим величинам соответствует категории 2 и 4 («очень хорошая», «чистая» и «удовлетворительная», «слабо загрязненная»). Наихудшим качеством по содержанию Ni отличаются воды Западного Буга на границе с Львовской областью (с. Литовеж) и в районе ст. Ягодин (3 и 5 категории качества). По загрязненности никелем наихудшая ситуация зафиксирована на р. Ягодинка (2 и 4 категории качества «хорошая», «достаточно чистая» и «удовлетворительная», «слабо загрязненная» соответственно). Самая чистая по содержанию никеля вода основного русла р. Луги (1 категория качества по средним и наихудшим значениям).

Свинец в пределах Полесья оценивается высоким уровнем загрязненных вод Западного Буга и его притоков: средние концентрации на различных пунктах наблюдения соответствуют категориям 3 и 4 «хорошие», «достаточно чистые» и «удовлетворительные», «слабо загрязненные», а наихудшие – категориям 5 и 6 «посредственные», «умеренно загрязненные» и «плохие», «грязные». В р. Студянка и р. Копайвка регистрируется вода категории 4 и 6. Из притоков Западного Буга эти реки являются самыми грязными по содержанию свинца.

Наилучшее качество воды по наличию свинца имеет р. Гапа (2 категория – средние значения). Промежуточное положение по загрязнению свинцом занимают воды р. Ягодинки (1 и 4 категории).

На основе имеющихся данных о загрязнении Западного Буга и его притоков хромом можно констатировать, что на большинстве пунктов исследований вода характеризуется категориями 1 и 2 по средним и категориями 3 и 5 – по наихудшим величинам. Наименее загрязнены хромом воды Гапы (2 и 3 категории) и Копайвки (1 и 2 категории). Наибольшим содержанием отличаются реки Студянка и Ягодинка (2 и 5 категории).

Фенолы по представленным службами мониторинга данным на большинстве пунктов наблюдений р. Западный Буг и его притоков отличаются очень высоким уровнем загрязнения воды. Качество воды здесь отвечает категориям 5 и 7. Воды притоков Студянки, Ягодинки и Копайвки загрязняются менее интенсивно (4 и 6 категории, 3 и 6 категории, 5 категория соответственно). Наименьшее количество фенолов в р. Гапа, где регистрируется вода 3 категории качества по средним и наихудшим величинам.

Нефтепродукты определялись не на всех выбранных пунктах наблюдений, поэтому единичные данные не всегда отражают реальную картину загрязнения поверхностных вод этими веществами. Имеющиеся результаты измерений [9] свидетельствуют о том, что максимальное загрязнение основного русла и притоков Западного Буга вызвано антропогенным воздействием и наблюдается в местах сброса коммунально-бытовых и промышленных сточных вод. Наибольшие концентрации нефтепродуктов отмечены в воде основного русла Западного Буга и в реках Луга, Студянка, Ягодинка (7 категория по средним и наихудшим величинам). Наименьшее количество нефтепродуктов в р. Гапа, где регистрируется вода 1 категории качества по средним и наихудшим значениям этого токсического компонента.

СПАВ (синтетические поверхностно-активные вещества) согласно результатам измерений, представленных в литературе [9], в большинстве пунктов по среднему содержанию преобладает вода 3 категории, а по наихудшим значениям – категории 4 и 5. Загрязнение имеет антропогенный характер и вызвано высокой плотностью населения в бассейне Западного Буга.

Из притоков самыми чистыми в этом отношении можно назвать реки Луга и Студянка, вода которых по среднему и наихудшему содержанию СПАВ соответствует 3 категории качества. В воде основного русла Западного Буга и в реке Копайвка вода 3 и 4 категорий. Наиболее загрязненные этим компонентом воды рек Гапа, в районе сброса Любомльводоканала (категория 4 и 5), и Ягодинка, возле с. Бережцы (категория 3 и 4).

Значения индексов специфических веществ токсического действия свидетельствуют о росте загрязнения р. Западный Буг на границе с Львовской областью. Здесь вода характеризуется как «удовлетворительная», «слабо загрязненная» и «посредственная», «умеренно загрязненная» ($I_{3\text{сред.}} = 3,7$, категория 4, субкатегория 4 (3) и $I_{3\text{наих.}} = 5,4$, категория 5, субкатегория 5 (6)). Ниже по течению качество воды несколько улучшается. В районе Нововольнска значение I_3 соответствует категории 4 по средним и худшим его величинам, а от г. Устилуг к границе с Беларусью наихудшие значения индекса специфических веществ равны 4,8–5,2, что отвечает 5 категории качества, вода «посредственная», «умеренно загрязненная».

Вода основного русла Западного Буга в среднем по величине I_3 соответствует III классу качества «удовлетворительная», «загрязненная». По данным проведенной оценки [9], вода реки Луга оценена по средним и наихудшим величинам следующим образом: $I_{3\text{сред.}} = 3,2$, категория 3 и $I_{3\text{наих.}} = 4,5$, категория 4, субкатегория 4–5, II–III класс качества – вода «хорошая», «чистая» и «удовлетворительная», «загрязненная».

Река Студянка является самой грязной по наихудшим значениям $I_3 = 5,3$, категория 5, субкатегория 5 (6), что соответствует III классу качества воды («удовлетворительная», «загрязненная»), по среднему значению $I_3 = 3,3$ ее вода характеризуется категориями 3, субкатегориями 3 (4), II классу качества.

Вода рек Гапа, Ягодинка и Копайвка классифицируется как ($I_{3\text{сред.}} = 2,6–3,4$) «хорошая», «достаточно чистая» и «удовлетворительная», «слабо загрязненная» по наихудшим значениям индексов специфических веществ токсического действия ($I_{3\text{наих.}} = 3,6–4,5$), II и III классам качества, является «хорошей», «удовлетворительной» по состоянию и «чистой», «загрязненной» по степени чистоты.

Данные проведенного исследования [6, 9] позволяют судить о наличии информации по каждому из 11 специфических показателей токсического действия на пунктах основного русла Припяти и пунктах ее правобережных притоков и свидетельствуют о том, что:

- по всем 11 токсичным компонентам оценена вода только 55 % пунктов наблюдений, расположенных на р. Припять;
- на 18 % пунктов исследований присутствуют данные по содержанию железа общего и отсутствуют данные по наличию Cd, Cu, Mn, Zn, Ni, Pb, Cr общий, фенолов, нефтепродуктов и СПАР;
- остальные пункты (около 30 %) охарактеризованы 3–8 специфическими показателями;
- почти 100 % пунктов исследований охарактеризованы по содержанию железа общего.

Имеющаяся информация не дает возможности дать достаточно объективную оценку качества воды рек Припяти по критериям содержания веществ токсического воздействия и обуславливает то, что приведенные ниже материалы следует рассматривать как ориентировочные, которые требуют дальнейшего дополнения и уточнения.

Содержание кадмия (Cd) в воде Припяти вблизи истока и на границе с Ровенской областью в основном характеризуется 6 категорией качества по средним и наихудшим его значениям, вода здесь оценивается как «плохая», «грязная». Только у с. Любязь, по средним концентрациям Cd, происходит некоторое улучшение качества воды (до 5 категории) и она становится «посредственной», «умеренно загрязненной».

Судя по данным исследований [9], такие же высокие концентрации кадмия имеют воды приток Припяти Выжевка, Турия, Цыр, Стоход, Липа, Прудник, Сапалаевка, Горынь, Путиловка (5–6 категории по среднему и 6 категория по наихудшему содержанию).

Наиболее низкие концентрации Cd установлены в реке Черногузка (1 категория качества по средним и наихудшим значениям). Ее вода оценивается как «отличная», «очень чистая».

Более 50 % пунктов наблюдений бассейна Припяти не обеспечены данными о содержании Cd в речных водах, поэтому распределение Cd по бассейну р. Припять установить невозможно.

По содержанию меди (Cu) в среднем на основном русле реки качество воды соответствует 4 категории по средним и 5 категории – по наихудшим величинами («посредственная», «умеренно загрязненная»). Наибольшие концентрации меди (4 категория – по средним и 5–6 категории – по худшим) отмечены в водах рек Турия, Цыр, Стоход, Прудник, Серна, Стырь, Устье, Случь, Уборть, Норин а наименьшие (1 категория качества по средними и худшим значениям) в воде Липы и Черногузки. В притоках Конопелька и Сапалаевка медь вовсе не определялась, а воду реки Стырь по средним

и худшими величинами Cu следует отнести к 4 категории качества и оценить как «удовлетворительные», «слабо загрязненные». Наиболее высокие концентрации Cu (7 категория) отмечены в воде реки Стоход (около истока).

В водах рек Выжевка, Горынь и Путиловка регистрируются концентрации меди, которые имеют очень большие различия между средними (1 категория) и наихудшими (5 категория) значениями этого тяжелого металла, что вызвано несовершенством методики определения.

Вода р. Норынь по количеству меди в ней также относится к категории 4, но ее концентрации здесь увеличились до $6\text{--}10\text{ мкг/дм}^3$, то есть наихудшие значения Cu в речных водах приближаются к критическим концентрациям, которые могут вызвать прекращение роста многих высших организмов. Что касается р. Уборть, то в единственном пункте наблюдения (с. Перга) отмечено наибольшее содержание меди по бассейну, который составляет $18\text{--}25\text{ мкг/дм}^3$ и относит речную воду к категории 5 – «посредственная», «умеренно загрязненная». Источником поступления меди в речные воды могут быть препараты, применяемые при обработке сельскохозяйственных угодий Замысловицкой осушительно-увлажняющей системы, расположенной в бассейне Уборти.

На основе изложенного можно сделать вывод о достаточно сильном загрязнении отдельных рек бассейна Припяти тяжелыми металлами – кадмием и медью (преобладает категория 4 по средним и категории 5–6 по наихудшим значениям и вода оценена как «удовлетворительная», «слабо загрязненная» и «посредственная», «умеренно загрязненная» – «плохая», «грязная»).

Содержание железа общего ($Fe_{\text{общ.}}$) в воде р. Припять соответствует 5 и 6 категориям качества по средним и худшим величинам соответственно («посредственная», «умеренно загрязненная» и «плохая», «грязная»). Судя по данным проведенных исследований [9], содержание железа общего в притоках Припяти определялось почти во всех пунктах наблюдения. Только в одном створе (р. Стырь, пгт. Рожище) железо не определялось вообще.

Половина правобережных притоков Припяти имеет концентрацию $Fe_{\text{общ.}}$ в пределах 4 и 5 категории качества («удовлетворительная», «слабо загрязненная» и «посредственная», «умеренно загрязненная»). Несколько ниже содержание $Fe_{\text{общ.}}$ (4 категория по средним и худшим величинам) в водах рек Турия, Цыр, Стырь, Сапалаевка и Случь и категория 3 и 4 в р. Путиловка.

Наиболее загрязненными железом являются воды основного русла Припяти (5 и 6 категории), а также притока р. Уборть (с. Перга) $1300\text{--}1900\text{ мкг/дм}^3$, категория 6, р. Норин (500 м ниже сброса Овручского БВ УЖКХ) – $530\text{--}1200\text{ мкг/дм}^3$, категории 5, 6, реки Выжевка, Стоход, Прудник и Уж (4 и 5 категории), наименьший $Fe_{\text{общ.}}$ имеют Серна (1 и 4 категории) и Липа, Черногузка и Горынь (2 и 4 категории).

Что касается содержания марганца (Mn), то качество Припятской воды по этому показателю соответствует категории 4 по средним величинам («удовлетворительная», «слабо загрязненная») и категории 5 по худшим значениям этого компонента («посредственная», «умеренно загрязненная»).

В притоках р. Выжевка и Замчиско содержание Mn отличается наиболее высокой концентрацией, соответствующей 5 категории по средним и наихудшим величинам.

Имеющиеся результаты измерений [9] свидетельствуют о том, что, как и в реке Выжевка достаточно высоким содержанием марганца отмечаются реки Цыр, Липа и Прудник (5 категория качества), но только по наихудшим значениям этого тяжелого металла. Относительно средних величин Mn , то они характеризуются 2 и 3 категориями качества, которые оценивают воду этих рек как «очень хорошую», «чистую» и «хорошую», «достаточно чистую» соответственно, кроме р. Стырь, его содержание колебалось в пределах 2–3 категории как по средним, так и наихудшим показателям.

Самые низкие концентрации Mn (1 категория качества по средним и худшим величинам) имеют р. Серна и Черногузка. Вода этих рек является «отличной», «очень чистой».

В реках Стоход, Стырь, регистрируется вода 3 категории качества по среднему содержанию Mn и 4 категории – по наихудшему, что характеризует их как «хорошие», «достаточно чистые» и «удовлетворительные», «слабо загрязненные», а в реках Сапалаевка и Путиловка 2 и 4 категории соответственно. Содержание марганца, который характеризуется 2 и 3 категориями по средним и наихудшим значениям этого тяжелого металла, имеет река Горынь. В воде р. Конопелька Mn не определялся вообще. В среднем содержание марганца в реках бассейна Припяти не выходит за пределы 3 категории по средним («хорошая», «достаточно чистая») и 5 категории – по худшим концентрациям, что характеризует их воды в целом как «посредственные», «умеренно загрязненные».

Содержание цинка (Zn) определялось почти на всех пунктах, которые расположены на р. Припять и ее притоках (кроме рек Уж, Конопелька и Сапалаевка). По данным проведенных исследований [9, 10], можно сделать вывод о достаточно сильном загрязнении этим металлом воды рек Стырь и Льва (6 категория качества по средним и наихудшим величинам), что характеризует воду

этой реки как «плохую», «грязную». Несколько лучшую воду в этом отношении имеют реки Припять, Турия, Липа, Сапалаевка и Нoryнь, которые характеризуются 3 и 4 категориями качества по среднему содержанию цинка (вода «хорошая», «достаточно чистая» и «удовлетворительная», «слабо загрязненная») и 5 категории – по худшему (вода «посредственная», «умеренно загрязненная»).

По загрязненности цинком посредственное положение занимают реки Выживка, Цыр, Стоход, Прудник (2 категория – по средним и 4 категория – по наихудшим величинам), а также р. Черногузка, вода которой по средним и наихудшим концентрациям Zn соответствует 3 категории качества. Воды рек Случь, Уборть, Горынь и Путиловка отнесены к 1 категории качества по среднему содержанию цинка и оцениваются как более чистые.

В целом по бассейну Припяти в пределах области среднее содержание Zn не выходит за пределы 3 категории качества («хорошие», «достаточно чистые»), а наихудшие концентрации – за 4 категорию качества («удовлетворительные», «слабо загрязненные» воды).

Содержание никеля (Ni) в водах рек Случь, Уж, Нoryнь на период проведения исследований не определялось, поскольку его значения находятся за пределами чувствительности методов определения. Высокое содержание никеля по наихудшим концентрациям имеет вода реки Припять в районе с. Любязь (6 категория качества, «плохая», «грязная») и р. Турия возле г. Ковель (5 категория качества, вода «посредственная», «умеренно загрязненная»). Четвертой категорией качества по наихудшему содержанию Ni оценены воды рек Выжевка, Турия, Стоход и Стырь. Средние концентрации Ni в водах этих рек не превышают значений, которые соответствуют 2 и 3 категориям качества.

Реки Уборть, Прудник и Путиловка отнесены к 3 категории и оценены как «хорошие», «достаточно чистые», а Сапалаевка и Черногузка – к 2 категории качества и характеризуются как «очень хорошие», «чистые» по среднему и худшему содержанию никеля. Наименее загрязненными Ni являются воды рек Цыр, Липа, Серна и Горынь (1 категория по средним и наихудшим значениям).

В обобщенном виде среднее содержание Ni по бассейну Припяти соответствует 2 категории по средним и 3 категории по худшим концентрациям этого компонента (от «очень хороших», «чистых» до «хороших», «достаточно чистых» вод).

Свинец (Pb) в реке Припять, а также в воде притоков Выжевка и Цыр отмечен в наивысшей концентрации по наихудшим показателям (6–7 категории качества). Здесь вода оценивается как «плохая», «грязная» – «очень плохая», «очень грязная». По средним величинам этого компонента качество речных вод соответствует 3 категории.

Вода рек Выжевка, Стоход, Стырь, Прудник, Горынь по наихудшим значениям свинца расценивается как «посредственная», «умеренно загрязненная» (5 категория качества), а по средним величинам – как «хорошая», «достаточно чистая» – «удовлетворительная», «слабо загрязненная» (3–4 категории качества). В р. Путиловка среднее и худшее содержание Pb соответствует 5 категории качества. Здесь вода оценивается как «посредственная», «умеренно загрязненная».

Воды рек Серна, Липа, Нoryнь и Уборть имеют самые низкие средние и худшие концентрации Pb (1 категория, «отличные», «очень чистые» и 3 категория «хорошие», «достаточно чистые» соответственно). Данные о содержании свинца в реках Случь, Уж, Конопелька, Черногузка и Сапалаевка отсутствуют.

Хром общий ($Cr_{общ.}$) в водах реки Припять и большинстве ее притоков чаще всего встречается по наихудшим концентрациям, которые соответствуют 4 категории качества (Выжевка, Турия, Стоход, Стырь, Липа, Прудник, Серна, Черногузка, Сапалаевка, Случь, Уборть, Уж).

Среднее содержание $Cr_{общ.}$ в этих водных объектах несколько ниже (1–3 категории). Только в р. Черногузка средние и худшие концентрации этого тяжелого металла характеризуются 4 категорией качества, что отвечает «удовлетворительной», «слабо загрязненной» воде.

Наименьшие значения $Cr_{общ.}$ регистрируются в водах рек Цыр, Путиловка (2 категория качества «очень хорошие», «чистые» воды) и Горынь (1 и 3 категории «отличные», «очень чистые» и «хорошие», «достаточно чистые»).

В среднем по бассейну Припяти содержание хрома общего соответствует 2 категории качества по средним и 4 категории – по наихудшим величинам. По качеству вода здесь «очень хорошая», «чистая» и «удовлетворительная», «слабо загрязненная».

Загрязнение фенолами притоков р. Припять достаточно высокое, которое обычно по наихудшим значениям соответствует 6 и 7 категории. Вода в реках Турия, Стоход, Стырь, Прудник, Горынь, Путиловка по наихудшему содержанию этого показателя – «плохая», «грязная» и «очень плохая», «очень грязная». Средние концентрации фенолов оценены 5 и 6 категориями, а рек Липа и Сапалаевка – 4 категории качества – «удовлетворительная», «слабо загрязненная».

Вода реки Припять, а также притоков Выживки и Цыра по концентрации летучих фенолов оценивается 3 и 4 категорией по средним и 5 категорией – по наихудшим значениям этого токсичного

компонента. Самое низкое содержание фенолов по средним и худшим величинам имеют реки Черногузка (1 категория) и Серна (1 и 3 категория).

В целом по бассейну Припяти концентрации летучих фенолов в воде достаточно высоки и соответствуют 5 и 6 категории качества по средним и наихудшим показателям их содержания и оцениваются как «посредственные», «умеренно загрязненные» и «плохие», «грязные». Наихудшие концентрации нефтепродуктов, как и летучих фенолов, в основном достаточно высокие и нередко достигают уровня «очень грязных» вод (категория 7).

Самые высокие концентрации нефтепродуктов по худшим показателям имеют реки Цыр, Стырь, Горынь и Замчиско (7 категория) в районах расположения крупных населенных пунктов. Среднее содержание нефтепродуктов в водах этих рек не превышает 5 категории качества. Только вода р. Горынь по наличию нефтепродуктов соответствует 1 категории качества, что подлежит сомнению и требует дальнейшего уточнения. В воде рек Конопельки и Сапалаевки нефтепродукты не определялись вовсе.

Результаты измерений содержания нефтепродуктов в реках бассейна Припяти свидетельствуют о максимальном загрязнении этим токсическим компонентом, что вызвано антропогенным воздействием и наблюдается на реках: Уж, Стырь в районе г. Луцка и на границе с Ровенской областью; Цыр, в районе г. Камень-Каширский; Черногузка вблизи устья, после сброса Гнидавского сахарозавода.

Наименее загрязненными нефтепродуктами являются воды рек Случь, Уборть, Липа, Серна, Путиловка, принадлежащих 1 категории качества по среднему и плохому их содержанию – вода «отличная», «очень чистая» и «хорошая», «достаточно чистая». Промежуточное положение в этом отношении занимают реки Выжевка и Стоход (4 и 3 категории качества).

Итоговые расчеты позволили выявить такую тенденцию: время от времени в одних и тех же пунктах (р. Горынь, в районе сброса очистных сооружений санатория «Пролисок», р. Прудник, ниже выпуска очистных сооружений Кварц-ДОК) регистрируются большие количества нефтепродуктов по худшим значениям (5–7 категории) и незначительные концентрации этих веществ по средним значениям (1 категория качества). Такие большие различия в концентрациях нефтепродуктов вызывают сомнения и обусловлены несовершенством методик отбора проб и определения этого токсического компонента лабораториями различных служб, отсутствием обобщения и анализа данных мониторинга или же цикличностью сброса сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, в указанные водные объекты.

В среднем по бассейну Припяти воды по наличию в них нефтепродуктов относятся к 4–5 категории и оцениваются как «удовлетворительные», «слабо загрязненные» – «посредственные», «умеренно загрязненные».

Результаты измерений СПАВ показали, что в большинстве пунктов наблюдения вод реки Припять по наихудшему их содержанию регистрируется 4 категория качества «удовлетворительные», «слабо загрязненные», а по среднему – 3 и 4 категории «добрые», «достаточно чистые», «удовлетворительные», «слабо загрязненные» воды. Загрязнение синтетическими поверхностно-активными веществами, как и нефтепродуктами, имеет антропогенный характер и проявляется в районах населенных пунктов и сброса коммунально-бытовых сточных вод. В отношении притоков Припяти следует отметить, что содержание СПАВ в водах рек Выжевка, Цыр, Стоход, Стырь, Прудник и Черногузка обычно отвечает, как и вода основного русла, 3 и 4 категориям качества.

В Серне и Турии зафиксированы средние и худшие концентрации СПАВ, которые относят воду этих рек к 4 категории по среднему и 5 категории качества – по наихудшему содержанию этих специфических веществ. Это явление вызвано сбросом недостаточно очищенных сточных вод с. Торчин и г. Ковеля. Воды р. Случь отличаются меньшим количеством СПАВ – категория 3 (по средним значениям) и категории 3–4 (по наихудшим величинам). Наилучшее качество по содержанию СПАВ имеют реки Липа и Путиловка (1 и 2 категории качества соответственно). В водах Норынь и Уборти содержание синтетических поверхностно-активных веществ не определялось вовсе.

В среднем по бассейну Припяти концентрация СПАВ не выходит за пределы 3 и 4 категории по средним и худшим величинам, что соответствует по качеству «хорошей», «достаточно чистой» и «удовлетворительной», «слабо загрязненной» воде.

Индекс специфических веществ токсического действия (I_3) свидетельствует о достаточно высоком загрязнении воды рек бассейна Припяти специфическими веществами токсического воздействия. Значение I_3 в р. Припять варьирует в пределах 4,4–5,2 по наихудшему его значению (вода «удовлетворительная», «слабо загрязненная» – «посредственная», «умеренно загрязненная»), а по средним – 3,1–3,7 (воды «хорошие», «достаточно чистые» – «удовлетворительные», «слабо загрязненные»). По худшим величинам этого индекса вода бассейна Припяти соответствует III классу качества «удовле-

творительная», «загрязненная», а по средним – II–III класса и оценивается как «хорошая», «достаточно чистая» – «удовлетворительная», «слабо загрязненная».

Вода рек Выжевка, Турия, Цыр, Стоход, Стырь, Прудник, Уж имеет самые высокие средние и худшие значения I_3 : по худшим величинам ($I_3 = 4,6–5,0$, категория 5, субкатегории 4–5 и 5) оценивается как «посредственная», «умеренно загрязненная», III класса качества «удовлетворительная», «загрязненная» вода, а по среднему его значению ($I_3 = 3,0–3,9$, категория 3 и 4) как «хорошая», «достаточно чистая» – «удовлетворительная», «слабо загрязненная», II–III класса «хорошая», «чистая» – «удовлетворительная», «загрязненная».

Такие же характеристики имеют реки Горынь и Путиловка (средние значения $I_3 = 2,2–2,7$, худшие величины $I_3 = 3,6–3,9$). Качество воды этих рек соответствует 2 и 3 категории, субкатегории 2 и 3 (2) по средним величинам I_3 и 4 категории, субкатегории 3–4 и 4, по наихудшим, II и III класса качества, «хорошие», «чистые» и «удовлетворительные», «загрязненные».

Воды рек Случь, Норынь (г. Овруч) и Уборть (с. Перга) являются по категории качества «хорошими», «достаточно чистыми» (категория 3) и «удовлетворительными», «слабо загрязненными» (категория 4), а по классу качества – «хорошими», «чистыми» (класс II) и «хорошими – удовлетворительными», «чистыми – загрязненными» (класс II–III).

Воды Черногузки и Серны ($I_{3\text{сред}} = 2,1$ и $2,2$, категория 2, и $I_{3\text{наих}} = 2,5$ и $3,0$, категория 3, соответственно) оценены по значению индекса специфических веществ токсического воздействия как более чистые.

На 17 % пунктов исследований, расположенных в бассейне Припяти, индекс специфических веществ токсического действия (I_3) рассчитан только по наличию в речных водах железа общего, поэтому использовать такую незначительную информацию для расчета интегрального индекса специфических веществ токсического воздействия не имеет смысла.

Данные выполненной гидрохимической оценки в бассейне Днепра позволяют судить о наличии информации по каждому из 10 специфических показателей токсического действия на 16 пунктах наблюдений основного русла Тетерева и 18 пунктах на его притоках [6]. Они свидетельствуют о том, что:

- по всем 10 токсичным компонентам оценена вода только 1-го пункта с 34 (р. Тетерев, 4,5 км выше г. Житомира);

- на 3 пунктах определяли только по 1-му компоненту: р. Возня (с. Визня) – медь, р. Гуйва (г. Житомир) – СПАВ, р. Ирша (г. Володарск-Волинский) – марганец;

- на 8 пунктах наблюдений данные полностью отсутствуют: р. Тетерев – с. Дениши; г. Житомир (гидропарк); г. Коростышев (пляж); р. Гнилопять – с. Слободище; р. Гуйва – с. Пряжево; р. Камянка – г. Житомир; р. Ирша – 1,5 км выше и 1 км ниже г. Малин;

- по бассейну наиболее охарактеризованы нефтепродукты (62 %), хром общий (65 %), медь (53 %), железо общее (56 %), СПАВ (47 %), никель (38,2 %) и свинец (35,3 %).

Содержание фенолов и марганца определялось только в 5 пунктах, а цинка – в 6 пунктах наблюдений.

Имеющаяся информация не позволяет дать достаточно объективную оценку качества воды рек бассейна Днепра в пределах Житомирского Полесья по критериям содержания веществ токсического воздействия, поэтому представленную в отчете оценку можно рассматривать как ориентировочную.

Практически по всему бассейну р. Тетерев зафиксировано устойчивое загрязнение воды медью. Воды основного русла Тетерева и его притоков Гнилопяти и Гуйвы характеризуются по средним и наихудшим показателям 6 и 7 категориями – «плохие», «грязные» и «очень плохие», «очень загрязненные». Несколько иные концентрации меди в воде реки Ирша и ее притока Возни. Содержание Си здесь составляет 65–80 мкг/дм³, что соответствует 7 категории качества «очень плохие», «очень грязные» воды.

В водах Тетерева и Ирпеня цинк определялся лишь в 4 пунктах наблюдений: р. Тетерев, 4,5 км выше и 2,5 км ниже г. Житомира; р. Гуйва, г. Житомир (устье реки); г. Ирша, с. Украинка, поэтому выполненная оценка качества воды по содержанию Zn в водах перечисленных рек носит чисто ориентировочный характер. Кроме того, вызывают сомнения определенные концентрации Zn в водах р. Ирша (с. Украинка) и р. Гуйва (г. Житомир), которые составляют 1 мкг/дм³ по средним и наихудшим показателям и соответствуют 1 категории качества. Что касается реки Тетерев, то в пунктах выше г. Житомир количество Zn по средним и наихудшим величинам составило 54,8–115,0 мкг/дм³, а в воде ниже города – 38,2–60,0 мкг/дм³ и находится в пределах категорий 5–6.

По полученным данным, все реки бассейна Днепра отнесены к 1 категории качества по содержанию в них свинца, исключая пункт в наблюдения на р. Гнилопять (г. Житомир, устье реки), где

количество данного компонента возросло до 12–15 мкг/дм³, и вода здесь охарактеризована 4 категорией качества – «удовлетворительная», «слабо загрязненная».

Относительно концентраций Pb, которые представляют 1 мкг/дм³ и характеризуют речные воды 1 категорией, возникают сомнения в качестве имеющихся аналитических данных. В такой ситуации выявить картину степени загрязнения Pb вод основных рек бассейна Днепра в пределах Полесья очень тяжело.

Наименьшее загрязнение $C_{г\text{общ}}$ (1 категория) наблюдается в р.Тетерев в пунктах, которые находятся выше и ниже с. Чуднов и в пределах г. Житомир. Реки Гуйва и Ирша по содержанию $C_{г\text{общ}}$ охарактеризованы только по 1 пункту: р. Ирша, с. Украинка, категории 2–3 и р. Гуйва, г. Житомир, устье реки, категория 2.

Концентрация $C_{г\text{общ}}$ в основном русле Тетерева колеблется в пределах 1,0–20,0 мкг/дм³ (1–5 категории). Наибольшие значения $C_{г\text{общ}}$, которые соответствуют 4 и 5 категориям, отмечены в 5 пунктах наблюдений: г. Житомир, 200 м выше впадения р. Каменка; г. Житомир, 2,5 км ниже города; г. Радомышль, 1 км выше и 1 км ниже города; г. Житомир, 4,5 км выше города.

Наибольшее содержание $C_{г\text{общ}}$ в поверхностных водах бассейна зафиксировано в р. Гнилопять, г. Житомир, устье реки и в пределах с. Слободыще, 3 км ниже сброса сточных вод ОСК Бердичевского КЭС кожобъединения. Здесь значение $C_{г\text{общ}}$ составляет 20–30 мкг/дм³, что соответствует 5 и 6 категориям – «посредственные», «умеренно загрязненные» и «плохие», «грязные» воды. Причиной этого явления стало воздействие Бердичевского КЭС кожобъединения. Состояние качества воды р. Гнилопять у сел Хажин и Швайковка, которые расположены выше сброса сточных вод КЭС кожобъединения, оценивается 2 и 3 категориями, а в районе Бердичевского водозабора содержание хрома общего снижается до 1 категории. В целом по основному руслу Гнилопяти вода характеризуется 5 категорией и оценивается как «посредственная», «умеренно загрязненная».

Никель в воде основного русла Тетерева зафиксирован по средним величинам в пределах категорий 2–4, «очень хорошая», «чистая» – «удовлетворительная», «слабо загрязненная», а по худшим – 3–4 категорий, «хорошая», «достаточно чистая» – «удовлетворительная», «слабо загрязненная». Наихудшим качеством по содержанию Ni (4 категория) отличаются воды реки Тетерев в пределах г. Житомира, 1 км ниже устья р. Гуйва и 500 м ниже устья р. Каменки.

Достаточно загрязненной Ni (4 категория) является участок р. Гнилопять возле с. Швайковка (200 м выше сброса сточных вод Бердичевского КЭС кожобъединения). На всех остальных пунктах рек Гнилопять и Гуйва вода характеризуется категорией 1 «отменная», «очень чистая».

Воды Ирши (с. Украинка) относятся по качеству к 3 категории – «хорошие», «достаточно чистые», а содержание Ni в них не выходит за пределы 10 мкг/дм³.

Железо общее ($Fe_{\text{общ}}$) в бассейне Тетерева определялось на 19 пунктах наблюдений с 34 имеющихся. Наиболее охарактеризована в этом плане вода р. Гнилопять (7 пунктов из 8); имеющаяся информация позволяет проследить динамику содержания $Fe_{\text{общ}}$ в речной воде вдоль течения. Что касается р. Тетерев, то можно оценить качество воды по содержанию в ней $Fe_{\text{общ}}$ лишь на 9 пунктах наблюдений из 16, однако по всему течению от верховья до границы области. К сожалению, степень загрязнения воды рек Гуйва и Ирша $Fe_{\text{общ}}$ нельзя установить из-за недостатка данных, поэтому представленная нами оценка имеет информативный характер и говорит о том, что воды рек Гуйва (г. Житомир) по средним и наихудшим значениям $Fe_{\text{общ}}$ относятся к категории 4 – «удовлетворительные», «слабо загрязненные». Несколько хуже ситуация в воде р. Ирша (г. Малынь, место водозабора бумажной фабрики и с. Украинка). Здесь по средним величинам вода реки соответствует 4 категории качества, а по худшим значениям $Fe_{\text{общ}}$ – 5 категории и оценивается в первом случае как «удовлетворительная», «слабо загрязненная», а во втором как «посредственная», «умеренно загрязненная».

Относительно основного русла Тетерева можно сказать, что содержание $Fe_{\text{общ}}$ в его воде колеблется в пределах 170–500 мкг/дм³ и относится к 4 категории качества – «удовлетворительная», «слабо загрязненная» вода. Исключением является пункт в 5 км ниже г. Житомира, с. Левков, вода которого по худшим значениям этого токсичного компонента (620 мкг/дм³) относится к категории 5.

Железо общее в воде р. Гнилопять по средним его концентрациям находится в пределах 100–390 мкг/дм³ (категории 3–4), а по худшим – 230–510 мкг/дм³ (категории 4–5). То есть качество воды колеблется от «хорошей», «достаточно чистой» до «удовлетворительной», «слабо загрязненной» по средним значениям и от «удовлетворительной», «слабо загрязненной» до «посредственной», «умеренно загрязненной» – по худшим. В среднем по основному руслу Гнилопяти качество воды не выходит за рамки категории 4 («удовлетворительные», «слабо загрязненные» воды).

В бассейне Днепра (ниже устья Припяти) на территории Житомирского Полесья содержание марганца определялось лишь в 5 пунктах наблюдения (р. Тетерев, 4,5 км выше и 2,5 км ниже г. Житомира, р. Гнилопять, 1 км выше и 3 км ниже г. Бердичева, р. Ирша, г. Володарск-Волынский, водо-

забор). Наименьшее количество Mn ($32,8 \text{ мкг/дм}^3$ по средним величинам и $94,0 \text{ мкг/дм}^3$ – по наихудшим) наблюдалось в р. Гнилопять, 3 км ниже г. Бердичева, а наибольшее содержание Mn ($51\text{--}299 \text{ мкг/дм}^3$ по средним и наихудшим показателям) в р. Тетерев, 4,5 км выше г. Житомир.

В целом воды рек Тетерев (г. Житомир), Гнилопять (Бердичев, 1 км выше города), Ирша (г. Володарск-Волынский, водозабор) по содержанию в них марганца относятся к категории 4 – «удовлетворительные», «слабо загрязненные». По худшим концентрациям этого тяжелого металла вода рек Тетерев и Гнилопять в указанных пунктах характеризуется категорией 5 «посредственная», «умеренно загрязненная». Исключением являются реки Ирша, г. Володарск-Волынский, Гнилопять, г. Бердичев, 3 км ниже города, воды которых по худшим величинам Mn относятся к 4 категории качества.

Нефтепродукты являются наиболее охарактеризованным показателем в бассейне Днепра. Если в притоках Тетерева Ирши, Каменце и Гуйве встречаются только единичные данные относительно содержания в их водах нефтепродуктов, то воды основных русел Тетерева и Гнилопяти охарактеризованы в этом отношении почти полностью. Наибольшее загрязнение (3–7 категории) наблюдается в основном русле р. Тетерев, а наиболее чистыми (3 категория) являются воды реки Ирша, ниже с. Украинка, 1 км ниже села, 6 км выше устья р. Ирша. Промежуточное положение по содержанию нефтепродуктов занимают воды р. Гуйва (г. Житомир) – 4 категория качества. Относительно г. Гнилопять можно отметить, что значительное варьирование качества воды как по средним (1–6 категории), так и по худшим величинами (1–7 категории) вызывает сомнения относительно достоверности полученных данных.

Качество воды р. Тетерев и ее притока р. Каменки по содержанию нефтепродуктов в среднем соответствует 5 категории – «посредственная», «умеренно загрязненная». Однако в среднем течении русла Тетерева качество воды достаточно варьирует от 3 до 7 категории – от «хорошей», «достаточно чистой» до «очень плохой», «очень грязной». Наиболее чистые участки («хорошие», «достаточно чистые» воды) наблюдаются в пунктах 1 км выше с. Чуднов, в пределах г. Житомира, 1 км ниже устья р. Гуйва и 500 м ниже устья р. Каменка.

Наиболее грязной (5 категория, «посредственные», «умеренно загрязненные» воды по средним значениям и категория 7, «очень плохие», «очень грязные» – по наихудшим) является вода Тетерева в пункте 2,5 км ниже г. Житомира, 600 м ниже сброса сточных вод ОСК ПУВКХ. Такая же картина наблюдается на р. Гнилопять (категория 6 и 7 соответственно) – «плохие», «грязные» и «очень плохие», «очень грязные» воды.

Количество фенолов установлено лишь в 5 пунктах на р. Тетерев. В других реках бассейна Днепра загрязнения фенолами не определялись. Качество воды по содержанию в ней данных токсичных веществ находится в рамках 3–4 категории. Наименьшая их концентрация – 1 мкг/дм^3 («хорошая», «достаточно чистая» вода) отмечена в пунктах выше и ниже с. Чуднов, в пределах г. Житомира, 1 км ниже устья р. Гуйва; наибольшая – 2 мкг/дм^3 («удовлетворительная», «слабо загрязненная» вода) в р. Тетерев, возле с. Вышевичи, на границе с Киевской областью.

Согласно результатам измерений синтетических поверхностно-активных веществ качество воды Тетерева по этому показателю варьирует в пределах 4–7 категории по средним и наихудшим значениям. Наибольшее содержание СПАВ – $350\text{--}500 \text{ мкг/дм}^3$ (категория 7) наблюдается в пункте р. Тетерев, 5 км ниже г. Житомира (с. Левков), и в пункте р. Тетерев, 2 км ниже с. Вышевичи – $250\text{--}400 \text{ мкг/дм}^3$ (категория 6–7).

Наименьшее количество СПАВ в водах Тетерева отмечено в пункте г. Житомира, 200 м выше впадения р. Каменка – 50 мкг/дм^3 (категория 4) и в пункте 1 км ниже г. Радомишля, $20\text{--}60 \text{ мкг/дм}^3$ (категории 3–5).

Если брать в среднем по основному руслу Тетерева, то его воды характеризуются как «плохие», «грязные» по содержанию в них СПАВ (категория 6 по средним и наихудшим показателям). В реках Гуйва и Каменка (притоках Тетерева) содержание СПАВ составляет 50 мкг/дм^3 , категория 4 – «удовлетворительная», «слабо загрязненная» вода.

Значения индексов специфических веществ токсического действия (I_3) свидетельствуют о том, что самыми грязными реками в бассейне Днепра являются Тетерев и Гнилопять. Если брать в среднем по основным руслам, то в р. Гнилопять $3,8 \leq I_3 \leq 4,3$, а в р. Тетерев – $3,7 \leq I_3 \leq 4,1$, то есть для них характерны «удовлетворительные», «слабо загрязненные» по категории и «удовлетворительные», «загрязненные» по классу воды.

Но в середине русла значения индекса специфических веществ токсического воздействия варьируют в довольно широких пределах: в р. Тетерев – от $3,0 \leq I_3 \leq 3,3$ к $4,0 \leq I_3 \leq 5,7$; в р. Гнилопять – от $2,4 \leq I_3 \leq 3,0$ к $4,1 \leq I_3 \leq 5,0$.

Следует отметить, что в некоторых пунктах на р. Тетерев наибольшие значения I_3 посчитаны лишь по 3 специфичным показателям из 10 обязательных, поэтому сравнивать их с другими значениями I_3 , подсчитанным по имеющимся 7–10 показателям, достаточно трудно.

Относительно рек Гуйва, Ирша и Каменка можно сказать, что единичные данные позволяют судить о загрязнении специфическими веществами по величине I_3 только в отдельных пунктах на них. Воды Ирши 1 км ниже с. Украинка ($2,9 \leq I_3 \leq 3,4$), Гуйвы, г. Житомир, устье реки ($2,6 \leq I_3 \leq 2,6$) имеют значение I_3 , которые не выходят за пределы 3 категории качества – $2,6 \leq I_3 \leq 3,1$. Они характеризуются как «очень хорошие», «достаточно чистые» – по категории и «хорошие», «чистые» по классу. Река Каменка (приток Тетерева) в пункте, который расположен в г. Житомир, 100 м выше впадения в р. Тетерев, и р. Ирша в пункте возле г. Малын, место водозабора бумажной фабрики, имеют худшее качество. Значение I_3 здесь находится в пределах 4,5 и 5,5–6,0 соответственно. Однако следует обратить внимание на то, что I_3 в пункте на р. Ирша рассчитан всего лишь по двум специфическим показателям из десяти.

Ограниченная аналитическая информация по блоку специфических веществ токсического воздействия дала возможность разработать только ориентировочную оценку качества воды. Результаты показали тенденцию уменьшения антропогенного воздействия на поступление в воду таких соединений, как железо общее и хром общий, хотя по содержанию никеля качество воды ухудшилось, перейдя из категорий 2 и 4 в категорию 5 по средним и наихудшим показателям. В среднем по рекам региона качество воды по загрязнению специфическими веществами токсического воздействия улучшилось по средним и наихудшим показателям из категорий 4 и 5 до категории 3, класс качества II, вода «хорошая», «чистая», только воды бассейна Западного Буга по худшим показателям соответствуют категории 4, класс качества III, воды «удовлетворительные», «загрязненные».

18.7. Объединенная экологическая оценка качества поверхностных вод

Суть определения объединенной экологической оценки качества поверхностных вод бассейнов Западного Буга, Припяти и Днепра в целом и на отдельных пунктах наблюдений заключается в расчете интегрального экологического индекса (I_E), по которому выполнена однозначная оценка качества речных вод. Он рассчитан по формуле (18.1) для средних и наихудших значений блочных индексов по отдельным пунктам и в среднем по рекам Волынского и Житомирского Полесья и приведен в таблице. При анализе полученных результатов расчетов (табл.) надо обратить внимание на следующее:

– комплексный экологический индекс качества воды (I_E) для рек бассейнов Западного Буга, Припяти и Днепра носит ориентировочный характер, поскольку определить достаточно достоверно токсикологический индекс (I_3) на всех пунктах наблюдений не было возможности из-за недостаточности информации;

– применение I_E для бассейнов исследуемых рек нельзя считать удачным, поскольку данные о качестве воды по трофо-сапробиологическим показателям свидетельствуют о достаточно значительном уровне загрязнения, нивелируются высоким качеством воды по критериям солевого состава, которая отвечает в большей части категориям 1 и 2. Поэтому величины I_E недостаточно адекватно оценивают качество воды в водных объектах бассейнов Западного Буга, Припяти и Днепра в пределах Волынского и Житомирского Полесья.

Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что величины интегральных индексов (I_E), рассчитанные по средним и наихудшим значениям блочных индексов, составляют: по рекам Западного Буга – 3,4 / 4,3; Луга – 3,0 / 3,6; Припяти – 3,0 / 3,7; Турии – 3,2 / 3,8; Цыру – 3,3 / 3,9; Стохода – 2,8 / 3,6; Стырь – 3,3 / 3,8; Тетерева – 3,4 / 3,7, то есть классифицируют воды указанных рек как промежуточные между категорией 3 и 4 «достаточно чистые» и «слабо загрязненные» [11]. По классу качества воды основных русел рек Западный Буг, Луг, Припять, Турия, Цыр, Стоход, Стырь, Горынь, Случь, Уборть, Норынь оценены как «хорошие», «чистые» и «удовлетворительные», «загрязненные».

За исследуемый период наилучшее качество воды из притоков Западного Буга по величинам интегральных экологических индексов имела р. Ягодинка ($2,6 \leq I_E \leq 2,8$), вода которой оценивается как «хорошая», «достаточно чистая», а наихудшее качество отмечено в р. Студянка ($3,6 \leq I_E \leq 4,5$), ее вода «хорошая – удовлетворительная» и «удовлетворительная – посредственная» по состоянию и имеет «слабо и умеренно загрязненную» степень чистоты.

В бассейне Припяти наилучшая вода по характеристике I_E – в реках Черногузка ($2,5 \leq I_E \leq 2,6$), Серна ($2,3 \leq I_E \leq 2,6$), Случь ($2,5 \leq I_E \leq 3,3$), и Припять ($2,3 \leq I_E \leq 2,5$), а наихудшее качество по этим индексам – у рек Выжевка ($3,1 \leq I_E \leq 3,9$), Цыр ($3,1 \leq I_E \leq 3,9$) и Уж ($3,7 \leq I_E \leq 3,9$). В обоих случаях воды данных притоков отнесены ко II классу по средним и к III классу – по худшим характеристикам I_E .

Таблица 18.1

Объединенная оценка качества воды рек Волынского и Житомирского Полесья по худшим и средним значениям блочных индексов (I_1 , I_2 , I_3) и величиной интегрального экологического индекса (I_E)

Реки*	Значения индексов											
	I_1		I_2		I_3		I_E		Состояние по классу		Степень чистоты по классу	
	сред.	макс.	сред.	макс.	сред.	макс.	сред.	макс.	сред.	макс.	сред.	макс.
I. Бассейн Западного Бугу												
р. Западный Буг	2,0	2,3	4,3	5,3	3,9	5,3	3,4	4,3	хороший	удовлетворительное	чистая	загрязнена
р. Луга	1,3	1,3	4,4	5,0	3,2	4,5	3,0	3,6	хороший	хорошее - удовлетворит.	чистая	чистая-загрязн.
р. Луга - Свинорийка	1,0	1,0	4,4	4,9	2,7	4,4	2,7	3,4	хороший	хороший	чистая	чистая
р. Стрыпа	1,3	1,3	4,0	4,4	3,0	3,8	2,8	3,2	хороший	хорошее	чистая	чистая
р. Луга	1,0	1,3	4,2	4,9	3,4	4,6	2,9	3,6	хороший	хорошее-удовлетворит.	чистая	чистая-загрязн.
р. Гапа	2,0	2,0	5,3	5,6	2,6	3,6	3,3	3,7	хороший	удовлетворит.	чистая	загрязн.
р. Копайвка	1,0	1,3	4,3	4,9	3,4	4,3	2,9	3,5	хороший	хорошее - удовлетворит.	чистая	чистая-загрязн.
Бассейн р. Зап. Буг в пределах Укр. Полесья	1,3	1,7	4,7	5,2	3,5	5,2	3,2	4,0	хороший	удовлетворительное	чистая	загрязнена
II. Бассейн реки Припять												
р. Припяти	1,0	1,3	4,6	5,3	3,5	4,5	3,0	3,7	хороший	удовлетворит.	чистая	загрязн.
р. Выживка	1,0	1,7	4,8	5,5	3,4	4,6	3,1	3,9	хороший	удовлетворит.	чистая	загрязн.
р. Турия	1,0	1,3	4,8	5,2	3,9	5,0	3,2	3,8	хороший	удовлетворит.	чистая	загрязн.
р. Цыр	1,7	1,7	4,8	5,3	3,3	4,6	3,3	3,9	хороший	удовлетворит.	чистая	загрязн.
р. Стоход	1,3	1,3	4,1	4,9	3,0	4,7	2,8	3,6	хороший	хорошее - удовлетворит.	чистая	чистая-загрязн.
р. Стыр	1,3	1,3	4,7	5,2	3,9	5,0	3,3	3,8	хороший	удовлетворит.	чистая	загрязн.
р. Липа	1,3	1,7	4,6	4,9	2,2	3,5	2,7	3,4	хороший	хороший	чистая	чистая
р. Прудник	1,0	1,0	4,9	5,2	3,5	4,8	3,1	3,7	хороший	удовлетворит.	чистая	загрязн.
р. Серна	1,0	1,0	3,8	3,9	2,2	3,0	2,3	2,6	хороший	хороший	чистая	чистая
р. Черногузка	1,3	1,3	4,0	4,0	2,1	2,5	2,5	2,6	хороший	хороший	чистая	чистая
р. Горынь	1,3	1,3	4,6	4,8	2,2	3,9	2,7	3,3	хороший	хороший	чистая	чистая
р. Путиловка	1,3	1,7	4,4	4,9	2,7	3,6	2,8	3,4	хороший	хороший	чистая	чистая
р. Случь	1,3	1,7	4,1	4,7	3,3	3,4	2,9	3,3	хороший	хороший	чистая	чистая
р. Уборть	2,0	2,3	4,4	4,8	-	-	3,2	3,5	хороший	хорошее - удовлетворит.	чистая	чистая-загрязн.
р. Уж	1,7	2,0	3,7	4,3	4,6	5,0	3,3	3,8	хороший	удовлетворит.	чистая	загрязн.
р. Норынь	2,0	2,7	4,8	5,0	3,0	3,2	3,3	3,6	хороший	хорошее - удовлетворит.	чистая	чистая - загрязн.
Бассейн р. Припять в пределах Укр. Полесья	1,3	2,0	4,4	4,8	3,1	4,1	3,0	3,7	хороший	удовлетворительное	чистая	загрязнена
III. Бассейн реки Тетерев, правого притока Днепра												
р. Тетерев	1,7	2,0	4,5	5,1	3,7	4,1	3,3	3,7	хороший	удовлетворит.	чистая	загрязн.
р. Гнилопять	1,7	2,3	4,2	4,9	3,8	4,3	3,2	3,8	хороший	удовлетворит.	чистая	загрязн.
р. Гуйва	1,7	2,3	4,1	4,4	-	-	2,9	3,1	хороший	хороший	чистая	чистая
р. Камянка	2,0	2,0	5,3	5,7	4,5	4,5	3,9	4,1	удовлетв.	удовлетворит.	загрязн.	загрязн.
р. Ирша	2,0	2,3	3,7	4,1	2,9	3,4	2,9	3,3	хороший	хороший	чистая	чистая
р. Возня	2,0	2,7	3,3	3,5	-	-	2,7	3,1	хороший	хороший	чистая	чистая
Бассейн р. Тетерев	2,0	2,0	4,2	4,8	4,0	4,2	3,4	3,7	хороший	удовлетворительное	чистая	загрязнена

Примечание: * – в среднем по реке; I_1 – блочный индекс солевого состава; I_2 – блочный трофосапробиологический индекс; I_3 – блочный индекс специфических веществ токсического действия; I_E – экологический индекс качества воды.

Таким образом, состояние водных объектов в бассейне Западного Буга является неизменным с незначительным улучшением интегрального индекса на 0,3 категории, а качество воды в бассейне р. Припять улучшилось по худшим показателям, перейдя из класса III «удовлетворительная», «загрязненная» в класс II вода «хорошая», «чистая» [11].

18.8. Картографическое изображение полученных результатов

Картографирование экологической оценки качества поверхностных вод – наиболее наглядный способ представления информации о состоянии речных экосистем. Для картографического представления материалов исследований по экологической оценке качества речных вод была использована Методика картографирования экологического состояния поверхностных вод Украины по качеству воды [12], которая является дополнением к Методике экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям [1]. В указанной Методике экологической оценки [12] освещены основные положения создания карт экологической оценки качества поверхностных вод, рекомендованные масштабы карт, географические основы способов расчетов блочных и обобщающих (экологических) индексов, содержание карт и этапы ее составления.

Учитывая опыт создания электронных атласов и карт в мире и Украине [13, 14], для создания карт данной работы, кроме указанных методик [1, 12], авторы применяли геоинформационные технологии от фирмы Mapinfo Corporation США – известную в мире систему картографирования Mapinfo Professional, что позволило ускорить процесс их редактирования и корректуры. Это вызвано такими важными обстоятельствами:

- широкая возможность переноса и копирования графических данных;
- простота укладки тематических карт;
- наличие средств географического анализа данных;
- удобные средства классификаций рядов данных.

Создание карт данной работы начиналось с установления их назначения и содержания, выбора географической основы карт, масштаба. За базовые масштабы карт избраны 1:2000000 и 1:1000000. Это обусловлено размерами территории картографирования и форматом бумаги. Карты проектировались для использования как в бумажном варианте, так и в электронном (возможен их просмотр непосредственно на мониторе компьютера). Генерализация отображения гидрографической сети зависит преимущественно от возможностей масштаба. Слой населенных пунктов вмещает областные центры, города, поселки городского типа и большие села, к которым привязаны пункты наблюдений за качеством воды. В соответствии с общей системой создания электронных карт на основе геоинформационных систем (ГИС) первым этапом составления карт разного содержания является ввод данных. Географические основы карт создавались путем отбора и обобщения объектов с цифровой карты Украины. Атрибутные данные (материалы расчетов согласно таблице) вводили в систему вручную.

Для изготовления электронных карт использовалась технологическая схема, предусматривающая создание карт средствами Mapinfo Professional. Цветные композиции карт хранились в формате рабочих пространств Mapinfo. Тематические слои создавались средствами Mapinfo с использованием программ карт и таблиц атрибутивных данных (таб.).

Легенды карт создавались графическими средствами Mapinfo и хранились в отдельных картографических слоях. Условные знаки цветных композиций разработаны на основе библиотеки символов Mapinfo. Печать цветных композиций электронных карт в формате Mapinfo осуществлялась с помощью принтеров.

Как наглядный пример приведем результаты экологической оценки качества речных вод Волынской области по наихудшим значениям блоковых индексов солевого состава, трофо-сапробиологических (эколого-санитарных) показателей, показателей содержания специфических веществ токсического воздействия и экологического индекса качества воды отражено на карте (рис.). Такая карта помогает лучше осознать полученную и проанализированную информацию, наглядно понять ситуацию, которая сложилась в исследуемых водных объектах в целом и на отдельных пунктах наблюдений рек бассейна Западного Буга и Припяти в пределах Волынской области. Кроме того, она дает возможность выявить общие тенденции и основные лимитирующие факторы формирования качества воды в реках исследуемых бассейнов. По солевому составу качество речных вод бассейнов Западного Буга и Припяти в целом отнесено к I и II классу, 1–3 категории, соответственно по классу вода здесь «отличная», «очень чистая» и «хорошая», «чистая»; по категории – «отличная», «очень чистая», «очень хорошая», «чистая» и «хорошая», «достаточно чистая».

По худшим значениям показателей трофо-сапробности качества воды рек бассейнов Западного Буга и Припяти в пределах Волынской области они могут считаться в целом «удовлетворительными».

ми», «загрязненными», с определенным уклоном к улучшению качества воды по трофо-сапробиологическим критериям. Среди исследованных притоков наиболее низкое качество воды, оцениваемое по трофо-сапробиологическим критериям, было в притоке Стырь р. Сапалайвке и в притоке Припяти р. Выжевке. Основная причина этого состояния – избыточное содержание в воде соединений азота и фосфора, то есть интенсивная их эвтрофикация.

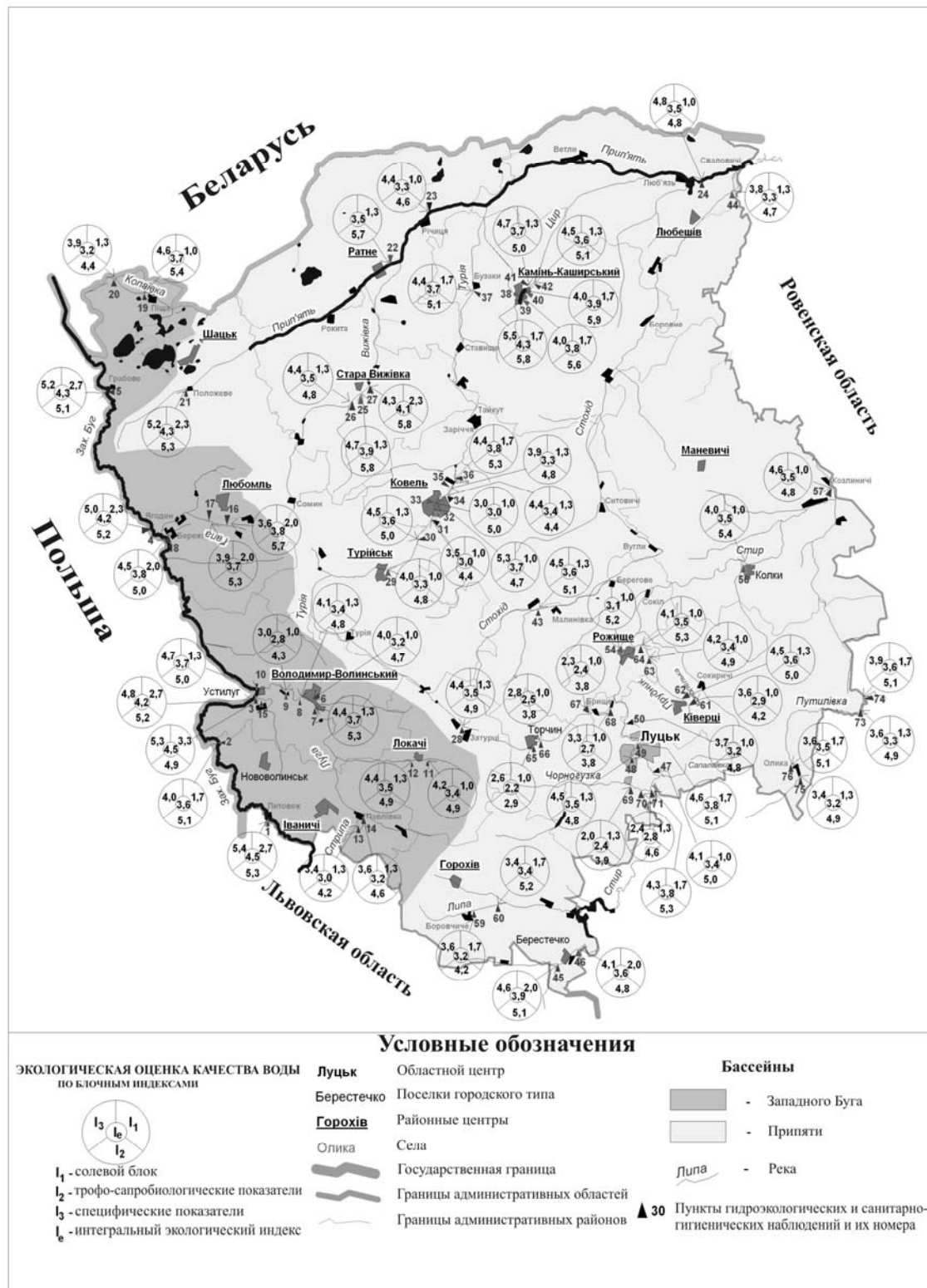


Рис. 18.1. Экологическая оценка качества воды рек Волынской области

По показателям блока специфических веществ токсического воздействия воды рек бассейна Западного Буга и Припяти в целом могут быть охарактеризованы по худшим значениям I_3 как «удовлетворительные», «загрязненные» (III класса, 4–5 категории), кроме бассейна р. Припять, где качество улучшилось к «хорошим», «чистым» (II класс, 3 категория) вод.

Следует отметить, что из трех блочных индексов наиболее высокое значение в трофосапробиологических показателях (I_2), а наименьшее – в индексе солевого состава (I_1). Индекс специфических веществ токсического воздействия (I_3) занимает промежуточное положение. Для I_2 и I_3 характерны наибольшие разногласия между значениями, что свидетельствует о более широких диапазонах изменчивости.

Величина же экологического индекса (I_E) по худшим значениям показателей качества воды составляет: в бассейне Западного Буга от 2,8 до 4,5, в бассейне Припяти от 2,2 до 4,3, что дает основание отнести исследуемые реки бассейнов Западного Буга и Припяти в пределах Волынской области к II–III классу качества воды, то есть характеризовать состояние водных объектов от «хорошего» к «удовлетворительному», а степень их чистоты (загрязненности) от «чистой» к «загрязненной».

Комплексная оценка качества речных вод указанных бассейнов позволяет определить основные направления водоохранной деятельности по оздоровлению экологической ситуации в отношении каждого водного объекта или его участка, оценить эффективность проведенных водоохранных мероприятий, установить экологические нормативы качества воды для каждого речного бассейна.

Литература

1. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк [та ін.]. – Київ: Символ-Т, 1998. – 28 с.
2. Яцык А. В., Чернявская А. П., Гопчак И. В. Экологическая оценка поверхностных вод Украины (на примере Волынской области) // Вода: экология и технология» (ЭКВАТЕК-2006) : материалы Седьмого Междунар. конгресса. – М.: СИБИКО Интернэшнл, 2006. – Ч. 1. – С. 147–148.
3. Яцык А. В., Гопчак И. В. Екологічна оцінка якості основних річкових басейнів Волинської області // Водне господарство України. – 2005. – № 5. – С. 13–17.
4. Методика встановлення та використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк [та ін.]. – Київ, 2001. – 48 с.
5. Забокрицька М. Р., Хільчевський В. К., Манченко А. П. Гідроекологічний стан басейну Західного Бугу на території України. – Київ: Ніка Центр, 2006. – 184 с.
6. Екологічна оцінка, встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод Житомирської області / УНДІВЕП. – Київ, 2002. – 147 с.
7. Кленус В. Г. Опыт использования экологической классификации и обоснование экологических нормативов качества поверхностных вод Украины по критериям специфических показателей радиационного действия // Гидробиологический журнал. – 2002. – 38, № 4. – С. 93–72.
8. Клименко О. А., Семенов И. В., Тарасов М. Н. Методологические основы исследований загрязненности рек // Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда. – Л., 1975. – Т. 1. – С. 19–26.
9. Гопчак І. В. Екологічна оцінка стану поверхневих вод Волинської області та нормування їх якості : дис. ... канд. геогр. наук / Національний ун-т водного господарства та природокористування. – Рівне, 2007. – 378 с.
10. Мельник В. Й. Екологічна оцінка та екологічні нормативи якості води річок Рівненської області : дис. ... канд. геогр. наук. – Рівне., 2002. – 248 с.
11. Гопчак І. В. Результати екологічної оцінки та екологічного нормування поверхневих вод Волинської області // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – Київ: ВГЛ Обрій, 2006. – Т. 11. – С. 370–374.
12. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води / Л. Г. Руденко, В. П. Разов, В. М. Жукинський [та ін.]. – Київ: Символ-Т, 1998. – 48 с.
13. Электронный компактный атлас «Наша земля» // Геоинформационные и геоэкологические исследования в странах СНГ. – М.: ГЕОС, 1999. – С. 4–8.
14. Руденко Л. Г., Чабанюк В. С. Концепция геоинформационной системы многоцелевого использования и ее поэтапная реализация на Украине // Геоинформационные и геоэкологические исследования в странах СНГ. – М.: ГЕОС, 1999. – С. 9–30.

Глава 19. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЛЕССКОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ

19.1. Характеристика природных условий территории бассейна р. Западный Буг

Общая длина р. Западный Буг – от источников в Гологорах (Украина) до озера Зегжинское (Польша) – составляет 772 км, на территории Украины – 401 км, из которых почти 185 км верхней части находится за пределами Польши. На отрезке 363 км река является природной границей между Украиной, Польшей и Беларусью (200,6 км – граница между Украиной и Польшей, 162,4 км – между Беларусью и Польшей). Площадь бассейна реки составляет 73 470 км².

Основные притоки с украинской стороны: Полтва (60 км), Рата (75 км), Солокия (88 км), Луга (84 км), Студянка (26 км), Неретва (35 км), Золотуха (33,7 км), Пищатка (28,2 км).

Западный Буг является одной из немногих рек Европы, долина которого сохранила и до настоящего времени свой природный характер. Его бассейн находится в пределах таких физико-географических областей, как Волынское Полесье, Волынская возвышенность, Малое Полесье, Расточье и Западное Подолье.

Согласно физико-географическому районированию Украины территория украинской части бассейна р. Западный Буг находится в двух физико-географических зонах: лесостепной и зоне смешанных лесов (Украинское Полесье) [1, 2]. Положение бассейна р. Западный Буг с ее притоками на фоне физико-географических единиц региона показано на рисунке 19.1 и в таблице 19.1, а именно: в пределах Северо-Западного региона (СЗР) Украины находятся Западное и Малое Полесье, область Волынской возвышенности, к которым с юго-востока примыкают Западно-Подольская возвышенность, Расточье, Побужье. По украинской части бассейна река Западный Буг протекает по территории двух областей: Львовской и Волынской.

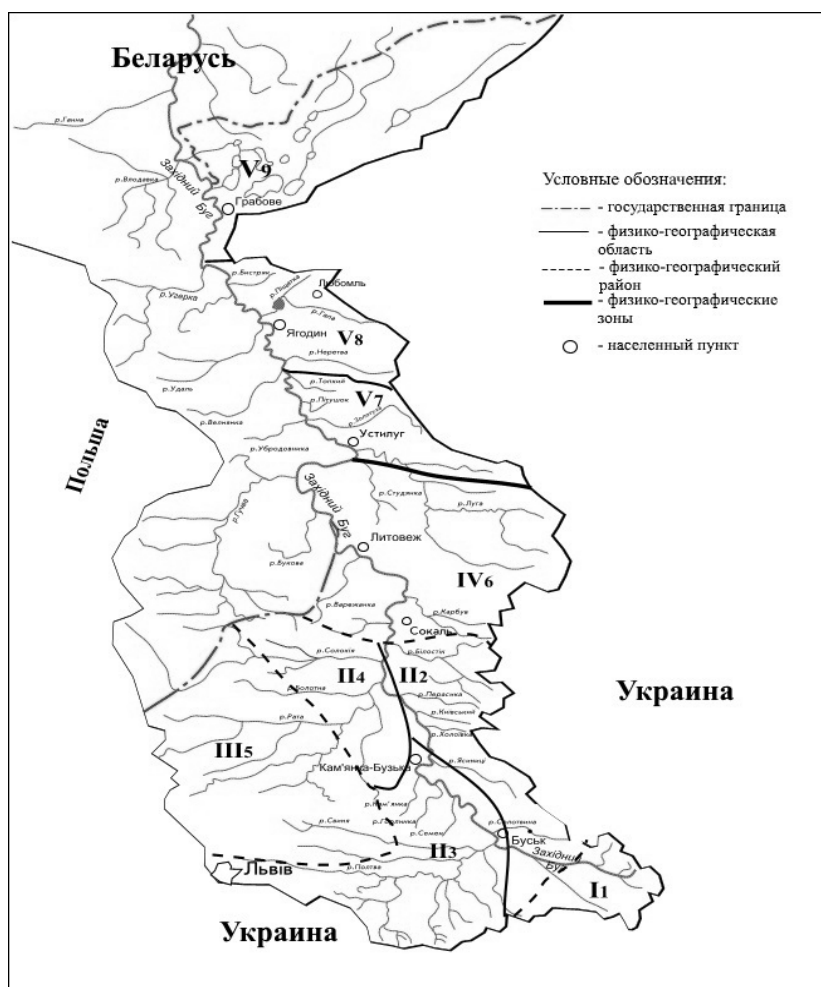


Рис. 19.1. Физико-географическое районирование территории бассейна р. Западный Буг

Для территории бассейна, размещенного на Волынском Полесье, характерно изменение рельефа с юга на север. На юге расположены, как правило, слабоволнистые супесчаные и легкосуглинистые равнины с близким залеганием мергелей и мела (средние абсолютные высоты 190–200 м).

Физико-географическое районирование территории бассейна р. Западный Буг

Природная зона	№ физико-географической области	Физико-географическая область	№ физико-географического района	Физико-географический район
Лесостепная	I	Западно-Подольское	1	Подольское холмогорье
	II	Малое Полесье	2	Буго-Стырский
			3	Грядовое Побужье
			4	Ратынский
	III	Расточье и Ополье	5	Расточье
IV	Волынская возвышенность	6	Надбугский	
Смешанных лесов (Украинское Полесье)	V	Волынское Полесье	7	Турийский
			8	Ковельский
			9	Верхнеприпятский

Роль рельефа в СЗР и в бассейне р. Западный Буг в главных чертах сводится:

- к перераспределению тепловой энергии и осадков;
- гравитационному перемещению рыхлого материала;
- содействию миграции растворенных в воде химических элементов и соединений;
- литологической и геохимической дифференциации материала в процессе его переноса и аккумуляции;
- увеличению разнообразия денудационных, эрозионных и аккумулятивных процессов;
- износу и накоплению продуктов выветривания твердой фазы почв и их перемещения;
- формированию свежих геоморфологических типов ландшафта;
- и, наконец, что очень важно с точки зрения наших исследований, – к перераспределению поверхностных и грунтовых вод в ландшафтах, уровней их залегания и переформированию гидрогеохимических свойств (во взаимодействии с литологическим составом пород, процессами в них и в почвенном покрове).

Современный климат СЗР Украины (и над бассейном р. Западный Буг в том числе) формируется под влиянием воздушных масс Атлантического океана (циклонов) и, в меньшей степени, юго-восточной континентальной Европы (антициклонов), он характеризуется умеренной континентальностью по сравнению с другими регионами Украины. Зима более мягкая, лето более жаркое. Осадков за год выпадает в полтора-два раза больше по сравнению с восточным регионом. В связи с тем, что полесская часть области расположена на пониженной террасной равнине, а лесостепная – на возвышенном Волынском плато, географическая широта не влияет на рост температур с севера на юг, поскольку температуры в южной части бассейна снижаются за счет увеличения высоты поверхности над уровнем моря. В связи с этим основные климатические показатели обеих частей почти одинаковы. Зимой и летом преобладают ветра западных и юго-западных направлений, которые значительно смягчают температурный режим и создают условия достаточного увлажнения [3, 4].

В пределах СЗР выявлено около 100 видов почв. Такое их разнообразие в регионе является следствием влияния условий и факторов почвообразования: почвообразующих пород, растительного покрова, климата. Характерной территориальной особенностью почвенного покрова здесь является его пестрота (мелкоконтурность). Это можно проиллюстрировать картосхемой почвенного покрова в бассейне р. Западный Буг (рис. 19.2).

Преобладающими в структуре почвенного покрова СЗР Украины (в том числе бассейна р. Западный Буг), соседних с ним территорий Беларуси и Польши из минеральных почв являются дерново-подзолистые и оподзоленные серые лесные почвы ($\approx 50\%$), из органогенных – болотные и торфоболотные ($\approx 25\%$). На последние в структуре почвенного покрова здесь приходится от 5 до 25 %.

Дерново-подзолистые почвы распространены в полесской части бассейна р. Западный Буг на аллювиально-делювиальных отложениях (в Западном и Малом Полесье). Они образовались под лесной и травянисто-лесной растительностью. При неглубоком стоянии грунтовых вод (в ранневесенний и позднесенний периоды) нижняя часть профилей этих почв (или средняя) оглеивается, что уменьшает их водопроницаемость. Механический состав почв преимущественно песчано-супесчаный (табл. 19.2). Содержание гумуса в зависимости от механического состава почвы составляет от 0,6 до 1,5 %, в отдельных случаях достигает 2,0–2,5 %. Поглощающая способность этих почв низкая – 2–3 мг-экв. на 100 г почвы. По физико-химическим свойствам эти почвы являются слабокислыми и кис-

лыми (рН = 4,2–5,8), мало насыщенными основаниями, с низким содержанием илистых частиц, что влияет на растворимость и подвижность органических и минеральных соединений по их профилям.

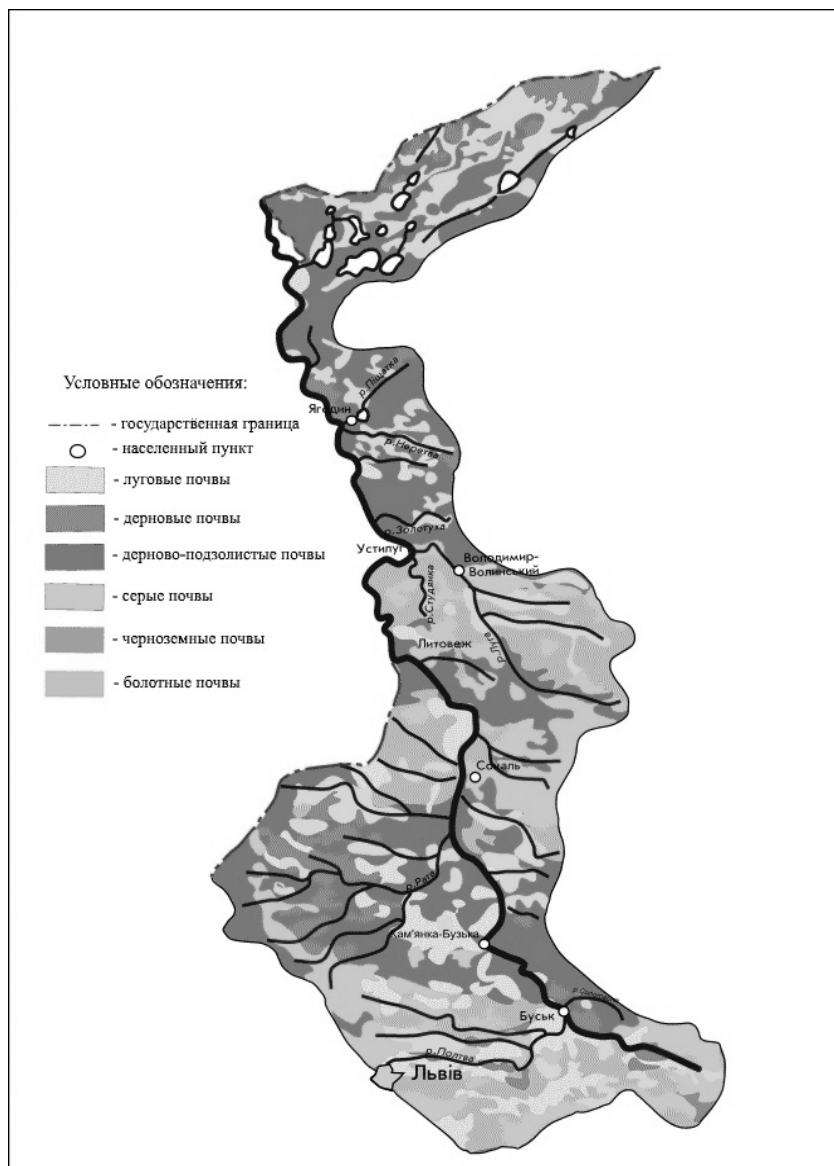


Рис. 19.2. Почвенно-мелиоративная карта бассейна р. Западный Буг

Таблица 19.2

Механический состав дерново-подзолистых почв Полесья

Почвенная разновидность	Глубина отбора образца, см	Размер частиц, мм						
		Песок		Пыль			Ил	Физическая глина
		>0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	
Дерново-скрыто-подзолистые-песчаные	0-20	50,00	39,38	4,07	0,54	2,31	1,60	4,45
	30-40	51,25	38,58	3,54	1,54	2,46	2,00	6,00
	50-60	49,50	37,00	6,66	0,41	3,75	1,84	6,00
Дерново-слабоподзолистые глинисто-песчаные глеевые	0-20	35,6	45,78	10,66	0,94	2,66	4,36	7,96
	50-60	53,26	43,02	0,84	0,18	0,84	1,86	2,88
	150-160	45,77	50,31	1,20	0,24	0,56	1,92	2,72
Дерново-среднеподзолистые глинисто-песчаные	0-20	4,65	65,81	20,76	2,12	1,32	4,74	8,18
	30-40	3,87	65,98	22,96	1,64	2,50	2,68	6,82
	150-160	4,63	62,35	22,50	1,36	2,36	6,52	10,24
Дерново-среднеподзолистые супесчаные	0-20	12,21	48,63	17,86	2,18	1,94	15,62	19,74
	40-50	30,41	34,25	12,00	2,36	3,43	16,15	21,94

Вторым типом, распространенным в этой части бассейна, являются дерновые почвы. Они занимают неглубокие, слабо дренированные понижения междуречий, а также окрестности болотных массивов и пойм. Эти почвы образовались под травянистой растительностью низменных и пойменных лугов и характеризуются значительным содержанием гумуса (3–5 %). Дерновые почвы всегда в той или иной степени оглеенные. Механический состав почвы легкий, среднесуглинистый, песчано-супесчаный (табл. 19.3). Для этого типа почвы характерна нейтральная реакция (рН = 6,5). Почвы мало обеспечены подвижными формами фосфора и калия. При передозировке внесения фосфор- и калийсодержащих удобрений под сельскохозяйственные культуры в будущем они могут загрязнять поверхностные воды.

Таблица 19.3

Механический состав дерновых почв

Почвенная разновидность	Глубина отбора образца, см	Размер частиц, мм						
		Песок		Пыль			Ил	Физическая глина
		>0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001		
Дерновые глеевые супесчаные	0-20	49,93	33,96	9,40	2,28	3,32	6,20	11,80
	40-50	40,11	39,68	8,58	1,82	2,32	7,04	11,18
	70-80	26,63	37,14	24,46	2,34	4,24	4,52	11,10
Дерновые песчано-легкосуглинистые	0-20	40,09	9,02	18,75	11,84	7,69	11,14	30,67
	30-40	39,15	10,15	18,14	14,15	3,73	12,53	30,41
	100-110	31,18	11,79	25,17	14,49	3,85	12,75	31,09

Болотные почвы встречаются в низинах и речных поймах. В зависимости от глубины торфяного горизонта они выступают как щелочно-болотные, болотные, торфоболотные и торфяники. Реакция солевой вытяжки из них – от нейтральной до щелочной, в низинных болотах рН = 7,0–8,1; в переходных – реакция кислая, рН = 4,0–6,0. Во время регулирования водно-воздушного режима выступают как источник загрязнения.

В полесской зоне бассейна в породном составе деревьев преобладают сосна – около 58 %, дуб – 13 %, ольха – 13 %, береза – 12 %. Значительные площади занимают также граб, осина, намного меньшие – ель и ясень.

Характерным типом для Полесья выступают чистые сосновые леса, которые распространены на водоразделах и древних террасах рек, покрытых песками (Любомльский, Шацкий районы). На более плодородных почвах растут дубово-сосновые леса (Ковельский район и южная часть Любомльского района), среди которых отдельными массивами встречаются дубово-грабовые насаждения.

Большие площади на Полесье занимает луговая и болотная растительность. На заболоченных площадях, которых особенно много в южной части бассейна, в травостое преобладают грубостебельные осоки.

На пахотных землях посевы культурных растений в значительной степени засорены различными видами сорняков: пыреем ползучим, дикой редькой, березкой полевой, полевицей, костером ржаным, осотом розовым, хвощем полевым, реге – молочаем, лютиком и др.

На лугах и пастбищах в полесской части бассейна много кустарников лозы, ольхи, березы.

Разница в составе лесов и травостоев в лесостепной и полесской частях бассейна р. Западный Буг с экологической стороны воздействия на окружающую среду приводит к различиям в распределении, накоплении и трансформации веществ поверхностными и подземными водами и даже в элементах климата в целом. Особенно это проявляется при замене природной растительности культурной, избыточной распаханности земель и др.

19.2. Гидрологические условия бассейна р. Западный Буг

В гидрогеологическом отношении вся территория бассейна Западного Буга относится к Волыно-Подольскому артезианскому бассейну, в котором распространены пресные и минерализованные подземные воды. Северная и центральная части характеризуются значительными запасами подземных вод. Водоносными являются отложения палеозоя, мезозоя и кайнозоя, среди которых выделяется несколько самостоятельных водоносных горизонтов.

Условия для формирования подземных вод на территории бассейна в целом благоприятные. На основе структурных особенностей воды четвертичных и дочетвертичных отложений движутся с юга на север. Водоносные горизонты в большинстве своем имеют широкое распространение, выдержанную мощность, характеризуются значительной водоемкостью, качество вод соответствует нормам.

Основными водоносными горизонтами для большей части Волынского и Малого Полесья являются напорные пресные воды мергельно-меловой толщи Сенон-Турона, имеющие значительные эксплуатационные запасы. Сенон-туронский водоносный горизонт питается за счет инфильтрации атмосферных осадков и подплыва вод тектонических сдвигов из глубины. Движение водного потока происходит в сторону р. Западный Буг. Водоёмкость его значительная, благодаря чему этот горизонт широко используется для централизованного водоснабжения городов, крупных промышленных и сельскохозяйственных объектов.

Сезонная динамика гидрохимического режима большинства компонентов химического состава речных вод бассейна Западного Буга обусловлена прежде всего сезонной динамикой природных факторов формирования стока и гидрологического режима реки. Для гидрологического режима Западного Буга типичен четко выраженный сезонный характер, который определяется изменением водного питания реки в течение года. 40–60 % среднегодового стока приходится на весенний период и 10–20 % – на зимний. Во время весеннего половодья и дождевых паводков в летне-осенний период объем водного стока рек бассейна является наибольшим, что и вызывает разбавление растворенных в воде солей.

Снежное и дождевое питание обуславливают низкую минерализацию речной воды, которая в основном зависит от характера погоды перед выпадением снега или дождя и одновременности таяния снежного покрова, а также его мощности. Минерализация речной воды при дождевом питании несколько выше, чем при снежном.

В меженный период (особенно в зимнюю межень) происходит повышение минерализации и рост концентраций некоторых химических элементов (в первую очередь, главных ионов) за счет питания подземными водами, которые имеют повышенную минерализацию и разнообразный химический состав, обусловленный геолого-гидрогеологическими особенностями.

19.3. Гидрохимический режим поверхностных вод р. Западный Буг

Исследования гидрохимического режима р. Западный Буг и ее притоков по солевому составу воды показали четкую сезонность, что объясняется влиянием изменения роли различных видов питания в течение года. Наименьшие значения минерализации наблюдались во время весеннего половодья (497 мг/дм³); в меженный период – от 518 мг/дм³ (летне-осенняя межень) до 573 мг/дм³ (зимняя межень). Подобная закономерность была характерна и для сезонного хода концентраций основных ионов в воде Западного Буга (табл. 19.4). Колебания концентраций главных ионов и величины минерализации в воде притоков в разные сезоны были близки к колебаниям этих характеристик в воде самого Западного Буга, за исключением повышенного содержания растворенных солей в воде р. Полтва ($\Sigma_i = 784\text{--}847$ мг/дм³) [5].

Таблица 19.4

Минимальные и максимальные концентрации главных ионов и величины минерализации воды р. Западный Буг и ее притоков в разные сезоны за период 1989-2003 гг., мг/дм³ [5]

Главная река, ее притоки	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Σ_i
<i>Весеннее половодье</i>								
Западный Буг	<u>244-305</u> 275	<u>45-55</u> 50	<u>38-61</u> 50	<u>82-94</u> 88	<u>10-15</u> 13	<u>13-26</u> 20	<u>2-4</u> 3	<u>439-554</u> 497
Притоки	231-330	26-120	18-131	80-140	9-24	9-40	1-7	414-784
<i>Летне-осенняя межень</i>								
Западный Буг	<u>271-305</u> 288	<u>41-66</u> 54	<u>39-60</u> 50	<u>84-99</u> 92	<u>11-19</u> 15	<u>22-38</u> 30	<u>3-5</u> 4	<u>484-552</u> 518
Притоки	248-358	27-104	16-110	80-124	9-15	15-80	2-11	433-801
<i>Зимняя межень</i>								
Западный Буг	<u>284-332</u> 303	<u>47-80</u> 64	<u>45-68</u> 57	<u>89-118</u> 104	<u>15-19</u> 17	<u>28-42</u> 35	<u>4-6</u> 5	<u>537-608</u> 573
Притоки	268-347	26-187	19-147	84-144	9-23	14-38	2-5	463-847

Примечание: для р. Западный Буг под чертой приведены также средние значения.

Ионный состав речных вод бассейна генетически связан с малорастворимыми карбонатными породами, составляющими его водосбор. Соответственно во все сезоны года в воде преобладают ионы HCO_3^- и Ca^{2+} . Согласно классификации А. А. Алекина поверхностные воды бассейна Западного Буга относятся к гидрокарбонатному классу группы кальция II типа – C_{II}^{Ca} , а доля отдельных ионов составляет: для анионов: HCO_3^- (63–64 %-экв.) > Cl (21–22 %-экв.) > SO_4^{2-} (15–16 %-экв.); для катионов: Ca^{2+} (63–66 %-экв.) > $Na^+ + K^+$ (16–21 %-экв.) > Mg^{2+} (15–18 %-экв.).

Кроме установления колебаний среднегодовых концентраций главных ионов и значений минерализации по сезонам, было проанализировано влияние водности на содержание главных ионов в воде Западного Буга в многолетнем аспекте. Сравнительный анализ значений исследуемых показателей показал, что максимальные концентрации были характерны для маловодного периода (1982–1991), а минимальные – для многоводного (1992–2003). Однако ощутимое локальное воздействие населенных пунктов на химический состав воды р. Западный Буг проявляется через рост концентраций SO_4^{2-} и Cl^- , а также величины минерализации воды на отрезках реки, расположенных ниже городов.

Таким образом, результаты исследований гидрохимического режима р. Западный Буг и ее притоков как во внутригодовом, так и многолетнем аспектах показали определяющую роль природных факторов в формировании содержания главных ионов в поверхностных водах.

Среди исследуемых биогенных веществ четкое сезонное распределение концентраций обнаружено лишь для азота нитратного и кремния. Наименьшие значения концентраций $N-NO_3^-$ (0,39 мг/дм³) имели место летом в вегетационный период, когда растворенный в воде азот интенсивно потребляется гидробионтами. Во время зимней межени значения $N-NO_3^-$ возрастали (0,49 мг/дм³), что связано с деструкцией органических веществ и переходом азота из органических форм в минеральные на фоне минимальной биоаккумуляции нитратов. Во время весеннего половодья концентрации азота нитратного снижались за счет разбавления (табл. 19.5).

Таблица 19.5

Минимальные и максимальные концентрации биогенных веществ в воде р. Западный Буг и ее притоков в разные сезоны за период 1989-2003 гг. [6]

Главная река, ее притоки	$N-NH_4^+$, мгN/дм ³	$N-NO_2^-$, мгN/дм ³	$N-NO_3^-$, мгN/дм ³	$N_{общ.}$, мгN/дм ³	$P_{мин.}$, мгP/дм ³	$P_{общ.}$, мгP/дм ³	Si , мгSi/дм ³
<i>Весеннее половодье</i>							
Западный Буг	<u>1,51-5,65</u> 3,26	<u>0,071-0,133</u> 0,101	<u>0,32-0,65</u> 0,46	<u>1,923-6,293</u> 3,828	<u>0,046-0,349</u> 0,163	<u>0,125-0,546</u> 0,322	<u>3,4-4,4</u> 3,7
Притоки	1,10-14,80	0,041-0,150	0,31-0,53	1,661-15,400	0,033-1,174	0,078-1,797	2,8-7,2
<i>Летне-осенняя межень</i>							
Западный Буг	<u>1,28-5,06</u> 3,00	<u>0,075-0,132</u> 0,098	<u>0,35-0,41</u> 0,39	<u>1,822-5,556</u> 3,494	<u>0,084-0,277</u> 0,196	<u>0,147-0,638</u> 0,434	<u>4,0-4,7</u> 4,3
Притоки	0,90-9,84	0,036-0,154	0,20-0,47	1,216-10,400	0,039-0,898	0,094-1,691	3,1-5,9
<i>Зимняя межень</i>							
Западный Буг	<u>2,42-5,55</u> 3,65	<u>0,090-0,280</u> 0,139	<u>0,37-0,74</u> 0,49	<u>2,889-6,190</u> 4,275	<u>0,045-0,309</u> 0,169	<u>0,135-0,560</u> 0,349	<u>4,0-5,0</u> 4,4
Притоки	1,18-10,60	0,073-0,178	0,31-1,97	0,690-11,550	0,046-1,543	0,121-0,873	3,9-8,0

Примечание: для р. Западный Буг под чертой приведены также средние значения

Для микроэлементов ($Fe_{общ.}$, Cu , Zn , Mn) в воде р. Западный Буг высокие концентрации зарегистрированы во время весеннего половодья. Высоким в этот период было также содержание нефтепродуктов. Такая ситуация объясняется интенсивным смывом с поверхности водосбора. С переходом к межени наблюдалось значительное снижение концентраций этих веществ (табл. 19.6).

Таблица 19.6

Минимальные и максимальные концентрации микроэлементов и специфических загрязняющих веществ в воде р. Западный Буг и ее притоков в разные сезоны за период 1989-2003 гг. [6]

Главная река, ее притоки	$Fe_{общ.}$, мг/дм ³	Cu , мкг/дм ³	Zn , мкг/дм ³	Mn , мкг/дм ³	СПАВ, мг/дм ³	Фенолы, мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³
<i>Весеннее половодье</i>							
Западный Буг	<u>0,08-0,69</u> 0,29	<u>6,5-43,5</u> 19,3	<u>16,5-88,5</u> 57,5	<u>64,5-121,0</u> 92,7	<u>0,06-0,10</u> 0,07	<u>0,002-0,010</u> 0,005	<u>0,03-0,48</u> 0,15
Притоки	0,13-0,50	6,0-84,6	6,1-160,2	66,2-122,0	0,04-0,68	0,002-0,032	0,04-0,75
<i>Летне-осенняя межень</i>							
Западный Буг	<u>0,08-0,52</u> 0,25	<u>8,0-26,0</u> 13,8	<u>28,0-64,5</u> 45,1	<u>55,1-62,0</u> 58,5	<u>0,03-0,07</u> 0,05	<u>0,002-0,007</u> 0,004	<u>0,07-0,18</u> 0,10
Притоки	0,29-1,33	3,4-24,0	11,3-73,3	61,0-158,0	0,01-0,10	0,001-0,010	0,06-0,27
<i>Зимняя межень</i>							
Западный Буг	<u>0,11-0,22</u> 0,14	<u>8,0-21,0</u> 11,8	<u>25,0-61,5</u> 43,2	<u>12,5-58,7</u> 35,6	<u>0,05-0,11</u> 0,07	<u>0,008-0,017</u> 0,011	<u>0,06-0,13</u> 0,09
Притоки	0,22-0,62	4,1-62,0	2,4-93,0	45,0-144,0	0,02-0,15	-	0,05-0,34

Примечание: для р. Западный Буг под чертой приведены также средние значения.

Таким образом, на основании исследований М. Р. Забоклицкой можно сделать вывод о том, что гидрохимический режим р. Западный Буг и ее приток по солевому составу воды имеет выраженный сезонный характер, что объясняется изменением в течение года роли различных видов питания, а для содержания биогенных веществ, микроэлементов и специфических веществ токсического действия четких общих закономерностей в их сезонных колебаниях не обнаружено. Причиной этого является значительное влияние антропогенных факторов на протяжении всего года.

19.4. Характеристика антропогенной нагрузки на экосистемы бассейна

История хозяйственного освоения малых рек Волыни и Галичины насчитывает несколько тысячелетий. Этот процесс сопровождается освоением территорий, загрязнением, деградацией и дефляцией почв, уменьшением площадей лесных массивов, загрязнением и истощением водных ресурсов. Острое проявление этих проблем произошло на современном этапе. Коренные изменения в структуре русел рек и их пойм обусловлены строительством и прокладкой каналов между реками, их спрямлением, сооружением прудов и водохранилищ на реках, интенсивным сельскохозяйственным освоением бассейнов рек на фоне осушения, строительством населенных пунктов и т. п.

Установлено, что экологические проблемы бассейна Западного Буга родственны общегосударственным проблемам Украины, хотя и имеют свои отличия. На территории бассейна развиты горнодобывающая, нефтеперерабатывающая, химическая, целлюлозно-бумажная промышленность, машиностроительная отрасль, местами с несовершенными энерго- и ресурсозатратными технологиями и большим количеством производств – загрязнителей окружающей среды. Специфическими проблемами здесь являются:

– *трансграничное загрязнение вод*. По территории Львовской области проходит Главный Европейский водораздел. В результате область почти не получает загрязнений поверхностных вод извне, однако она загрязняет верховья бассейнов рек Днестра, Днепра, Западного Буга, Сяна, создавая межобластные и международные проблемы;

– *трансграничное загрязнение воздуха*. Как пограничные области Украины Львовщина и Волынь вместе с Закарпатьем первыми принимают на себя трансграничный перенос загрязняющих атмосферу веществ с запада и производных от них кислых осадков, интенсивный транзит автотранспорта и загрязненный воздух;

– *потеря полезных свойств земли*. Земли Львовщины и Волыни больше всего в Украине сдвинуты осушительной мелиорацией. Тяжелые изменения претерпели водно-болотные угодья, особо охраняемые во всем мире. Значительная часть земель безвозвратно пострадала от добычи на них твердых и жидких подземных ископаемых, занятая отходами горнодобывающей промышленности;

– *отходы производства*. На предприятиях накопилось сверхнормативное количество промышленных вредных отходов, которые рано или поздно оказываются в поверхностных и подземных водах или атмосферном воздухе.

Известно, что процесс формирования качества поверхностных вод происходит под влиянием как природных, так и антропогенных факторов. Последние, в свою очередь, делятся на точечные и территориальные. Такими их видят авторы многих исследований, в том числе по бассейну Западного Буга в польской и украинской его частях [7, 8, 9, 10–17]. Относительно бассейна р. Западный Буг мы предлагаем это разделение расширить, добавив еще точечно-территориальные источники загрязнения, к которым следует отнести свалки и мелиоративные системы.

Исходя из структуры хозяйствования в бассейне Западного Буга, установлено, что наиболее опасными точечными источниками загрязнения вод здесь считаются добывающая (угольная), химическая, машиностроительная промышленность, транспорт, коммунальное хозяйство. Что касается загрязнений территориального характера, которыми являются процессы в почве, их динамика под влиянием земледельческой деятельности, гидротехнических мелиораций, применение удобрений, пестицидов, отходов животноводства, частных хозяйств, усадеб, то эти вопросы в украинской части бассейна недостаточно изучены. Такое положение вызывает беспокойство, что отражено в Международной программе «Чистая Балтика», международных решениях по охране вод и природы в бассейне р. Западный Буг [18, 19].

Качество поверхностных вод в бассейнах рек в значительной степени зависит от антропогенной нагрузки, которую испытывают растительный и животный мир, атмосфера, поверхностные и подземные воды, земельные ресурсы в пределах бассейнов.

Бассейн Западного Буга характеризуется сильной трансформацией природных ландшафтов. Доля пахотных земель в структуре сельскохозяйственных угодий составляет около 61 % (68 % во Львовской и 56,5 % в Волынской областях). Распашка в среднем достигает 41,5 % территории (соответст-

венно 43 и 40 %), лесистость составляет 26 % (соответственно 23 и 29 %) против 46 % в XV в. [20]. Структура основных угодий рек – притоков р. Западный Буг приведена в таблице 19.7.

Бассейн Западного Буга расположен в двух зонах – Полесья и Лесостепи. Для зоны Полесья показатель оптимальной распаханности не должен превышать 12,3 %, лесистость должна составлять не менее 40 %, луга и пастбища занимать в бассейнах до 30 % их территории, урбанизированность – 5,0 % [21]. К полесской зоне относятся бассейны рек Золотуха, Неретва, Пищатка. Как свидетельствуют данные таблицы 19.7, распашка бассейнов этих рек в 2–3 раза больше оптимальной, показатель лесистости также ниже нормы. Территория бассейна урбанизирована на 2,1–12,6 %.

Таблица 19.7

Гидрографические характеристики бассейнов рек, впадающих в р. Западный Буг (зона Полесья)

Площадь, %	Золотуха	Неретва	Пищатка
Площадь бассейна, км ²	232	269	271,1
Лесистость	24,6	30,0	29,8
Заболоченность	4,3	24,0	-
Озерность	0,1	-	-
Распаханность	35,1	23,7	31,3
Эродированность	-	-	-
Урбанизация	2,1	2,8	6,24

Еще одним фактором, влияющим на состояние природной среды, является развитие эрозионных процессов. Установлено, что в бассейне р. Западный Буг эрозия почв развита слабо: тем не менее имеет место как водная эрозия, так и ветровая. Водная эрозия сильнее всего проявляется в виде плоскостного (поверхностного) смыва почв. В украинской части бассейна эродированы почвы сельскохозяйственных угодий, в основном расположенных в южных районах Волынской области, они занимают 7,7 % от общей площади сельскохозяйственных угодий бассейна. Общая площадь почв, подверженных водной эрозии на водосборе, составляет 44,5 тыс. га, в том числе по степени смытости: слабосмытые – 23,8 тыс. га, среднесмытые – 17,1 тыс. га и сильносмытые – 3,6 тыс. га. Распределение сельскохозяйственных угодий по степени эродированности в разрезе областей в бассейне р. Западный Буг приведено в таблице 19.8. Из приведенных данных видно, что основную площадь эродированных земель в бассейне составляют слабосмытые почвы (60,4 %), меньше – среднесмытые (32,6 %) и незначительную площадь – сильносмытые (7,0 %).

Таблица 19.8

Распределение сельскохозяйственных угодий по степени эродированности, тыс. га

Название областей	Сельскохозяйственные угодья	Всего эродированных земель	В том числе по степени смытости		
			слабосмытые	среднесмытые	сильносмытые
Волынская	Всего	18,6	7,6	9,5	1,5
	в том числе пашни	16,7	6,7	8,9	1,1
	Выгоны, пастбища, сенокосы	1,9	0,9	0,6	0,4
Всего по бассейну		44,5	23,8	17,1	3,6

Линейная эрозия на водосборе р. Западный Буг развита также слабо, тем не менее площадь оврагов, по данным земельного учета на территории Львовской и Волынской областей, составляет 1,5 тыс. га. Ветровая эрозия в бассейне распространена на легких супесчаных распаханых почвах, песках, а также на осушенных торфяниках. Особенно эрозионно опасны дерново-подзолистые, глинисто-песчаные торфяные почвы. Главными факторами развития эрозии почв является выпадение ливневых дождей, распашка земель на крутых склонах, нарушение правил агротехники, обработки почвы, недостаточное освоение севооборотов, наличие легких по механическому составу и торфяных почв. На торфяных почвах эрозионные процессы нарастают при переосушении их верхнего горизонта.

Последствия водной эрозии разнообразны. Ливни и талые воды размывают и сносят плодородный слой почвы. Вследствие водной эрозии ежегодно выносятся с полей большое количество питательных веществ: фосфора – 5,2 тыс. т, азота – 11,5 тыс. т, калия – 90,3 тыс. т. Ежегодно на территории бассейна смывается 4 млн т пахотного слоя почвы, который содержит не только питательные вещества, но и всю массу почвы – растительные остатки, гумус, полезные микроорганизмы и другие составляющие. Урожайность на сильносмытых почвах уменьшается на 70 %, на среднесмытых – на 40–50 % и на слабосмытых – на 20–30 %. Для восстановления питательного режима почв на территории бассейна следует вносить в среднем около 130 кг/га азотных и 60 кг/га фосфорных удобрений.

В бассейне Западного Буга достаточно остро стоит проблема загрязнения почв пестицидами. На территории бассейна в целях борьбы с сорняками и вредителями применяются пестициды. Их вносят в количестве 0,42 кг/га препарата (0,12 кг/га – по действующему веществу). Источником загрязнения являются хранилища пестицидов и их внесение с нарушением требований. В 2012 г. на территории Волынской области сохранялось 81,647 т запрещенных и непригодных для использования пестицидов. При этом следует заметить, что часто не выдерживается необходимый режим их хранения и, как следствие, происходит загрязнение почв, поверхностных и подземных вод.

Следует отметить еще одну проблему бассейна Западного Буга, которая приводит к нарушению экологической устойчивости ландшафтов и загрязнению поверхностных вод. Почти нигде в прибрежных зонах рек и водоемов в бассейне Западного Буга не соблюдается режим рационального хозяйствования. Земли этих зон распаиваются до уреза воды, на них располагаются животноводческие фермы, летние лагеря скота, не проводятся необходимые агролесомелиоративные мероприятия. Почти нигде границы зон не закреплены на местности или их размер меньше, чем того требует ст. 87 Водного кодекса Украины [22]. Это приводит к тому, что водоохранные прибрежные полосы не выполняют роли буфера на пути загрязнений, а часто и сами превращаются в источники загрязнения.

Наконец, нельзя обойти вниманием проблемы негативного влияния на качество поверхностных и грунтовых вод, особенно питьевой воды, почти полного отсутствия канализации сельских населенных пунктов и усадеб в украинской части бассейна Западного Буга.

Активная хозяйственная деятельность, растущее водопотребление и водоотведение обуславливают качественное и количественное истощение водных ресурсов. Систематический сброс загрязняющих веществ, содержащихся в бытовых и промышленных стоках, смыв с сельскохозяйственных угодий, искусственное изменение естественного режима водного объекта привели к значительному ухудшению экологического состояния р. Западный Буг.

С целью определения экологической ситуации в полесской части бассейна Западного Буга нами проведена оценка уровня антропогенной нагрузки на этот бассейн на основании оценки бассейнов малых рек – притоков р. Западный Буг (табл. 19.9). Для всестороннего анализа изменений в экосистемах малых рек – притоков Западного Буга под влиянием антропогенных факторов нами были использованы методики: КЭУЛ (коэффициент экологической устойчивости ландшафта [23]), ИКАН (методика расчета антропогенной нагрузки и классификации экологического состояния малых рек Украины [24]), КПАН (комплексный показатель антропогенной нагрузки [25]) (табл. 19.10). Результаты такой оценки позволяют выделить подсистемы в экосистемах бассейнов малых рек, которые подверглись существенному антропогенному воздействию, с целью установления первоочередности проведения природоохранных мероприятий, направленных на их оздоровление, которые должны восстановить естественное функционирование сбалансированной экологической системы бассейна р. Западный Буг.

Направление и объем работ по оптимизации ландшафтной структуры бассейнов рек осуществили, используя методику оценки экологического состояния бассейнов рек по КПАН. Для каждого из показателей, характеризующих состояние ландшафтно-территориальной структуры бассейна реки (лесистость, распаханность, экологически стойкие территории, сельскохозяйственная освоенность), на основе опорных таблиц, разработанных авторами методики для Полесья и Лесостепи, определили оптимальные значения, характерные для стабильных речных экосистем (табл. 19.11). Сравнив оптимальные и фактические значения показателей, характеризующих ландшафтно-территориальную структуру бассейнов рек Золотуха, Неретва, Пищатка, определили направление коррекции структуры ландшафта. Знак «+» свидетельствует о необходимости увеличения площади соответствующего элемента ландшафта на приведенную в таблице величину, знак «-» свидетельствует о том, что площадь необходимо уменьшить.

С целью снижения активности эрозионных процессов, а также увеличения площади стабильных в экологическом отношении территорий необходимо создать систему противоэрозионных защитных лесополос на территории всего бассейна Западного Буга. Нарушение оптимального соотношения площадей, занятых лесами, многолетними травами, однолетними сельскохозяйственными культурами, недостаточная работа по организации противоэрозионных мероприятий приводит к быстрому прохождению поверхностного стока, активации эрозионных процессов и, в конечном итоге, заиливанию рек. Очень большое значение при этом имеет тот факт, что на малых реках – притоках Западного Буга водоохранные зоны практически не выполняют возложенной на них роли. Поймы рек и прибрежные зоны распаиваются, осушаются, на этих территориях вносятся органические и минеральные удобрения, в то время когда практически все виды хозяйственной деятельности на них должны быть строго регламентированы.

**Классификация экологического состояния бассейнов малых рек – притоков
Западного Буга (зона Полесья)**

Показатели, подсистемы, системы	Оценки состояния показателей, подсистем, систем и логические функции меры			
	Золотуха	Неретва	Пищатка	Гапа
Подсистема «Радиоактивное загрязнение»	удовлетворительное $\Phi_1(R_1)=0$	удовлетворительное $\Phi_1(R_1)=0$	удовлетворительное $\Phi_1(R_1)=0$	удовлетворительное $\Phi_1(R_1)=0$
Показатели:				
лесистость	нормальное $x_1(U_3)=0$	ниже нормы $x_1(U_4)=-1$	ниже нормы $x_1(U_4)=-1$	неудовлетворительное $x_1(U_5)=-4$
степень естественного состояния	ниже нормы $x_2(U_4)=-1$	хорошее $x_2(U_1)=4$	нормальное $x_2(U_3)=0$	ниже нормы $x_2(U_4)=-1$
сельхозосвоенность	ниже нормы $x_3(U_4)=-1$	улучшенное $x_3(U_2)=1$	ниже нормы $x_3(U_4)=-1$	неудовлетворительное $x_3(U_5)=-4$
распаханность	неудовлетворительное $x_4(U_3)=-4$	хорошее $x_4(U_1)=4$	ниже нормы $x_4(U_4)=-1$	ниже нормы $x_4(U_4)=-1$
урбанизация	улучшенное $x_5(U_2)=1$	улучшенное $x_5(U_2)=1$	неудовлетворительное $x_5(U_3)=-4$	неудовлетворительное $x_5(U_5)=-4$
эродированность	-	-	-	-
Подсистема «Использование земельных ресурсов»	удовлетворительное $\Phi_2(L_3)=-1$	близкое к норме $\Phi_2(L_2)=1$	неудовлетворительное $\Phi_2(L_4)=-3$	крайне неудовлетворительное $\Phi_2(L_5)=-4$
Показатели:				
фактическое использование речного стока	хорошее $y_1(U_1)=3$	хорошее $y_1(U_1)=3$	катастрофическое $y_1(U_5)=-5$	катастрофическое $y_1(U_5)=-5$
безвозвратное водопользование	хорошее $y_2(U_1)=3$	хорошее $y_2(U_1)=3$	очень плохое $y_2(U_4)=-3$	плохое $y_2(U_3)=-1$
поступление сточных вод	хорошее $y_3(U_1)=3$	хорошее $y_3(U_1)=3$	хорошее $y_3(U_1)=3$	хорошее $y_3(U_1)=3$
сброс загрязненных вод	хорошее $y_4(U_1)=3$	хорошее $y_4(U_1)=3$	удовлетворительное $y_4(U_2)=1$	удовлетворительное $y_4(U_2)=1$
Подсистема «Использование речного стока»	хорошее $\Phi_3(W_1)=3$	хорошее $\Phi_3(W_1)=3$	плохое $\Phi_3(W_3)=-1$	Удовлетворительное $\Phi_3(W_2)=1$
Блок «Химическое загрязнение»	незначительно загрязненная $\varphi(K_4)=-1$	незначительно загрязненная $\varphi(K_4)=-1$	очень загрязненная $\varphi(K_6)=-4$	очень загрязненная $\varphi(K_6)=-4$
Блок «Бактериальное загрязнение»	очень незначительно загрязненная $\varphi(P_3)=0$	очень незначительно загрязненная $\varphi(P_3)=0$	сильно загрязненная $\varphi(P_5)=-3$	сильно загрязненная $\varphi(P_5)=-3$
Подсистема «Качество воды»	незначительно загрязненная $\Phi_4(Q_4)=-1$	незначительно загрязненная $\Phi_4(Q_4)=-1$	очень загрязненная $\Phi_4(Q_6)=-4$	очень загрязненная $\Phi_4(Q_6)=-4$
ИКАН	-0,17	0,55	-2,38	-2,68
Логическая функция меры Ф	-0,2	-0,4	-3,0	-3,1
Система «Бассейн реки»	удовлетворительное	удовлетворительное	очень плохое	очень плохое

По результатам качественной оценки экологического состояния экосистем бассейнов нами было проведено районирование территории с целью установления критических зон и определения первоочередности проведения водоохраных мероприятий, направленных на оздоровление экологического состояния бассейнов малых рек и самой реки Западный Буг (рис. 19.3–19.5) [26].

Состояние приток Золотуха, Неретва, Пищатка характеризуется по степени использования водных ресурсов как «удовлетворительное», блок техногенной нагрузки – «в пределах нормы», ландшафт как «условно стабильный». Общее состояние по КПАН оценивается как «удовлетворительное». На этом участке наблюдается ускорение процессов самоочищения за счет расширения поймы.

Таблица 19.10

Оценка экологического состояния малых рек бассейна Западного Буга на основании значения КПАН

Название реки	Золотуха	Неретва	Пищатка	Гапа
КЭУЛ	1,09	1,36	1,08	0,87
	условно стабильное	условно стабильное	условно стабильное	нестабильное
ПИВР	27,04	38,52	38,70	41,3
	удовлетворительное	удовлетворительное	удовлетворительное	неудовлетворительное
ПТН	30,0	27,7	30,0	28,4
	в пределах нормы	в пределах нормы	в пределах нормы	в пределах нормы
КПАН	39,6	36,3	41,8	41,0
	удовлетворительное	удовлетворительное	удовлетворительное	удовлетворительное

Примечание:

КЭУЛ – коэффициент экологической устойчивости ландшафтов;

ПИВР – показатель использования водных ресурсов;

ПТН – показатель техногенной нагрузки;

КПАН – комплексный показатель антропогенной нагрузки.

Таблица 19.11

Оптимизация ландшафтной структуры бассейнов малых рек – притоков Западного Буга (зона Полесья)

Показатели	Зона Полесья		
	Золотуха	Неретва	Пищатка
	Лесистость, %		
оптимальные	40-49		
фактические	24,6	30,0	29,8
коррекция	+ 15,4	+ 10,0	+ 10,2
	Распаханность, %		
оптимальные	25-30		
фактические	35,1	23,7	31,3
коррекция	- 5,1	-	- 1,3
	Экологически устойчивые территории, %		
оптимальные	70-75		
фактические	60,1	72,9	63,9
коррекция	+ 9,9	-	+ 6,1
	Сельскохозяйственная освоенность, %		
оптимальные	51-54		
фактические	55,1	53,6	59,0
коррекция	- 4,1	- 2,6	- 8,0

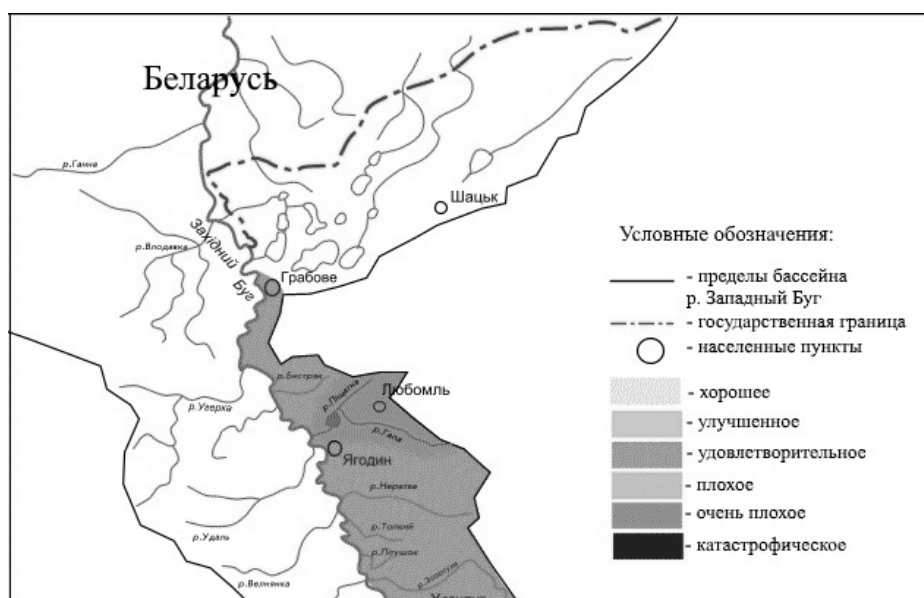


Рис. 19.3. Карта-схема районирования Полесской части бассейна р. Западный Буг по показателям ИКАН

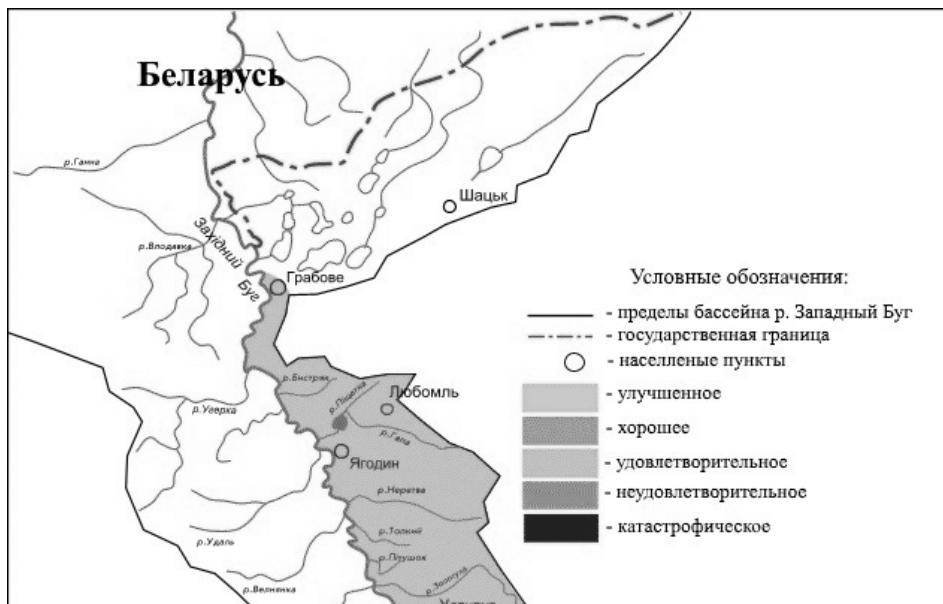


Рис. 19.4. Карта-схема районирования Полесской части бассейна р. Западный Буг по показателям КПАИ

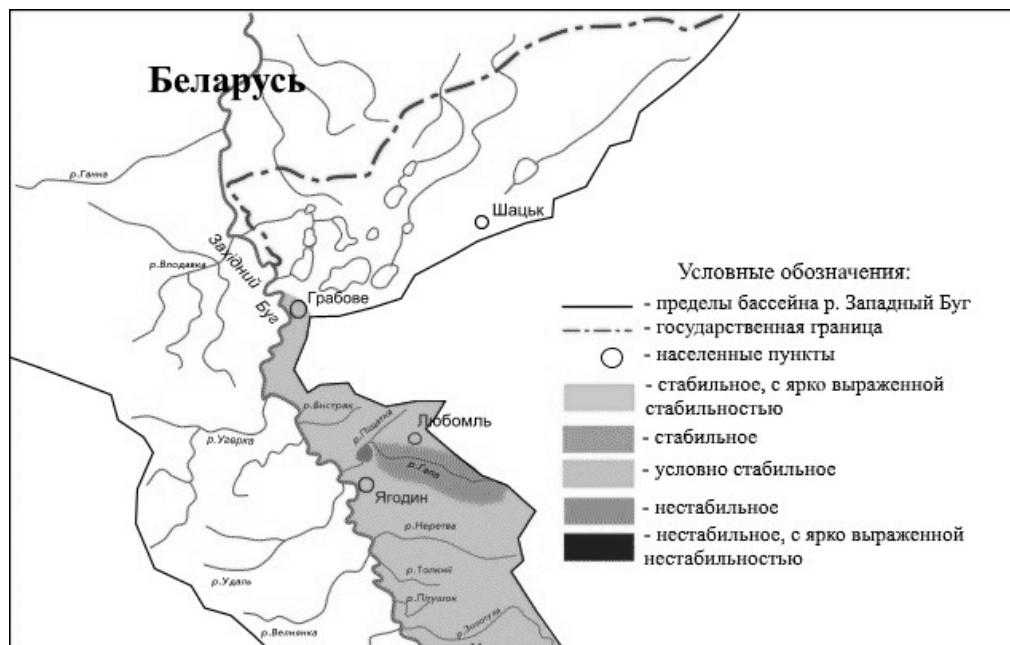


Рис. 19.5. Карта-схема районирования Полесской части бассейна р. Западный Буг по показателям КЭУЛ

Участок с. Ягодин до государственной границы с Республикой Беларусь (включает систему Шацких озер) характеризуется постепенным улучшением качества воды.

Для выполнения оценки экологического состояния малых рек бассейна Западного Буга и выделения участков по его длине в зависимости от гидрохимических показателей нами был использован большой объем фондовых материалов, характеризующих природные и антропогенные факторы формирования качества воды.

Анализ полученных данных позволил нам выделить основные причины, обуславливающие существующую экологическую ситуацию. К ним можно отнести следующие:

- нарушение экологической устойчивости ландшафтов водосборов малых рек бассейна Западного Буга;
- биогенное загрязнение, источником которого является сток с сельскохозяйственных угодий;
- неудовлетворительное состояние коммунальных очистных сооружений;
- недостаточная эффективность очистки промышленных сточных вод (большинство очистных сооружений построены в 70-е годы);
- экономические факторы.

В зависимости от уровня антропогенной нагрузки необходимо осуществлять комплекс природоохранных мероприятий в бассейнах малых рек. Прежде всего меры должны быть направлены на оптимизацию речных экосистем.

На основе полученных результатов для бассейнов малых рек Полесской части бассейна можно сделать вывод:

– требуют неотложных мер по улучшению экологической ситуации бассейны рек Пищатка и Гапа, состояние которых определено как «очень плохое», в первую очередь необходимо принять меры по улучшению всех показателей подсистемы «Использование земельных ресурсов», прекращению сброса загрязненных вод, повышению эффективности работы очистных сооружений, уменьшению объемов забора воды из речной сети и подземных горизонтов;

– показатели качества воды, наиболее влияющие на оценку экологического состояния бассейнов малых рек, имеют негативные и крайне негативные оценки даже при положительных оценках показателя сброса загрязненных вод, что может свидетельствовать о недостаточном учете сбросов загрязненных вод, либо сточные воды недостаточно очищенные, или же они совсем не проходили очистки.

Наряду с оценкой уровня антропогенной нагрузки и проведенным районированием мы произвели детальную оценку качества поверхностных вод бассейна р. Западный Буг. Такая оценка позволяет оценить гидроэкологическое состояние бассейна от истока до выхода реки за пределы украинской территории, включая притоки, а также определить участки территории бассейна, которые испытывают наибольшее антропогенное воздействие.

19.5. Экологическая оценка качества поверхностных вод реки

Под экологической оценкой качества вод понимают отнесение воды к определенному классу, категории согласно экологической классификации на основании анализа значений показателей ее состава и свойств. Экологическая оценка качества вод дает информацию о воде как составляющей водной экосистемы, о ее пригодности как среды обитания гидробионтов и важной части природной среды человека [27, 28].

Экологическая оценка качества поверхностных вод является основой для выяснения тенденций ее изменений во времени и пространстве, определения влияния антропогенной нагрузки на экосистемы водных объектов, оценки изменений состояния водных ресурсов, решения экономических и социальных вопросов, связанных с обеспечением охраны окружающей среды, информирования общественности. Она служит также основой для определения влияния хозяйственной деятельности на окружающую среду, разработки определенных водоохраных регламентов и предписаний (по каждому водному объекту отдельно), планирования и осуществления водоохраных мероприятий и оценки их эффективности.

Критериальной базой экологической оценки является экологическая классификация качества поверхностных вод, которая осуществляется по экосистемному принципу. Необходимая полнота и объективность характеристик качества поверхностных вод достигаются анализом широкого набора гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических, бактериологических и других показателей, которые отражают особенности абиотической и биотической составляющих водных экосистем.

Экологическую классификацию качества поверхностных вод осуществляют по определенным качественным признакам объектов или по их числовыми значениям – критериям. Под критериями качества воды понимают показатели ее состава и свойств в количественном выражении в виде значения, которому соответствуют определенные класс и категория – уровни качества воды, установленные по интервалам числовых значений показателей ее состава и свойств.

Комплекс показателей экологической классификации качества поверхностных вод включает в себя общие и специфические показатели. Общие показатели, к которым относятся показатели солевого состава и трофо-сапробности вод, характеризуют свойственные водным экосистемам ингредиенты, концентрации которых могут изменяться под влиянием хозяйственной деятельности. Специфические показатели характеризуют содержание в воде загрязняющих веществ токсического и радиационного воздействия.

На основе проведенных расчетов экологической оценки качества поверхностных вод бассейна р. Западный Буг нами разработана карта-схема Полесской части бассейна (рис. 19.6), на которую вынесены в виде круговых диаграмм блочные и обобщенные экологические индексы качества поверхностных вод в створах р. Западный Буг и ее основных притоков.

По результатам оценки качества поверхностных вод нами также проведено районирование территории бассейна Западного Буга, которое отражает состояние водной среды в бассейне (рис. 19.7).

Проведенное районирование показало, что состояние водной среды в бассейнах малых рек – притоков Западного Буга оценивается как удовлетворительное, переходное и неудовлетворительное и соответственно принадлежит к III и IV классам качества.

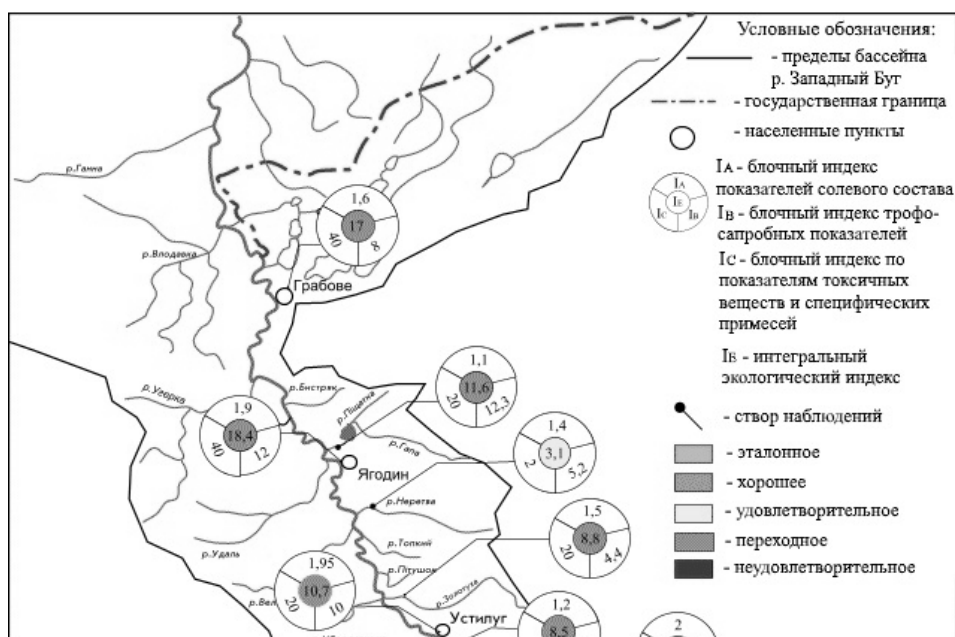


Рис. 19.6. Карта-схема районирования Полесской части бассейна р. Западный Буг по значению интегрального экологического индекса



Рис. 19.7. Карта-схема районирования Полесской части бассейна р. Западный Буг по состоянию водной среды

Удовлетворительным состоянием характеризуется река Неретва, качество ее воды соответствует III классу, возможно выпадение особо чувствительных видов. Для р. Неретва определяющим для формирования качества воды стал блок В (трофо-сапробиологический), показатель которого по содержанию фосфатов в 5,2 раза выше экологического норматива (ЕН).

Качество воды рек Золотуха, Пищатка, Гапа соответствует IV классу, состояние переходное, происходят нарушения в системе трофических связей. Для рек Золотуха, Пищатка, Гапа наибольшее значение блочного индекса $I_C = 20,0$ (содержание меди в 20 раз выше ЕН).

Таким образом, по результатам оценки качества поверхностных вод Полесской части бассейна р. Западный Буг можно сделать следующие выводы:

1. Среднегодовые значения индексов блока показателей солевого состава воды (I_A) были лучшими, для р. Западный Буг значение этого индекса изменялось в пределах 1,6–2,96, для притоков – 1,1–2,0. Соответственно качество речных вод бассейна Западного Буга характеризовалось в этот пе-

риод в основном 2-й и 3-й категориями II класса качества вод («очень хорошие» и «хорошие» по состоянию, «чистые» и «достаточно чистые» по степени загрязненности).

2. Среднегодовые значения индексов трофо-сапробиологического блока (I_B) показали низкое качество воды. Так, поверхностные воды р. Западный Буг относятся к IV классу качества («плохие» по состоянию, «грязные» по степени загрязненности), рек-притоков – III–V классу качества вод. Качество воды реки Неретва относится к пятой категории III класса («посредственные» по состоянию и «умеренно загрязненные» по степени загрязненности), рек Пищатка и Гапа – 6-й категории IV класса («плохие» по состоянию, «грязные» по степени загрязненности).

3. Чрезвычайно высоки среднегодовые значения индексов блока специфических веществ токсического действия (I_C). Превышение ЕН в 5–50 раз зарегистрировано во всех пунктах наблюдения в бассейне Западного Буга по содержанию в воде меди. По значению этого индекса качество воды только р. Неретва относится ко 2-й категории II класса («очень хорошие» по состоянию, «чистые» по степени загрязненности), рек Золотуха, Пищатка, Гапа – к 6-й категории IV класса («плохие» по состоянию, «грязные» по степени загрязненности). По длине р. Западный Буг значение этого блочного индекса изменяется от 5,2 до 50,0, что соответствует III–V классам качества.

4. По значению интегрального индекса I_E качество воды во всех пунктах наблюдений на р. Западный Буг отвечало IV классу. Несколько иная ситуация сложилась на притоках, здесь качество воды соответствовало III–IV классам. Так, воды реки Неретва принадлежали к III классу качества («посредственные» по состоянию и «умеренно загрязненные» по степени загрязненности), рек Золотуха, Пищатка, Гапа – к IV классу («плохие» по состоянию, «грязные» по степени загрязненности). Такие результаты совпадают с высоким уровнем антропогенной нагрузки в бассейнах этих рек.

Итак, Полесская часть бассейна Западного Буга нуждается в срочной разработке и внедрении природоохранных мероприятий, направленных на восстановление качества речных вод и улучшение экологического состояния бассейна, которые рекомендуется осуществлять за счет стабилизации ландшафтной структуры бассейна путем увеличения лесистости в бассейнах рек до 49 % в зоне Полесья за счет уменьшения площадей под нестабильными элементами ландшафта, восстановления защитной роли водоохранных зон, уменьшения объема сбросов сточных вод населенными пунктами, строительства новых или модернизации существующих очистных сооружений, канализационных сетей, соблюдения технологических требований очистки воды.

Литература

1. Геренчук К. І. Природа Волинської області. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1975. – 147 с.
2. Геренчук К. І. Природа Львівської області. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1972. – 152 с.
3. Атлас природных русловых и естественных ресурсов Украинской ССР. – М., 1978. – 183 с.
4. Грунти Волинської області / М. Й. Шевчук, П. Й. Зінчук, Р. С. Трускавецький [та ін.]. – Луцьк: Вежа, 1999. – 164 с.
5. Забокрицька М. Р. Гідрохімічний режим та оцінка якості річкових вод басейну Західного Бугу на території України : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. – Київ, 2005. – 19 с.
6. Забокрицька М. Р. Гідрохімічний режим і якість води основних приток р. Західний Буг у межах Волинської області // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 432–437.
7. Курганевич Л. П. Еколого-геоморфологічний аналіз басейну Західного Бугу : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Львівський національний ун-т імені Івана Франка – Л., 2001. – 21 с.
8. Sapek В. Jakosc wody i gleby w gospodarstwach demonstracyjnych // Zeszyty edukacyjne. IMUZ. Falenty. 7/2002. – S. 57–82.
9. Woyciechowska J. Dojlido Klasyfikacja jakosci wod rzek // Rzeka Bug: zasoby wodne i przyrodnicze. – Warszawa, 2003. – S. 149–174.
10. Ostrowska E. Jakosc wody pitnej z ujec wlasnych w gospodarstwach rolnych // Wiadomosci IMUZ. – Falenty, 1999. – S. 7–18.
11. Сніжко С. І., Серета К. А. Характеристика стану досліджень та вмісту біогенних речовин у воді річок України // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2001. – Т. 2. – С. 511–521.
12. Косоветь О. О. Сучасний стан моніторингу природних вод у національній гідрометслужбі України // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2002. – Т. 3. – С. 14–24.
13. Клименко М. О., Гроховська Ю. Р. Оцінка екологічного стану водних екосистем річок басейну Прип'яті за вищими водними рослинами. – Рівне: НУВГП, 2005. – 194 с.
14. Клименко Н. А., Лихо Е. А., Вознюк Н. Н. Основные источники загрязнения поверхностных вод в бассейне Западного Буга // Rzeka Bug: zasoby wodne i przyrodnicze. – Warszawa, 2003. – S. 279–288.
15. Водний кодекс України // Екологія і закон: Екологічне законодавство України. – Київ, 1997. – С. 411–453.
16. Забокрицька М. Р., Осадчий В. І. Характеристика антропогенного навантаження в басейні р. Західний Буг // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – Т. 5. – С. 218–225.

17. Тичина Л. К., Долгілевич М. Й., Кудрик А. П. Риси сучасного педогенезу у меліорованих ландшафтах Полісся // Вісник Харківського НАУ ім. В. В. Докучаєва. – 2003. – № 1. – С. 58–62.
18. Wojciechowski K. Europejski korytarz ekologiczny doliny Bugu // Rzeka Bug: zasoby wodne i przyrodnicze. – Warszawa, 2003. – S. 321–329.
19. Rakowski S. Transgraniczna ochrona przyrody w dolinie Bugu // Rzeka Bug: zasoby wodne i przyrodnicze. – Warszawa, 2003. – S. 368–389.
20. Забокрицька М. Р., Осадчий В. І. Характеристика антропогенного навантаження в басейні р. Західний Буг // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – Т. 5. – С. 218–225.
21. Клименко М. О., Гриб Й. В., Сондак В. В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем. – Рівне: Волинські обереги, 1999. – Т. 1. – 347 с.
22. Водний кодекс України // Екологія і закон: Екологічне законодавство України. – Київ, 1997. – С. 411–453.
23. Клементова Е., Гейниге В. Оценка экологической устойчивости сельскохозяйственного ландшафта // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – № 5. – С. 33–35.
24. Методичне керівництво по розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану малих річок України, НТД 33-4759129-03-04-92. – Київ, 1992. – 40 с.
25. Клименко М. О., Ліхо О. А. Методичні вказівки для виконання розділів «Оцінка екологічного стану та ландшафтно-територіальної структури басейну малої річки» у курсових, дипломних проектах та магістерських роботах. – Рівне: НУВГП, 2004. – 11 с.
26. Клименко М. О., Вознюк Н. М. Екологічний стан української частини Євротресту «Буг». – Рівне: НУВГП, 2007. – 203 с.
27. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк [та ін.]. – Київ: Символ-Т, 1998. – 28 с.
28. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. Методика. КНД 211.1.4.010-94. – Київ, 1994. – 37 с.

Глава 20. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РАЗРАБОТКА ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ БАССЕЙНА РЕКИ ГОРЫНЬ

20.1. Современное состояние хозяйственно-экологического районирования бассейнов малых и средних рек

Природная среда испытывает растущее влияние хозяйственной деятельности человека. В Украине практически не осталось территорий, которые не были бы частично или полностью трансформированы.

За последние десятилетия особенно значительные изменения претерпели бассейны рек Западного Полесья. Как свидетельствуют ранее проведенные научные исследования (В. И. Пелешенко, Л. М. Горев, А. В. Яцык, Л. Г. Руденко, В. П. Разов, В. М. Жукинский, А. Г. Тарарико, П. П. Надточий, Н. А. Клименко, М. Д. Будз, М. И. Долгилевич, Г. А. Белявский, Я. А. Мольчак, И. В. Гриб, В. Б. Коваленко), изменения экологического состояния бассейнов рек и условий формирования качества поверхностных вод малых рек Полесья произошли за счет растущего влияния антропогенной нагрузки на бассейны (коммунальными и промышленными объектами, сельскохозяйственным производством), а также отсутствием пространственного планирования границ освоения бассейнов (увеличение распаханности, уменьшение лесистости территорий) [1–5]. Особенно заметную антропогенную трансформацию испытывают бассейны малых и средних рек. Остро стоит проблема загрязнения поверхностных вод, качество которых оценивается как плохое и очень плохое. Следует заметить, что улучшение качества поверхностных вод и питьевой воды в решениях конференций ООН по проблемам окружающей среды и развития, проходивших в 1992 г. в Рио-де-Жанейро и в 2002 г. в Йоханнесбурге, определены как приоритетные задачи в природоохранной деятельности государств. В связи с этим возникает потребность комплексной оценки экологического состояния бассейнов малых рек, оценки качества поверхностных вод и разработки компенсационных природоохранных мероприятий, направленных на их улучшение.

Исследования А. Ф. Смаглия, В. П. Стрельченко, П. В. Литвака, М. Д. Будза, Н. А. Клименко, Я. А. Мольчак, Л. Н. Горева, Ю. А. Израэль, В. Н. Жукинского и других ученых показали, что экологически необоснованное хозяйствование привело к изменению экологического состояния речных бассейнов и соответственно повлияло на формирование гидрологических и гидрохимических характеристик рек. Ухудшение состояния малых рек стало одной из причин трансформации состава и качества воды средних и крупных речных систем [6, 7, 8, 9]. Увеличение антропогенной нагрузки на экосистемы рек и в целом на окружающую среду началось с сельскохозяйственного и промышленного освоения территорий, но за последние два века влияние антропогенных факторов не приводило к значительным изменениям. Существенные антропогенные изменения в экосистемах бассейнов рек возникли в последние десятилетия. Исследования экологической ситуации в бассейнах рек, которые проводились Я. А. Мольчаком, М. Д. Будзом, Н. А. Клименко, И. В. Грибом, М. И. Долгилевичем, В. Б. Коваленко, Ю. М. Грищенко, В. В. Полищуком, Л. М. Горевым, О. Г. Васенко, И. А. Шикломановым и др. [10–14] показали, что осушение, распашка и выпас скота на поймах рек привели к деградации пойменных лугов, нарушению травостоя и его обеднению. Регулирование рек, в основном одностороннее выпрямление русел, вместе с осушением поверхности водосбора вызвали изменения гидрологического режима условий формирования речного стока, уничтожение подавляющего большинства естественных нерестилищ. Построение плотин и шлюзов изменило пути миграции ихтиофауны к местам нереста и зимовки.

Вместе с тем велось интенсивное освоение поверхности водосбора речных бассейнов. На сегодня в Украине нарушенные территории, по данным Н. А. Клименко, И. В. Гриба, В. В. Сондака составляют около 75 % ее поверхности. Как показали исследования, под растущим влиянием антропогенной нагрузки на бассейны рек, при экологически необоснованном хозяйственном вмешательстве начали нарушаться возрастные экологические связи естественно сложившихся речных бассейнов и биоты (ликвидация пойменных экотопов, трансформации русла, энергетические дотации от проникновения в водную среду загрязнений и др.). Все это привело к нарушению гидрологических и гидрохимических характеристик рек, повлияло на общее качественное состояние поверхностных вод и в целом на изменение экологического состояния речных бассейнов.

Влияние антропогенной нагрузки на гидрологический режим рек изучали В. Е. Алексеевский, М. Д. Будз, В. А. Шмаков, А. Н. Рокочинский, М. В. Корбутяк, И. В. Коротун, А. Г. Булавко, В. Е. Водогрецкий, М. И. Долгилевич, В. И. Мокляк, Я. А. Новосад, В. И. Сорокин.

Исследования показали, что за последние 50 лет выросли объемы хозяйственно-бытового, промышленного и сельскохозяйственного водопотребления. Это повлияло на гидрологический режим

малых рек и соответственно средних и больших рек и привело к нарушению природного равновесия в отдельных регионах, а затем на всей территории Украины. Малые реки подверглись деградиционным изменениям, которые проявились в сокращении основной длины водотоков, массовом выпрямлении русел, снижении водности рек и даже исчезновении малых рек как элемента ландшафта.

В работах [15, 16 17–21] приведены факторы хозяйственной деятельности, которые влияют на гидрологические параметры малых рек. На изменение величины стока влияет рост безвозвратного водопотребления, коммунальное и сельскохозяйственное водопотребление, орошаемое земледелие, увеличение суммарного испарения при строительстве водохранилищ. На режим стока влияют отбор подземных вод, русловое регулирование водохранилищами и прудами, осушение заболоченных земель и болот и др.

Наиболее уязвимой под влиянием природных и антропогенных факторов оказалась ручьевая сеть рек. Исследования показали, что за последние десятилетия ее плотность значительно уменьшилась. Согласно маршрутным исследованиям М. Д. Будза, В. Г. Сорокина [17, 22] анализ тех площадей части бассейна р. Горынь, где были проведены крупномасштабные топографические съемки в начале пятидесятых и в середине девяностых годов XX в., показал наличие трансформации речной сети за последние 40–50 лет. Площадь бассейна р. Горынь подвергалась активной антропогенной нагрузке. На этой территории были заложены водозаборы, расширялась площадь пахотных земель, были проведены осушительные и мелиоративные работы, увеличилась общая площадь зеркала прудов, сократилась площадь лесов, лугов. Все это вместе привело к трансформации речной сети. Анализ исследований М. Д. Будза подтвердил, что в тех бассейнах, где велись осушительные мелиоративные работы, отмечается сокращение главных водотоков. В среднем такое сокращение составляет 7–11 %.

В бассейнах рек, где проводились осушительные мелиорации, длина главных водотоков увеличилась за счет открытых дрен в их верховьях. Несмотря на это, длина участков русел с постоянными водотоками уменьшилась. Проведенный анализ литературных данных позволяет сделать вывод, что в бассейне реки Горынь существует тенденция к деградации речной сети малых рек.

В последние годы проводилось районирование территории Украины по экологическому состоянию водных объектов, где в основном оценивалось состояние бассейнов крупных рек, но не проводились районирование и оценка состояния территорий бассейнов средних рек. Поэтому нами впервые на основании концепции, в которой экологическое состояние средних рек обуславливается состоянием малых рек, предлагается провести районирование территории р. Горынь, что даст возможность оценить состояние бассейна в целом, наметить первоочередность проведения природоохранных мероприятий.

20.2. Методика и условия проведения исследований

При изучении общих характеристик экосистемы бассейна р. Горынь исследовались рельеф, климатические условия, почвенный и растительный покров, поверхностные и подземные воды. Площадь водосбора р. Горынь составляет 27 700 км², длина реки – 659 км. Бассейн расположен в пределах Тернопольской, Хмельницкой и Ровенской областей Украины. Нижняя часть бассейна находится в Полесской физико-географической зоне, верхняя – в Лесостепной. Исследованиями установлено, что речная сеть бассейна хорошо развита. Этому способствуют особенности рельефа, климатические условия и почвенный покров.

Территория бассейна р. Горынь подвергалась активной и всесторонней антропогенной нагрузке. В частности, были проведены широкомасштабные осушительные мелиоративные работы (северная часть бассейна), заложены водозаборы, увеличилась площадь зеркала за счет создания водохранилищ и прудов, значительно расширилась площадь пахотных земель, сократилась площадь лесов и лугов. Все это вместе привело к трансформации и деградации речной сети, проявилось в сокращении длины водотоков, массовом выпрямлении русел рек и привело к ухудшению качества поверхностных вод.

Методы исследований включали в себя проведение полевых, лабораторных, теоретических и аналитических исследований, математической обработки экспериментальных данных. Полевые исследования проводили в течение 1997–2002 годов и включали отбор и анализ проб воды в 19 пунктах гидрохимического контроля р. Горынь по 15 показателям ее качества и в 7 створах гидрохимического контроля р. Замчиско. Также в створах р. Замчиско осуществляли контрольные отловы представителей ихтиофауны. Каждая из отобранных проб подвергалась обработке в такой последовательности: определяли линейно-весовые параметры рыбы; отбирали образцы материала на определение содержания тяжелых металлов (ТМ). Определение содержания ТМ в тканях рыб проводили способом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Анализ проводили экспресс-методом, согласно стандар-

там и нормативным документам, с помощью прибора СЕМИ-600 (Украина) в лаборатории кафедры экологии НУВГП на основании сертифицированного программного обеспечения.

Пробы воды отбирали также в притоках р. Горынь по схеме (исток – середина – устье), что дало возможность оценивать качество воды по длине реки по сравнению с эталонным качеством (исток реки). Исследования проводили в 1999–2002 гг. на следующих притоках: Зульня, Жильжанка, Устье, Замчиско, Случь.

Пробы воды р. Горынь и ее притоков анализировали согласно стандартным методикам в аттестованной лаборатории отдела аналитического контроля Госуправления экоресурсов в Ровенской области. Достоверность результатов обеспечивалась лабораторным контролем погрешностей состава проб воды и внедрением программного вычисления результатов исследований.

Наряду с этим нами проводилось обобщение многочисленных фондовых материалов паспортизации рек Госводхоза Украины по бассейну р. Горынь. Кроме того, использовались данные гидрохимических наблюдениях по р. Горынь, проведенные Госуправлением экоресурсов в Ровенской и Хмельницкой областях в 1991–1998 гг., и данные гидрохимической съемки по створам р. Горынь за 1947 г.

Уровень антропогенной нагрузки на бассейн р. Горынь оценивали по состоянию бассейнов малых рек-притоков.

Для качественной и количественной оценки состояния экосистем бассейнов малых рек были использованы следующие методики:

- определение уровня антропогенной трансформации ландшафтов (КАП) (Л. И. Воропай, Н. В. Дутчак, Н. А. Куница);
- определение количественных и качественных характеристик экологической стабильности ландшафта (КЕСЛ1, КЕСЛ2) (Е. Клементкова, В. Гейниге, 1995);
- оценка экологического состояния (уровня трансформации) бассейна малой реки на основании интегрального показателя уровня антропогенизации (ИПУА) (Е. А. Лихо, Л. А. Волкова, 1998);
- расчет антропогенной нагрузки и классификация экологического состояния малых рек Украины (ИКАН) (НТД-33-4579129-03-04-92, 1992).

Количественную оценку состояния бассейна проводили по показателям ($P_{КАП}$, $P_{КЕСЛ1}$, $P_{КЕСЛ2}$, $P_{ИПУА}$, $P_{ИКАН}$).

Приведенные методики позволяют оценить состояние экосистем бассейнов малых рек по 20 показателям: распаханность, урбанизированность, эродированность, степень природного внешнего вида, сельскохозяйственная освоенность, объем забора и сброса воды в речную сеть, объем сброса загрязненных вод, плотность загрязнения сельхозугодий C_s 137, класс вредности предприятий, природные охранные территории, леса, болота, луга, пастбища, пашни, огороды, сельская и городская застройка, земли промышленности, водохранилища, водотоки и каналы.

Экологическую оценку качества поверхностных вод бассейна р. Горынь провели согласно методике «Комплексная экспертная оценка экосистем бассейнов рек» (I_e) (И. В. Гриб, Н. А. Клименко, В. В. Сондак, 1999) [3]. Качество воды оценивали по результатам исследований в девятнадцати контрольных пунктах наблюдений р. Горынь от истока до устья и по тринадцати в соответствии с формулой:

$$I_e = \frac{I_A + I_B + I_C}{3}. \quad (20.1)$$

При выполнении экологической оценки качества поверхностных вод факторные индексы устанавливали по максимальному превышению одной из характеристик в каждой группе при делении их фактического значения на регламентированную величину, а общий экологический индекс I_e определяли как среднее арифметическое трех факторных индексов (I_A, I_B, I_C).

Эффективность внедрения природоохранных мероприятий оценивали согласно программному комплексу «Тендер-контракт 21 века», который базируется на основе ДБН Д1.1-1-2000 с использованием новой сметной базы и фактических цен на все виды ресурсов.

Антропогенная нагрузка и экологическая оценка качества поверхностных вод рассчитаны на персональном компьютере с использованием программных пакетов MS Excel. Для некоторых методик составлены компьютерные программы, которые в дальнейшем могут применяться для расчета антропогенной нагрузки на типовые бассейны рек.

При изучении почвенного покрова использовали фондовые материалы туров агрохимического обследования почв Ровенской области, а также материалы докладов о состоянии окружающей природной среды в Ровенской, Хмельницкой и Тернопольской областях за 1997–2002 гг.

20.3. Влияние хозяйственной деятельности на состояние экосистемы реки Горынь

Среди видов хозяйственной деятельности, влияющих на состояние водных экосистем, гидрохимический режим и качество поверхностных вод, необходимо выделить в первую очередь следующие: выбросы вредных веществ в атмосферу; сброс сточных вод и загрязняющих веществ в речную сеть; поступления в реки дренажного стока гидромелиоративных систем; сток воды с площадей водосбора; уровень химизации сельскохозяйственного производства; освоенность и урбанизированность бассейнов.

Влияние хозяйственной деятельности на состояние водных экосистем в значительной степени оценивается объемом выбросов в атмосферу вредных веществ и поступлением их с осадками на поверхность водосборов. Установлено, что 920 действующих предприятий Ровенской, Хмельницкой, Тернопольской областей ежегодно выбрасывают в атмосферный воздух от 10 до 14,9 тыс. т загрязняющих веществ. В расчете на 1 км² территории выбрасывается 0,74–1,0 т пыли.

Самые высокие выбросы установлены для территорий г. Острог – 81 т/км², г. Ровно – 59 т/км², г. Дубно – 42 т/км², г. Костополь – 39 т/км².

В составе загрязнений воздуха основными являются пыль, диоксид серы, диоксид азота, оксиды азота, углерода, сульфаты, фтористый и хлористый водород, аммиак, формальдегид, бензапирен, а также тяжелые металлы – свинец, хром, цинк, кадмий и др. Установленные модули выпадения химических компонентов с атмосферными осадками в пределах Полесья свидетельствуют о том, что на 1 км² площади приходится в год до 16,0 т химических компонентов: HCO₃⁻ – 17 %, SO₄²⁻ – 50 %, Cl – 9 %, Ca²⁺ – 6 %, Mg²⁺ – 8 %, (Na⁺ + K⁺) – 10 % [26].

На экологическое состояние бассейна р. Горынь наиболее негативное влияние оказывают сточные воды предприятий жилищно-коммунального хозяйства, дренажные воды мелиоративных систем. Установлено, что в реки Ровенской области ежегодно сбрасывается сточных вод объемом 92,9 млн м³, в реки Хмельницкой области – 56,5 млн м³, Тернопольской – 41,6 млн м³ [23–25].

Сброс загрязненных вод в реки Ровенской области в течение 2001 г. составил 98,4 млн м³, в том числе: неочищенных – 1,5 млн м³, недостаточно очищенных – 41,6 млн м³, нормативно чистых без очистки – 34,7 млн м³. По сравнению с 2000 г. сброс неочищенных вод увеличился в области на 0,87 млн м³. Предприятия промышленности сбросили в водные объекты 61,24 млн м³ сточных вод, сельского хозяйства – 19,36 млн м³, предприятия жилищно-коммунального хозяйства – 17,4 млн м³ сточных вод, из которых 6,5 млн м³ загрязненных, 0,84 млн м³ недоочищенных. В 2001 г. в реки области 102 предприятия сбросили: сульфатов – 3277 т, хлоридов – 4081 т, СПАР – 2,64 т, железа – 31,9 т, цинка – 0,4 т, никеля – 0,02 т, магния – 61,9 т, марганца – 1,1 т. Подобные уровни загрязнения поверхностных вод в области имели место в 1990–1999 гг. [24].

Чтобы оценить влияние антропогенной нагрузки на химический состав поверхностных вод, мы проанализировали данные гидрохимической съемки за 1947 год. К тому времени на Полесье антропогенные факторы влияния были минимальными. Промышленных предприятий не было (только кустарные), осушительные мелиорации не проводились, минеральные удобрения, пестициды в сельскохозяйственном производстве практически не использовались. Площадь урбанизированных территорий была незначительной, а распашка низкой. Данные исследований показали, что при общей минерализации поверхностные воды рек Полесья относятся к водам малой и средней минерализации с показателями от 0,2 до 0,38 г/л (по А. А. Алекину, 1970) гидрокарбонатно-кальциевого состава) [4].

Сравнение данных за 1947 г. и 1995–1997 гг. позволило сделать вывод о том, что за указанный 40–45-летний период произошли существенные изменения химического состава поверхностных вод, увеличилась минерализация воды в реках. Этот рост обусловлен увеличением содержания в воде многих ионов, прежде всего сульфатов, хлоридов, магния, натрия и калия. Поверхностные воды перешли из класса средней минерализации к классу повышенной (0,51–0,67 г/л). Характерным признаком изменений химического состава поверхностных вод рек Полесья является увеличение в них компонентов антропогенного происхождения, а именно: концентрации хлора, сульфатов, натрия и калия, что обуславливает гидрокарбонатно-хлоридный кальциево-магниевый тип воды.

Потенциально опасным источником загрязнения поверхностных вод рек бассейна р. Горынь и р. Случь являются дренажные воды осушительно-увлажняющих мелиоративных систем. В настоящее время осушенные земли на территории Ровенской области занимают более 391 тыс. га, что составляет 19,5 % общей земельной площади. На территории области действуют 282 гидромелиоративные системы, площадь которых колеблется в пределах от 21 га до 19,9 тыс. га.

По абсолютным показателям осушения земель выделяются Костопольский – более 52,4 тыс. га и Сарненский районы – 50,5 тыс. га. От 30 до 40 тыс. га земель осушено в Корецком, Дубровицком, Володимирецком, Заречнянском районах [24].

Более половины существующих мелиоративных систем (62,3 %) предусматривают возможность двойного регулирования влагозапасов. Особенно важное место занимают осушительно-увлажняющие системы в Острожском (96,5 % от площади осушения), Сарненском – 90,7 %, Володимирецком – 89,6 % и Ракитновском – 88,8 % районах [27].

Необходимо заметить, что на многих малых водосборах области реальные уровни осушения значительно превысили допустимые пределы, что существенно повлияло на экологическое состояние малых рек и прежде всего на химический состав их вод. Результаты исследований показывают, что дренирование почвы при увеличении площадей осушения сопровождается ростом в водах рек-водоприемников концентраций сульфатов, магния, натрия и калия. Увеличивается также минерализация воды.

Воды дренажных коллекторов и магистральных каналов, поступая в реки, приносят к ним анионы SO_4^{2-} , Cl^- и катионы Mg^{2+} , Na^+ , K^+ (табл. 20.1). При этом наиболее возрастает поступление анионов SO_4^{2-} и Cl^- . Содержание Cl^- за 1947–1995 гг. увеличилось в р. Стубла в 2,6 раза, р. Устя – 3,5 раза, р. Случь – 4 раза. Увеличение поступления названных анионов и катионов связано с применением на осушенных землях минеральных удобрений, особенно калийных.

Тенденция к увеличению в водах рек Полесья концентраций SO_4^{2-} , Cl^- , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ (при некотором уменьшении содержания HCO_3^- и Ca^{2+}) в сравнении с 1947 г. имела место до 1990 г. В 1992 г. намечается стабилизация концентраций анионов и катионов, а на период 2001 г. даже их уменьшение, что обусловлено снижением антропогенной нагрузки на агроценозы.

Таблица 20.1

Химический состав дренажных вод мелиоративной системы «Пеланивка»

Химический состав, мг/л	Вода дренажных коллекторов на торфяных грунтах			Вода магистрального канала (среднее за 1999–2000 гг.)
	1980 г.	1999 г.	2000 г.	
Ca^{2+}	77,0	69,5	72,9	67,0
Mg^{2+}	4,87	4,03	5,32	9,1
Na^+	5,21	4,83	4,64	6,02
K^+	3,32	2,42	3,68	3,02
HCO_3^-	220,0	196,2	251,1	192,6
SO_4^{2-}	50,9	37,7	39,7	32,1
Cl^-	26,9	26,7	33,3	27,2
P_2O_5	0,3	0,03	0,12	0,09
NH_4	7,1	0,27	0,89	1,02
Минерализация	395,6	341,7	411,9	338,1
pH	7,8	7,9	7,7	7,8

Влияние сельскохозяйственной освоенности (x_1), распаханности (x_2) бассейнов рек и урбанизированных территорий (x_3) на класс качества поверхностных вод (y_1, y_2) описывается уравнениями вида:

$$y_1 = 3,61 + 0,0159x_1 - 0,0054x_2 + 0,0824x_3 \quad r^2 = 0,46; \quad (20.2)$$

$$y_2 = 3,40 - 0,0454x_1 + 0,0097x_2 + 0,126x_3 \quad r^2 = 0,77; \quad (20.3)$$

где: y_1 – класс качества воды, который изменяется от 1 до 5 по методике I_E ; y_2 – класс качества воды, который изменяется от 1 до 6 по методике ИКАН.

При этом установлено, что наиболее существенное влияние на качество поверхностных вод обуславливают сельхозосвоенность и урбанизированность территорий. Полученные уравнения позволяют узнать класс качества воды без химического анализа и определений многочисленных гидрохимических показателей.

Одновременно, нами проведена оценка агроэкологического состояния сельскохозяйственных земель бассейна р. Горынь. Установлено, что в годы высокой распаханности и уровня химизации (период с 1986 по 1990 гг.) в почвах и поверхностных водах рек отмечалось максимальное содержание анионов и катионов антропогенного происхождения. Снижение уровня химической мелиорации за последнее десятилетие обуславливает проявления следующих деграционных явлений: уменьшение в почвах содержания гумуса, макро- и микроэлементов, рост кислотности, переосушения и переуплотнения почв, в отдельных бассейнах рек наблюдается загрязнение земель радионуклидами, тяжелыми металлами и пестицидами, сопровождается ухудшением качества поверхностных вод за счет поступления к ним загрязняющих веществ.

Таким образом, под влиянием хозяйственной деятельности наблюдается ухудшение качества поверхностных вод и, прежде всего, рост их минерализации, а также анионов SO_4^{2-} , Cl^- , катионов Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , тяжелых металлов и радионуклидов.

20.4. Определение уровня антропогенной нагрузки на генерализированные речные экосистемы

20.4.1. Оценка уровня антропогенной нагрузки на бассейны малых притоков р. Горынь.

Оценку уровня антропогенной нагрузки проводили на основе анализа количественных и качественных показателей оценки состояния бассейнов.

Анализ результатов расчетов по методике КАП, которая оценивает уровень преобразованности ландшафта, показал, что показатель антропогенной преобразованности ПКАП находится в пределах от 3,15 до 7,52. Реки Мосток, Стубелка, Устье, Виляя, Горинька, Жирак характеризуются высокими показателями ПКАП – 6,7–7,6 и поэтому их можно отнести к группе с сильно преобразованными ландшафтами.

Расчеты, проведенные по методикам КЕСЛ₁, КЕСЛ₂, которые количественно и качественно оценивают экологическую устойчивость ландшафта, показали, что ПКАП находится в пределах от 0,28 до 10,3; ПКАП от +0,2 до 0,85. Для рек Мосток, Стубелка, Устье, Виляя, Тростянка, Горинька, Жирак был характерен низкий показатель ПКАП₁₋₂, и эти реки можно отнести к группе с низкой устойчивостью ландшафта.

Расчеты, проведенные по методике ИПРА, показали, что бассейны рек Мосток, Стубелка, Устье, Виляя характеризуются значительными показателями ИПРА, которые находятся в пределах от 38 до 52. Их бассейны можно отнести к группе с очень нарушенным экологическим состоянием.

Реки Устье, Стубелка, канал Бенинский согласно расчетам по методике ИКАН характеризуются низкими значениями показателя П_{ИКАН} (от –2 до –0,42). Эта группа рек с очень плохим и катастрофическим экологическим состоянием. Также установлено, что для исследуемых рек наблюдается четкое совпадение количественных показателей.

Наряду с количественной нами проведена качественная оценка состояния экосистем бассейнов малых рек. Для критериев оценки состояния экосистем введен количественный показатель, который изменяется в пределах от 1 до 5. Как показали исследования, состояние бассейнов малых рек характеризуется по разным методикам от слабо преобразованных до очень сильно преобразованных, от стабильных с ярко выраженной устойчивостью до изменяющихся с ярко выраженной нестабильностью, от слабо нарушенных до очень нарушенных, от удовлетворительного до катастрофического состояния.

Корреляционные связи между количественными и качественными показателями оценки состояния экосистем бассейнов малых рек показали, что между приведенными показателями существует тесная связь: для количественных показателей $r^2 = 0,24–0,97$; для качественных показателей $r^2 = 0,75–0,97$. Поэтому, в зависимости от имеющихся исходных данных, для практических целей можно использовать каждую из упомянутых методик. Предпочтение можно отдать методике ИПРА, поскольку в ней используется база данных. Впервые по результатам качественной оценки состояния экосистем бассейнов малых рек отдельно по каждой методике проведено районирование территории бассейна р. Горынь. Пример разработанной картосхемы районирования территории бассейна р. Горынь по методике ИПРА представлен на рисунке 20.1.

Картосхемы районирования территории бассейна р. Горынь по методикам КАП, КЕСЛ₁ и КЕСЛ₂ показали, что существует тенденция ухудшения экологического состояния бассейна в направлении с севера на юг за счет увеличения процента распаханности и урбанизированности территории.

Анализ картосхем районирования по методикам ИПРА и ИКАН свидетельствует, что такие подсистемы, как использование речного стока, качество воды и радиационное загрязнение, характерное для рек северной части бассейна, находятся в критическом состоянии. Наиболее сложная экологическая ситуация сложилась в центральной части бассейна р. Горынь возле населенных пунктов Гоща, Острог, Здолбунов, Ровно, что обуславливает необходимость проведения первоочередных мероприятий по стабилизации бассейнов рек Устье, Виляя, Стубелка, Мосток.

Согласно проведенным расчетам по уровню антропогенной нагрузки предлагается разделить бассейны рек Горыни на четыре группы и выделить районы по показателям преобразованности, условиями стабильности, нарушенности и их экологическому состоянию (табл. 20.2).

Так, можно выделить следующие четыре группы рек:

- первая группа – канал Бенинский, р. Жильжанка, р. Сирец;
- вторая группа – р. Мельница, р. Вирка, р. Зульня, р. Замчиско;
- третья группа – р. Виляя, без названия, Бережанка, Тростянка, Цвитоха;
- четвертая группа – р. Устье, р. Стубелка, р. Горинька, р. Жирак, р. Полква, р. Мосток.

Таким образом, бассейны притоков р. Горынь испытывают разный уровень антропогенной нагрузки и соответственно имеют разные характеристики своего экологического состояния.

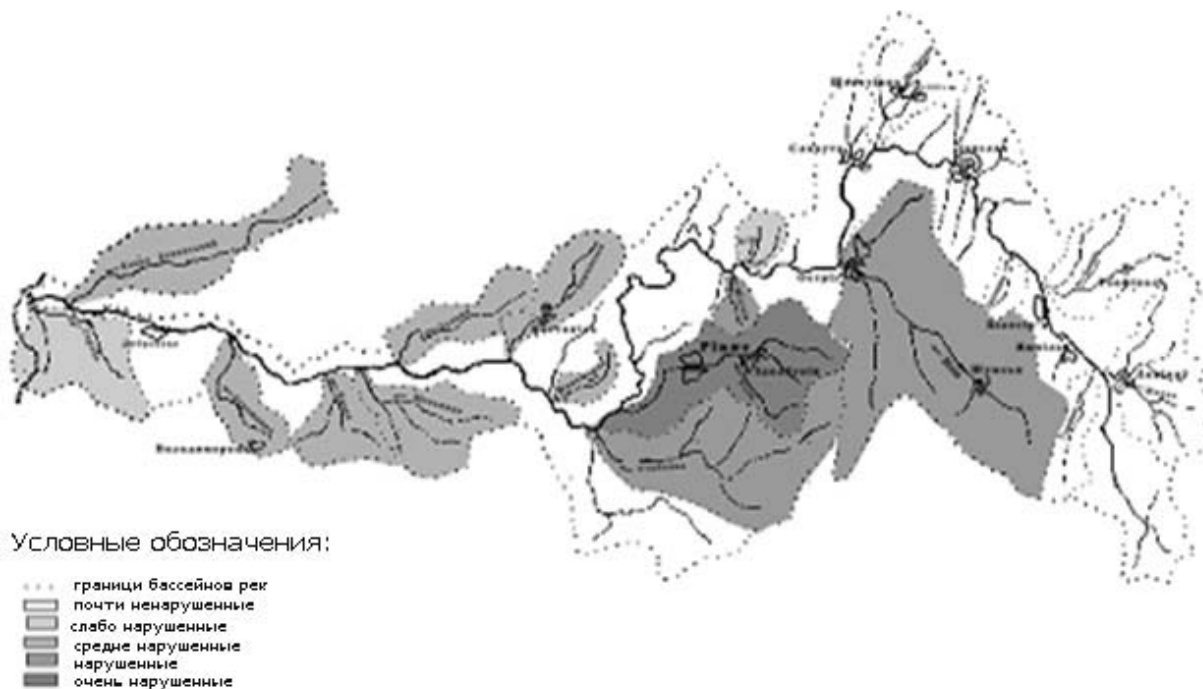


Рис. 20.1. Оценка экологического состояния бассейна р. Горынь на основании интегрального показателя уровня атропогенизации (Ie)

Таблица 20.2

Разделение бассейна р. Горынь на группы (районы) согласно качественной и количественной оценке состояния экосистемы и проведенного районирования

Экологическое состояние бассейнов рек					Группа рек	Названия рек
П _{КАП}	П _{КЕСЛ1}	П _{КЕСЛ2}	П _{ПРА}	П _{КАН}		
Очень сильно и сильно преобразованный $6,51 < P_{КАП}$	Нестабильный и нестабильный с ярко выраженной нестабильностью $0,50 < P_{КЕСЛ1} < 1,00$	нестабильный $P_{КЕСЛ2} \leq 0,39$	Нарушенный и очень нарушенный $28 < P_{ПРА} < 77,5$	Очень плохой и катастрофический $-4 < P_{КАН} < -3$	4	Устье Стубелка Мосток Горинька Жирак Полква
средне преобразованный $5,31 < P_{КАП} < 6,50$	условно стабильный $1,01 < P_{КЕСЛ1} < 3,00$	мало стабильный $0,40 < P_{КЕСЛ2} < 0,50$	средне нарушенный $18 < P_{ПРА} < 28$	удовлетворительный и плохой $-3 < P_{КАН} < 0$	3	Вилия Б/н Бережанка Тростянка Цвитоха
преобразованный $3,81 < P_{КАП} < 5,30$	стабильный $3,01 < P_{КЕСЛ1} < 4,50$	средне стабильный $0,51 < P_{КЕСЛ2} < 0,66$	слабо нарушенный $11 < P_{ПРА} < 18$	изменения незначительные $0 < P_{КАН} < 1$	2	Мельница Вирка Зульня Замчиско
слабо преобразованный $P_{КАП} < 3,80$	стабильный с ярко выраженной стабильностью $4,51 \leq P_{КЕСЛ1}$	стабильный $0,67 \leq P_{КЕСЛ2}$	почти не нарушенный $P_{ПРА} \leq 10$	хороший $1 < P_{КАН} < 3$	1	Канал Бенинский Жильжанка Сирец

20.4.2. Районирование бассейна реки Горынь. Нами была проведена оценка и проанализированы качество поверхностных вод бассейна р. Горынь. Для оценки качества поверхностных вод использована методика «Комплексная экспертная оценка экосистемы бассейнов рек» (Ie).

На основе проведенных расчетов показателя Ie нами разработана карта-схема (рис. 20.2), на которую вынесены блочные Ia, Ib, Ic и обобщенные Ie экологические индексы качества поверхностных вод в створах р. Горынь и ее основных притоках.

Расчеты показали, что для всех притоков р. Горынь характерно превышение экологического норматива (ЭН) в несколько раз. Максимальное превышение по трофо-сапробиологическим показателям характерно для рек Устье – 15,2 раза и Вилия – 5,2 раза. Превышение по показателям токсических веществ и посторонних примесей для рек: Жильжанка – 10,85 раза; Вырка – 9,45; Сырец – 9,34; Мельница – 7,8; Вилия – 5,2 раза.



Рис. 20.2. Экологическое качество поверхностных вод бассейна р. Горынь

Согласно полученным показателям класса качества воды, которые определялись по методике Ie, нами проведено районирование территории бассейна р. Горынь. Установлено, что наиболее загрязненными являются воды центральной части бассейна. Это совпадает с высоким уровнем антропогенной нагрузки, испытываемой территорией (согласно проведенному районированию по методикам КАП, КЕСЛ₁, КЕСЛ₂, ИПРА, ИКАН).

Наряду с оценкой качества поверхностных вод проведен упрощенный расчет материального баланса выноса загрязняющих веществ в р. Горынь. Расчет проводили по ионам Cl⁻, SO₄²⁻, Mg²⁺, и по микроэлементам Fe_{общ}, Zn²⁺, которые в створе р. Горынь (граница с Беларусью) превышают ЭН.

Анализ расчета показал, что наибольшее количество загрязняющих веществ в основном выносятся реки центральной части бассейна – Устья, Стубелка, Вилия. Для этих рек нужно в первую очередь проводить природоохранные мероприятия, направленные на уменьшение выноса загрязняющих веществ.

20.4.3. Трансформация ихтиоценоза малой реки под влиянием антропогенных изменений и осушительных мелиораций в бассейне р. Горынь. Мелиорация земель в зоне Полесья наряду с улучшением водно-воздушного режима и плодородия почв в корне меняет водный баланс осушаемых территорий, направленность почвообразующих процессов и в целом способствует перестройке всей системы преобразования вещества и энергии как осушаемых агроландшафтов, так и гидроэкосистем. Важнейшим следствием осушительных мелиораций является поступление в природные водные объекты дренажных вод, содержащих повышенное количество минеральных и органических соединений, что вызывает загрязнение и эвтрофикацию гидроэкосистем.

При регулировании рек ухудшаются и условия жизни рыб. Изменяя гидрологический режим водоемов, мелиорация влияет на рыбные запасы, меняет видовую структуру ихтиоценозов, нарушает нормальные условия размножения и онтогенеза рыб, приводит к трансформации размерно-весовых характеристик [28].

Так, после проведенного осушения земель Шацкого национального природного парка наблюдается исчезновение двух представителей ихтиофауны (вязь обыкновенный (*Idus idus*), налим (*Lota lota*)). Отмечено появление новых видов рыб – инвазионных – например, головешки-ротана *Percottus glenii* (Dybowski, 1877), которые заняли свои экологические ниши в тяжелых для существования аборигенной ихтиофауны условиях (мелиоративные каналы) и акклиматизированных – серебряный карась (*Carassius gibelio*), белый амур восточноазиатский (*Stenopharyngodon idella*), белый толстолобик амурский (*Hypophthalmichthys molitrix*). Также уменьшилось количество ценных промысловых видов, таких как щука *Esox lucius* (Linnaeus, 1758), речной угорь европейский, лещ обычный *Abramis brama* (Linnaeus, 1758), судак обычный *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758), сом европейский *Silurus glanis* (Linnaeus, 1758) [29].

Осушение и освоение дельты р. Неман в Литве привело к сокращению площадей нерестилищ, а уловы щуки в рукавах реки и в Куршском заливе Балтийского моря упали с 150 до 75 т в год [30].

В озере Красном, самом большом водоеме Полесья, после проведения мелиоративных работ из ихтиофауны озера выпали оксифильные виды и типичные бентофаги: лещ, язь, красноперка, налим. Рыбопродуктивность озера снизилась с 35 до 8 кг/га [31].

Детальные исследования влияния осушительных мелиораций на рыбопродуктивность озер и рек на основе обработки эмпирических материалов с применением корреляционных уравнений доказывают, что указанные факторы имеют тесную корреляционную зависимость с величинами коэффициента корреляции 0,80–0,92 [32].

Суммарным отражением специфики образа жизни рыб и индикатором состояния популяций справедливо считаются их размерно-весовые или морфометрические признаки, которые формируются в результате действия целого комплекса экологически значимых факторов среды [33, 34].

На сегодня по проблеме морфометрии рыб накоплен значительный объем литературы. Это доказывает, что вопросы, связанные с изменчивостью признаков, удобны методическими подходами при разноплановых исследованиях, в том числе при оценках влияния мелиорации на рыбные запасы.

Обычно как в естественных условиях, так и в эксперименте наблюдается снижение темпов роста при отклонениях от нормального химического состава воды [35]. Причинами снижения темпов роста при ухудшении качества воды могут быть: уменьшение количества доступной пищи, ухудшение аппетита рыб, снижение пищевой активности и способности найти и схватить жертву, снижение эффективности утилизации пищи и способности нормально превращать ее в ткани тела [36, 37].

Необходимо отметить, что влияние химических факторов на рост рыб может варьировать также по другим причинам, часть которых пока не имеет достаточного объяснения. Например, популяция чукучан (*Catostomus commersoni*) при повышенных концентрациях цинка и меди, обусловленных атмосферным осаждением, демонстрировала увеличение темпов роста и плодовитости, рыбы раньше достигали половой зрелости [38].

Изложенное обуславливает актуальность изучения морфометрической изменчивости ихтиоценоза малых рек на фоне современных изменений водотоков под влиянием многолетних осушительных мелиораций на территории бассейна р. Горынь.

Исследуемая река Замчиско относится к бассейну р. Горынь и является ее правым притоком первого порядка. Протекает река по территории Ровенской области. Длина – 43,2 км, площадь водосбора – 336 км². Река имеет один приток длиной более 10 км. Вода реки относится к гидрокарбонатно-кальциевому классу, жесткость ее составляет 3,33–3,62 мг экв./л, общая минерализация 285–340 мг/л. Климат бассейна умеренно-континентальный. Максимальная и минимальная температура воздуха соответственно равна +38 и –36 °С. Число засушливых дней составляет в среднем 22 в год. Суточный максимум осадков равен 106 мм. Средняя величина испарения – 550 мм.

20.4.3.1. Особенности формирования гидрохимического режима р. Замчиско под влиянием природных и антропогенных факторов. Мониторинг бассейна реки осуществлялся в 7 пунктах, соответствующих створам гидрохимического контроля. Средние многолетние данные гидрохимического состава воды р. Замчиско свидетельствуют о том, что максимальные значения превышают среднегодовые в 1,3–1,7 раза. Минерализация воды составляет 285 мг/дм³ (максимальные значения 427,5 мг/дм³) в середине реки и 314 мг/дм³ (максимальные значения 511,5 мг/дм³) в устье. Главные ионы представлены гидрокарбонатами, сульфатами, хлоридами, кальцием, магнием, натрием и калием. Содержание биогенных соединений невысоко – азот нитратный до 1,2 мгN/л (максимальные значения 1,8 мг /л) в устье.

Вода реки содержит 11,5–21,1 мг/л взвешенных веществ. Содержание растворенного в воде кислорода колеблется в значительных пределах: от 10,0 мг O₂/л (многолетнее среднегодовое значение в середине реки) до 4,6 мг O₂/л (наихудшее значение в устье). Среднегодовые данные свидетельствуют о том, что средний участок реки испытывает большее влияние всех загрязняющих веществ по сравнению с устьем. Токсикологическая ситуация ухудшается за счет ионов тяжелых металлов и специфических примесей, которые являются определяющими в формировании равновесия речной биоты. Так, значительное содержание имеют нефтепродукты: в средней части – 0,3 мг/дм³ (максимальные значения 1,2 мг/дм³), в устье – 0,9 (максимальные значения 1,2 мг/дм³). Ионы тяжелых металлов присутствуют по всему руслу, за исключением ионов Сг и Рb в средней части реки, где их определения не проводилось.

Антропогенное загрязнение связано с поступлением в реку значительного количества загрязняющих веществ с предприятий Костопольского промышленного узла и мелиоративных систем. Недостаточно очищенные сточные воды сбрасывают домостроительный комбинат ОАО «Костопольский ДСК», стеклозавод и государственное коммунальное предприятие (ГКП) «Костопольводоканал». Вода реки используется для промышленного водоснабжения и как водоприемник мелиоративных систем. Периодический контроль эффективности очистки производственных сточных вод в отстойнике отсутствует. За последние 10 лет объемы сброса сточных вод в реку увеличились на 108,02 т/год, или почти на 70 %.

Ретроспективная экологическая оценка качества поверхностных вод р. Замчиско по средним и наихудшим значениям показателей подтвердила, что за последние 40 лет комплексный экологический индекс (Ie) изменялся в пределах 2,5–3,14 по средним значениям и 3,0–4,32 по наихудшим значениям показателей; максимальная величина (Ie = 4,54) установлена по данным 2004 г. для створа в пределах г. Костополь – 0,5 км ниже сброса очистных сооружений ГКП «Костопольводоканал».

Наибольшее влияние на ухудшение качества поверхностных вод имеет блок специфических веществ, а именно такие элементы, как Cu, Mn и Zn, значения которых колебались в пределах 5 категории в 2004 г. и 7 категории в 2014 г., что относило качество воды к IV классу. Содержание тяжелых металлов в воде р. Замчиско представлено в таблице 20.3.

Таблица 20.3

Содержание тяжелых металлов в воде р. Замчиско
(средние / максимальные значения показателей), мг/л

Элемент	Значения					Экологический норматив*	Летальные концентрации для рыб **
	створы						
	1	2	5	6	7		
Cu	0,009 / 0,009	0,008 / 0,010	0,011 / 0,015	0,010 / 0,017	0,008 / 0,012	0,001	0,08-0,8
Zn	0,03 / 0,035	0,031 / 0,042	0,074 / 0,116	0,032 / 0,057	0,032 / 0,041	0,01	0,1-2
Co	не опр.	не опр.	не опр./	не опр.	-	0,001	15-80
Mn	0,239 / 0,413	0,195 / 0,365	0,145 / 0,260	0,213 / 0,310	-	0,05	100
Ni	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	1,0	25-55
Cd	не опр.	не опр.	не опр./0,001	не опр.	не опр.	0,001	0,2-1,1
Pb	не опр.	не опр.	не опр./0,025	не опр./0,022	не опр.	0,01	0,2-10
As	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	0,005	4, 5 г/л

Примечание: * в качестве экологического норматива принято эталонные характеристики поверхностных вод по содержанию специфических веществ токсического действия [40]; ** приведены концентрации токсичных веществ в воде для рыб и других водных животных, при которых происходит гибель гидробионтов [41].

В целом по р. Замчиско качество воды изменилось от II до IV класса только по максимальным значениям показателей, что характеризовало его переход от «хорошего» состояния в 1964 г. к «удовлетворительному» в 2004 и к «плохому» в 2014 г., а степень чистоты воды менялась соответственно в направлении «очень чистая» – «слабо загрязненная» – «загрязненная». Особенно резкий переход наблюдался по данным 1990 и 2009–2010 гг.

Сравнение величин содержания тяжелых металлов в воде реки с экологическим нормативом для поверхностных вод выявило, что содержание Cu в воде реки превышало норму во всех створах в среднем в 10 раз, содержание Zn – в среднем в 4,9 раза; Mn – в 5,6 раза, что непосредственно отражается на ухудшении качества воды.

Однако содержание ТМ в воде реки не превышало летальных концентраций для рыб, только содержание Zn (0,116 мг/л) в створе в пределах г. Костополь по максимальному значению признака достигло нижней границы критических значений (0,1 мг/л) в 2004 г. Общее содержание ТМ в организмах исследуемых видов рыб представлено в таблице 20.4.

Таблица 20.4

Общее содержание тяжелых металлов в организмах исследуемых видов рыб, мг/кг

Вид рыбы	Cu		Mn		Zn		Cd	
	М	ГДК	М	ГДК	М	ГДК	М	ГДК
<i>A. brama</i>	2,22	20,0	16,57	-	14,58	40,0	0,04	0,2
<i>R. rutilus</i>	2,1		17,28		12,76		0,05	
<i>S. erythrophthalmus</i>	2,4		15,27		20,04		0,05	
<i>P. fluviatilis</i>	2,66		18,55		17,24		0,05	
<i>E. lucius</i>	3,2		19,78		20,9		0,06	
Вид рыбы	Pb		As		Co			
	М	ГДК	М	ГДК	М			
<i>A. brama</i>	0,1	1,0	0,2	1,0	следы (кожа, хребетная кость)			
<i>R. rutilus</i>	0,09		0,16		-			
<i>S. erythrophthalmus</i>	0,08		0,17		следы (хребетная кость)			
<i>P. fluviatilis</i>	0,11		0,2		следы (кожа, жабры, хребетная кость)			
<i>E. lucius</i>	0,12		0,18		следы (чешуя, кожа, жабры, печень хребетная кость)			

Как видно из таблицы 20.4, наибольшие концентрации всех элементов были характерны для *E. lucius* (Cu 2,73±0,94; Mn 19,78±1,36; Zn 20,9±0,75; Cd 0,06±0,005; Pb 0,12±0,006; As 0,18±0,05 мг/кг). Далее следовали *P. fluviatilis* (Cu 2,02±0,61; Mn 18,55±1,11; Zn 17,24±0,61; Cd 0,05±0,005; Pb 0,11±0,005; As 0,2±0,05 мг/кг) и *A. brama* (Cu 1,93±0,62; Mn 16,57±1,05; Zn 14,58±0,49; Cd 0,04±0,004; Pb 0,1±0,005; As 0,2±0,05 мг/кг). Наименьшее содержание ТМ было выявлено в организме *S. erythrophthalmus*, за исключением содержания цинка (Cu 1,91±0,054; Mn 15,27±1,32; Zn 20,04±0,57; Cd 0,05±0,006; Pb 0,08±0,004; As 0,17±0,05 мг/кг) и *R. rutilus* (Cu 1,74±0,45; Mn 17,28±1,15; Zn 12,76±0,49; Cd 0,05±0,005; Pb 0,09±0,005; As 0,16±0,005 мг/кг).

Среди семи исследуемых элементов ТМ по числовому выражению наибольшие концентрации в организмах рыб были характерны для Mn (от 15,27±1,32 до 19,78±1,36 мг/кг) и Zn (от 12,76±0,49 до 20,9±0,75 мг/кг). Несколько меньшими были концентрации Cu (от 2,1±0,45 до 3,2±0,94 мг/кг). Еще более малыми оказались концентрации As (от 0,16±0,005 до 0,2±0,05).

Концентрации Pb и Cd имели значения от 0,08±0,004 до 0,12±0,006 и от 0,04±0,004 до 0,06±0,004 мг/кг соответственно. За порогом чувствительности определения было содержание Co в организме плотвы, у остальных видов рыб выявлены следы данного элемента в отдельных органах. По степени накопления в тканях разных частей тела рыб: хребтовая кость > кожа > жабры > печень > чешуя > мышцы. По чувствительности к влиянию ТМ, виды рыб располагались в следующий ряд: *E. lucius* > *P. fluviatilis* > *S. erythrophthalmus* > *A. brama* > *R. rutilus*.

20.4.3.2. Изменения видового разнообразия ихтиоценоза реки. Согласно нашим наблюдениям ихтиопопуляции р. Замчиско в 2003–2006 гг. были представлены небольшой численностью ценных (сом, щука, окунь, лещ) и большей численностью малоценных видов рыбы (красноперка, плотва, верховодка): соответственно 41 и 59 % в общих уловах. В этот период было обнаружено 10 видов, входящих в 5 семейств и объединенных 3 отрядами. В 2010–2014 гг. соотношение ценных и малоценных видов составило в общих уловах соответственно 27 и 73 % (рис. 20.3). Однако общее количество видов в последние годы увеличилось до 11 представителей, входящих в 6 семейств и объединенных 3 отрядами [38].

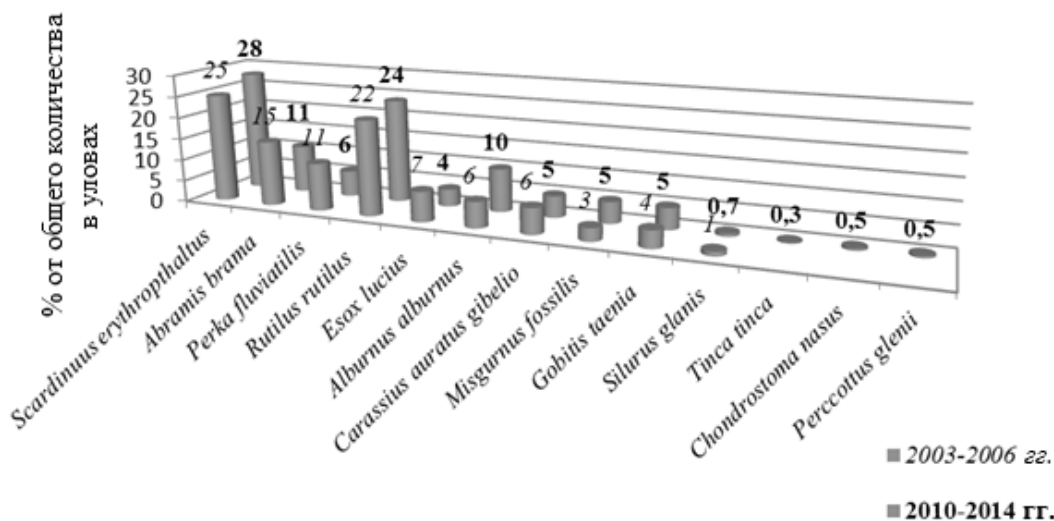


Рис. 20.3. Видовое разнообразие ихтиоценоза р. Замчиско в проведенных контрольных ловах в разные периоды исследований

За оба периода наблюдений среди карпообразных (*Cypriniformes*) наибольшее количество видов было характерным для семейства карповых (*Cyprinidae*): красноперка *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758), плотва *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), карась серебристый *Carassius auratus gibelio* (Linnaeus, 1758), верховодка *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758) и лещ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758). Семейство вьюновые (*Misgurnus*) было представлено видами: щиповка обыкновенная *Gobitis taenia* (s.l.) Linnaeus, 1758 и вьюн *Misgurnus fossilis* (Linnaeus, 1758). Сомовые (*Siluridae*) были представлены видом сом европейский *Silurus glanis* (Linnaeus, 1758). Окунеобразные (*Perciformes*) представлены окуневыми (*Percidae*), в частности видом окунь речной *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758). Щукообразные (*Esociformes*) представлены щуковыми (*Esocidae*), видом щука обыкновенная *Esox lucius* (Linnaeus, 1758).

Обращает на себя внимание появление в уловах 2010–2014 гг. новых видов: из семейства *Cyprinidae* – линь *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758) и подуст обыкновенный *Chondrostoma nasus* (Linnaeus, 1758); из семейства головешковые (*Eleotirdae*) – бычок-ротан *Percottus glenii* (Dybowsky, 1877). Об-

яснить факт появления *Tinca tinca* (L.) мы несколько затрудняемся, поскольку данный вид, являясь чувствительным, выпадает из гидроэкосистем в случае их существенного загрязнения [36]. Можно лишь предположить, что и в период 2003–2006 гг. данный вид все же присутствовал среди ихтиофауны реки, а его сохранение в теперешних условиях есть не что иное, как проявление механизмов биологической адаптации вида. Особо следует отметить появление инвазийного вида *Perccottus glenii* (D.), который способен вытеснять из состава ихтиофауны ценные виды хищников, тем самым обедняя видовое разнообразие гидроэкосистем [37].

В целом, такой сравнительно ограниченный видовой состав естественного ихтиоценоза реки обеспечивает ее общую рыбопродуктивность в среднем за последнее десятилетие около 5 кг/га.

20.4.3.3. *Изменчивость размерно-весовых характеристик ихтиоценоза.* Отбор ихтиологических проб позволил осуществить морфометрический анализ некоторых представителей ихтиофауны, обитающей в водах р. Замчиско. Согласно методике [35] морфометрическая характеристика проводилась по 8 линейно-весовым признакам, средние значения которых отдельно для каждого вида за соответствующие периоды наблюдений представлены в таблице 20.5.

Таблица 20.5

Морфометрический анализ природных группировок рыб малой реки (в числителе данные за период 2003–2006 гг.; в знаменателе данные за период 2010–2014 гг.)

Признак*	Вид рыб														
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>			<i>Perca fluviatilis</i>			<i>Rutilus rutilus</i>			<i>Abramis brama</i>			<i>Esox lucius</i>		
	<i>M</i>	$\pm m$	<i>C_v</i>	<i>M</i>	$\pm m$	<i>C_v</i>	<i>M</i>	$\pm m$	<i>C_v</i>	<i>M</i>	$\pm m$	<i>C_v</i>	<i>M</i>	$\pm m$	<i>C_v</i>
<i>m</i>	122,09	11,22	51,02	256,8	21,11	47,23	76,16	8,07	59,02	345,27	32,57	55,19	861,97	52,20	33,17
	114,70	10,83	43,70	222,52	25,61	56,38	73,07	8,39	53,84	334,33	35,66	52,26	895,25	58,76	32,15
<i>ce</i>	185,09	6,95	20,91	261,2	6,21	13,23	181,19	6,43	19,76	251,06	3,97	9,09	480,39	14,89	16,98
	121,00	9,83	36,11	253,36	7,95	15,38	180,14	7,03	18,31	253,73	3,91	7,55	505,81	19,63	19,01
<i>ac</i>	165,41	6,25	21,04	251,91	6,12	14,17	160,41	5,3	8,39	227,82	3,37	8,50	454,36	14,34	17,29
	109,95	7,51	30,53	244,32	7,88	15,79	159,64	5,65	16,61	223,53	3,81	7,36	480,38	16,37	16,69
<i>cd</i>	155,28	6,4	22,95	224,71	5,31	13,78	147,97	5,49	20,69	221,27	3,43	8,91	426,23	13,49	7,34
	100,76	7,19	31,9	218,44	6,91	15,49	147,43	5,99	19,02	199,78	4,01	9,07	439,0	15,08	16,82
<i>no</i>	7,78	0,17	12,3	13,6	0,39	17,03	8,53	0,19	12,7	9,12	0,29	18,5	18,4	0,41	11,94
	7,74	0,08	4,56	10,4	1,01	20,10	8,11	0,08	13,2	8,42	0,20	19,01	19,0	0,23	17,4
<i>cp</i>	32,88	1,21	20,55	70,83	2,51	20,62	34,09	1,10	17,99	43,12	0,74	9,84	116,52	1,82	8,54
	22,43	2,05	40,95	69,96	2,46	17,22	32,71	1,17	16,75	41,40	0,68	7,99	118,31	1,73	7,57
<i>gh</i>	54,28	2,72	27,78	67	1,85	16,07	49,56	2,15	24,18	104,56	2,45	13,45	78,45	1,37	9,6
	40,91	3,10	34,77	64,72	2,35	17,82	47,79	2,29	22,49	99,60	2,04	10,03	80,44	1,48	8,98
<i>ik</i>	14,66	0,69	26,26	20,26	0,84	24,19	14,22	0,57	22,22	27,76	0,44	9,00	28,48	0,97	18,73
	11,85	1,15	42,17	19,64	1,07	26,61	14,00	0,64	21,54	25,00	0,88	17,24	30,50	0,95	15,29

Примечания: * *m* – масса рыбы, г; *ce* – длина всего тела (зоологическая длина), мм; *ac* – длина рыбы от конца рыла до конца средних лучей хвостового плавника (длина по Смитту), мм; *cd* – длина тела (без хвостового плавника), мм; *no* – диаметр глаза (горизонтальный), мм; *cp* – длина головы, мм; *gh* – наибольшая высота тела, мм; *ik* – наименьшая высота тела (высота хвостового стебля), мм.

Анализ таблицы позволяет отметить, что в оба периода, почти по всем признакам для всех видов была характерна их высокая изменчивость ($C_v > 10$) [8]. Без сомнений, это свидетельствует о разновозрастном составе популяций и их определенной сформированности [2, 4, 8]. Четких закономерностей по варибельности отдельных признаков у разных видов нами обнаружено не было. В период 2003–2006 гг. самая высокая изменчивость была обнаружена по массе тела рыб, несколько меньше (кроме *A. brama*) – по высоте тела (наибольшей или наименьшей). Изменчивость других признаков за этот период расположилась в такой последовательности: длина тела (полная, по Смитту, малая) – длина головы (кроме *E. lucius* и *A. brama*) – диаметр глаза. В период 2010–2014 гг. наиболее заметная варибельность также была характерна для массы тела рыб и высоты тела (для *S. erythrophthalmus*, *P. fluviatilis*, *A. brama* и *E. lucius* – наименьшая, для *R. rutilus* – наибольшая). Далее шли длина тела (для *S. erythrophthalmus* – зоологическая, для *P. fluviatilis* – по Смитту, для *R. rutilus* – длина тела без хвостового плавника) и диаметр глаза (для *A. brama* и *E. lucius*). Также следует отметить, что варибельность признаков была значительно меньше для каждой отдельной из возрастных групп представленных выборок.

Таким образом, отмечается изменение диапазонов варибельности по разным признакам в пределах отдельных видов. Поскольку численность морфологически оцененных представителей отдельных видов в оба периода составляла не меньше 25–37 экз. (что есть условие для оценки малых выбо-

рок), считаем справедливым отметить, что изменение вариабельности признаков является результатом изменений экологического статуса гидроэкосистемы.

Кроме того, анализ средних значений выборок по отдельным морфологическим признакам позволяет отметить уменьшение их величин для всех видов рыб, за исключением щуки. Так, масса тела рыб (*m*) за рассматриваемый период уменьшилась в среднем на 15,9 % для *S. erythrophthalmus*, на 13,3 % для *P. fluviatilis*, на 4,06 % для *R. rutilus* и на 3,17 % для *A. brama*. У вида *E. lucius*, наоборот, зафиксировано увеличение *m* более чем на 3 %.

Уменьшение средних значений зоологической длины (*ce*) представителей ихтиофауны реки составило для *S. erythrophthalmus* 33,5 %, для *P. fluviatilis* 3 % и *R. rutilus* 0,58 %. Для видов *A. brama* и *E. lucius* средние значения *ce* увеличились соответственно на 1,06 и 5,29 %.

Средние значения длины по Смитту (*ac*) уменьшились для *S. erythrophthalmus* на 33,53 %, для *P. fluviatilis* на 3,01, для *R. rutilus* на 0,48 % и для *A. brama* на 1,88 %. Для вида *E. lucius* признак *ac* увеличился на 5,73 %. Средние значения длины рыбы без хвоста (*cd*) уменьшились соответственно на 35,11 %, 2,79, 0,36 и 9,71 %. Этот же признак у *E. lucius* увеличился почти на 3 %.

Диаметр глаза рыб (*no*) и длина головы (*cp*) также характеризовались уменьшением средних величин. Их снижение соответственно имело значения 0,51 и 31,78 % для *Scardinius erythrophthalmus*; 23,52 и 1,23 % для *P. fluviatilis*; 4,92 и 4,05 % для *R. rutilus*; 7,68 и 3,99 % для *A. brama*. У вида *E. lucius* отмечено увеличение средних значений *no* и *cp* соответственно на 3,26 и 1,54 %.

За анализируемый период испытали уменьшение средних значений выборок и такие морфологические признаки, как наибольшая (*gh*) и наименьшая (*ik*) высота тела рыб. Их изменения зафиксированы соответственно на уровне: 24,63 и 19,17 % для *S. erythrophthalmus*; 4,15 и 3,06 % для *P. fluviatilis*; 3,57 и 1,55 % для *R. rutilus*; 4,74 и 9,94 % для *A. brama*. Морфологические признаки *gh* и *ik* для *E. lucius* увеличились соответственно на 2,54 и 7,09 %.

Заметное увеличение средних морфологических признаков *E. Lucius* за последние годы исследований, возможно, объясняется относительной устойчивостью данного вида к неблагоприятным условиям, а также положением на верхушке трофической цепи гидроэкосистемы. Кроме того, можно допустить, что происходит действие стабилизирующего отбора, который поддерживает определенную устойчивость данного вида.

Подводя итоги приведенных результатов многолетних наблюдений за гидроэкосистемой малой реки, можно заключить следующее:

- анализ условий формирования гидрохимического режима малой реки Замчиско позволяет выделить здесь первоочередное влияние антропогенного загрязнения, которое связано с поступлением в реку загрязняющих веществ со стоками урбанизированных территорий и дренажных мелиоративных систем бассейна;

- качество поверхностных вод изменилось от II до IV класса, что характеризовало переход от хорошего состояния в 1964 г. к плохому в 2014 г., а степень чистоты воды – от «очень чистой» к «загрязненной». Максимальные значения, которые представляли высшую категорию в классификации качества воды, были характерны для показателей трофо-сапробиологического блока на фоне сохранения повышенных значений показателей блока специфических веществ токсического действия;

- по чувствительности к воздействию ВМ виды рыб расположились в следующий ряд: *E. Lucius* > *P. Fluviatilis* > *S. Erythrophthalmus* > *A. Brama* > *R. rutilus*. По степени накопления в тканях различных частей тела рыб: позвоночная кость > кожа > жабры > печень > чешуя > мышцы;

- на современном этапе в гидроэкосистеме отмечается увеличение общего количества видов рыб при преобладании малоценных представителей ихтиофауны, а именно видов, наиболее приспособленных к неблагоприятным экологическим условиям;

- сохранение высокой вариабельности морфологических признаков исследованных видов рыб свидетельствует об относительной сформированности их нерестовых популяций, хотя появление инвазивного вида представляет угрозу для видового разнообразия ихтиоценоза реки;

- динамика средних значений размерно-весовых характеристик рыб свидетельствует об уменьшении их основных морфометрических признаков, что, несомненно, соответствует определенному уровню негативных изменений в гидроэкосистеме.

Отделить долю влияния на ихтиоценоз реки именно осушительных мелиораций, имеющих место в пределах бассейна, довольно сложная задача, ведь в реальных условиях гидроэкосистемы имеют многофакторный характер изменений как в течение времени, так и на разных участках акватории. Не вызывает сомнения факт, что в условиях современных природных и антропогенных изменений водоемов изучение особенностей влияния мелиорации на их гидрохимический и гидробиологический режим с позиций состояния и функционирования экосистем вызывает научный интерес и имеет практическое значение.

20.5. Оценка эффективности внедрения природоохранных мероприятий по реабилитации нарушенных речных экосистем

Согласно разделу рек на четыре группы (районы) нами предложены следующие водоохранные мероприятия: лесомелиоративные, агротехнические, гидротехнические и организационно-хозяйственные. Анализ предложенных агротехнических и лесомелиоративных мероприятий показал, что все реки преимущественно требуют увеличения лесистости, расширения площадей посевов под многолетними травами и залужения эродированных земель. Наиболее капиталоемкими являются 4 и 3 группы рек, для которых общая сумма проведения предложенных мероприятий соответственно составляет 0,8244 и 1,048 400 грн., 2 группа – 0,0505 млн грн., 1 группа – 0,0055 млн грн.

Анализ предложенных гидротехнических мероприятий показал, что бассейны 4 и 3 группы рек требуют проведения мероприятий по расчистке русла от водных растений, залужению и реконструкции прудов. Наряду с этим все реки, в зависимости от состояния водоемов, требуют проведения компенсационных водоохранных мероприятий по восстановлению речных экосистем.

Одним из главных среди водоохранных мероприятий является создание водоохранных зон в бассейнах притоков р. Горынь. Так, 4 группа рек требует создания водоохранных зон площадью 152 га, 3 группа – 146 га, 2 группа – 10 га, 1 группа – 130 га.

В бассейнах рек – притоков р. Горынь нужно увеличить площадь заповедных объектов до 12 % от общей площади бассейна. Эти меры обеспечат защиту источников и водотоков от загрязнения и будут способствовать восстановлению качества воды.

Для улучшения агроэкологического состояния сельскохозяйственных земель бассейна необходимо принять меры с целью повышения содержания гумуса за счет увеличения доли посевов многолетних трав в севооборотах, сидератов, внесения сапропеля. Необходимо также провести известкование кислых почв, улучшить их водно-физические и агрохимические свойства.

В бассейне р. Горынь остро стоит проблема очистки сточных вод различных отраслей народного хозяйства. Особенно это касается рек центральной и южной части бассейна р. Горынь – Устья, Стубелки, Вилии, Замчиско, Жирак, Полквы, Цвитохи. Подробно описаны запроектированы мероприятия по снижению загрязнения поверхностных вод р. Горынь и ее притоков. Эти меры направлены на улучшение работы очистных сооружений, их модернизацию и внедрение новейших технологий. Рассматриваются и меры по восстановлению подземных вод и сохранения их качества.

Таким образом, за последние 40–50 лет под влиянием природных и антропогенных факторов происходит ускоренная деградация речной сети, которая составляет 1–1,5 м/год. Наблюдается ухудшение гидрологической и гидроэкологической ситуации и экологического состояния бассейна р. Горынь.

Анализ хозяйственной деятельности (сельскохозяйственной освоенности, распаханности, урбанизированности территории бассейнов рек) на качество поверхностных вод показал, что между введенными показателями существует тесная связь $r^2 = 0,46–0,77$. Самый высокий уровень зависимости, который описывается многофакторным линейным уравнением, установлен для показателей наличия в бассейнах урбанизированных территорий и сельхозосвоенности. Полученные уравнения зависимости рекомендуется использовать для определения класса качества воды без химического анализа и определений многочисленных гидрохимических показателей.

Оценка качества поверхностных вод по интегральному экологическому индексу и анализ проведенного районирования показали, что наиболее загрязненные реки центральной части бассейна р. Горынь. Максимальное превышение ЭН по трофо-сапробиологическим и показателям токсичных веществ и посторонних примесей характерно для рек Устья, Жильжанка, Вырка, Сирец, Мельница, Вилия (5,2–15,2 раза). Установлено: наиболее загрязненными оказались воды центральной части бассейна р. Горынь, что совпадает с высоким уровнем их антропогенной нагрузки, которую испытывает эта территория (согласно проведенному районированию по методикам КАП, КЕСЛ₁, КЕСЛ₂, ИПРА, ИКАН).

На современном этапе в гидроэкосистемах отмечается увеличение общего количества видов рыб при преобладании малоценных представителей ихтиофауны, а именно видов, наиболее приспособленных к неблагоприятным экологическим условиям. Сохранение высокой вариабельности морфологических признаков исследованных видов рыб свидетельствует об относительной сформированности их нерестовых популяций, хотя появление инвазивного вида представляет угрозу для видового разнообразия ихтиоценоза реки.

Динамика средних значений размерно-весовых характеристик рыб свидетельствует об уменьшении их основных морфометрических признаков, что, несомненно, соответствует определенному уровню негативных изменений в гидроэкосистемах.

Литература

1. Пелешенко В. И., Закревский Д. В., Снежко С. И. Исследование условий формирования стока химических компонентов в бассейне малой реки (Мелиорация и водное хозяйство). – Киев, 1975. – 55 с.
2. Горев Л., Яцюк М. Теоретично-методологічні аспекти гідрохімічного режиму в умовах техногенезу // Водне господарство України. – 1997. – № 3. – С. 2–4.
3. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем. – Рівне: Волинські береги, 1999. – Т. 1. – 347 с.
4. Будз М. Д., Корбутяк М. В., Коротун І. М. Географо-гідрологічні аспекти формування стоку малих річок в умовах інтенсивного освоєння водозборів // Проблеми географії України. – Львів, 1994. – С. 190–191.
5. Мольчак Я. О. Рациональне використання малих річок Волині, їх охорона й оцінка якості води // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – Київ, 2001. – С. 483–488.
6. Вернадский В. И. Живое вещество. – М.: Наука, 1976. – 358 с.
7. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. – М.: Наука, 1989. – 261 с.
8. Вернадский В. И. Начало и вечность жизни. – М.: Советская Россия, 1989. – 704 с.
9. Алейкин О. А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
10. Яцик А. В. Экологические основы рационального водопользования. – Киев: Генеза, 1997. – 640 с.
11. Будз М. Д., Корбутяк М. В., Коротун І. М. Географо-гідрологічні аспекти формування стоку малих річок в умовах інтенсивного освоєння водозборів // Проблеми географії України. – Львів, 1994. – С. 190–191.
12. Герасимчук З. В., Мольчак Я. О., Хвесик М. А. Еколого-економічні основи водокористування в Україні : навчальний посібник. – Луцьк: Надстир'я, 2000. – 364 с.
13. Васенко О. Г. Оцінка динаміки якості поверхневих вод басейну р. Дніпро // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – Київ, 1996. – 130 с.
14. Грищенко Ю. М. Комплексне використання та охорона водних ресурсів : навчальний посібник. – Рівне: УДАВГ, 1997. – 200 с.
15. Будз М. Д. Особенности формирования стока на осушаемых землях Украинского Полесья // Мелиорация и водное хозяйство. – Вып. 65. – С. 13–16.
16. Корбутяк М. В., Зусанский Н. Б. Определение максимальных среднесуточных расходов воды весеннего половодья с учетом влияния мелиоративных мероприятий // Мелиорация и водное хозяйство. – 1981. – Вып. 51. – С. 33–35.
17. Будз М. Д. Особенности формирования стока на осушаемых землях Западной части Украинского Полесья // Проблеми мелиоративної географії Прип'ятського Полесья. – Л.: Изд-во АН СССР, 1987. – С. 22–26.
18. Водогрецький В. Е. Антропогенне изменение стока малых рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 176 с.
19. Мокляк В. И., Зусанский Н. Б. Основы определения влияния осушительных мелиораций на сток весенних половодий методом численного эксперимента // Преобразование водного баланса под влиянием хозяйственной деятельности. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – С. 49–52.
20. Новосад Я. А. Районирование территории западной части Украинского Полесья по условиям формирования минимального стока малых рек // Метеорология, климатология и гидрология. – Киев ; Одесса: Выща школа, 1981. – Вып. 17. – С. 31–35.
21. Новосад Я. А. Антропогенные факторы и оценка их влияния на минимальный сток // Проблеми мелиоративної географії Прип'ятського Полесья. – Л.: Изд-во АН СССР, 1987. – С. 35–46.
22. Сорокин В. Г. Влияние осушительных мелиораций на сток наносов и заиление водотоков // Республиканская конференция : тез. докл. – Ровно, 1987. – Ч. 1. – С. 33–34.
23. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2000 р. / під ред. М. Біляшівський. – Київ: Преса України, 2001. – 184 с.
24. Доповідь про стан навколишнього природного середовища у Рівненській області у 1999 р / Держуправл. екоресурсів у Рівненській обл. – Рівне, 2000. – 207 с.
25. Довкілля Хмельниччини / Держуправл. екоресурсів у Хмельницькій обл. – Хмельницький, 2001. – 77 с.
26. Сніжко С. І., Орлов О. О. Гідрохімія та радіогеохімія річок і боліт Житомирської області. – Житомир: Волинь, 2002. – 262 с.
27. Коротун І. М., Коротун Л. К. Географія Рівненської області. – Рівне, 1996. – 271 с.
28. Гриб Й. В. Концепція локального вибуху в прісноводних екосистемах // Екологія та ноосферологія. – 2014. – Т. 25. – № 1–2. – С. 136–148.
29. Вплив зниження рівня ґрунтових вод на іхтіофауну озерних екосистем Шацького національного природного парку / В. К. Бігун [та ін.] // Природа Західного Полісся та прилеглих територій. – Розд. II. Біологія. – 2012. – № 9. – С. 201–208.
30. Лазарева Н. Н. Динамика ландшафтов дельты Немана в субатлантике // Вестник Рос. гос. ун-та им. И. Канта. – 2006. – № 1. – С. 14–19.
31. Романовский Ч. А., Соболев Ю. А., Кабыш С. В. Оценка изменения водной и околоводной флоры и фауны в Полесье в результате мелиоративных мероприятий // Методол. экол. нормирование : тез. докл. Всесоюз. конф. (Харьков, 16–20 апр., 1990). – Ч. 2. – Секц. 3. – Харьков, 1990. – С. 60–61.

32. Антоновский А. Г., Демченко В. А., Сурядная Н. Н. Перспективы использования характеристик особей, популяций и сообществ рыб в системе биоиндикации качества воды и состояния гидроекосистем // Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. – 2008. – № 1. – С. 23–28 .
33. Гончаренко Н. І. Біоіндикація водного середовища на іхтіологічному матеріалі. Коефіцієнт варіації показників // Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології. – Канів, 2008. – С. 43–45.
34. Дгебуадзе Ю. Ю. Экологические закономерности изменчивости роста рыб. – М.: Наука, 2001. – 276 с.
35. Шерман И. М., Пилипенко Ю. В. Ихтиологический русско-украинский толковый словарь. Ихтіологічний російсько-український тлумачний словник. – Київ: Видавничий дім «Альтернативи», 1999. – 272 с.
36. Демченко В. О. Теоретичні та практичні аспекти проблеми використання рыб як індикаторів стану гідро екосистем (на прикладі Азовського моря) / Наук. зап. Терноп. нац. пед. 30 ун-ту. – Сер. Біол. – 2011. – № 2 (47). – С. 43–47.
37. Munkittrick K. R., Dixon D. G. A holistic approach to ecosystem health assessment using fish population characteristics // Hydrobiology. – 1989. – № 88/89. – P. 123–135.
38. Никольский Г. В. Частная ихтиология. – М. : Высш. школа, 1971. – 472 с.
39. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 374 с.
40. Мольчак Я. О. Рациональне використання малих річок Волині, їх охорона й оцінка якості води // Гідрорологія, гідрохімія і гідроекологія. – Київ, 2001. – С. 483–488.
41. Водная токсикология / В. В. Метелев [и др.]. – М.: Колос, 1971. – 247 с.
42. Хавезов В., Цалиев Д. Атомно-абсорбционный анализ. – Л.: Химия, 1983. – 144 с.

Глава 21. ОЦЕНКА МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕСЬЯ (НА ПРИМЕРЕ РОВЕНСКОЙ ОБЛАСТИ)

21.1. Основные понятия о медико-экологическом риске

Мелиорация Полесья значительно изменяет не только состояние естественных ландшафтов, предопределяет появление и развитие новых промышленных предприятий, но и в значительной мере влияет на условия жизнедеятельности населения. Проведение комплекса широкомасштабных мелиораций в значительной мере улучшило социально-экономические показатели на данных территориях, разрешило создать для населения новые зоны рекреации, что имело большое значение для восстановления здоровья, причем не только местного населения. Однако в современных условиях ускорение динамики техногенной нагрузки на естественные экосистемы остро ставит вопрос научного обеспечения первоочередных мероприятий по стабилизации социально-экологического состояния зоны Полесья Украины и обоснование региональной политики развития и внедрения этих предложений. В связи с этим особую актуальность приобретают широкомасштабные географические исследования экологических рисков территории, которые предопределяют состояние здоровья населения. Изучение медико-экологических рисков территории разрешает установить место конкретного фактора влияния в ранговой шкале, предопределить их возникновение и развитие, определить степень влияния на формирование здоровья населения. Поэтому определение медико-экологического риска, которое базируется на результатах эколого-географического анализа территории, является актуальным вопросом, имеет теоретическое и практическое значение [1].

Цель и задачи данного исследования заключаются в оценивании медико-экологического риска отдельных территорий административных единиц с учетом влияния совокупности как естественных так и антропогенных факторов, которые присущи объекту исследования.

Объектом данного исследования является система «окружающая среда – здоровье человека» в пределах территории Ровенской области.

Из-за того, что болезнь существует в пространстве в пределах определенной естественной системы, для выяснения причин ее возникновения и распространения есть необходимость применения показателей экологического состояния окружающей среды. Болезнь и ее пространственное распространение не могут быть обусловлены действием одного фактора, отсюда – обоснованность многофакторной этиологии и множественной причинности. Это многообразие связей отбивается в ряде разработанных географами моделей – таких, например, как ТАЕС – территориальная антропо-экологическая система (Е. Л. Райх, 1989) или ТМЕС – территориальная медико-экологическая система (А. А. Келлер, 1991) [2].

Выбор объекта исследования обусловлен отрицательной прогрессирующей динамикой состояния здоровья населения области. Ровенская область характеризуется специфической медико-демографической и эколого-радиологической ситуацией, которая возникла после Чернобыльской катастрофы, вследствие чего особенно пострадали северные районы области [3]. Это определяет то, что в направлении от Малого Полесья к северным границам области, при улучшении показателей естественного состояния отдельных территорий заметно ухудшаются радиологические показатели [4]. Одновременно отмечается изменение и медико-демографической ситуации, особенно в последние десятилетия [5].

Предметом исследования являются медико-экологические аспекты здоровья населения. Исследованы закономерности формирования здоровья населения в пространственно-временном измерении с учетом влияния на него факторов окружающей среды.

Риск – это специфическое объединение условий, неблагоприятных влияний и обстоятельств, которые значительно увеличивают возможность потери здоровья, возникновение рецидивов и прогрессирование болезни. Комплекс этих факторов формирует медико-экологический риск. Риск содержит в себе неуверенность, нестабильность процесса, явления. Для практики важно то, чтобы медико-экологический риск был контролируемым, поэтому есть необходимость установить методы его оценки, определить конкретные показатели, которые бы отображали меру опасности и нестабильности, так как разнообразные явления, процессы и связи между ними в территориальных системах «население – среда» обусловлены сложными по смыслу причинно-следственными связями и включают как внутренние, так и внешние причины. Многообразие разнородных факторов предопределяет возможность реализации разных вариантов следствий. Характер реальных следствий зависит от того, какой тип причинных связей стал доминирующим в каждом конкретном случае.

Медико-экологический риск – это уровень неопределенности, связанный с изменением здоровья в конкретных пространственно-временных координатах вследствие интегрального влияния окружающей среды.

Известно много попыток оценить пространственную обусловленность общественного здоровья и отдельных болезней. Значительное количество работ посвящено поиску интегральных показателей здоровья населения, разработке оптимальных методических приемов его оценки. Весомый вклад в данном направлении сделали: А. П. Авцин, В. О. Барановский, О. Г. Воронов, Е. И. Игнатьев, В. М. Гуцуляк, И. И. Даценко, А. А. Келлер, В. М. Пашенко, А. Г. Попов, Б. Б. Прохоров, Е. Л. Райх, С. В. Рященко, И. А. Хлебович, В. О. Шевченко, Л. Т. Шевчук, О. О. Шошин и другие [6].

На сегодня остается нерешенным вопрос оценки влияния экологического состояния территории на уровень распространенности нозологий разной этиологии.

21.2. Методика оценки медико-экологического риска территории

Нами разработана модель оценки медико-экологического риска территории, которая базируется на использовании методов картографического моделирования, регрессионного и корреляционного анализа между факторами состояния окружающей среды и показателями уровня возникновения заболеваний.

Прежде всего проводится анализ современного состояния территории по разработанному нами алгоритму (рис. 21.1) соответственно созданной базе данных показателей, которые характеризуют экологическое состояние и медико-демографические показатели определенной территории.

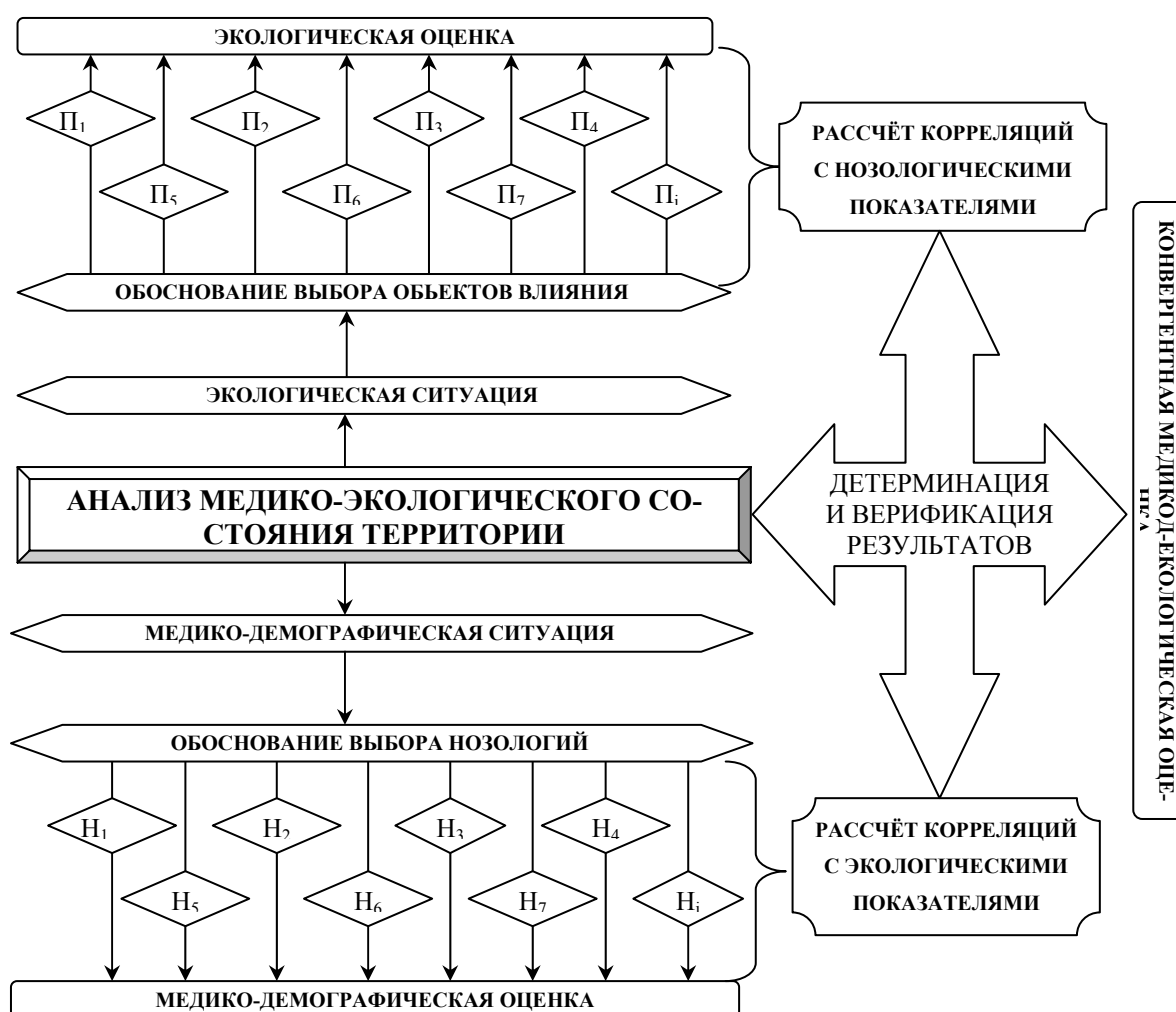


Рис. 21.1. Алгоритм выбора показателей для исследования медико-экологического риска территории

Основная задача достижения безопасного для здоровья человека состояния окружающей среды и разработки комплекса мероприятий по последовательному снижению рисков – определение основных показателей влияния. Важно установить, какие факторы окружающей среды могут быть использованы при проверке гипотез происхождения и характера распространения заболевания и первичной заболеваемости.

Анализ особенностей распространения отдельных заболеваний населения, а также условий его жизни и деятельности проводился с применением сравнительного географического метода, сопряжен-

ного картографирования и выявления эмпирических зависимостей. Для статистического учета медико-демографических показателей использована Международная классификация болезней (МКБ-10).

Данная методика предусматривает применение базы данных изменений показателей отдельных территорий с учетом временных изменений (рис. 21.2).



Рис. 21.2. Алгоритм медико-экологической оценки территории

Этапы проведения эколого-географических и медико-географических исследований включают:

- установление задачи исследований и обоснование наиболее важных факторов, которые определяют дальнейшие исследования;

- сбор сведений и обработку информационных источников о состоянии изученности вопросов, которые исследуются;

- разработку концептуальной модели проведения исследований;

- выбор исходных данных, единицы измерения показателей, исследовательских приемов;

- сбор, обработку информации, формирование базы данных;

- математическую обработку данных и верификацию модели;

- заключительный этап – медико-географическая оценка территории, разработка картографического материала, медико-географическое районирование и ранжирование территории, обоснование комплекса мероприятий.

Оценка медико-демографического состояния проводится с применением системы оценок, которая создается по принципу относительных показателей при сравнении значений на разных территориальных участках (по географическому принципу). Эта система может быть включена в комплекс из определения интегрального показателя экологического риска отдельных географических территорий (рейтинговая оценка районов в составе области). Для оценки медико-демографического состояния предложено применять разработанный алгоритм действий, который определяется независимо от территории исследований и может считаться универсальным (рис. 21.3).

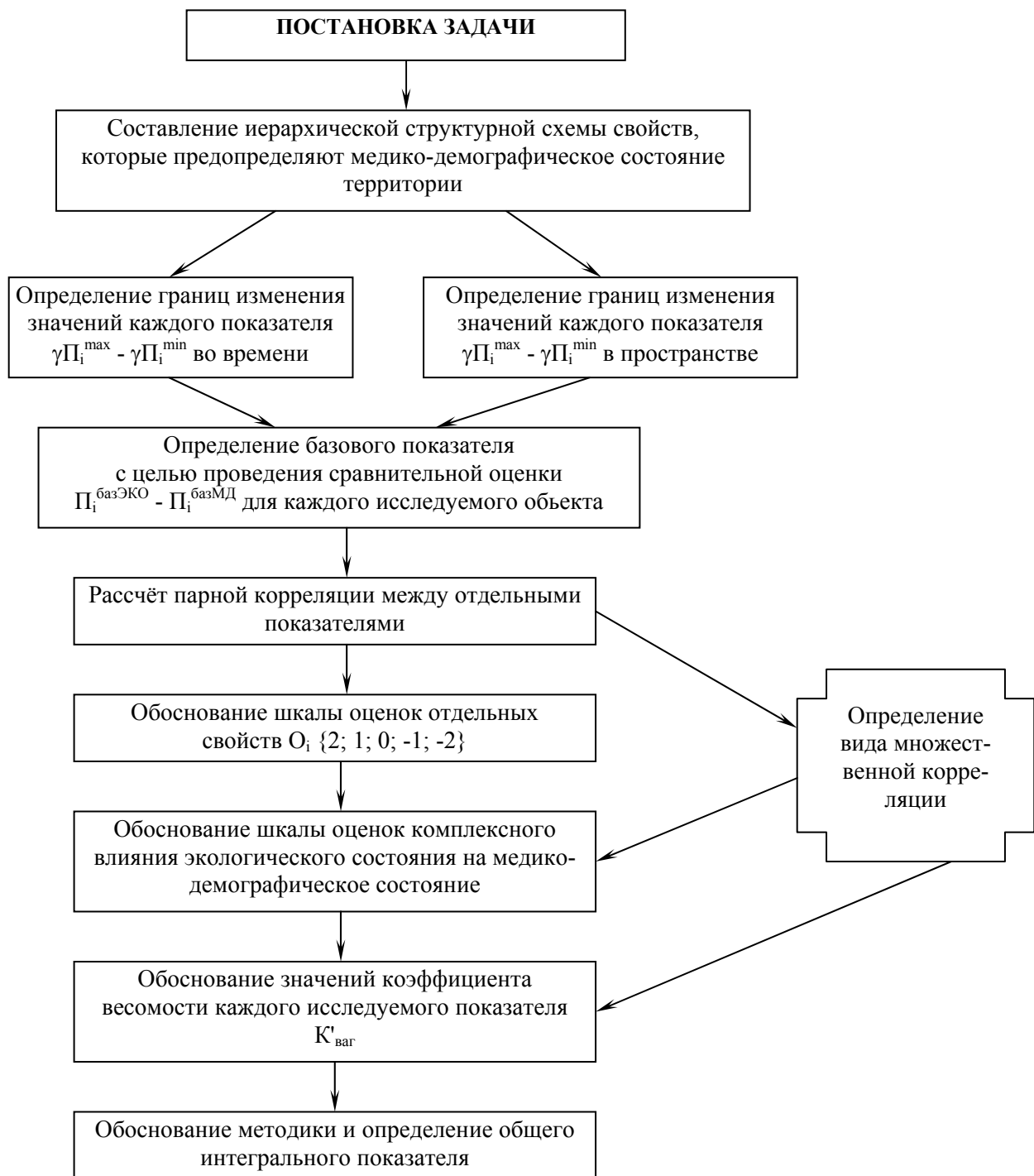


Рис. 21.3. Алгоритм исследования медико-демографического состояния территории

В предложенном алгоритме нужно очертить отдельно медико-демографический анализ и анализ по экологическим показателям, для которых составляются отдельные модели исследования.

При этом должна быть обеспечена база данных, которая будет иметь следующие характеристики: репрезентативность показателей – как медико-демографических, так и экологических, что охватывают всю исследуемую территорию; дифференциацию показателей по территориальным единицам исследуемой территории (например, по административным районам); аккумулярованность массива данных за достаточный период времени (больше 10 лет) для темпорального анализа; детерминацию и верификацию результатов для дифференцированного выбора показателей [5].

Данная методика предусматривает формирование базы данных относительно распространения разных нозологических единиц и показателей, которыми можно оценить экологическое состояние территории с учетом динамики показателей как в пространстве, так и во времени. Среди массива данных избираются медико-демографические показатели и экологические факторы, между которыми установлен достаточно высокий показатель корреляционного отношения [3, 4].

21.3. Оценка медико-экологического состояния территории Ровенской области

Качество среды может быть оценено единичным (оценка отдельных свойств), комплексным и интегральным показателем. Интегральный показатель качества окружающей среды ($I_{кц}$) может быть определен по формуле

$$I_{кц} = \sum_{i=1}^n k_{вi} \cdot Пк_i, \quad (21.1)$$

где $k_{вi}$ – коэффициент значимости I-того комплексного показателя, $Пк_i$ – комплексный показатель качества окружающей среды, n – количество компонентов, которые оцениваются.

Интегральный показатель – совокупный, главный, комплексный, агрегирующий показатель, искусственно комбинирующий отдельные показатели путем функции с параметрами, которые установлены для каждого отдельного показателя соответственно его относительной значимости. Упрощенный алгоритм определения однофакторной, комплексной и интегральной оценки показателя качества среда представлена на рис. 21.4.



Рис. 21.4. Алгоритм определения интегрального показателя качества среды

Основными факторами, что определяют здоровье населения, являются качество питьевой воды, мера загрязнения атмосферного воздуха, наличие лесов и др.

Согласно нашей методике экологические и медико-демографические коэффициенты отдельных показателей приводятся к 5-балльной шкале со значениями: «-2» (наиболее негативные показатели состояния), «-1» (незначительные отклонения от среднестатистических значений), «0» (среднестатистическое значение показателя в пределах области), «+1» (хорошее состояние), «+2» (наилучшие показатели). Это позволяет провести сравнение любых факторов (с разными показателями) для разных районов в течение одного промежутка времени. Для увеличения статистической достоверности был введен темпоральный параметр динамики каждого показателя, который приводился к среднему значению за определенный период. Темпоральность модели, которая разработана для административных районов Ровенской области, состоит в определении средних показателей за десять и больше лет для каждого фактора, который включается в матрицу, как по экологическому блоку, так и по медико-демографическому (рис. 21.5). По каждому показателю анализировались данные за период от 10 лет (первичная заболеваемость) до 25 лет (демография).

Вода	качество питьевой воды подземных источников															
	качество питьевой воды коммунальных водопроводов															
	качество питьевой воды ведомственных водопроводов															
	качество питьевой воды водопроводов сельской местности															
Почва	использование минеральных удобрений															
	использование химических методов защиты посевов															
	захоронение и хранение отходов (бытовых и промышленных)															
Атмосфера	выбросы в атмосферу загрязняющих веществ															
СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ		Бер.	Вол.	Гош.	Дуб.	Дубр.	Зар.	Здол.	Кор.	Кост.	Мл.	Ост.	Рад.	Ривн.	Рок.	Сар.
МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ		Бер.	Вол.	Гош.	Дуб.	Дубр.	Зар.	Здол.	Кор.	Кост.	Мл.	Ост.	Рад.	Ривн.	Рок.	Сар.
Демографические показатели	рождаемость															
	смертность															
Распространение заболеваний	общий уровень распространения заболеваний															
	уровень распространения онкозаболеваний															
	уровень распространения эндокринных заболеваний															
	уровень распространения врождённых аномалий															
	уровень распространения заболеваний крови															
	распространение заболеваний системы кровоснабжения															
	уровень распространения заболеваний органов дыхания															
Структура смертности	смертность по причине онкозаболеваний															
	смертность по причине заболеваний системы кровоснабжения															
	смертность по причине заболеваний органов дыхания															

Рис. 21.5. Пространственно-временная оценка антропогенных и медико-демографических показателей территории Ровенской области

Единичные показатели имеют определенные единицы меры. Комплексные показатели качества, как правило, подаются не в абсолютных значениях, а в виде относительных показателей, которые разрешают провести сравнение между собой свойств, имеющих разные единицы измерения. Использование методики комплексной оценки качества базируется на аксиоме, что разные факторы имеют разную степень влияния, поэтому возникает необходимость введения так называемых коэффициентов значимости. Показатель комплексной оценки характеризует степень взаимосвязи отдельных свойств среды и ее качества.

Были избраны только те показатели, которые имеют высокие значения коэффициента корреляции между экологическими и медико-демографическими данными, а именно:

– экологические: загрязнение грунтов радионуклидами (цезием-137, стронцием-90, изотопами плутония); накопление радиации населением; интегральный показатель качества питьевой воды (результаты контроля качества подземных вод источников централизованного водоснабжения, коммунальных хозяйственно-питьевых водопроводов, ведомственных централизованных водопроводов, сельских хозяйственно-питьевых водопроводов); выбросы загрязняющих веществ в атмосферу; внесение минеральных удобрений [7];

– медико-демографические: общий уровень распространения заболеваемости; уровень распространения эндокринных заболеваний, врождённых аномалий развития, онкозаболеваний, болезней крови, болезней органов дыхания; уровень первичной заболеваемости (всех нозологий); уровень первичной заболеваемости эндокринных органов, органов пищеварения, врожденных аномалий развития, онкозаболеваний, болезней крови; общий уровень смертности; уровень смертности от онкозаболеваний, болезней органов дыхания [8].

Преимущества данного метода состоят в использовании статистических массивов, которые уже созданы областными центрами медицинской статистики и результатов исследований, проведенных областными управлениями экологической безопасности. И потому есть возможность упростить первый этап медико-географической оценки территории – сбор и первичную обработку информации.

Другое преимущество данного метода – это вопрос использования полученных результатов с целью управления медико-экологическим состоянием и рационализации мероприятий по улучшению здоровья населения конкретной территории. Предложенная методика разрешает проводить управление техногенным влиянием по административному принципу.

Рассмотренные преимущества связаны между собой: массивы информации центров медицинской статистики и управлений экологии имеют нормированные отношения к единице: а) количества населения – медико-демографические показатели; б) площади района – экологические показатели (средние показатели административных районов области). С точки зрения вопросов управления, органам местной власти на областном уровне проще ввести методы профилактики, прогнозных решений для определения мест создания новых промышленных объектов и населенных пунктов при административном подходе.

Если рассмотреть оценку по отдельным группам факторов, то для установления качества питьевой воды, учитывая многоплановость оценки, проводят определение как однофакторных, так и комплексных показателей. Прежде всего устанавливаются источники питьевого водоснабжения и их удельный вес в общем объеме потребления воды.

Проводят анализ данных проверок качества воды на соответствие Государственным санитарным нормам и правилам «Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком» (ДСанПиН 2.2.4-171-10). Санитарные нормы устанавливают требования к безопасности и качеству питьевой воды по разным показателям: эпидемической безопасности, санитарно-химическим и радиационным.

Для оценки медико-экологического риска предлагается определить показатель несоответствия проб воды из разных источников соответственно значениям ДСанПиН 2.2.4-171-10 по алгоритму (с учетом коэффициентов значимости) значений эпидемической безопасности, санитарно-химических и радиационных показателей (рис. 21.6).

Коэффициент несоответствия показателей качества питьевой воды, которая используется населением из разных источников водоснабжения для отдельного региона, может определяться как по одному из показателей, соответственно эпидемической безопасности, санитарно-химическим и радиационным показателям, или интегральной оценкой:

$$КНП_{ПВ} = \frac{\sum(a_1 ПВ_i + a_2 ПовВ_i + a_3 КолВ_i + a_s КонВ_i + \dots + a_i ДВ_i)}{\sum(a_1 + a_2 + \dots + a_i)}, \quad (21.2)$$

где $ПВ_i$, $ПовВ_i$, $КолВ_i$, $Кон_i$, $ДВ_i$ – показатели несоответствия качества питьевой воды соответственно из подземных, поверхностных источников водоснабжения, забора воды из колодцев, каптажа и других источников с учетом значений коэффициента значимости эпидемической безопасности, санитарно-химических та радиационных показателей, в % от общего количества проб; a – потребление воды в каждом источнике водоснабжения.

По комплексной суммарной оценке определяют и показатели качества атмосферного воздуха. Прежде всего устанавливаются источники загрязнения – стационарные и передвижные, и их части в общем объеме выбросов загрязняющих веществ. Количественные показатели оценивают по значению плотности выбросов, $кг/км^2$ и в расчете на душу населения, $кг$.

В пробах атмосферного воздуха измеряются концентрации десяти загрязняющих веществ, которые более всего влияют на организм человека и окружающую среду: пыли, двуокиси серы, двуокиси азота, окиси азота, окиси углерода, растворимых сульфатов, фтористого и хлористого водорода, аммиака, формальдегида, бенз(а)пирена, а также тяжелых металлов – железа, кадмия, марганца, меди, никеля, свинца, хрома и цинка. Каждое из этих веществ имеет разный уровень влияния на формирование здоровья населения, поэтому, кроме количественных значений, надо учитывать качественные показатели. Для этого вводят коэффициенты значимости влияния каждой составной загрязнения:

$$K_{am} = \frac{\sum \left[\beta_{cm} \left(\frac{\gamma_1 Z_{P_1} + \dots + \gamma_n Z_{P_n}}{\sum (\gamma_1 + \dots + \gamma_n)} \right) + \beta_n \left(\frac{\lambda_1 Z_{P_1} + \dots + \lambda_m Z_{P_m}}{\sum (\lambda_1 + \dots + \lambda_m)} \right) + \beta_{in} \left(\frac{\mu_1 Z_{P_1} + \dots + \mu_k Z_{P_k}}{\mu_1 \mu_k} \right) \right]}{\sum (\beta_{cm} + \beta_n + \beta_{in})}, \quad (21.3)$$

где β_{cm} , β_n , β_{in} – объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух соответственно стационарными, передвижными и другими источниками; Z_{P_1} , Z_{P_m} , Z_{P_k} – масса выбросов n-, m-, k-того загрязняющего вещества; μ , λ , γ – коэффициенты значимости влияния выбросов n-, m-, k-того загрязняющего вещества.

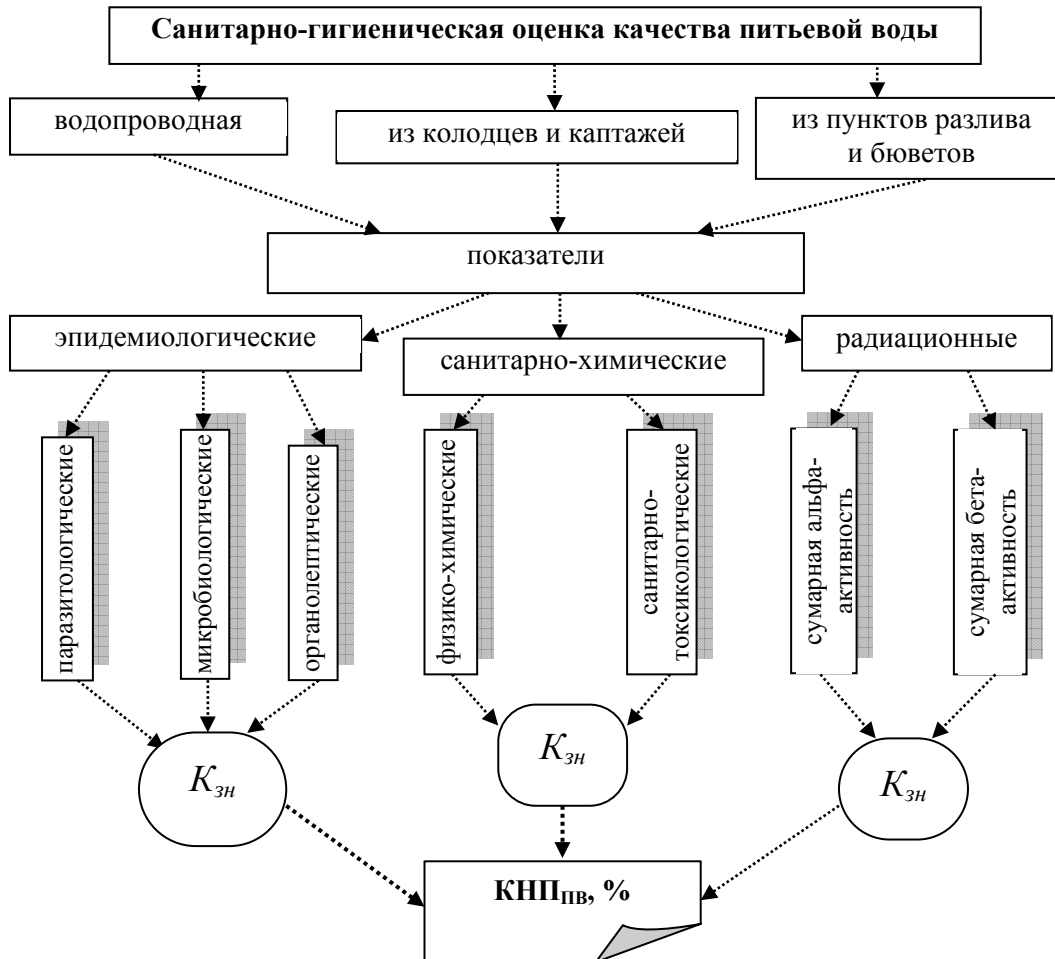


Рис. 21.6. Алгоритм расчета коэффициента несоответствия качества питьевой воды

Одним из основных показателей состояния территорий при определении уровня экологического риска является радиоактивное загрязнение. Нами были проведены исследования и определены корреляции между уровнем загрязнения грунтов радионуклидами и распространенностью заболеваний населения, которое проживает в северных районах Ровенской области.

После катастрофы на ЧАЭС динамика общей распространенности заболеваний и отдельных нозологий имеет специфическое распределение в пространстве. В северных районах, которые получили в десятки и сотни раз высшую концентрацию загрязнения грунтов радионуклидами (табл. 21.1), данная динамика имеет тенденцию к большей интенсивности, чем в южных районах (табл. 21.2).

Территория северных районов зоны ровенского Полесья (Березновский, Владимирецкий, Дубровицкий, Заречненский, Рокитновский, Сарненский) имеет наиболее высокие уровни загрязнения грунтов радионуклидами (от 40 до 170 кБк/м²). Центральные районы области – Гошанский, Костопольский, Ровенский, Здолбуновский, Корецкий – имеют суммарное загрязнение грунтов радионуклидами от 13 до 25 кБк/м². Южные районы – Дубенский, Млыновский, Острожский, Радивилловский – только фоновое загрязнение грунтов радионуклидами (в пределах нормы) от 7 до 9 кБк/м².

Нами была проведена оценка влияния последствий аварии на ЧАЭС на здоровье населения разных районов Ровенской области за период 1990–2009 гг. с использованием методов корреляционного и регрессионного анализа между показателями загрязнения радионуклидами грунтов и уровнем распространенности отдельных нозологических единиц (классов болезней) и общей заболеваемости [3].

Раньше такой анализ не мог быть проведен из-за закрытости многих статистических данных для широких масс. В работе были использованы данные Министерства Украины по вопросам чрезвычайных ситуаций и по делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы [7] и оргметодотдела Ровенской областной клинической больницы (теперь – Ровенский областной информационно-аналитический центр медицинской статистики) [8].

Таблица 21.1

Суммарное (фоновое + поставарийное) загрязнение почв, кБк/м²

Район	Загрязнение цезием-137	Загрязнение стронцием-90	Загрязнение изотопами плутония
Березновский	40	1.5	0.07
Владимирецкий	60	2.5	0.06
Гощанский	12	1.5	0.025
Дубенский	7	2	0.025
Дубровицкий	110	3	0.12
Заречненский	60	1.5	0.105
Здолбуновский	12	1.5	0.025
Корецкий	22	1.5	0.025
Костопольский	22	3	0.025
Млыновский	6	2.5	0.025
Острожский	7	1.5	0.025
Радивиловский	6	1.5	0.025
Ровенский	12	1.5	0.025
Рокитновский	170	1.5	0.11
Сарненский	100	3	0.06

Таблица 21.2

Динамика распространения заболеваний в южных и северных районах Ровенской области в 1990-2009 гг.

Нозологические единицы (среди всего населения на 1000 жителей)	Год	Северные районы, больных/1000 жителей	Южные районы, больных/1000 жителей	Рост (%) в северных районах за 20 лет	Рост (%) в южных районах за 20 лет
Уровень распространения общей заболеваемости	1990	749,23	1039,52	130	56
	2009	1723,15	1617,57		
Уровень распространения онкозаболеваемости	1990	13,22	21,88	62	40
	2009	21,4	30,8		
Уровень распространения эндокринных заболеваний	1990	26,98	29,18	344	186
	2009	120,00	83,57		
Уровень распространения врожденных аномалий	1990	3,42	2,73	134	105
	2009	8,00	5,62		
Уровень распространения заболеваний системы кровообращения	1990	112,25	211,45	300	121
	2009	448,25	466,40		

Было установлено, что после катастрофы на ЧАЭС динамика общей заболеваемости и распространенность отдельных нозологических единиц имели специфическое распределение в пространстве. В северных районах региона, которые получили в десятки раз большую концентрацию загрязнения грунтов радионуклидами, данная динамика показывала тенденцию к большей интенсивности, чем в южных районах. Была установлена корреляция между суммарной дозой радиации, накопленной населением, и загрязнением грунтов радионуклидами [9].

По результатам корреляционно-регрессивного анализа были определены индикаторные нозологические единицы загрязнения грунта радионуклидами (эндокринологические заболевания, болезни крови и кроветворных органов, врожденные аномалии развития, болезни органов пищеварения) [4] и построены линии тренда развития динамики индикаторных нозологических единиц радиологического состояния территории северных и южных районов Ровенской области.

Так как больше 90 % накопления дозы радиации дает внутреннее облучение в результате употребления в пищу продуктов, которые выращены на загрязненных грунтах, а прогноз уровня загрязненности почв радионуклидами не мог быть положительным (без проведения масштабной химической мелиорации и рекультивации), прогнозируется дальнейший рост распространенности радиологически зависимых болезней в северных районах, на фоне их стабильной распространенности в юж-

ных районах Ровенщины [9]. Проведенный прогноз подтверждается выводами ученых в области радиологической медицины (D. Davidescu, O. Iacob [10]).

За 20-летний период после катастрофы трансурановые элементы, особенно Pu-239, трансформировались в дочерние радионуклиды, которые имеют высокую относительную биологическую эффективность, накапливаются в грунтах и растительности. Это обусловило отрицательные последствия для здоровья населения, которое проживает на загрязненных территориях (табл. 21.2) [11].

Продолжительный медико-генетический мониторинг регистрирует возрастающее число соматических заболеваний наряду с растущим уровнем хромосомного мутагенеза и феноменом «индуцированной геномной нестабильности» [11].

При системном подходе в отношении катастроф типа чернобыльской учитывается зависимость между дозой облучения и биологической реакцией облученной популяции, но при этом принимаются во внимание синергетические эффекты (социально-психологический стресс, влияние радиации на первичные показатели здоровья, воздействие других антропогенных факторов, этнические особенности и др.) и пролонгированное облучение во времени [12]. В результате отдельные нозологические единицы имеют разную динамику, но все, которые мы относим к индикаторам радиологического состояния территории, имеют тенденцию к росту.

Динамика разных заболеваний отличается в зависимости от способности организма к эффектам компенсации-декомпенсации, которые различны (так же, как и резистентность) при разных классах болезней. Так, динамика онкозаболеваемости пока не выделяется на загрязненных территориях на общем фоне медленного роста (пик онкозаболеваемости среди всех возрастных групп населения мы прогнозируем на 2030–2050 гг., на данный момент наблюдается рост детской онкозаболеваемости).

Но при заболевании эндокринной системы наблюдается резкий рост динамики первичной заболеваемости в северных районах области (рис. 21.7, 21.8). Для южных районов также отмечен рост первичной заболеваемости, хотя и намного более низкий, что объясняется большей концентрацией промышленности, малой лесистостью, высокой антропогенной нагрузкой и миграцией населения из северных районов. Так, первичная заболеваемость болезнями крови в южных районах составляет в среднем 6–8 случаев впервые выявленных на 1000 населения за год (за период 1999–2009 гг.), а в северных районах этот показатель составляет 20–25 случаев за тот же период [8].



Рис. 21.7. Динамика первичной заболеваемости эндокринной системы в северных и южных районах Ровенской области

Первичная заболеваемость органов кровообращения в южных районах составляет 30–50 случаев, впервые выявленных за год (за период 1999–2009 гг.), а в северных районах этот показатель – 50–80 случаев за тот же период [8]. Первичная заболеваемость органов пищеварения в южных районах составляет 20–30 случаев, впервые выявленных за год (за период 1999–2009 гг.), а в северных районах этот показатель – 40–60 случаев за тот же период [8].

Причина такой разницы в динамике здоровья населения северных и южных районов, особенно по индикаторным нозологическим единицам, становится понятной, если сравнить концентрацию загрязнения грунтов радионуклидами этих территорий. Так, в южных районах в 1998 г. загрязнение цезием-137 составляло 6–12 кБк/м² [7]. В то же время на севере Ровенщины загрязнение цезием-137 было 60–170 кБк/м² (рис. 21.8).

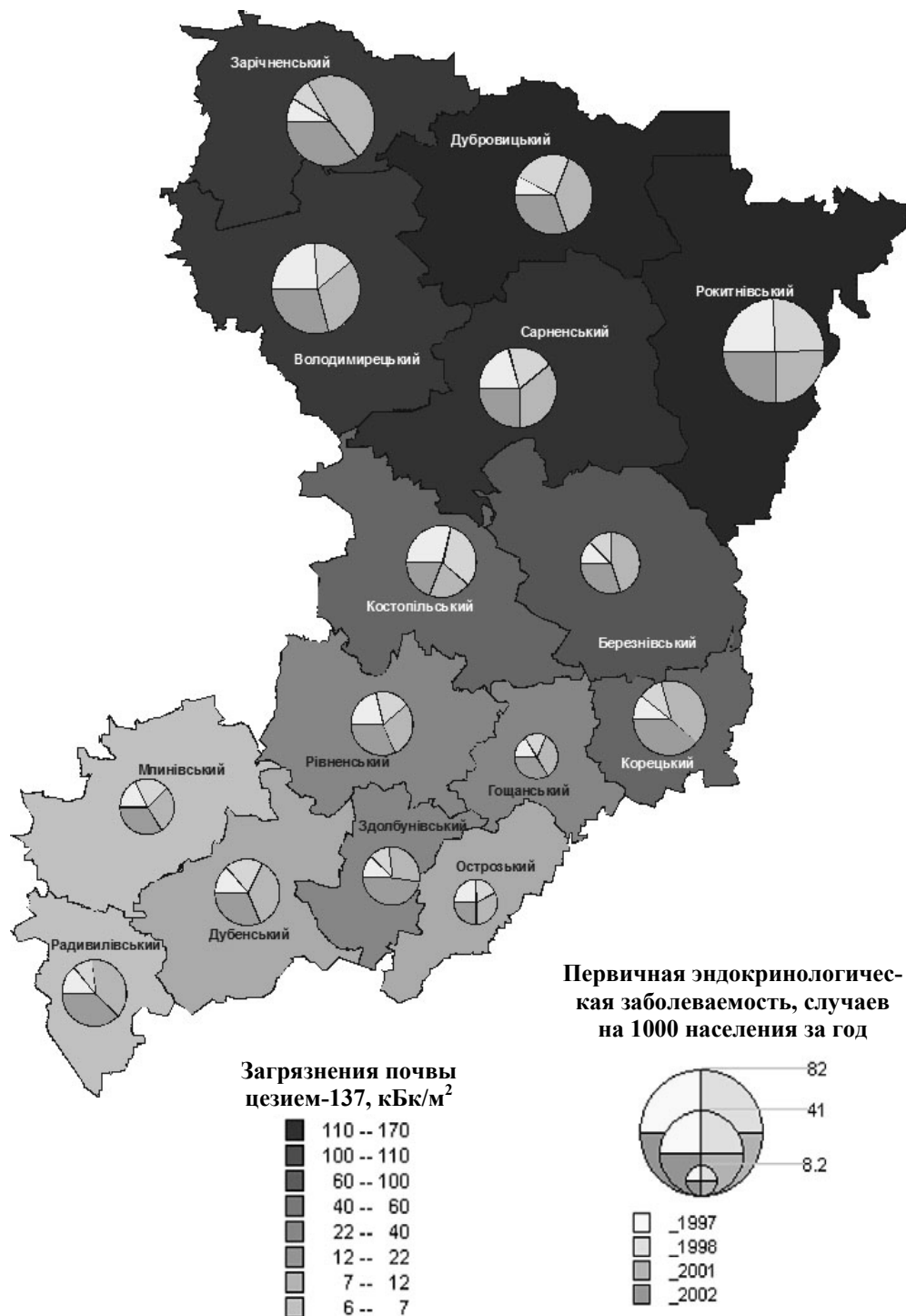


Рис. 21.8. Распространение по территории и динамика эндокринологической заболеваемости на фоне загрязнения почвы радионуклидами

В то же время суммарная доза облучения населения, накопленная за 1986–1997 гг. в южных районах, составляет 0,5–2,0 сГр, а в северных – 20–45 сГр [7]. Прогнозируемая расчетная доза облу-

чения населения до 2055 г. в южных районах Ровенской области была равна 0,7–2,5 сГр, а в северных – 27–63 сГр [7].

Если для определенного количества нозологических единиц коэффициент значимости такого экологического фактора, как радионуклидное загрязнение грунтов, минимальный, то для эндокринологических болезней, заболеваний крови, болезней органов пищеварения, онкозаболеваний, врожденных аномалий развития, хромосомных aberrаций и т. п. коэффициент, который учитывается при определении медико-экологического риска территории, будет максимальным. Это доказано нами в исследованиях корреляции определенных нозологических единиц и уровней загрязнения грунтов Cs-137 (эти нозологические единицы определены нами как индикаторные радиологического состояния территории) [4, 5] (рис. 21.8).

Анализ первичной общей заболеваемости показывает, что даже при сумме всех антропогенных факторов, которые влияют на динамику общей первичной заболеваемости (средний показатель числа всех нозологических единиц, впервые выявленных за год), северные районы на 20–30 % имеют высшие показатели, чем южные в каждом году за период 1997–2007 гг. (рис. 21.9).



Рис. 21.9. Динамика общей (суммарной) первичной заболеваемости в северных и южных районах Ровенской области

Зона северных районов всегда была эндемической с точки зрения нехватки йода, и потому уровень заболеваний щитовидной железы был более высокий, чем в центральных и южных районах области, но после радиоактивного загрязнения в 1986 г. объем выброса йода-131 равнялся 7,3 млн кюри, и ситуация еще больше обострилась.

Данные исследований показывают, что заболевания щитовидной железы обусловлены облучением даже в малых дозах, и от дозы облучения зависит возникновение рака щитовидной железы.

Случаи заболеваний раком щитовидной железы увеличиваются с возрастом, смертность резко возрастает в возрасте 50–60 лет. В сравнении с приведенной закономерностью данные о детских заболеваниях раком щитовидной железы в северных районах Ровенской области показывают неестественно высокий уровень.

Заболевание щитовидной железы входят в нозологический класс – эндокринологические заболевания (по МКХ-10), поэтому высок коэффициент корреляции между значениями суммарного загрязнения почвы и первичной заболеваемостью эндокринной системы, что по соответствующим районам составляет 0,81.

Кроме того, отмечается высокий коэффициент корреляции между величинами суммарного загрязнения почвы радионуклидами и заболеваемости органов пищеварения.

Как видим, не только эндокринологические болезни и заболевания крови имеют детерминацию с радиологическими показателями, что было уже известно, но и такие, на первый взгляд, независимые от облучения нозологии, как болезни органов пищеварения. Это объясняется тем, что больше 90 % накопленной дозы облучения населения в пораженных районах получает через внутреннее облучение, а именно через потребление радиоактивно загрязненных продуктов питания, попадающих в организм через органы пищеварения, в результате чего повышается риск таких заболеваний, как язвенная болезнь, гастродуоденит, панкреатит, холецистит и другие болезни органов пищеварения.

Распространенность болезней крови (пространственное распределение по 15 районам Ровенской области) имеет связь с распределением по территории загрязненности почвы радионуклидами с коэффициентом корреляции $r = 0,72$, распределение первичной эндокринной заболеваемости коррелирует с радиологическим состоянием территории с коэффициентом корреляции $r = 0,81$ (рис. 21.10).

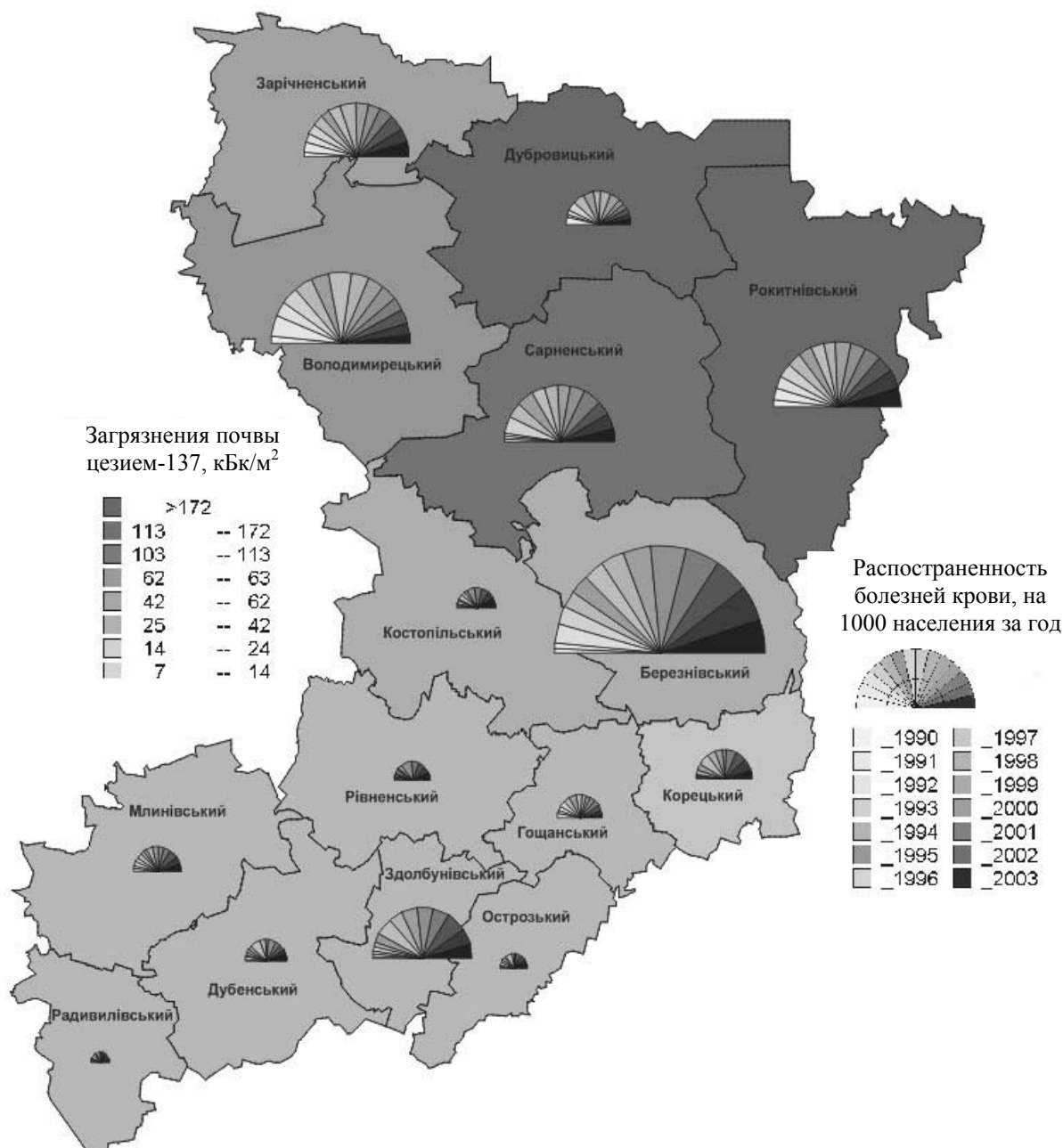


Рис. 21.10. Распространенность болезней крови в северных и южных районах Ровенской области на фоне загрязнения почвы радионуклидами

В 1990-х годах общая распространенность болезней в южных районах была выше, чем в северных, что объясняется инерцией социозкосистем (нужным временем на отзыв изменению факторов) и известным в медицине явлением компенсации отрицательных влияний на организм до определенной границы.

Фактор радионуклидного загрязнения появился внезапно в 1986 г., некоторое время организм человека компенсировал отрицательное влияние, также происходила кумуляция радионуклидов, которая отображается на показателях накопленной радиации на протяжении 1986–1997 гг. [7]. В этот период еще отмечалось лучшее общее состояние здоровья населения северных районов на фоне худшего в южных районах (за исключением некоторых индикаторных нозологических единиц, которые отреагировали сразу). Известно, что южные районы имели до 1990 г. более высокую промышленную нагрузку (особенно Здолбуновский и Ровенский районы).

На протяжении последнего десятилетия XX в. промышленная нагрузка резко уменьшилась, например, внесение минеральных удобрений и веществ химической защиты растений снизилось по всем районам (рис. 21.11) что отобразилось на некотором уменьшении общей распространенности заболеваний в южных районах, а на севере области при неизменном радиационном фоне в конце 1990-х началось явление декомпенсации – в результате кумуляции радионуклидов населения накопило достаточную дозу суммарного облучения организма для ухудшения состояния здоровья, и в 1998 г. впервые общая распространенность болезней в северных районах превысила этот показатель в южных районах и в дальнейшем этот разрыв увеличивался.

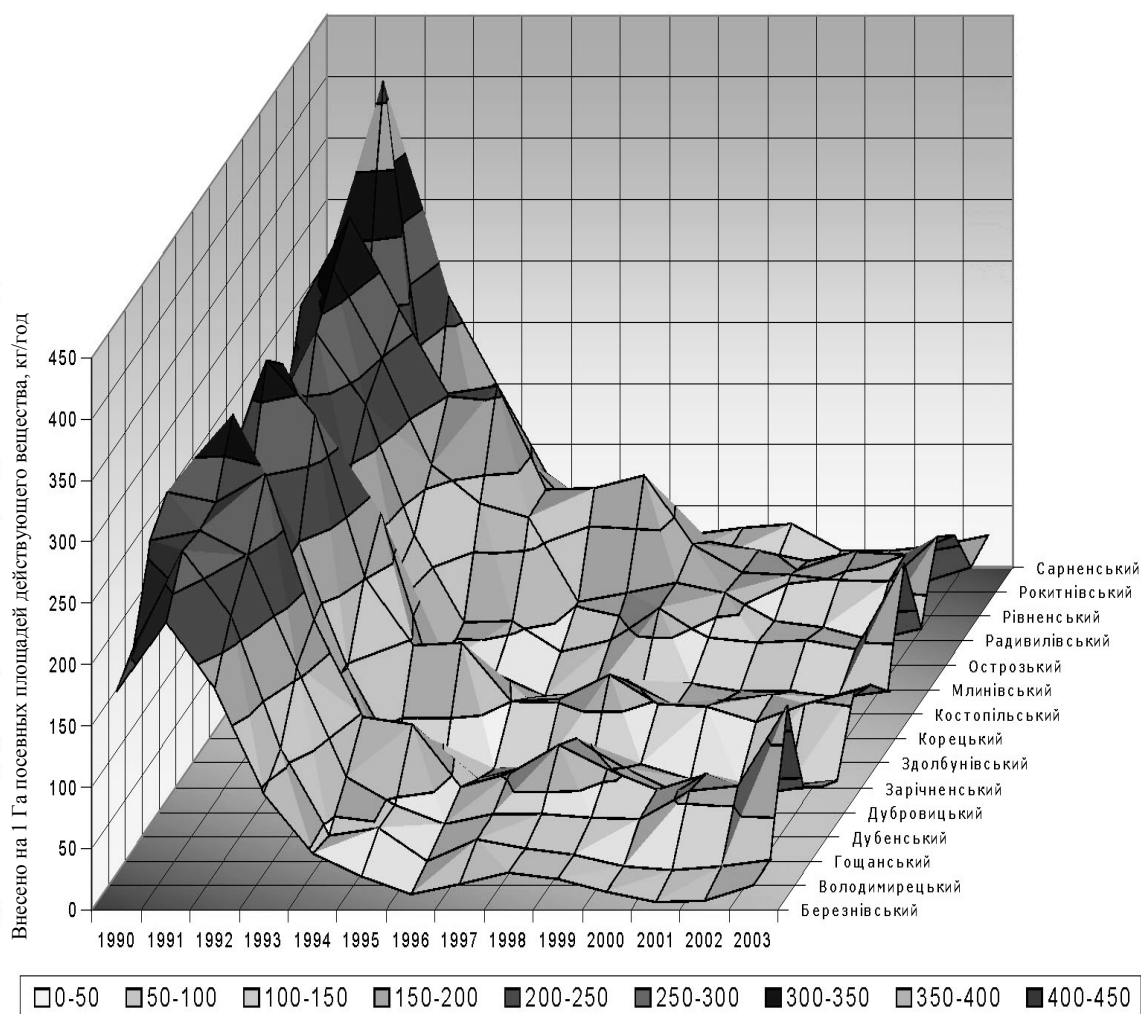


Рис. 21.11. Динамика внесения минеральных удобрений и препаратов химической защиты растений по территории Ровенской области

Суммарный эффект отрицательной динамики всех индикаторных нозологических единиц отображается не только на общей первичной заболеваемости, но и на распространенности всех болезней в северных районах (рис. 21.12).

Следует отметить, что плотность загрязнения почвы Cs-137 за последние 20 лет снизилась (табл. 21.3). Это произошло за счет естественного распада, выноса с урожаем, вертикальной и горизонтальной миграции в грунтовом профиле. Плотность загрязнения угодий Sr-90 осталась почти неизменной и не превышает уровня глобальных выпадений, за исключением отдельных небольших участков [6].

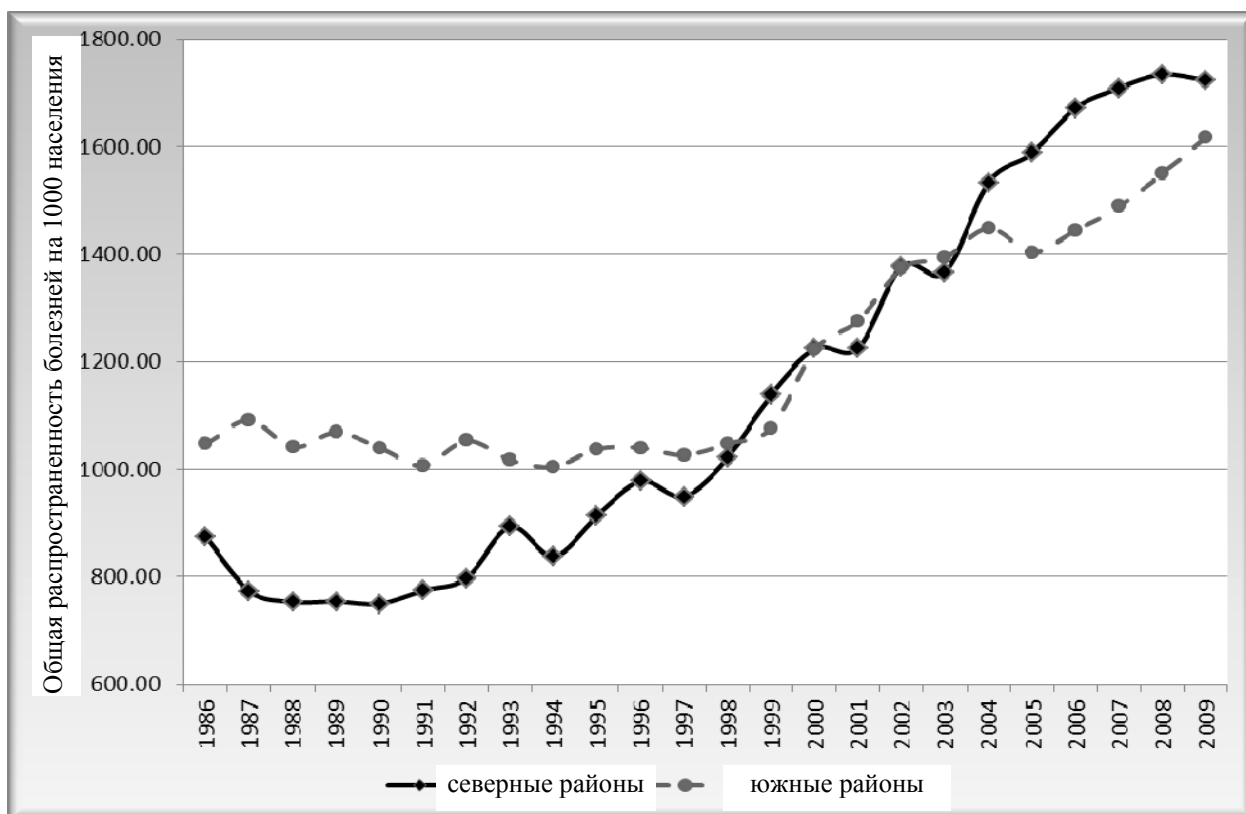


Рис. 21.12. Динамика общей распространенности заболеваний в северных и южных районах Ровенской области

Таблица 21.3

Результаты исследования почв на контрольных участках в 2002–2006 гг.

Район	Плотность загрязнения по годам, Ки/км ²									
	2002		2003		2004		2005		2006	
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Березновский	0,15	0,01	0,28	0,01	0,13	0,04	0,2	0,01	0,01	0,01
Владимирецкий	0,41	0,03	0,36	0,02	0,6	0,02	0,4	0,03	0,38	0,03
Заречненский	0,2	0,01	0,21	0,01	0,33	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
Дубровицкий	1,8	0,03	2,34	0,05	2,5	0,04	0,64	0,02	1,00	0,03
Сарненский	0,2	0,01	0,33	0,01	0,31	0,02	0,15	0,01	0,01	0,03
Рокитновский	1,4	0,07	0,98	0,03	1,1	0,01	1,28	0,04	1,03	0,02

Территории, загрязненные ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs до 1 Ки/км², ⁹⁰Sr до 0,02 Ки/км² и ²⁴⁰Pu до 0,005 Ки/км², считаются условно чистыми. Ведение сельскохозяйственного производства на них возможно без ограничений. С большей плотностью загрязнения нужно применять комплекс агрохимических, агротехнических и организационных мер по уменьшению перехода радионуклидов из грунта в растения.

В результате проведенных исследований нами были определены показатели корреляции между исследуемыми показателями, среди которых выделены показатели с превышением значения коэффициента корреляции r больше 0,6 (табл. 21.4).

Кроме отрицательных экологических факторов, которые имеют высокие равные корреляции с заболеваемостью и смертностью населения, существуют и положительные естественные факторы, уменьшающие уровень заболеваемости и смертности [13].

Один из важнейших факторов, которые формируют состояние здоровья населения, это лесистость территории. Лес имеет важное эстетическое, туристическое, санитарно-гигиеническое и рекреационно-оздоровительное значение. Леса положительно влияют на процессы очищения атмосферного воздуха от загрязняющих веществ, особенно газообразных. Растения выделяют биологически активные вещества (фитонциды), обладающие бактерицидными свойствами.

Детерминация загрязнения территории радионуклидами и нозологических классов

Нозологические классы (x)	Радиологические показатели (y)	r
Уровень первичной заболеваемости – эндокринные заболевания среди населения (на 1000 жителей)	Суммарное загрязнение почвы (суммарное фоновое+поставарийное), кБк/м ²	0,81
	Суммарная доза облучения населения (средняя по району из паспортизации населенных пунктов), сГр	0,87
Облучение щитовидной железы в среднем для населения, сГр	Суммарное загрязнение почвы (суммарное фоновое+поставарийное), кБк/м ²	0,80
Уровень распространенности болезней крови среди населения (на 1000 жителей)	Суммарное загрязнение почвы (суммарное фоновое+поставарийное), кБк/м ²	0,72
	Суммарная доза облучения населения (средняя по району из паспортизации населенных пунктов), сГр	0,73
Уровень первичной онкозаболеваемости среди детей (на 1000 детей)	Суммарное загрязнение почвы (суммарное фоновое+поставарийное), кБк/м ²	0,63
Уровень первичной заболеваемости – болезни органов пищеварения среди населения (на 1000 жителей)	Суммарное загрязнение почвы (суммарное фоновое+поставарийное), кБк/м ²	0,84
	Суммарная доза облучения населения (средняя по району из паспортизации населенных пунктов), сГр	0,72

Через сутки гектар леса выделяет больше 30 кг летучих органических веществ, которые имеют антимикробное действие и благотворно влияют на состояние и здоровье человека. Поэтому при однокритериальном оценивании данного показателя достаточно владеть информацией об общей площади лесов в регионе, а наиболее объективный показатель – процент лесистости территории.

Так, для установления качественной оценки показателя лесистости районов Ровенской области можно воспользоваться зависимостью

$$K_{лес} = \frac{\sum(\alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2 + \dots + \alpha_n f_n)}{\sum(\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n)}, \quad (21.4)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ – коэффициенты значимости соответственно типологии лесов, f_1, f_2, \dots, f_n – площадь соответствующего типа лесов, %.

Нами установлена корреляция уровня лесистости районов и уменьшение медико-экологического риска территории по отдельным нозологическим единицам. Коэффициент корреляции между уровнями лесистости районов и распространенности онкозаболеваний среди населения (на 1000 жителей) составляет $-0,75$. Коэффициент корреляции между уровнем лесистости районов и уровнем распространенности болезней системы кровообращения среди населения составляет $-0,77$ (рис. 21.13). Высокий отрицательный показатель коэффициента корреляции означает, что исследуемые показатели имеют обратную корреляцию – при высоких уровнях лесистости районов уменьшается риск онкозаболеваний. Как видно из результатов корреляционного анализа, такие факторы, как рекреационные лесные ресурсы, играют важную положительную роль уменьшения медико-экологического риска территории [16]. Полученные результаты исследований всего комплекса экологических и медико-демографических факторов дают возможность установить как степень риска проживания в данном регионе, сравнить их между собой, так и определить приоритетность проведения первоочередных природоохранных мероприятий (рис. 21.14).

Для районов Ровенской области мы рассчитали интегральные показатели как экологического, так и медико-демографического состояния территории. Приведение к рангу района осуществлялось по формулам [15]:

$$R_2 = (P_{min}) \Leftrightarrow \left(P_{min} + \frac{P_{max} - P_{min}}{5} \right) \quad (21.5);$$

$$R_1 = \left(P_{min} + \frac{P_{max} - P_{min}}{5} \right) \Leftrightarrow \left(P_{min} + 2 \times \frac{P_{max} - P_{min}}{5} \right) \quad (21.6);$$

$$R_0 = \left(P_{min} + 2 \times \frac{P_{max} - P_{min}}{5} \right) \Leftrightarrow \left(P_{min} + 3 \times \frac{P_{max} - P_{min}}{5} \right) \quad (21.7);$$

$$R_{-1} = \left(P_{\min} + 3 \times \frac{P_{\max} - P_{\min}}{5} \right) \Leftrightarrow \left(P_{\min} + 4 \times \frac{P_{\max} - P_{\min}}{5} \right) \quad (21.8);$$

$$R_{-2} = \left(P_{\min} + 4 \times \frac{P_{\max} - P_{\min}}{5} \right) \Leftrightarrow \left(P_{\min} + 5 \times \frac{P_{\max} - P_{\min}}{5} \right) \quad (21.9);$$

где R_0 – ранг района, который отвечает 0 баллам (нейтральное состояние), соответственно R_{-1} – ранг района, который отвечает (-1) баллу (неудовлетворительное состояние), R_{-2} – ранг района, который отвечает (-2) баллам (критическое состояние), R_1 – ранг района, который отвечает 1 баллу (удовлетворительный), R_2 – ранг района, который отвечает 2 баллам (хороший). P_{\min} – меньше всего значение массива, P_{\max} – наибольшее значение массива.

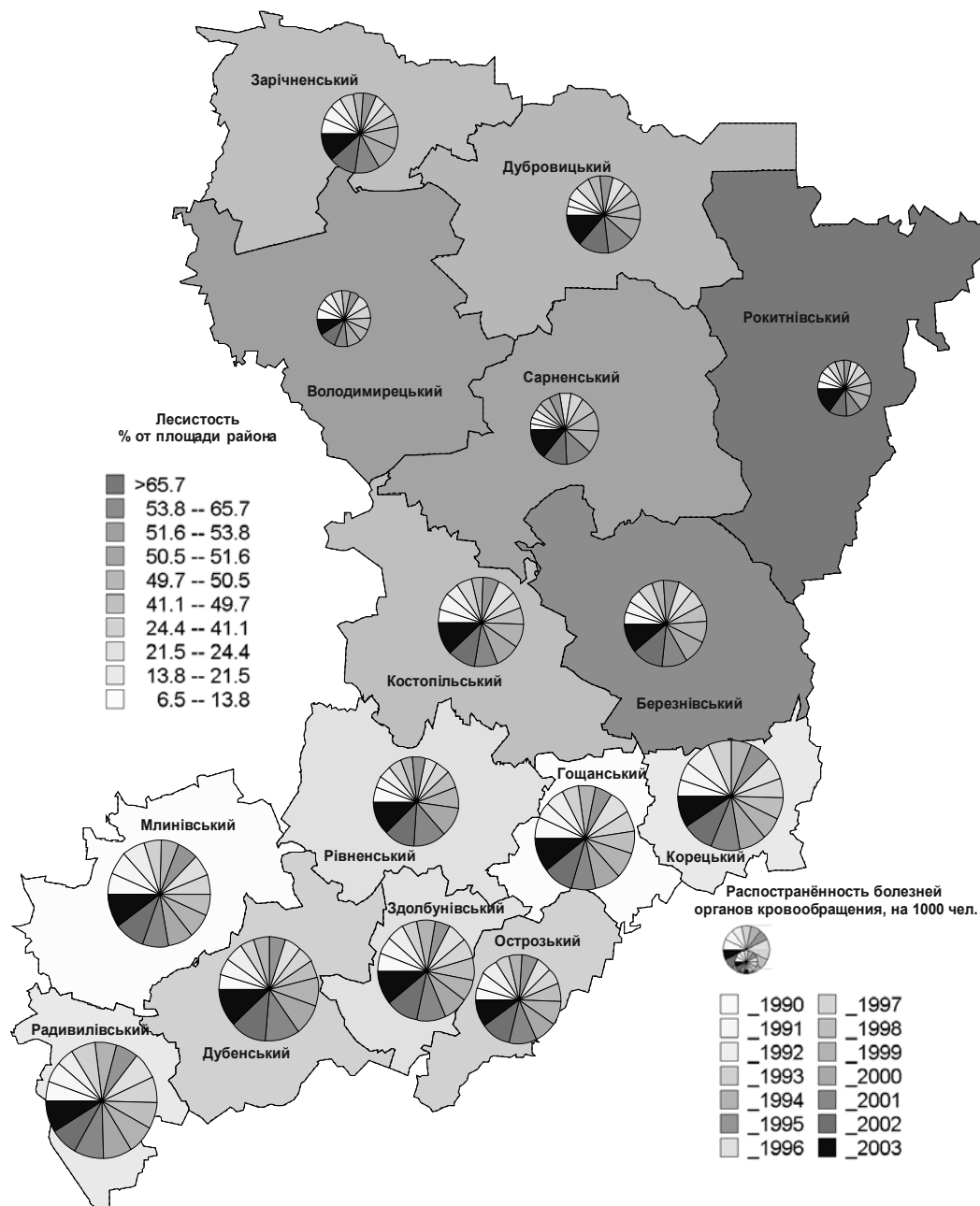


Рис. 21.13. Зависимость распространённости заболеваний органов кровообращения от уровня лесистости территории

Сумма показателей определяла экологический риск проживания в данном районе, который показал наиболее неблагоприятные для здоровья населения регионы, где нужно сосредоточить внимание с целью улучшения показателей, которые определяют экологическое состояние, путем уменьшения антропогенного давления на окружающую среду.

В результате были построены картосхемы рейтинговой оценки территории районов Ровенской области. Если учитывались только отрицательные показатели, такие как загрязнение окружающей

среды, радиологическое состояние земель Ровенщины, то мы получили довольно четкое районирование (рис. 21.15): превышение экологического риска в северных районах области (радиационно загрязненных), в Ровенском и Здолбуновском – наиболее промышленно развитых районах области, что коррелирует с медико-демографическим состоянием области.

Оценка медико-экологического состояния территории

Регионы :		Регион R ₁	Регион R ₂	...	Регион R _m
Экологические факторы	Объемы выбросов в атмосферный воздух на единицу площади	$E_1^{R_1} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$	$E_1^{R_2} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$	...	$E_1^{R_m} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$
	Качество питьевой воды (% несоответствия нормативам)	$E_2^{R_1} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$	$E_2^{R_2} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$	...	$E_2^{R_m} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$

	Уровень загрязнения почвы радионуклидами (суммарное загрязнение на единицу площади)	$E_n^{R_1} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$	$E_n^{R_2} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$	...	$E_n^{R_m} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$
Интегральный экологический индекс		$I_E^{R_1} = \frac{\sum_{i=1}^n E_n^{R_1}}{n}$	$I_E^{R_2} = \frac{\sum_{i=1}^n E_n^{R_2}}{n}$	...	$I_E^{R_m} = \frac{\sum_{i=1}^n E_n^{R_m}}{n}$
Медико-демографические показатели	Смертность (на 1000 населения)	$M_1^{R_1} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$	$M_1^{R_2} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$	...	$M_1^{R_m} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$
	Заболеваемость по нозологическим единицам (на 1000 населения)	$M_2^{R_1} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$	$M_2^{R_2} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$	...	$M_2^{R_m} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$

	Распространённость болезней по нозологическим единицам (на 1000 населения)	$M_n^{R_1} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$	$M_n^{R_2} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$	...	$M_n^{R_m} \begin{matrix} \min \nabla \max \\ (-2; 0; +2) \end{matrix}$
Интегральный медико-демографический индекс		$I_M^{R_1} = \frac{\sum_{i=1}^n M_n^{R_1}}{n}$	$I_M^{R_2} = \frac{\sum_{i=1}^n M_n^{R_2}}{n}$	...	$I_M^{R_m} = \frac{\sum_{i=1}^n M_n^{R_m}}{n}$
Интегральный индекс медико-экологического риска территории региона		$I_I^{R_1} = \frac{I_E^{R_1} + I_M^{R_1}}{2}$	$I_I^{R_2} = \frac{I_E^{R_2} + I_M^{R_2}}{2}$	...	$I_I^{R_m} = \frac{I_E^{R_m} + I_M^{R_m}}{2}$

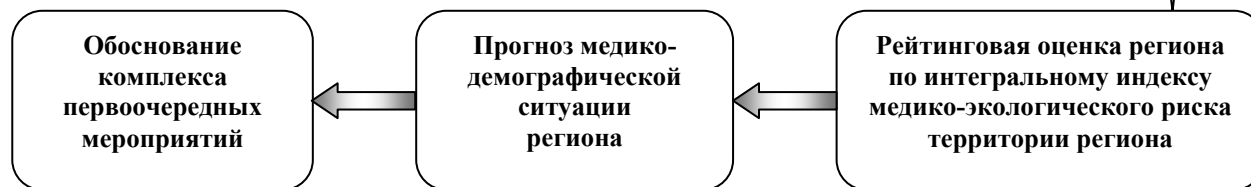


Рис. 21.14. Пространственно-временная модель по нормированным показателям

Но, если учитывать все факторы, в том числе естественные (положительные для проживания населения), картина не будет настолько однозначной. По результатам рейтинговой оценки районов Ровенской области по интегральным показателям построена картосхема оценки суммарного медико-экологического риска района (рис. 21.16). Хотя естественные факторы на севере Ровенщины влияют на уменьшение медико-экологического риска, после черновильской катастрофы мы имеем деструкцию в плане экологического риска для проживания населения на лучших по естественным показателям территориях. Учитывая явления компенсации и декомпенсации организмом вредного влияния, идет постепенная аккумуляция деструктивных изменений, которые проявляются только через не-

сколько лет после начала влияния. В случае онкозаболеваний этот интервал увеличивается до 20–25 лет. В результате мы сейчас наблюдаем только начало роста онкологических заболеваний в пострадавших районах.

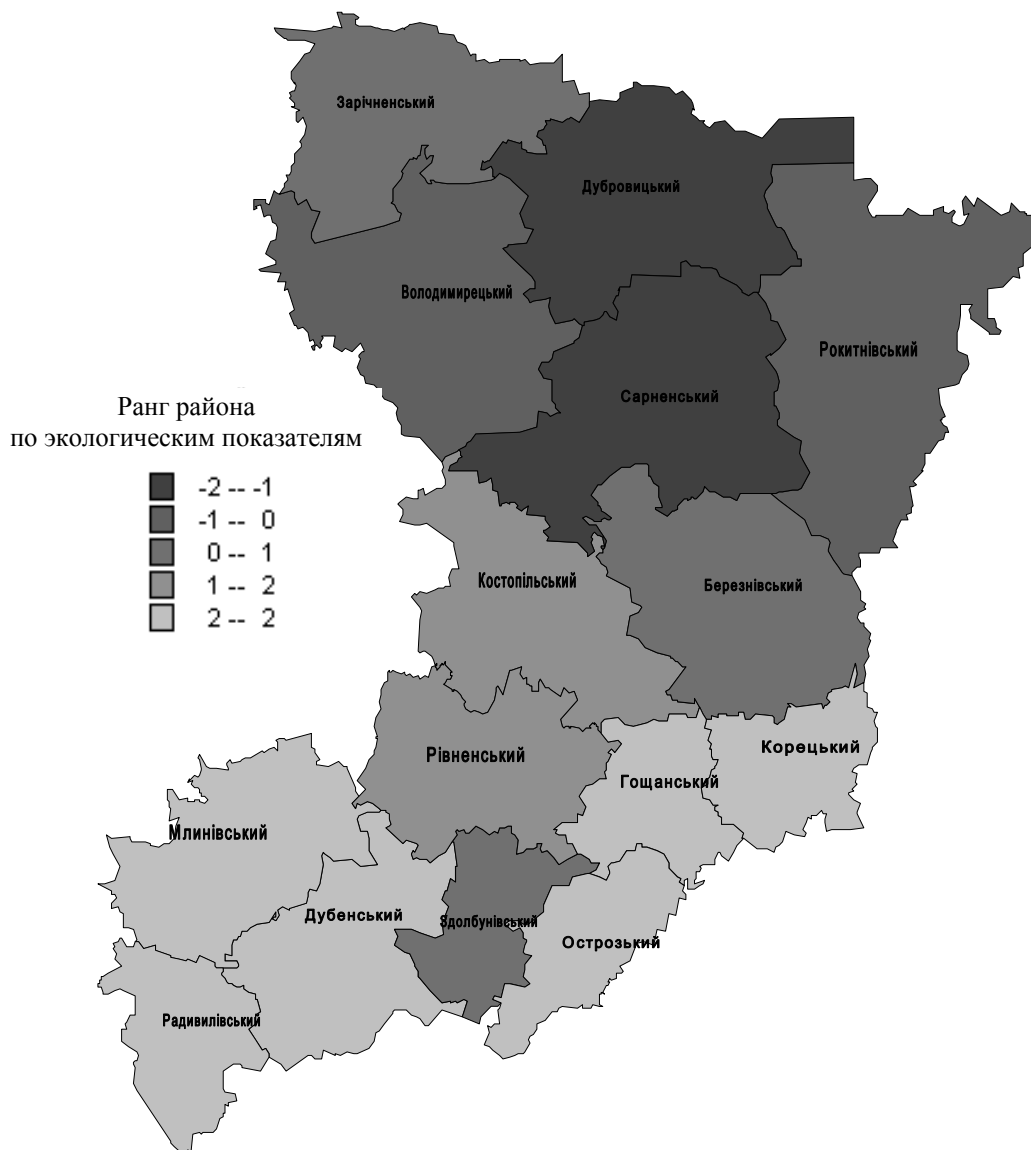


Рис. 21.15. Картограмма рейтинговой оценки территории районов Ровенщины по комплексу эколого-радиологических показателей

В результате можно констатировать, что данная методика разрешает интерполировать графики динамики заболеваний, которые имеют высокую корреляцию с факторами внешней среды, для прогнозирования ожидаемых последствий от изменений качества окружающей среды.

Нами предлагается применение рейтинговой системы, которая создается по принципу относительных оценок при сравнении показателей на разных территориальных участках (по географическому принципу). Эта система рейтинговой оценки может быть включена в комплекс для определения интегрального показателя экологического риска отдельных географических территорий (ранжирования районов в составе области).

Данная методика разрешает усовершенствовать методы взвешенных коэффициентов, которые базируются на количественных оценках, методы учета превышений ГДК и прочие, особенно при недостаточности фактического материала для комплексного анализа. При отсутствии отдельных данных для конкретных методик метод сравнительного анализа способен дать общую картину соотношения районов как по отдельным факторам, так и по сумме разных данных, которая разрешает приблизиться к действительно комплексному определению экологического риска территорий.

Практическое значение результатов исследования заключается в разработке методологии экспресс-оценки медико-экологического риска территории. Полученные результаты могут быть использованы при разработке стратегии социально-экономического развития региона, минимизации вред-

ных влияний на окружающую среду и на человека. Выполненная медико-экологическая рейтинговая оценка районов Ровненской области может служить для осуществления эффективного управления сферой охраны здоровья населения в регионе.

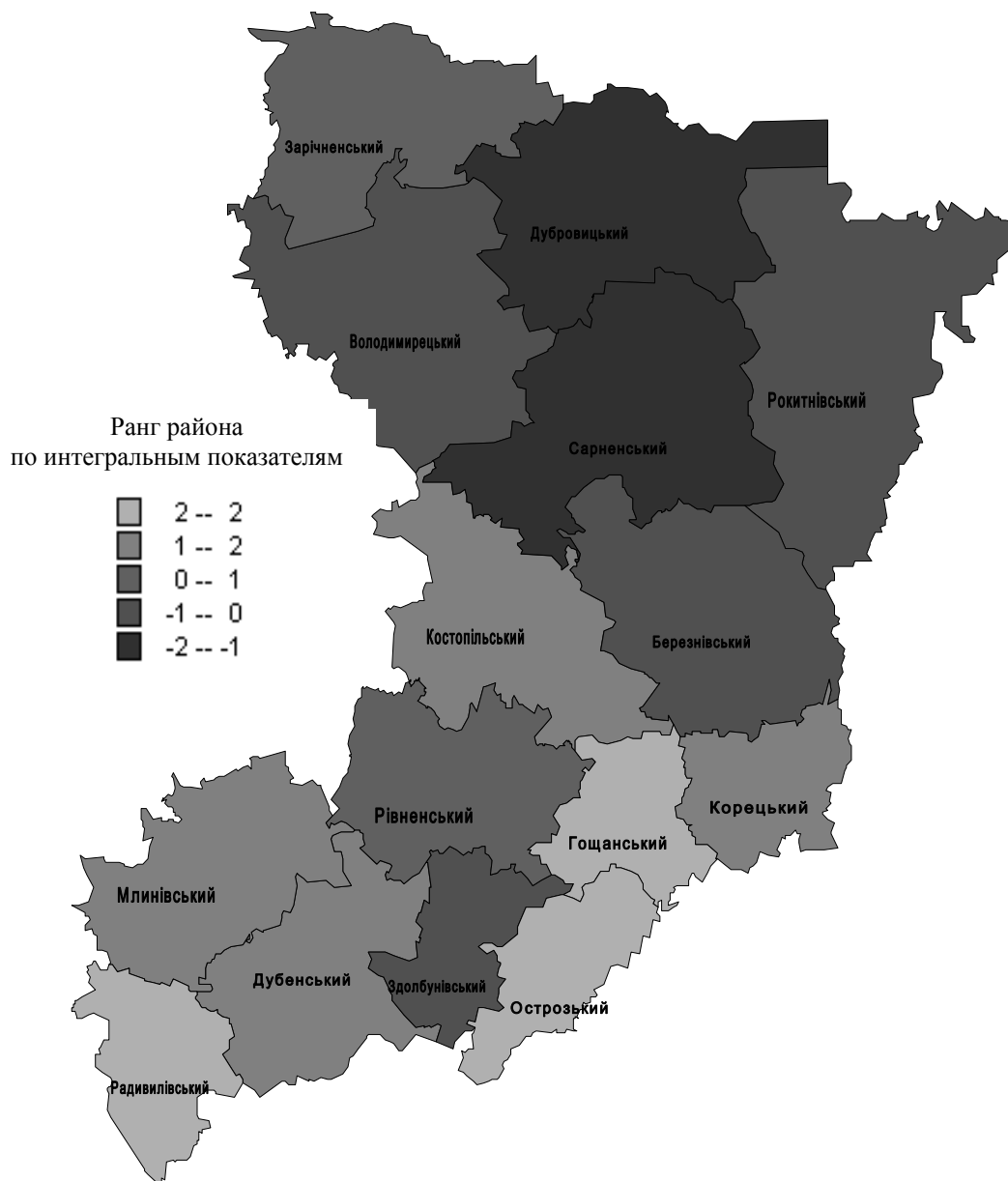


Рис. 21.16. Картосхема медико-экологического риска территории районов Ровенщины

Представленная пространственно-временная модель дает возможность установить наиболее значимые показатели экологического состояния территории, которые влияют на формирование медико-демографических показателей.

Практическое значение использования данной модели заключается в том, что можно определить степень влияния каждого отдельного фактора. Она разрешает провести прогноз развития медико-демографических показателей как в зависимости от отдельных экологических показателей, так и для отдельных нозологических классов в пределах отдельного района и в целом по области.

По данным интегральных показателей может быть определена оценка медико-экологического риска в конкретный период времени, разработан прогноз развития медико-демографической ситуации территории. Это разрешит обосновать первоочередность проведения природоохранных мер по улучшению условий проживания населения.

Литература

1. Національна екологічна політика України: оцінка і стратегія розвитку – Київ: Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, Програма Розвитку ООН, Глобальний Екологічний Фонд, 2007. – 184 с.

2. Барановский В. А., Шищенко П. Г. Екологічна географія та географічна екологія – нові наукові напрями в дослідженнях взаємодії природи і суспільства // Україна – географічні проблеми сталого розвитку. – Т. 2. – Київ, 2004. – С. 5–7.
3. Волкова Л. А., Кушнірук Ю. С. Географо-екологічні дослідження території при визначенні факторів екологічного ризику в східній частині Північно-Західного регіону України // Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету ім. М. Коцюбинського. Сер.: Географія. – 2004. – № 7. – С. 90–96.
4. Волкова Л. А., Кушнірук Ю. А. Индикаторные нозологии радиологической составляющей в системе «окружающая среда – здоровье населения» // «Основные проблемы на съвременната наука». – Т.21. Селско стопанство. Химия и химически технологии. Екологія. Географія и геологія : матеріали VI Міжнарод. науч.-практ. конф. (17–20 апр. 2010 г.). – Софія: Бял ГРАД-БГ ООД, 2010. – С. 53–56.
5. Волкова Л. А., Кушнірук Ю. А. Оценка радиологической составляющей в системе «окружающая среда – здоровье населения» // VI Międzynarodowa naukowo-praktyczna konferencja «Strategiczne pytania światowej nauki – 2010». – Vol.13. Chemia i chemiczne technologie. Ekologia. Rolnictwo. Weterynaria : mater. конф. (5–7 lutego 2010 r.). – Przemysł: Nauka i studia, 2010. – S. 46–49.
6. Гуцуляк В. М. Медична географія (екологічний аспект). – Чернівці: Рута, 1997. – 72 с.
7. Атлас радіоактивного забруднення України. Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи. – Київ, 1999.
8. Збірники показників здоров'я населення та діяльності медичних закладів Рівненської області (за 1986–2009 рр.) / Рівненський обласний інформаційно-аналітичний центр медичної статистики. – Рівне, 1987–2010.
9. Кушнірук Ю. С. Аспекти медико-екологічного ризику на радіаційно забруднених територіях Західного Полісся // Екологія і раціональне природокористування: Збірник наукових праць. – Суми: СумДПУ, 2008. – С. 30–34.
10. Davidescu D., Iacob O. Thyroid cancer incidence after the Chernobyl accident in Eastern Romania // International journal of Radiation Medicine. – 2004. – № 6 (1–4) special issue. – P. 30–38.
11. The radiation-ecological and medical-genetic consequences of Chernobyl disaster after twenty years and the prognosis for the future / A. I. Glouchchenko [et al.] // International journal of Radiation Medicine. – 2006. – № 8 (1). – P. 9.
12. Нягу А. И. Чернобыльская катастрофа – урок для настоящего и будущего // Abstracts of the International Conference «Health consequences of the Chernobyl catastrophe. Strategy of recovery». – P. 64–65.
13. Жученко В. Г. Особливості рекреаційних ресурсів України та можливості використання їх у туристично-рекреаційній діяльності // Екологія і ресурси : зб. наук. праць. – Вип. 6 / Укр. Ін-т дослідж. навколиш. середовища і ресурсів. – Київ: УІНСіР РНБОУ, 2003. – С. 167–173.
14. Топчієв О. Г. Методологія та методи суспільно-географічних досліджень. – Одеса: Астропринт, 2005. – 635 с.
15. Волкова Л. А., Кушнірук Ю. А. Географо-математичний аналіз екостану в східній частині Північно-Західного регіону України за медико-демографічними критеріями ризику // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Сер.: Географія. – 2004. – № 2. – Ч. II. – С. 43–49.
16. Кушнірук Ю. С. Компенсирующие природные факторы медико-экологического риска территории // Materiály VIII mezinárodní vědecko-praktická konference «Aplikované vědecké novinky - 2012». – Díl 11. Zemědělství. Zeměpis a geologie. Ekologie. – Praha: Publishing House «Education and Science», 2011. – S. 63–67.

Глава 22. РОЛЬ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ФОРМИРОВАНИИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

22.1. Влияние осушительной сети на объемы выноса ^{90}Sr за пределы Чернобыльской зоны отчуждения

Отчужденным в результате чернобыльской катастрофы территориям в наследство от двух десятилетий масштабного мелиоративного строительства (1965–1985 гг.) достались значительные площади осушительных систем (как в Украине, так и Беларуси). Их роль в условиях радиоактивного загрязнения неоднозначна и зависит от текущей гидрометеорологической обстановки. Безусловно, более густая искусственная гидрографическая сеть и интенсивная дренированность обуславливают увеличение стока и выноса радионуклидов, что противоречит основному предназначению зоны отчуждения [1]. Однако при зарегулировании каналов в маловодные периоды удастся существенно снизить водный вынос активности. Выведение систем из эксплуатации в зарегулированном состоянии во время многоводного цикла может привести к разносторонним негативным последствиям.

В зоне отчуждения и безусловного отселения Украины (ЗО и ЗБ (О)О или ЧЗО) площадью около 2,4 тыс. км² расположены 24 мелиоративные системы общей площадью 280 км². Более половины этой территории (144,5 км²) на 2002 г. имели плотность загрязнения ^{137}Cs более 555 кБк/м². На площади осушительных систем сосредоточено также около 63 % радиоактивного ^{90}Sr (преимущественно на левобережье р. Припять) от его количества в ЧЗО, находящегося за пределами промплощадки ЧАЭС и захоронений радиоактивных отходов [2].

С осушительных систем и по рекам с частично мелиорированными водосборами ныне (после спуска пруда-охладителя) ежегодно выносятся до 80 % ^{90}Sr от его водного выноса со всех сосредоточенных и распределенных источников в пределах ЧЗО. В отдельные многоводные годы (1997–1998) или годы с высокими паводками (1999) вынос ^{90}Sr только с мелиорированной северной части левобережного бассейна р. Припять (около 100 км²) через устье магистрального канала МК-5 составлял до 23–40 % от всего водного выноса ^{90}Sr рекой Припять с ЧЗО при том, что по объемам это лишь около 0,11 % стока, формирующегося в пределах зоны [3].

Как известно, в украинской зоне отчуждения с 1986 г. осушительные системы были выведены из эксплуатации, причем большинство – с перекрытыми шлюзами и искусственными перемычками, построенными после аварии на ЧАЭС. Начиная с 1998–2000 гг. на части каналов была восстановлена пропускная способность, а также функции регулирующих сооружений. Это дает уникальную возможность проанализировать влияние осушительных систем с разной степенью зарегулированности на вынос радионуклидов и ответить на вопрос: что обеспечивает более весомый защитный радиоэкологический эффект: сдерживание загрязненного поверхностного стока или его регулируемый сброс?

Первые годы после чернобыльской аварии совпали с циклом маловодных лет. Благодаря этому водоохранные мероприятия 1986 г., которые заключались в сооружении многочисленных перемычек и дамб на магистральных каналах мелиоративной сети (рис. 22.1), способствовали уменьшению местного стока и аккумуляции около 2,2 ТБк ^{90}Sr за 1986–1992 гг. Однако с увеличением водности зарегулированность систем привела к длительному переувлажнению территории и заметному увеличению концентраций ^{90}Sr и ^{137}Cs в водах каналов и малых рек за счет затопления загрязненных участков в верхних бьефах сооружений, что в большой степени нивелировало положительный эффект. Следует отметить, что летом 1987 г. на большей части перемычек (110 из 131) были снижены пороги, а в глухих дамбах проделаны прораны, однако уровни грунтовых вод оставались достаточно высокими [2, 4]. Затопление территорий способствовало более быстрому проникновению радионуклидов по почвенному профилю: на 1989 г. ^{137}Cs поступил в грунтовые воды в количестве 0,7–0,8 % от его запаса на поверхности, в то время как на незатоплявшихся участках доля его проникновения в грунтовые воды не превышала 0,13 % [4]. На площадях, загрязненных преимущественно конденсационными выпадениями, ^{90}Sr мигрировал на глубину еще более интенсивно [5].

До 1993 г., то есть к началу цикла многоводных лет (1993–2001), переувлажнение существенно не отражалось на объемах выноса радионуклидов (рис. 22.2), хотя и фиксировалось увеличение их концентрации в воде на искусственно затопленных участках [2, 4].

С началом данного цикла благодаря увеличению суммы осадков на водосборе р. Припять заметно увеличились площади водной поверхности, подтопления и вторичного заболачивания (рис. 22.3) [6]. Еще больше возросла концентрация ^{90}Sr в грунтовых и поверхностных водах [2], и хотя общая водность р. Припять повысилась, было зафиксировано уменьшение местного стока с территории зоны отчуждения [7, 8].

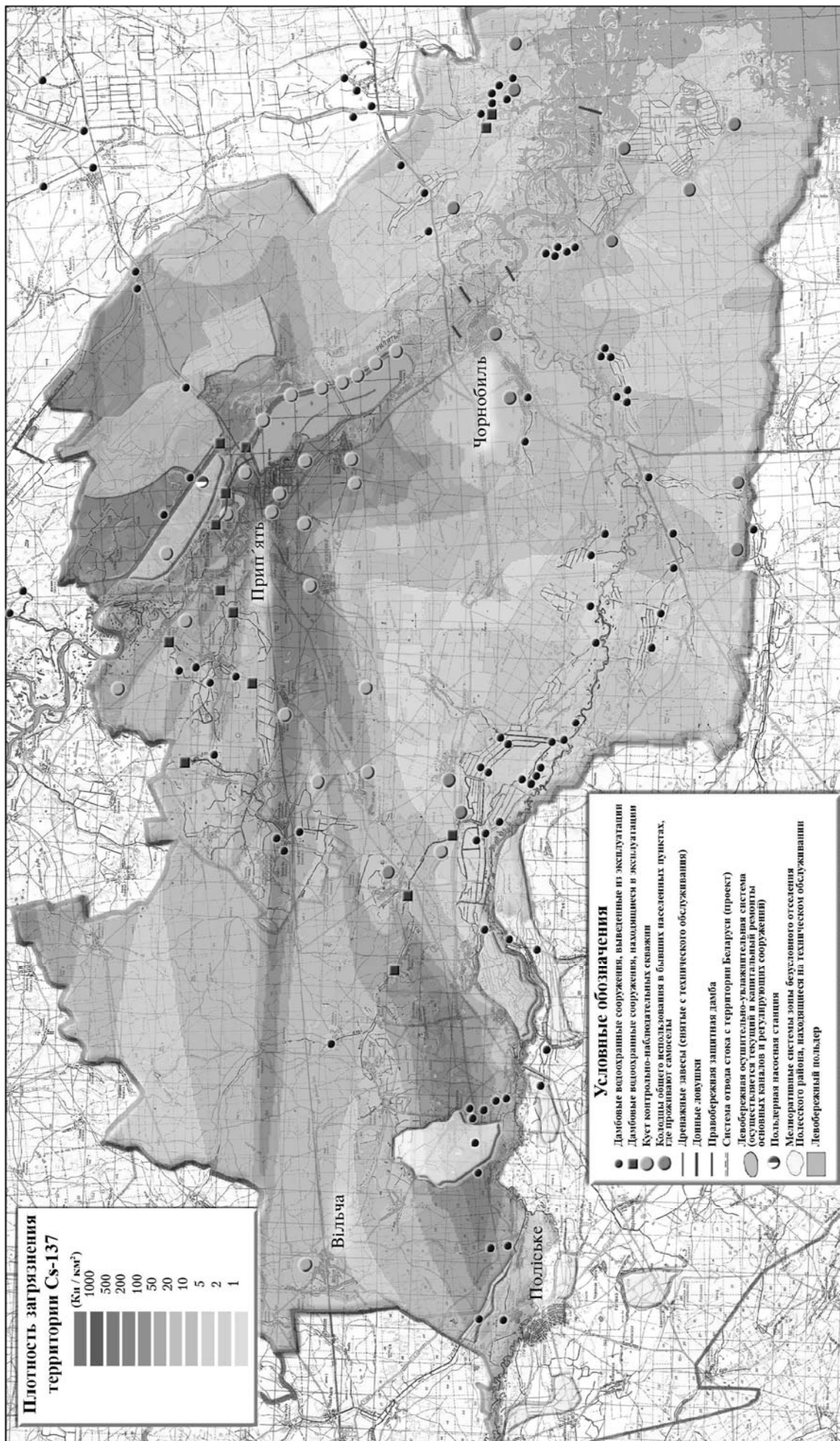


Рис. 22.1. Схема водоохранных объектов зоны отчуждения и зоны безусловного (обязательного) отселения (1986–2002 гг.) на фоне карты распределения плотности загрязнения поверхности цезием-137

Это объясняется значительным отбором воды из реки для наполнения пруда-охладителя ЧАЭС, перекрытием каналов и переброской части стока с левобережного водосбора р. Припять в бассейн р. Брагинка и дальше в Киевское водохранилище. Каналы были перекрыты не только для уменьшения выноса радионуклидов, но и для аккумуляции стока с целью усиления противопожарной безопасности (особенно на прилегающей территории Беларуси). При этом значительная часть стока была потрачена на дополнительное испарение из-за увеличения площади водного зеркала [8]. Пруд-охладитель площадью 22,7 км², ежегодно теряя на испарение около 45 млн м³ воды, способствовал увлажнению микроклимата: среднегодовое количество осадков в районе ЧАЭС через 2 года после ее запуска увеличилось более чем в 1,8 раза. Кроме этого, пойма р. Припять в зоне влияния пруда была сильно подтоплена в связи с тем, что его водное зеркало было на 6 м выше уровня реки. По оценкам ученых Государственного гидрологического института (г. Санкт-Петербург, РФ), выполненным в 1989–1991 гг., потери на испарение из пруда составляли 1,0–1,1 м³/с, а потери на фильтрацию – в среднем 2,4 м³/с [9]. Следовательно, большая часть объема воды не возвращалась в реку, а испарялась или аккумулировалась на заболоченной пойме.

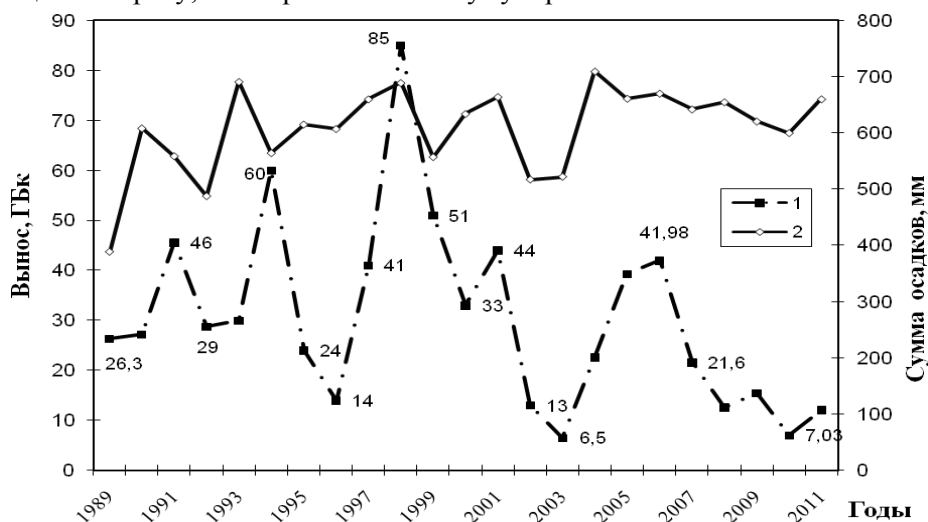


Рис. 22.2. Характерная для магистральных каналов левобережья р. Припять динамика выноса ⁹⁰Sr (1) (на примере канала МК-1 Припятской осушительной системы) на фоне годовой суммы атмосферных осадков (2).

Объемы стока с мелиоративных систем снизились также в результате заиления закрытого дренажа, естественного старения и разрушения гидротехнических сооружений. Высокие уровни воды в каналах и грунтовых вод на прилегающей площади, зарастание и заиление русел привели к постепенному подъему общего базиса стока и замедлению латерального водообмена, чему способствовала также слабая природная расчлененность пойменных и террасовых равнин (занимают около 45 % территории ЧЗО [10]). Градиенты напоров грунтовых вод уменьшились, в связи с чем снизился боковой отток в каналы и малые реки, однако с ростом перепада напоров грунтовых и межпластовых вод увеличился риск загрязнения последних. Аналитические расчеты изменения времени снижения УГВ между дренами (И. Ю. Наседкин) в условиях подпора показали, что норма осушения в 0,4 м достигается за 38,4 суток, тогда как при отсутствии подпора в доаварийный период достижение аналогичной нормы составляло всего 10,4 суток. Замедленный отток воды привел к сокращению меженных периодов, росту продолжительности периодов питания грунтовых вод поверхностными и, как следствие, к еще большему уменьшению общего дренирования территории. Этим объясняется длительное стекание загрязненного стока в маловодные 1990–1992 гг. Замедленное поступление подземного стока с больших водосборных территорий, особенно если сами реки или их притоки зарегулированы, отразилось в несоответствии модулей стока количеству осадков (табл. 22.1). Модули часто увеличивались или оставались большими на следующий год после выпадения большого количества осадков (> 650 мм). Так, после многоводного 1993 г. в 1994 г. выросли модули и коэффициенты стока практически по всем рекам, кроме р. Ильи; осадки многоводного 1998 г. перешли в грунтовые воды и разгрузились в течение следующего 1999 г.

К 2000 г. сохранялась закономерность, характерная для переувлажненных территорий с зарегулированными водотоками. Она заключалась в том, что повышенный вынос ⁹⁰Sr происходил не только в многоводные годы (рис. 22.4), но и в годы с высокими паводками (1991, 1994, 1999), ко-

торые шли после относительно многоводных лет (1990 – 608 мм; 1993 – 692 мм; 1998 – 689 мм). Таки образом, реакция водного выноса ^{90}Sr с мелиорированных водосборов на количество осадков запаздывала на 1 год (рис. 22.2).



Рис. 22.3. Изменение соотношения между открытой водной поверхностью и суходолом на север от старой (1977 г.) левобережной дамбы по материалам многозональной космической съемки (май 1986 – апрель 1994 г.): коричневый цвет – прирост суходола; синий цвет – прирост открытой водной поверхности [6]

Таблица 22.1

Модули стока в бассейнах рек Чернобыльской зоны отчуждения (л/с/км²)

№ п/п	Водотоки	Модули стока												
		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1	р. Брагинка (преимущественно осушительные системы Беларуси)	1,0	1,6	2,2	1,3	0,9	1,7	2,9	2,2	1,4	2,1	1,0	0,4	1,6
2	р. Сахан	1,5	2,9	3,2	1,7	1,5	2,3	3,7	3,0	1,9	3,4	1,6	1,9	2,7
3	Северо-западная часть Припятской системы (сток в устье канала МК-5)	нет данных	10,4	9,9	2,2	0,5	3,8	14,4	9,9	4,2	12,0	5,2	1,7	7,9
4	МК-1 Припятской системы	нет данных	н.д.	4,8	2,8	1,7	4,1	5,4	4,0	2,7	3,5	2,3	1,4	0,1
5	р. Уж	нет данных	4,8	5,3	1,9	3,0	2,6	5,7	4,0	2,8	3,3	1,6	1,8	1,2
6	р. Илья	1,2	4,7	1,7	0,9	3,2	3,4	4,9	3,4	2,5	3,0	н.д.	н.д.	н.д.
7	р. Вересня	1,1	2,8	2,8	1,8	3,0	2,0	3,2	4,0	1,8	2,4	н.д.	н.д.	н.д.
Средний годовой модуль		1,2	4,6	4,27	1,8	2,0	2,84	5,74	4,36	2,47	4,24	2,36	1,5	2,68
Сумма осадков за год, мм		487,4	692	564,1	618	611	660	689	557	633,8	664	517	522	709,5

Очевидно, в связи с затрудненной разгрузкой часть воды предыдущего года оставалась на водосборе до начала следующего многоводного сезона. Высокое половодье или летний паводок (как в августе 1998 г.), накладываясь на существующие высокие уровни воды, смывали радионуклиды с ранее не затоплявшихся участков. Таким образом, проточные болота и зарегулированные водотоки в периоды высокой водности отдавали значительную часть накопленной влаги, а с ней и наиболее подвижную часть радиоактивных веществ. Однако в годы маловодные и средней обеспеченности осадками зарегулированные осушительные системы удерживали и аккумулировали часть поверхностного стока, тратя его на испарение, что, безусловно, способствовало уменьшению выноса радионуклидов.

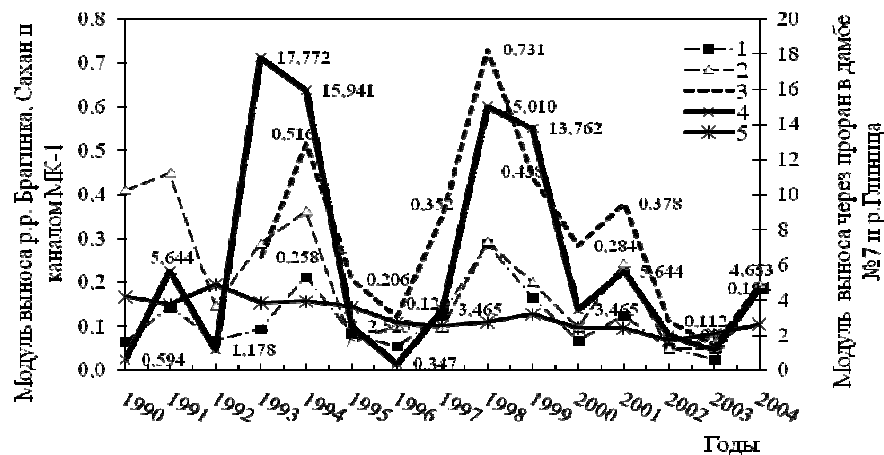


Рис. 22.4. Изменения модуля выноса ^{90}Sr :
с зарегулированных водосборов: 1 – р. Брагинка, 2 – р. Сахан, 3 – МК-1 Припятской системы
и сильно зарегулированного водосбора: 4 – Северо-Западного бассейна (сток через проран
в дамбе № 7); 5 – р. Глиница (дренажный отток из пруда-охладителя)

Итак, несмотря на уменьшение объемов поверхностного стока с ЧЗО, годовой вынос ^{90}Sr в 1993–1994 и 1997–1999 гг. для большинства водотоков был чрезвычайно высоким, чему способствовал рост концентраций ^{90}Sr в поверхностных водах после снижения проточности каналов и увеличения площади затопленных участков, гидравлически связанных с водотоками.

В целом, для водотоков ЧЗО характерно, что с увеличением доли подтопленных и заболоченных площадей на их водосборе растет количество случаев соответствия высокой среднегодовой концентрации ^{90}Sr повышенной водности года. При отсутствии или небольшой площади проточных болот на водосборе реки, в многоводные периоды часто наблюдается уменьшение концентрации в воде ^{90}Sr за счет разбавления. К тому же снижение концентрации ^{90}Sr после окончания паводка для водотоков с меньшей зарегулированностью происходит быстрее. На незарегулированных водотоках в связи с наличием в гидрографе только одного четко выраженного паводкового пика значительные всплески объемной активности ^{90}Sr (в 1,5–2,5 раза выше среднегодовых) наблюдаются преимущественно лишь в периоды весеннего половодья или изредка – во время зимних заторов, тогда как в слабопроточных каналах рост концентраций происходит и при незначительных летних паводках (содержание ^{90}Sr в воде возрастает в 1,2–1,5 раза) и даже в относительно маловодный зимний период [7].

Водосборы малых рек Чернобыльской зоны отчуждения имеют *мелиорированность* в пределах от 9 до 90 %. Влияние мелиорированности водосбора и зарегулированности систем проявляется в увеличении выноса ^{90}Sr в многоводные и особенно на следующий после многоводного год (рис. 22.5) – после исчерпания аккумулирующей емкости каналов. Во время циклов маловодных лет (2–4 года) коэффициенты корреляции между мелиорированностью и выносом ^{90}Sr преимущественно отрицательные, что свидетельствует о способности систем усиливать барьерные функции водосбора до определенного предела, за которым происходит исчерпание буферной емкости водосбора.

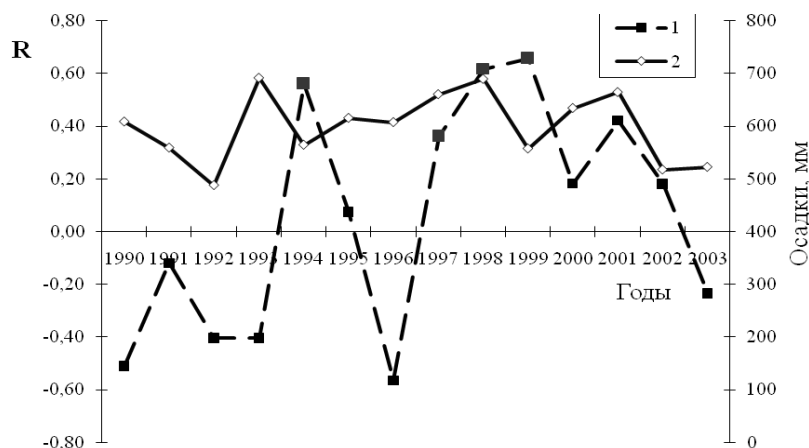


Рис. 22.5. Изменения коэффициента корреляции между выносом ^{90}Sr и относительной площадью мелиоративных систем на водосборе реки (1) в сопоставлении с годовой суммой атмосферных осадков (2) (метеостанция «Чернобыль»)

Осушительные системы способны сдерживать вынос ^{90}Sr даже в некоторые многоводные годы (1993) или годы средней водности (1996), которые следуют после ряда маловодных лет. Однако в связи с разной степенью зарегулированности систем их влияние неодинаково. Максимальный вклад в вынос ^{90}Sr в 1993 г. обеспечила наиболее мелиорированная и зарегулированная, однако и наиболее загрязненная северная часть Припятской мелиоративной системы (сток через проран в дамбе № 7) – 1795 ГБк, а в 1996 г. – наименее мелиорированные и зарегулированные водотоки – реки Уж и Илья. То есть *зарегулированность* при определенных обстоятельствах становится более влиятельным фактором выноса радионуклидов.

Зависимость модуля выноса ^{90}Sr от степени зарегулированности водосбора (относительной площади затопленных и подтопленных участков за счет подпора от перемычек и дамб) хорошо аппроксимируется степенной функцией (рис. 22.6).

Чем менее зарегулирован водоток, тем интенсивнее, в основном, происходит снижение концентрации ^{90}Sr в поверхностных водах с начала загрязнения за многолетие. Хотя при этом доля выноса от запасов на водосборе, а для водосборов с близким уровнем загрязнения – и вынесенное количество радионуклида, в первые годы здесь будут значительно выше (рис. 22.7).

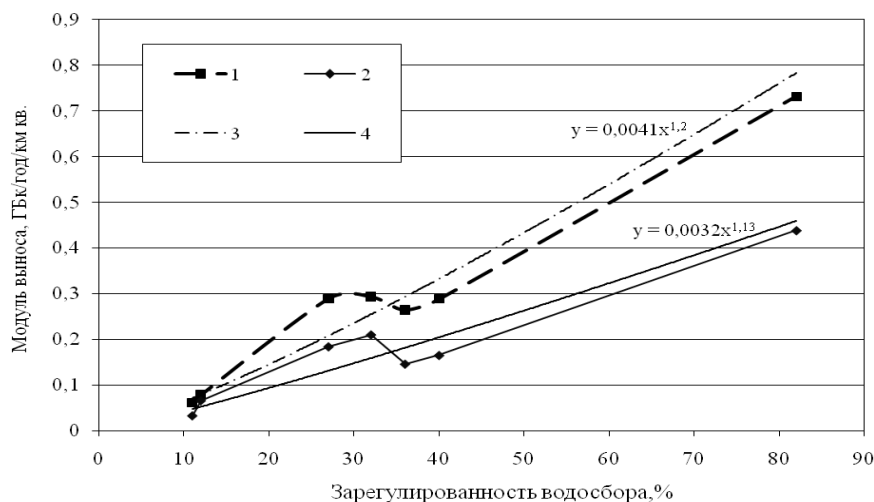


Рис. 22.6. Зависимость модулей выноса ^{90}Sr от степени «водоохранной» зарегулированности (дамбы и перемычки 1986 г.) водосборных бассейнов ЧЗО за разные годы:

1 – 1998 г., 2 – 1999 г.;
3, 4 – соответствующие степенные тренды

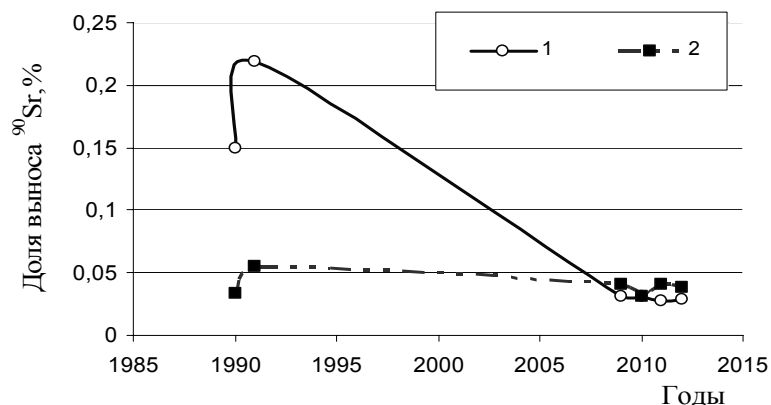


Рис. 22.7. Многолетние изменения средней доли выноса ^{90}Sr для незарегулированных (1) и зарегулированных (2) водотоков зоны отчуждения

В первые годы наблюдений (1990–1991) доля выноса из незарегулированных водосборов была больше, чем с зарегулированных, в 10–18 раз, а в конце срока сравнения (2009–2012) они были достаточно близки: соответственно 0,013–0,06 % и 0,013–0,055 % [11]. При сопоставлении средних за 15 лет модулей выноса ^{90}Sr из бассейнов с разной степенью зарегулированности оказалось, что с увеличением зарегулированности от 11 % (бассейн р. Уж) до 72 % (сток через проран в дамбе № 7) модули растут от 0,05 до 6,2 ГБк/год/км².

Влияние мелиорированности водосбора (Lr) на вынос ^{90}Sr (W) учитывает линейное уравнение регрессии, найденное путем множественной корреляции данных 1998 г. для правобережных и левобережных малых водосборных бассейнов (степень достоверности $R^2 = 0,85$):

$$W = -890,867 + 0,002 \cdot Z_{Sr} + 0,618 \cdot Nwz + 11 \cdot Lr, \quad (22.1)$$

где Z_{Sr} – запас активности ^{90}Sr на площади водосбора, ГБк; Nwz – количество западин с водой и переувлажненных. Из уравнения видно (по постоянным коэффициентам), что влияние мелиорированности на W существенно больше, чем переувлажненных западин и даже запасов ^{90}Sr на водосборе.

Регрессионные уравнения, связывающие вынос ^{90}Sr с другими показателями искусственного дренирования территории, такими как дренированность (тыс. м³/га/год), участие стока грунтовых вод в общем стоке (%), зарегулированность водосбора (%), позволяют прогнозировать вынос для лет с подобным распределением осадков или стока (Q) (табл. 22.2).

Таблица 22.2

Результаты прогнозирования выноса ^{90}Sr (W) водотоками в сравнении с фактическими данными

Год	Осадки, мм	Регрессионное уравнение и фактическое значение	Бассейны							
			р. Брагинка		Магистрального канала МК-1		Северо-западный		р. Сахан	
			Q , млн. м ³	W , ГБк	Q , млн. м ³	W , ГБк	Q , млн. м ³	W , ГБк	Q , млн. м ³	W , ГБк
2011	660,1	Линейное	75,7	210,0	8,85	11,6	32,0	315	18,0	30,4
		Фактическое	н.о.	144,0	н.о.	11,0	н.о.	338	н.о.	30,0
2012	682,5	Линейное	112	307,0	18,3	38,0	36,0	350	20,0	36,9
		Степенное		270,0		41,6		н.о.		59,5
		Фактическое	119	290,0	13,2	18,0	33,1	213,0	24,0	38,0
2013	690,0	Линейное	121	330,0	19,2	40,5	38,8	387,0	22,0	43,6
		Степенное		284,0		46,7		н.о.		70,1
		Фактическое	270	870,0	20,0	40,0	42,0	415,0	40,0	80,0

Примечание: курсивом выделено заданные и прогнозные значения; н.о. – не определялись.

Анализируя причины и степень изменений водного режима и баланса после аварии на ЧАЭС, можно выделить **пять групп мелиоративных систем** в ЗО и ЗБ(О)О:

I. Постоянно сильно подтопленные и затопленные, недействующие. Подтопление имеет сплошной или локальный характер, обусловленный техногенными причинами (подпоры от гидротехнических сооружений, искусственных водоемов), главной из которых является пруд-охладитель ЧАЭС. УГВ по площади изменяются в пределах от 0,2 м в западинах до 1,5 м на холмах. Подтопление и затопление вызывает нарушение способности водосборов удерживать радиоактивные вещества, особенно в многоводные периоды. К этой группе относятся и частично затопленные бывшие польдерные системы (рис. 22.8).

II. Сезонно подтапливаемые, практически не действующие системы, или их участки. Подтопление вызвано старением гидромелиоративной сети, разрушением гидротехнических сооружений и закрытого дренажа, подпором от железнодорожных насыпей, оставленных закрытыми шлюзов, не ликвидированных перемычек, построенных в 1986 г., бобровых плотин. На большей части этих территорий УГВ находятся на глубинах 0,5–2,0 м от поверхности, режим подпорный. Сезонно подтапливаемые и заболоченные территории гидравлически изолированы. Даже при значительном переувлажнении, в многоводные периоды эти площади выполняют барьерные функции (чрезмерного выноса радионуклидов за их пределы не происходит).

III. Сезонно подтапливаемые в многоводные годы, самотечные мелиоративные системы. На отдельных участках происходит восстановление болотных ландшафтов, а на других в межень – переосушение и возгорание торфяников. УГВ по площади могут изменяться в широких пределах: от 0,6 до 4,0 м. Радиогидроэкологическую ситуацию можно расценивать как относительно сбалансированную: повышение выноса радионуклидов происходит только в многоводные периоды.

IV. Локально подтапливаемые и практически не подтапливаемые самотечные нерегулируемые системы с дренированностью от слабой до хорошей, иногда с активной дренирующей способностью. На большей части площади режим грунтовых вод инфильтрационный и склоновый. Соотношение приходных и расходных статей баланса наиболее близко к естественному, а вынос радионуклидов наименьший. УГВ на глубинах от 0,9 до 3,0 м.

V. Системы с восстановленным регулируемым режимом, после реконструкции 1996–2004 гг. Самотечный регулируемый режим стока нарушают локальные подпоры от бобровых плотин. Вынос радионуклидов, в основном, зависит от плотности загрязнения поверхности и водности года; доля более чистых грунтовых вод в суммарном стоке 55–75 %; УГВ преимущественно залегают на глубинах от 1,7 до 3,5 м, иногда до 4,5 м [11].

На действующих мелиоративных системах гидрографы стока каналов отличаются меньшими пиками летних паводков и более высокими меженными расходами, что благоприятно сказывается на качественном, в том числе радиологическом, состоянии поверхностных вод. Промывной режим

почв на фоне закрытого дренажа хотя и ведет к существенному увеличению выноса ^{90}Sr , тем не менее способствует ускоренной реабилитации загрязненных территорий.

При искусственной интенсификации дренированности полесских ландшафтов, в первую очередь происходит усиление оттока грунтовых вод. При этом их доля в общем стоке увеличивается от 30–40 до 60–78 %. **Роль грунтовых вод в формировании концентраций и выноса радионуклидов** общим стоком каналов неоднозначна: в зависимости от условий водообмена и действия природных и техногенных факторов они могут вызвать увеличение концентраций радионуклидов в водоприемниках или, наоборот, разбавление и самоочищение общего стока.

В первые 3 года после вывода осушительных систем из эксплуатации в ЧЗО значительного уменьшения доли грунтовых вод в общем стоке не произошло благодаря низкой водности лет. При этом ^{90}Sr находился преимущественно в необменных формах и загрязнение поверхностных вод в пределах осушительных систем было не слишком высоким, а его концентрация в грунтовых водах на 70–90 % была связана с глобальными выпадениями. Разница в концентрациях ^{90}Sr между поверхностными и грунтовыми водами составляла в основном 4–20 раз [2], а доля грунтовых вод в общем водном выносе ^{90}Sr до 1990 г. была достаточно высокой – до 25 %.

За счет подтопления значительных территорий состоялось ускоренное загрязнение грунтовых вод и, при увеличении их доли в общем стоке в маловодные годы (1989–1992), – рост вклада в вынос ^{90}Sr до 30–32 % (рис. 22.9). После снижения УГВ и оттока загрязненных грунтовых вод с водосборов за 1991–1992 гг., а также с началом лет повышенной водности (1993–1998) и снижением доли грунтовых вод в общем стоке, их вклад в вынос ^{90}Sr уменьшился до 0,2–2,5%. Поскольку массового разрушения топливных частиц в то время еще не произошло, загрязнение грунтовых вод ^{90}Sr шло медленно и было до 200 раз меньше, чем загрязнение поверхностных вод каналов. После реконструкции осушительных систем V группы (1999–2002) концентрация ^{90}Sr в поверхностных водах несколько уменьшилась (рис. 22.9), а доля грунтовых вод в общем стоке резко возросла, что определило увеличение также их доли в общем выносе ^{90}Sr .

В терминах концентрации эти стадии тоже хорошо проявляются во времени (рис. 22.10). После реконструкции с расчисткой каналов левобережной Припятской системы, концентрации ^{90}Sr в поверхностных водах заметно снизились и приблизились к его концентрации в грунтовых водах (рис. 22.10). Объемные активности ^{90}Sr в грунтовых водах на уровне 0,2–0,6 Бк/дм³ стали фоновыми для территорий осушительных систем в зоне отчуждения.

Вклад грунтовых вод в вынос ^{90}Sr каналами возрастает до 36–40 % приблизительно с 2000 г., по мере сближения его концентрации в грунтовых и поверхностных водах: в поверхностных она постоянно снижается, а в грунтовых преимущественно растет. Последнее связано с тем, что с 2002–2003 гг. произошло массовое разрушение и диссоциация топливных частиц, увеличилось относительное количество растворимых форм ^{90}Sr и, как следствие, возросла интенсивность его вертикальной миграции. В это же время возрастает и доля грунтовых вод в общем стоке, что связано с циклом маловодных лет.

Как известно, с удалением от ЧАЭС происходит замещение топливных выпадений конденсационными. Последние более подвижны в природной среде и по своему поведению близки к глобальным выпадениям периода масштабных испытаний ядерного оружия. Поскольку ^{90}Sr выпал преимущественно в форме топливных частиц, то его запасы на площади водосборов резко уменьшаются с удалением от эпицентра катастрофы. До начала массовой диссоциации топливных частиц и перехода ^{90}Sr в обменные и растворимые формы в многоводные годы проявлялась обратная зависимость доли водного выноса ^{90}Sr от его запасов на водосборе (рис. 22.11).

Существенное влияние соотношения топливных и конденсационных форм выпадений ^{90}Sr на объемы его водного выноса проявляется также при сравнении годовых *модулей выноса* с *долями выноса* ^{90}Sr от запасов на водосборах (рис. 22.12). Очевидно, что для бассейнов, загрязнение которых сформировано преимущественно конденсационной компонентой выпадений (бассейн р. Уж), где ^{90}Sr имеет существенно большую мобильность [12], наблюдается четкое доминирование доли выноса над модулем выноса ^{90}Sr .

Модуль выноса представляет собой отношение количества вынесенной водотоком активности радионуклида за год (период) к площади водосбора водотока (ГБк/год/км²):

$$M_o = \frac{W}{F} = \frac{\sum_{j=1}^n Q \cdot C \cdot 86,4}{F \cdot 10^3}, \quad (22.2)$$

где W – вынесенное за расчетный период количество радионуклида, ГБк/год (ГБк/сутки), n – количество суток за расчетный период, F – площадь водосбора, км²; Q – расход водотока, м³/с; C – объемная активность воды, кБк/м³ [13].

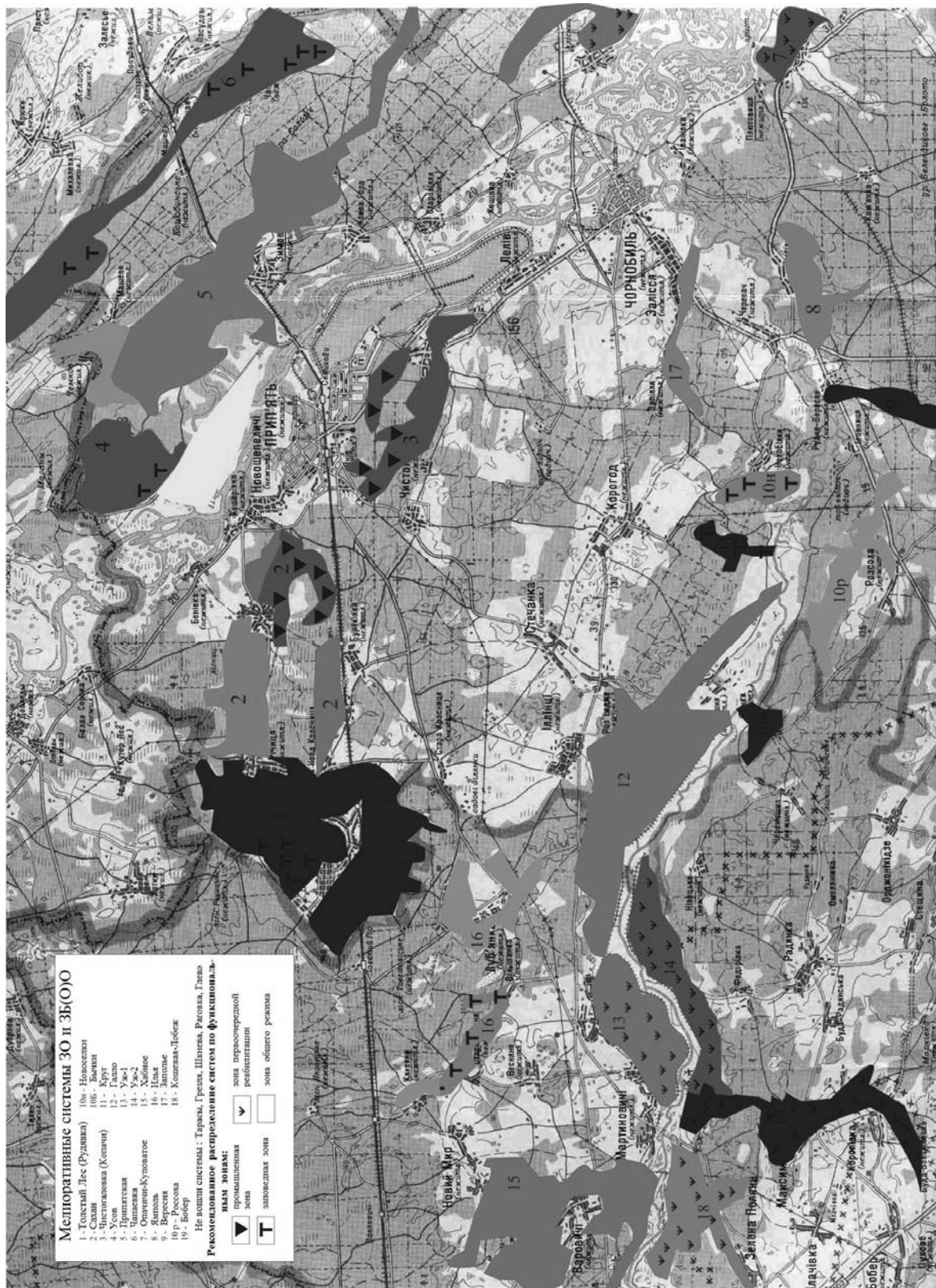


Рис. 22.8. Распределение осушительных систем по функциональным зонам (на 2004 г.), а также группы систем в зоне отчуждения, выделенные по характеру техногенных изменений режима грунтовых и поверхностных вод: красный цвет – I группа, оранжевый – II; синий – III; голубой – IV; зеленый – V группа, желтый цвет – область «нового» левобережного польдера, замкнутая двумя дамбами – старой (1978) и новой (1993)

Водный вынос ^{90}Sr (ГБк) может быть определен по зависимости:

$$W = 10^{-2} \cdot b_i \cdot Z_{Sr}^0 \cdot e^{-0,024t}, \quad (22.3)$$

где b_i – коэффициент выноса на i -й год или доля выноса от запаса радионуклида на водосборе, %; Z_{Sr}^0 – запас ^{90}Sr на площади водосбора водотока в первый год загрязнения, t – количество лет от начала загрязнения до i -го года.

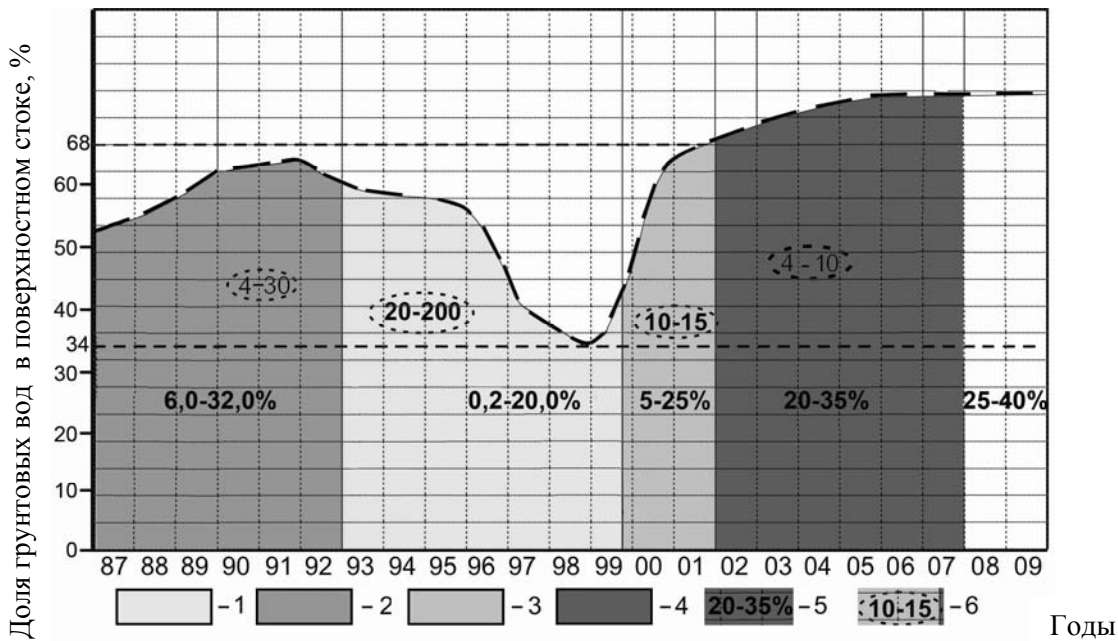


Рис. 22.9. Стадийность изменений роли грунтовых вод в выносе ^{90}Sr с осушительных систем:

1 – разбавляющая роль грунтовых вод преимущественно в многоводные годы (0,2–2,5 % – на наиболее загрязненных массивах, 1,1–20,0 % – на слабозагрязненных) – при значительном увеличении концентраций ^{90}Sr в поверхностных водах; 2 – увеличение вклада грунтовых вод в вынос ^{90}Sr по причинам их ускоренного загрязнения при повышении УГВ после зарегулирования каналов а также в связи с увеличением их доли в общем стоке в маловодные годы; 3 – возрастание роли грунтовых вод в выносе в связи с уменьшением концентраций ^{90}Sr в поверхностных водах после проведения реконструкций; 4 – возрастание роли грунтовых вод в выносе в связи с массовым переходом ^{90}Sr в обменные и растворимые формы и увеличением доли стока грунтовых вод в маловодные годы. Белый цвет – наблюдения на мелиоративных системах не проводились; 5 – участие грунтовых вод в общем водном выносе ^{90}Sr за пределы мелиорированных водосборов; 6 – соотношение концентраций ^{90}Sr в поверхностных и грунтовых водах

Следует пояснить, что *модуль выноса* (M_e) напрямую зависит от концентрации радионуклида в воде, которая, в свою очередь, зависит от подвижности и растворимости форм выпадений. Однако для водотоков ближней зоны аварии в связи со значительно более высоким загрязнением поверхности значение M_e всегда больше, чем для отдаленных водосборов. Большая дифференциация модулей и доли выноса ^{90}Sr с разных водосборов в 1987–2001 гг. (рис. 22.12) может быть связана не только с различным соотношением конденсационной и топливной форм, но и с различиями ландшафтных признаков, влиянием специфических для каждого водосбора факторов. Выравнивание модулей для водотоков ближней зоны в 2002–2011 гг. может свидетельствовать о том, что с массовым переходом ^{90}Sr в мобильные формы действие этих факторов существенно нивелируется. Повлияли также реконструкции на некоторых системах, выполненные в 1996–2002 гг. После расчистки и восстановления работы шлюзов-регуляторов на канале МК-1 модули выноса ^{90}Sr заметно уменьшились, зарегулированность снизилась с 54 до 25–30 % (за счет боковой сети) и стала сопоставима с другими водосборами (табл. 22.3). Восстановление проточности отдельных каналов было выполнено и на системе «Сахан», где модули выноса также снизились.

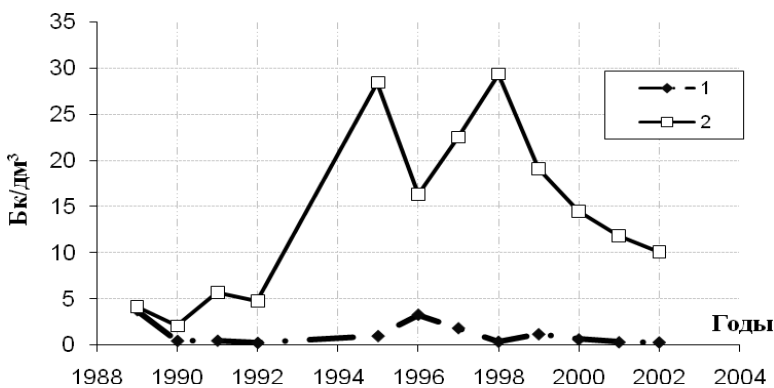


Рис. 22.10. Сопоставление концентраций ^{90}Sr в грунтовых (1) и поверхностных (2) водах осушаемых ландшафтов зоны отчуждения за годы наблюдений

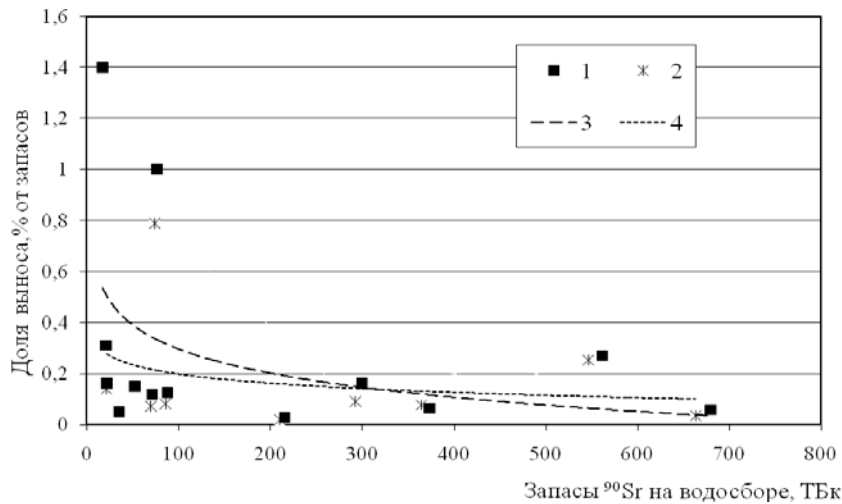


Рис. 22.11. Зависимость доли водного выноса ^{90}Sr от его запасов на площади водосборного бассейна: 1 – в 1998 г., 2 – в 1999 г.; 3 и 4 – соответствующие логарифмические тренды выноса

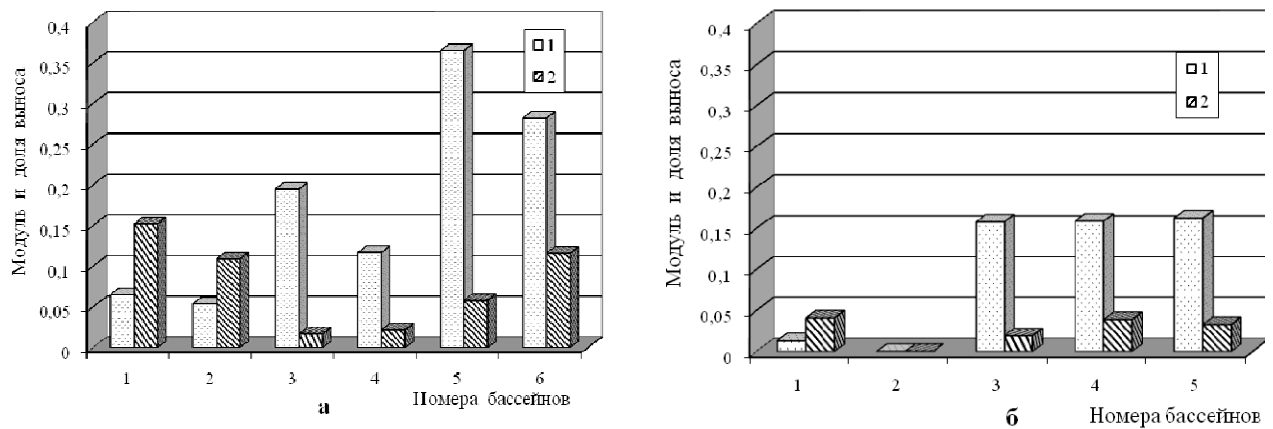


Рис. 22.12. Сопоставление средних значений модуля (1) и доли выноса ^{90}Sr (2) в периоды:
 а – доминирование ^{90}Sr в составе топливных частиц (1987–2001 гг.); б – доминирование мобильных форм ^{90}Sr (2002–2011 гг.) для водосборных бассейнов: 1 – р. Уж; 2 – р. Вересня; 3 – р. Сахан, 4 – р. Брагинка, 5 – магистрального канала МК-1 Припятской осушительной системы, 6 – р. Илья.
 По рекам Илья и Вересня наблюдения с 2000 г. не проводились.

Таблица 22.3

Изменения годовых модулей стока (млн. м³/год/км²) и выноса ^{90}Sr (ГБк/год/км²) в годы различной водности в сопоставлении с площадью зарегулированных мелиоративных систем на водосборе

Река-створ	Зарегулированность водосбора (мелиорированность)*, %	Годы средней водности, 50–58 % обеспеченности 1995–1996		Год высокой водности, 11 % обеспеченности 1998		Год низкой (81%) водности, с высоким (12 %) весенним паводком, 1999	
		Модули стока	Модули выноса	Модуль стока	Модуль выноса	Модуль стока	Модуль выноса
Уж-Черевач	11 (13,4)	0,06-0,095	0,017-0,031	0,18	0,061	0,125	0,033
Вересня	12 (18,7)	0,057-0,094	0,024-0,04	0,102	0,079	0,126	0,066
Илья – Рудня Ильинецкая	29 (14,2)	0,03-0,099	0,224-0,216	0,154	0,289	0,107	0,184
Сахан – Н. Шепеличи	32 (40,7)	0,055-0,047	0,064-0,103	0,118	0,293	0,1	0,21
Нижняя Брагинка – Ладьжичи	36 (27,5)	0,03-0,023	0,06-0,04	0,09	0,288	0,042	0,13
Брагинка – Ладьжичи	39 (29)	0,03-0,02	0,083-0,055	0,057	0,24	0,043	0,165
МК-1	54 (63)	0,09-0,053	0,206-0,12	0,169	0,731	0,127	0,438
МК-7 + МК-5	72 (81)	0,069-0,016	2,525-0,347	0,455	15,01	0,311	13,762

Примечания: * зарегулированность водосбора (%) – площадь подтопленных участков от перемычек и дамб, построенных в 1986 г.; зарегулированность водотока – относительная суммарная длина участков русла с подпором; мелиорированность (в скобках) – относительная площадь мелиоративных систем на водосборе, %.

Увеличение со временем модуля и доли выноса произошло только по водосбору р. Брагинки (приток из Беларуси), где реконструкции не проводились.

Таким образом, в первые 12–13 лет после прекращения эксплуатации мелиоративных систем в ЧЗО отмечалось: уменьшение в маловодные годы летнего стока в три раза по сравнению с доаварийным периодом; уменьшение объемов общего годового стока; рост уровней грунтовых вод, уменьшение их амплитуды колебаний и регулирующей емкости зоны аэрации, снижение градиентов потоков и общей дренированности территории. Затрудненные условия стока привели к подтоплению прилегающих к каналам и рекам загрязненных территорий, образованию эвтрофных полупроточных болот, которые в многоводные периоды отдают значительную часть запаса радионуклидов, перешедших в водорастворимую и коллоидную формы. Хотя в целом, в маловодные годы, сток и вынос радионуклидов удалось снизить, в многоводные циклы модули выноса с водосборов, имеющих зарегулированную сеть каналов, были выше, чем с незарегулированных систем или слабомелиорированных водосборов. Главными последствиями зарегулирования стока, повлиявшими и на современную радиоэкологическую обстановку, стало ускоренное загрязнение грунтовых вод и растянутое во времени их поступление в водоприемники с водосборов.

22.2. Теоретические и методологические основы радиогидрогеологии осушаемых ландшафтов

Очевидно, что годовые объемы водного выноса ^{90}Sr существенно отличаются для различных водосборов, несмотря на одинаковые гидрометеорологические условия (рис. 22.4). Эти различия обусловлены не только разницей уровней загрязнения и форм выпадений ^{90}Sr , но и разным соотношением относительно устойчивых (*статических*) природных ландшафтных признаков, а также техногенных надстроек, в том числе площади осушительных систем. Каждый год объемы выноса радионуклида с отдельных бассейнов меняются в зависимости от комплекса *динамических* факторов: погодных условий, степени увлажнения, объемов стока, соотношения составляющих водного баланса, проводимых на осушительных системах мероприятий и т. д. При этом на изменения концентрации радионуклида в воде влияют: химический состав вод, степень проточности водотока, тип водообмена поверхностных вод с грунтовыми, характер распределения запаса радионуклида в грунтах, донных отложениях и гидробионтах и т. п. Все эти важные факторы так или иначе влияют на процессы загрязнения поверхностных вод.

Столь большой объем вопросов, связанных с формированием и минимизацией радиоактивно загрязненного стока, требует комплексного и системного решения с учетом специфики объекта, ландшафтно-геохимических условий, типов водообмена, трансформационных изменений радиоактивных загрязнителей, основных процессов вторичного загрязнения поверхностных дренажных вод и пр. Для этого из мелиоративной радиоэкологии и радиогидрогеологии было выделено научно-прикладное направление *«радиогидрогеология осушаемых ландшафтов»*. В нем заложен новый *ландшафтно-бассейновый подход* к анализу гидрогеохимических процессов в нарушенной техногенезом среде: количественная оценка процессов загрязнения на детальном уровне и обуславливающих факторов – на местном и региональном. *Радиогидрогеологическая теоретическая основа* [14] обеспечивает изучение процессов формирования в природных водах концентраций радиоактивных элементов с учетом их внутренних свойств, а также выделение закономерностей их пространственного распространения. *Ландшафтно-геохимический подход* [15, 16, 17] позволяет определить биогеохимические факторы миграции и перераспределения радионуклидов, ход процессов сорбции-десорбции в пограничных средах. Вопрос о формировании водного выноса радионуклидов решается в строгой гидродинамической постановке с учетом границ водосборных бассейнов, в пределах которых действует определенный набор ландшафтных факторов. Наличие искусственной осушительной сети не только меняет ландшафт, усиливает дренированность и воздействует на водообмен поверхностных и грунтовых вод, но и обеспечивает возможность выделения достаточного, статистически значимого количества водосборных бассейнов по направлениям стока к магистральным и регулирующим каналам. Последнее позволяет выполнить корректный корреляционный анализ для обоснования факторов влияния на миграцию радионуклидов. Гидрогеологические условия, пребывая под воздействием конструктивных особенностей, эксплуатации и технического состояния осушительных систем, создают ландшафт, обуславливая подтопление, вторичное заболачивание, переосушение и соответствующие почвообразовательные процессы, тип растительности и проч. Ландшафтные условия на геохимическом уровне определяют миграцию радионуклидов и их водный вынос [18]. Такая тесная взаимообусловленность исследуемых факторов и процессов подтолкнула к соответствующему названию направления: *«радиогидрогеология осушаемых ландшафтов»*.

С позиций геохимии ландшафтов мелиоративные системы являются особыми техно-природными комплексами, в пределах которых миграция веществ подчиняется законам влаго- и массопереноса, фильтрации и геохимической стабилизации (адсорбция, абсорбция, химическая фиксация), протекающих на фоне искусственного регулирования режима грунтовых вод и процессов почвообразования. На действующих гидротехнических системах процессы перераспределения радионуклидов могут ускоряться или замедляться в зависимости от задач, которые решает человек, и от синергизма гидромелиоративных и естественных факторов.

На действующих системах *населенных территорий* в задачи радиогидрогеологии осушаемых ландшафтов, в первую очередь, входят: регулирование режимов грунтовых вод и определение норм осушения, при которых переход радионуклидов в культурные растения будет минимальным; изучение и усиление процессов самоочищения почв и грунтовых вод (на территориях первоочередной реабилитации ЗО и ЗБ(О)О). На *отчужденных территориях* главная задача состоит в определении наиболее приемлемых сценариев водообмена и режимов стока для минимизации выноса за пределы зоны максимального загрязнения. Обращение с мелиоративными системами в зоне отчуждения должно согласовываться с основными принципами, определенными Концепцией деятельности в зоне отчуждения и ЗБ (О) на территории Украины [1]: «Любая деятельность в Зоне по улучшению радиоэкологической обстановки должна осуществляться с максимальным использованием природных факторов и минимальным вмешательством в природную среду».

Таким образом, основное внимание при планировании водоохраных мероприятий следует уделять естественным барьерным свойствам ландшафтов. Однако влияние построенных до аварии осушительных систем также нельзя игнорировать. Буферная емкость, которой располагает каждый природный ландшафт по отношению к определенному загрязнителю, может нарушаться либо усиливаться при регулировании режима грунтовых вод.

Барьерная устойчивость (*barrier stability*) – качественный показатель, выражающий способность гидродинамически обособленной части геологической среды, в данном случае водосбора с индивидуальным набором ландшафтных признаков, противостоять водному выносу (W) определенного техногенного мигранта. Степень барьерной устойчивости (BS) определяется по соотношению удерживающих и мобилизующих факторов, которым присваиваются баллы, эквивалентные произведению распространенности фактора (относительная площадь, плотность, количество на водосборе) на коэффициент корреляции между фактором и годовым водным выносом. Коэффициент корреляции рассматривается как рейтинговый коэффициент.

$$BS = -R_1 \cdot Sz_{wz} - R_2 \cdot Sz_{dry} - R_3 \cdot Gz - R_4 \cdot S_s + R_5 \cdot Sf + R_6 \cdot S_{or-m} - R_7 \cdot S_{or} - R_8 \cdot Gg - R_9 \cdot Lr - R_{10} \cdot Rf, \quad (22.4)$$

где $R_1 \dots R_{10}$ – коэффициенты корреляции; рядом факторы, переведенные в параметры, по порядку: относительная площадь переувлажненных и затопленных западин (%); относительная площадь сухих западин и на песке (%); плотность западин (шт./км²); площадь кислых почв (%); площадь леса (%); площадь органо-минеральных почв (%); площадь органических почв (%); плотность гидрографической сети (км/км²); мелиорированность (%); зарегулированность (%). Знак минус обозначает мобилизационную роль фактора, плюс – удерживающую. Первые семь параметров описывают природные факторы, остальные три – гидромелиоративные.

На уровне физико-химических процессов барьерная устойчивость обеспечивается сорбционными свойствами и составом почв, химическими свойствами растворов, биогеохимическими (биологическими) процессами. Отсюда следует, что при неизменности природных характеристик среды барьерная устойчивость по отношению к определенному привнесенному веществу в количественном выражении является величиной постоянной. Ее изменчивость может быть связана только с изменениями химической формы мигранта, природными катаклизмами или антропогенным вмешательством, как-то: строительство инженерных сооружений, регулирование стока, внесение мелиорантов, высаживание леса и пр. Понятие барьерной устойчивости водосбора близко к понятию экологической емкости экосистемы, но касается преимущественно ее абиотической части. Как известно, радиоемкость экосистемы – это количество радионуклидов, которое может содержать экосистема (в том числе за счет круговорота) без существенных последствий для себя [19]. В случае барьерного удерживания радионуклидов водосбором нас прежде всего интересует его способность сдерживать водный вынос радионуклидов в экстремальных ситуациях, а именно – в фазы высокой водности. О высокой барьерной устойчивости будет свидетельствовать минимальное количество вынесенных во время высокого паводка радионуклидов, максимальная депонированная или привлеченная к внутреннему круговороту подвижная часть запаса радионуклида, без учета последствий для экосистемы-донора, по-

сколькo более опасными, согласно базовым принципам деятельности в ЧЗО [1], являются последствия радиоактивного загрязнения для смежных населенных экологических систем-акцепторов.

С относительно постоянными признаками, в пределах почти каждого бассейна, за длительный период (15–25 лет и более) могут происходить медленные изменения, часть из которых можно отнести к эволюционным (зарастание территории лесом), сдерживающим миграцию, а часть – к деградиционным (подтопление территории, заиливание водотоков и повышение базиса эрозии, снижение pH раствора и т. п.), которые преимущественно ее провоцируют и усиливают.

В связи с постепенным горизонтальным и вертикальным перераспределением, а также трансформацией первичных форм радиоактивных выпадений [5] относительная роль различных процессов и факторов водного выноса радионуклидов меняется, особенно в первые 15–20 лет после их поступления в окружающую среду [11].

Таким образом, объектами исследований данного направления являются процессы и факторы формирования радиоактивного загрязнения дренажных вод в пределах осушаемых ландшафтов, а предметами – водно-балансовые и радиогидрогеохимические показатели, содержание техногенных радионуклидов в грунтовых водах при различных типах нарушенного водообмена; показатели влияния осушительных систем на барьерную устойчивость водосборов.

Руководствуясь опытом и результатами многолетних исследований в ЧЗО, можно выделить следующие *теоретические и прикладные положения* радиогидрогеологии осушаемых ландшафтов:

1) миграция радиоактивных веществ в пределах осушаемых ландшафтов отличается от их миграции в ненарушенных условиях в связи с наличием сгущенной дренажной сети, закрытого дренажа, различных гидротехнических сооружений и ускоренного, регулируемого водообмена [2];

2) после поступления радионуклидов (РН) на осушаемый ландшафт начинают действовать вторичные процессы загрязнения поверхностных вод: вынос РН в каналы грунтовыми водами, выщелачивание из затопляемых грунтов, донных осадков, разлагающихся гидробионтов [2]. Относительная роль этих процессов меняется с течением времени;

3) в связи с изменениями во времени приоритетных процессов и факторов вторичного загрязнения дренажного стока соответствующими должны быть и изменения в направлении деятельности по минимизации водного выноса радионуклидов за пределы осушительных систем [20].

4) основным интегральным количественным показателем барьерной устойчивости осушаемых ландшафтов и технического состояния осушительных систем на территориях радиоактивного загрязнения является годовой вынос радионуклида с дренажным стоком;

5) поскольку загрязнение грунтовых вод и формирование суммарного выноса активности происходит под влиянием ландшафтных факторов (которые обеспечивают барьерную устойчивость) на всей площади осушаемого водосбора, анализ факторов воздействия необходимо выполнять на основе ландшафтно-бассейнового подхода;

6) получение научных результатов обеспечивается тремя уровнями детализации комплекса работ: детальным – на балансовых площадках, локальным – на водосборах отдельных каналов; региональным – путем обобщения закономерностей для всей территории загрязнения, принадлежащей определенной климатической зоне с преобладанием однотипных мелиоративных систем.

7) к числу важнейших современных задач направления принадлежит изучение роли осушительных систем и их применение при реабилитации загрязненных территорий.

Итак, степень удерживания загрязняющих веществ на площади водосбора или, наоборот, привлечения подвижных форм радионуклидов к водной миграции определяется (при одинаковых климатических условиях и близких УГВ) ландшафтно-геохимическими характеристиками всей водосборной площади водотока, на которой происходит питание и разгрузка грунтовых вод. Осушительная сеть является определяющим техногенным фактором влияния на барьерную устойчивость водосборов.

22.3. Источники и процессы вторичного радиоактивного загрязнения поверхностных вод дренажных каналов

Процессы, обуславливающие вторичное загрязнение поверхностных вод ^{90}Sr , весьма разнообразны по степени влияния, механизмам и динамике, а соотношение их вклада меняется не только во времени, но и по длине водотока при изменчивости гидродинамического режима. Стронций-90 в водоемах распределяется более равномерно, чем ^{137}Cs , что относит его к эвритропным мигрантам: относительное содержание ^{90}Sr в воде достигает 48 %, около 25 % накапливается биотой и 27 % – донными отложениями [21].

Исследование процессов поступления и извлечения радионуклидов из поверхностных вод и их параметризация являются основой для составления баланса радиоактивного загрязнения водотока.

При решении балансовых задач для конкретных объектов следует количественно определить и качественно охарактеризовать *составляющие водного баланса*, выражающие поступление и потери загрязняющего вещества в водотоке. Также оцениваются и составляющие собственно радиационного баланса (природный распад, сорбция-десорбция).

Процессы вторичного радиоактивного загрязнения поверхностных вод представляют собой мобилизацию радионуклидов из компонентов системы водотока, в которых они были депонированы после *первичных выпадений*. Вымывание растворимых или выщелачивание обменных форм, а также мобилизация и ремобилизация радионуклидов из фиксированных форм представляют собой миграцию второго рода, что именно и объясняет термин «*вторичное загрязнение*». Основными депонирующими компонентами являются почвы береговых откосов каналов и донные отложения. Учитывая то, что береговые откосы каналов имеют большие углы наклона (20–36, при $m = 1,5–2,0$), можно легко представить, что с их поверхности в донные отложения происходит механический и водно-эрозийный перенос твердого стока, на котором сорбированы радионуклиды. Десорбция радионуклидов из донных отложений более интенсивно протекает при снижении уровня воды в канале относительно УГВ на прилегающей площади [2], особенно если грунтовые воды, которые обеспечивают основную долю стока, имеют значительно меньшие концентрации оцениваемого радионуклида, чем поровые растворы донных наносов.

Береговые откосы являются главным источником вторичного радиоактивного загрязнения вод каналов, поскольку обеспечивают поступление радионуклидов тремя путями: 1) во время затопления при подъемах уровня; 2) при кратковременном дождевом и талом стоке; 3) при высачивании грунтовых вод над урезом воды в канале. Очевидно, что последние два процесса непосредственно связаны с количественными изменениями объема воды, а выщелачивание с донных отложений и из почв откосов – опосредованно. В связи с этим вторичные процессы разделены на *радиационно-воднобалансовые* – связанные с поступлением загрязненных объемов воды, и те, что косвенно зависят от изменений объемов воды в каналах – *радиационно-балансовые*, или сорбционно-десорбционные.

К приходным составляющим баланса радионуклида в канале, которые могут быть определены по расчетам только водного баланса, относятся: приток грунтовых вод, поверхностно-склоновый сток, количество осадков на водную поверхность, приток из болот (за вычетом фильтрационных потерь и испарения) [2]. К сорбционно-десорбционным отнесены: 1) десорбция и сорбция радионуклидов донными отложениями; 2) поглощение гидробионтами и выход при отмирании и разложении организмов; 3) вымывание (десорбция) при фильтрации грунтовых вод через загрязненную зону высачивания; 4) выщелачивание (вымывание) из затопленных почв; 5) сорбция радионуклидов из раствора твердой фазой почв береговых откосов при фильтрационных потерях из канала. Два последних процесса протекают преимущественно при подъемах уровня воды в каналах, что следует учитывать при прогнозировании концентраций и выноса. В уравнении общего водно-радиационного баланса такие процессы могут быть учтены в виде коэффициентов, определяемых эмпирически либо при решении обратных задач.

В отдельных случаях, когда уменьшение объемов воды сопровождается испарением и подтоком высококонцентрированных болотных вод, преобладают процессы комплексобразования с органическими веществами, коагуляции с взвешенными частицами, сорбции радионуклидов верхним слоем донных отложений. Сорбция и десорбция происходят как при увеличении объема воды в канале, так и при уменьшении, в зависимости от градиента концентрации радионуклида в поровом растворе и слое придонных вод, а также от соотношения уровня поверхностных и грунтовых вод. Сорбцией можно пренебречь, когда за счет поступления более чистых вод равновесие в системе «поверхностная вода – почвы откосов» нарушается и процесс десорбции значительно преобладает. Когда же к затоплению приводит поступление новых объемов воды с более высокой концентрацией радионуклидов, процесс сорбции почвами и донными осадками может оказаться достаточно влиятельной расходной составляющей баланса.

При наличии градиента напора, что обуславливает фильтрацию грунтовых вод в сторону канала, на поверхности раздела насыщенной водой почвы и воздуха, в диапазоне 0–22 см от уреза воды в канале, образуется зона высачивания. Она возникает в результате фильтрационного сопротивления или гидравлических потерь при переходе потока грунтовых вод в менее водопроницаемый (возможно, закольматированный) слой почвы [2]. В закольматированных супесчаных откосах высота высачивания составляет 0,11 м, а в закольматированных – 0,14 м, в торфяных почвах – 0,17–0,18, средне- и легкосуглинистых – 0,20–0,23. Максимальные значения фильтрационных сопротивлений ($\Phi_k = 0,55–0,63$ м) и минимальная ширина зоны высачивания соответствуют наиболее высоким уровням воды в канале (3–5% обеспеченности) [22]. При подпоре грунтовых вод и обратном перетекании во-

ды из канала зона высачивания пропадает, а интервал увлажненного грунта над урезом воды определяется высотой капиллярного поднятия. Наименьшие значения сопротивлений ($\Phi_k = 0,2-0,14$ м) и наибольшие размеры зоны высачивания соответствуют уровням обеспеченности 95–99 %. Согласно основным положениям гидромеханической теории фильтрации [22] при наименьших значениях фильтрационных сопротивлений фильтрация в канал будет наиболее интенсивной. В зоне высачивания конвективная диффузия переходит в конвективный перенос, что приводит к преобладанию десорбции, но благодаря действию окислительного барьера значительной ремобилизации радионуклидов с поверхности почвы не происходит, хотя на выходе в канал в грунтовых водах концентрация радионуклидов заметно увеличивается за счет их вымывания из загрязненного поверхностного слоя почвы. Эти процессы играют очень важную роль во вторичном загрязнении поверхностных вод канала, однако еще мало изучены. Используя измеренные нами (при помощи специальных лотков [2]) значения концентраций ^{90}Sr в воде, поступающей в канал через зону высачивания ($C_{з.в.}$), и в грунтовых водах ($C_{гр.в.}$) удалось определить коэффициент десорбции (δ) в пограничном слое почвы в зоне высачивания на укосе канала по формуле:

$$\delta = \frac{h_e \cdot k_\phi \cdot C_{з.в.}}{\alpha \cdot q \cdot C_{гр.в.}}, \quad (22.5)$$

где h_e – высота зоны высачивания, для канала МК-7 равна 0,12 м; k_ϕ – коэффициент фильтрации грунта в зоне высачивания, 1,7 м/сут; $C_{гр.в.}$ – среднегодовая концентрация ^{90}Sr в грунтовых водах, 0,8 Бк/дм³ [2]; α – коэффициент высачивания, составляющий для незакольматированных откосов 0,22 (за В. В. Ведерниковым), для закольматированных 0,23–0,31, в данном случае принимаем 0,26; q – удельный расход грунтовых вод в канал, согласно расчетов для одного из каналов Припятской системы (МК-7) за 1998 г., равен 110 м²/год, или 0,3 м²/сут [2], для эксплуатируемых систем может быть равен 0,5–0,7 м²/сут; $C_{з.в.}$ – концентрация ^{90}Sr в растворе на выходе из зоны высачивания, равна около 1,6 Бк/дм³. Подставив значения, получим $\delta = 5,23$.

Со временем коэффициент десорбции уменьшается за счет снижения концентраций радионуклида в воде и двусторонней промывки почвенного слоя в зоне колебания уровня воды в канале.

Для расчета баланса радионуклида (РН) в сравнительно небольших по протяженности каналах (до 5–7 км) можно использовать уравнение, позволившее получить автору удовлетворительные результаты при известном значении выноса W_i . Отдельные параметры определялись решением обратных задач [11].

$$W_i = \sum_{i=1}^n W_i(t) + [W_e(t) + \frac{C_{з.в.}}{C_{гр.в.}} \sum_{j=1}^n w_{gj} \cdot 2 + (1 + K_d \cdot S_i) \cdot C_c \cdot M_c \cdot F_c \cdot t + P_t] \cdot K_\Delta + \\ + Z D_b \cdot e^{-\lambda t} + Y D_s \cdot e^{-\lambda t} - W_f, \quad (22.6)$$

где W_i – количество РН, вынесенное через замыкающий створ канала, Бк; $W_i(t)$ – вынос РН i -м боковым каналом за время t , Бк; W_e – количество РН, поступившее в канал с расположенной выше части водосбора (в случае если рассматривается только нижняя часть канала), Бк; w_{gj} – вынос РН подземным стоком на отрезке j , при общем их количестве n (определяется решением конечно-разностного уравнения [23]), Бк; C_c – концентрация РН в плоскостном стоке с откоса, Бк/дм³; S_i – содержание твердого материала в воде канала, кг/дм³; K_d – коэффициент распределения РН между взвешенными частичками и раствором, дм³/кг; M_c – модуль поверхностного стока с откосов, дм³/год/м²; F_c – средняя за время t площадь незатопленных откосов канала, м²; P_t – количество РН, поступающее на зеркало воды с атмосферными осадками, Бк; D_b, D_s – коэффициенты десорбции РН, соответственно из донных отложений и затопленных откосов канала за время t ; Z – запас активности РН в донных отложениях канала, Бк; Y – запас РН в слое максимального массообмена в части откоса, которая затопливается, Бк; K_Δ – коэффициент, учитывающий увеличение концентрации за счет подъема уровня воды на откосы выше среднегодовых, или уменьшение за счет биоремедиации; W_f – потери РН при обходной фильтрации в местах закрытых ГТС, Бк; λ – постоянная природного распада РН.

Это компартментная балансовая модель, в которой ряд составляющих определяется по собственным эмпирическим или аналитическим уравнениям (системам уравнений). Например, поступление РН в раствор за счет выщелачивания ($Y D_s$) определяется термодинамическим или полуэмпирическим уравнением [2]. При решении обратных уравнений природный распад радионуклида ($e^{-\lambda t}$) не учитывается. Для увеличения расчетных возможностей уравнения (22.6) составляющая $Y \cdot D_s \cdot e^{-\lambda t}$ не определяется прямыми методами, а учитывается параметром K_Δ , который приобретает характер коэффициента невязки: при росте концентрации в воде канала от истоков до устья он будет иметь зна-

чения коэффициента выщелачивания, а при уменьшении концентрации – показателя биоремедиации, седиментации и сорбции. После подстановки всех найденных значений параметров в (22.6) и решения обратной задачи при $W_{1997} = 403,6$ ГБк ^{90}Sr и $W_{1998} = 783$ ГБк для канала МК-7 (известен как Улазовский канал, берущий начало на территории Беларуси), пренебрегая W_f , получим, что в 1997 г. $K_{\Delta} = 1,8$, а в 1998 г. – 4,7, то есть K_{Δ} при данных обстоятельствах характеризует процессы вымывания и обменной десорбции. Отсюда процесс выщелачивания (YD_s) на период исследований вносил 53 (1997) – 60 % (1998); за счет грунтовых вод поступало 0,25–1,62 %; с территории Беларуси – 13–14 % от суммарного выноса ^{90}Sr каналом (с учетом боковой приточности).

Полученная информация о доминирующих на текущий период источниках вторичного загрязнения поверхностных вод позволяет адресно подбирать водоохранные мероприятия. В течение первых 13–16 лет после аварии вторичное загрязнение поверхностных вод ^{90}Sr определялось главным образом процессами, связанными с действием воды на депонирующие элементы аквальной системы, которые имеют длительный контакт с водой (почвы откосов, донные отложения), то есть радиационно-балансовыми процессами. Длительность этого этапа связана со временем полного разрушения топливных частиц (13–15 лет). Наиболее эффективными водоохранными мероприятиями в начале этого периода следует признать действия по удалению и локализации (безводной консервации) почв и донных отложений из самых загрязненных участков каналов, которые становятся пролонгированными источниками мобилизации РН. Эффективной может быть и засыпка отрезков каналов в верхних бьефах перегораживающих сооружений (длиной до 160 м), где накапливается основная часть радиоактивных веществ.

В многоводные периоды и в зонах подпора среди вторичных процессов радиоактивного загрязнения поверхностных вод преобладает выщелачивание из затопленных откосов каналов [2, 24]; в маловодные, на зарегулированных мелиоративных системах – так же, а на более проточных участках – поступление с грунтовыми водами и вымывание из донных отложений и отмерших организмов.

Максимальное **влияние вымывания** на вторичное загрязнение поверхностных вод ^{90}Sr достигается *при подъеме вод на ранее не затоплявшиеся участки*. Наши исследования выявили смену приоритетов среди источников вторичного загрязнения в период с 1994 по 1997 год: от кратковременного затопления низких пойм во время наводнений – к длительному (до 50 суток) вымыванию ^{90}Sr из загрязненных откосов каналов. В динамических условиях эксперимента максимальный выход ^{90}Sr в раствор наблюдался через 17–21 сутки [24]. Как показали статические эксперименты и исследования распределения ^{90}Sr в системе «почва затопленного откоса – раствор» и в системе «донные отложения – раствор» соответственно, после 40–42-суточной и 60–65-суточной экспозиции воды на поверхности твердой фазы, без изменений химической и температурной обстановки, наступает снижение, а затем стабилизация концентраций [2]. При поступлении осадков или постоянном притоке грунтовых вод на контакте воды с твердой фазой изменения концентрации РН в растворе имеют неустановившийся характер.

Значимая роль выщелачивания во вторичном загрязнении подтверждается тем, что содержание ^{90}Sr в воде каналов растет вместе с концентрацией низкомолекулярных фульвокислот и перманганатной окисляемостью (ПО) (среднегодовой R между содержанием ^{90}Sr и ПО в каналах достигает 0,85) [8, 11]. Все показатели имеют максимальные значения именно при высоких уровнях воды в зарегулированных и слабопроточных каналах.

Изменение концентрации РН в поверхностных водах при подъемах уровня воды и длительном затоплении откосов канала математически описано на примере канала МК-1 системы «Грезля» [2]. Обозначим увеличение уровня воды в канале за счет повышения коэффициента шероховатости с 0,027 до 0,05 как Δh (рис. 22.13). При расходах 0,61 м³/с оно равно 0,17 м.

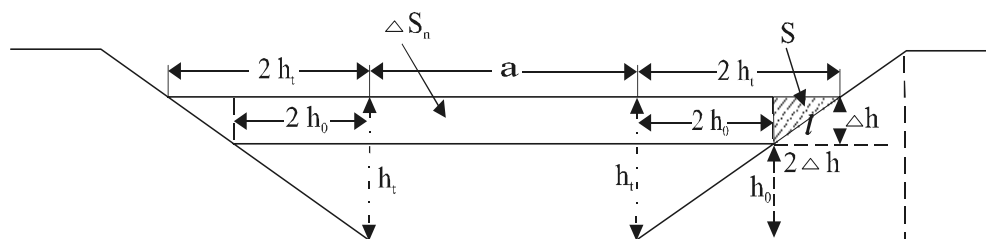


Рис. 22.13. Поперечный профиль канала и параметры русла до и после подъема уровня воды, при заложении откоса $m = 2$

Для расчета концентрации ^{90}Sr в воде канала (C_B) при повышении уровня следует знать коэффициент вымывания ^{90}Sr из затопленного грунта:

$$K_{\text{вм}} = \frac{C_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}}}{C_{\text{гр}} \cdot \rho \cdot V_{\text{гр}} \cdot h} \text{ (мм}^{-1}\text{)}, \quad (22.7)$$

где $C_{\text{в}}$ – объемная активность ^{90}Sr в воде над загрязненным откосом, Бк/м³, $V_{\text{в}}$ – объем этой воды, м³, $C_{\text{гр}}$ – удельная активность ^{90}Sr в контактном слое грунта, Бк/кг, ρ – объемная масса этого слоя, кг/м³, $V_{\text{гр}}$ – объем эффективного контактного слоя грунта, м³, h – слой воды над монолитом, м.

Возьмем значение $K_{\text{вм}} = 1,25 \text{ м}^{-1}$, характеризующее поступление ^{90}Sr в воду за 16 суток из монолита, который отобран с откоса канала на левом берегу р. Припять и залит природной водой [2]. Решая обратное уравнение для $C_{\text{в}}$, получим, что концентрация радионуклида в воде напрямую зависит от прироста уровня воды. Если заложение откоса $m = 2$, то вода будет растекаться на откос на расстоянии

$c = \sqrt{4 \cdot \Delta h^2 + D h^2} = 2,236 \cdot \Delta h$, а площадь поперечного разреза прибортовой толщи воды равняется $S_{\text{пр}} = 2 \Delta h \frac{D h}{2} = D h^2$. Вся дополнительная площадь (рис. 22.13) составит:

$$D S_{\text{п}} = ((4h_t + a) + (4h_o + a)) \cdot \frac{\Delta h}{2}, \quad (22.8)$$

где h_t – уровень воды на время t , который вырос за счет уменьшения пропускной способности русла (для МК-1 равняется 0,67 м), h_o – начальная глубина воды в канале, совпадающая с проектной для данного расхода (0,5 м), a – ширина дна канала; $\Delta h/2$ – средний прирост слоя воды над затопленным откосом при трапециевидном поперечном разрезе канала. Можно записать, что $h_t = h_o + \Delta h$, тогда

$$D S_{\text{п}} = (4h_o + 2 \cdot \Delta h + a) \cdot \Delta h \quad (22.9)$$

Рассчитаем концентрацию РН для прибортового слоя, или объема воды, учитывая, что $V_{\text{гр}} = 2,236 \Delta h \cdot H_{\text{м}} \cdot L$, а $V_{\text{в}} = L \cdot \Delta h^2$, где $H_{\text{м}}$ – толщина слоя массообмена или эффективного контактного слоя почвы (преимущественно равна 0,05–0,1 м); L – длина канала (для расчетов принята единичная длина в 1 м):

$$C_{\text{пр}} = \frac{K_{\text{вм}} C_{\text{гр}} \rho H_{\text{м}} 2,236 \Delta h^2}{2 \Delta h^2} = 1,118 \cdot K_{\text{вм}} C_{\text{гр}} \rho H_{\text{м}}, \quad (22.10)$$

где ρ – удельный вес почвы, кг/м³.

Для всего дополнительного слоя воды концентрацию РН получим из уравнения:

$$C_{\Delta} = \frac{1,118 \cdot K_{\text{вм}} C_{\text{гр}} \rho H_{\text{м}} \cdot \Delta h}{4h_o + 2 \cdot \Delta h + a}. \quad (22.11)$$

При подстановке экспериментальных данных (табл. 22.4) получим $C_{\Delta} = 0,13 \text{ кБк/м}^3$, что соответствует реальным концентрациям ^{90}Sr в центральной части потока МК-1. По сравнению со средней концентрацией в общем дополнительном объеме, содержание ^{90}Sr в воде прибортового слоя будет выше: $C_{\text{пр}} = 4,7 \text{ кБк/м}^3$. Это значение выше ПДК более чем в 2 раза. Благодаря зарастанию в этой «мертвой зоне» почти не происходит перемешивания.

Таблица 22.4

Значения параметров для расчета объемной активности ^{90}Sr при подъемах уровня воды

Формула	Параметр							Результат $C_{\text{пр}}$ или C_{Δ} , кБк/м ³
	$K_{\text{вм}}$ м ⁻¹	$C_{\text{гр}}$, Бк/кг	ρ , кг/м ³	Δh , м	$H_{\text{м}}$, м	h_o , м	a , м	
(46.10)	0,94	30	1230	-	0,15	-	-	5,8
(46.10)	1,25	35	1220	-	0,12	-	-	7,2
(46.11)	1,25	40	1200	0,17	0,07	0,5	4	0,126

Перемещение радионуклидов (РН) к переходной зоне (между проточной и «мертвой») подчиняется молекулярной диффузии и протекает достаточно медленно (принимая, что $D_{\text{м}}$ в свободных растворах (8–15) $10^{-5} \text{ м}^2/\text{сут}$ [25]). Застойный режим «мертвой» зоны обуславливает рост $H_{\text{м}}$, что согласно (22.10) и (22.11) приводит к увеличению выхода РН в раствор. Следует учитывать, что с глубиной удельная активность почвы ($C_{\text{гр}}$) уменьшается, а объемная масса увеличивается (табл. 22.4).

В переходной зоне диффузия постепенно сменяется турбулентным перемешиванием, то есть, в центральной, наиболее проточной части нарастает дисперсия между струями различной скорости. Действительная скорость перемешивания РН в переходной зоне равна $U = U_{\text{дис}} + U_{\text{диф}}$. Благодаря турбулентному перемешиванию, особенно при больших скоростях потока и незначительном зарастании, РН рассеиваются из прилегающей к откосу зоны на весь объем потока воды в действующем сечении. Поэтому в результате получаем усредненную концентрацию:

$$C = \frac{V_{\text{м.п}} C_{\text{м.п}} + V_{\text{ц}} C_{\text{ц}} + V_{\text{м.л}} C_{\text{м.л}}}{V_{\text{м.п}} + V_{\text{ц}} + V_{\text{м.л}}}, \quad (22.12)$$

где C – результирующая объемная активность радионуклида после смешивания объемов воды центральной зоны ($V_{\text{ц}}$) с концентрацией $C_{\text{ц}}$ и «мертвых» зон правого ($V_{\text{м.п}}$) и левого ($V_{\text{м.л}}$) берегов с концентрациями $C_{\text{м.п}}$ и $C_{\text{м.л}}$.

Таким образом, загрязнение водотоков ЧЗО радионуклидами подчиняется техническому состоянию осушительной сети (степени проточности). Наибольшую опасность для вторичного загрязнения поверхностных вод при подъемах уровня несут ранее не затопленные участки откосов и прилегающей суши, имеющие максимальный потенциал выхода ^{90}Sr в раствор.

В статических условиях из **донных отложений** в водорастворимую форму переходит 0,18–0,26 % ^{137}Cs и 8,5–37,8 % ^{90}Sr [2, 7]. Максимальный выход ^{90}Sr в раствор связан с максимальным количеством в осадках обменных катионов ($\text{Ca}^{2+} = 6,8$ мг-экв/100 г) и минимальным рН. Количество обменных форм ^{137}Cs составляло 0,7–1,5 %, подвижных (экстрагируется 0,1 н. HCl) – 0,5–2,4 %, сорбированных (HNO_3 концентрированная) – 10–54 %, необменно фиксированных – 44,6–86,0 %, в то время как ^{90}Sr в негидролизованном остатке только 2,5 % [26]. Но вероятно, что содержание ^{137}Cs в воде каналов, в большей степени, чем ^{90}Sr , обусловлено вымыванием из донных отложений [2]. Это связано с низким выходом ^{137}Cs из других источников – с грунтовыми водами, из затопленных откосов и пр.

В 1998–2001 гг. в системе «поровый раствор донных отложений – нижний – верхний слой поверхностных вод канала» в 33 % случаев направления градиентов концентрации ^{90}Sr были отрицательными (в мае-июле) – преимущественно в зонах подпора [2, 11]. Отношение $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ во всех пробах, отобранных в мелиоративных каналах левобережья р. Припять в 2000 г. составило 20 ± 2 , а их первичное соотношение – примерно 1:1. Таким образом, основная часть ^{90}Sr , который в конце 1986 г. находился в донных отложениях, вынесена водным путем и в составе донных осадков оставалось на то время не более 5 % ^{90}Sr от его первоначального количества. Это свидетельствует о целесообразности своевременного удаления донных отложений из каналов – в первые 2–4 года после выпадений.

Остатки полуразложившихся водорослей и других отмерших **гидробионтов** являются влиятельным источником вторичного загрязнения вод каналов. За 10 суток из растительных остатков выщелачивается около 0,9 % от исходного содержания ^{90}Sr в них (на сухую массу). Отношение содержания радионуклида в воде к его содержанию в растительных остатках (коэффициент перехода) приближается к 0,01 кг/дм³.

После снижения роли десорбции из донных отложений и поверхностного дождевого смыва вторичное загрязнение вод каналов и малых притоков Припяти в основном обеспечивают процессы выщелачивания из загрязненных откосов в условиях подпора (58 ± 8 % вклада) [11].

С началом реконструкции мелиоративных систем ЗО и ЗБ (О)О в 2000–2001 гг., что совпало с окончанием цикла многоводных лет, к доминирующим источникам вторичного загрязнения поверхностных вод присоединились **грунтовые воды**, объемы выноса ^{90}Sr которыми в значительной степени зависят от типа режима, характера водообмена и ландшафтно-геохимических характеристик всей водосборной площади.

Объемная активность ^{90}Sr в грунтовых водах в большей степени зависит от интенсивности водопритоков к скважинам, чем от УГВ (рис. 22.14). Повышенные водопроницаемость, водопритоки и концентрации ^{90}Sr характерны для скважин, заложенных в хорошо промытых зонах транзита подземных потоков (рис. 22.14, в).

Наименьшие концентрации присущи грунтовым водам на участках с минимальным водопритоком. В связи с этим на участках закрытого дренажа наблюдаются повышенные концентрации ^{90}Sr в подземном дренажном стоке даже при относительно низких УГВ. Ослабление дренирования грунтовых вод после вывода систем из эксплуатации на территориях или на этапе преобладания растворимых форм ^{90}Sr может способствовать некоторому уменьшению его выноса в каналы, даже при повышении УГВ.

Доля выноса ^{90}Sr подземным стоком от общего выноса каналами за 1997–1999 гг. составляла: для систем или каналов на слабо загрязненных территориях – 1,1–25,0 %, для сильно загрязненных территорий – 0,2–2,7 % [11]; в маловодные годы (2004–2007) эта доля увеличивается до 35 %.

Особенности перераспределения техногенных радионуклидов в водной среде осушаемых ландшафтов ЧЗО определяются четырьмя типами водообмена между грунтовыми водами и каналами: 1) без материального дренажа, при работе канала как дрены; 2) при наличии действующего материального дренажа; 3) условия постоянного подпора; 4) подземные потоки переменных направлений. Наиболее интенсивно процессы загрязнения грунтовых вод происходят на участках 2 и 3 типов, по-

верхностных вод – на участках действующего закрытого дренажа. В дренажных водах закрытых коллекторов фиксируются сравнимые или даже более высокие концентрации ^{90}Sr , чем в поверхностных водах водоприемников. На участках закрытого дренажа ^{90}Sr в большей степени вымыт из поверхностного слоя почвы и перемещен на глубину в больших количествах относительно ^{137}Cs , чем на участках без дренажа.

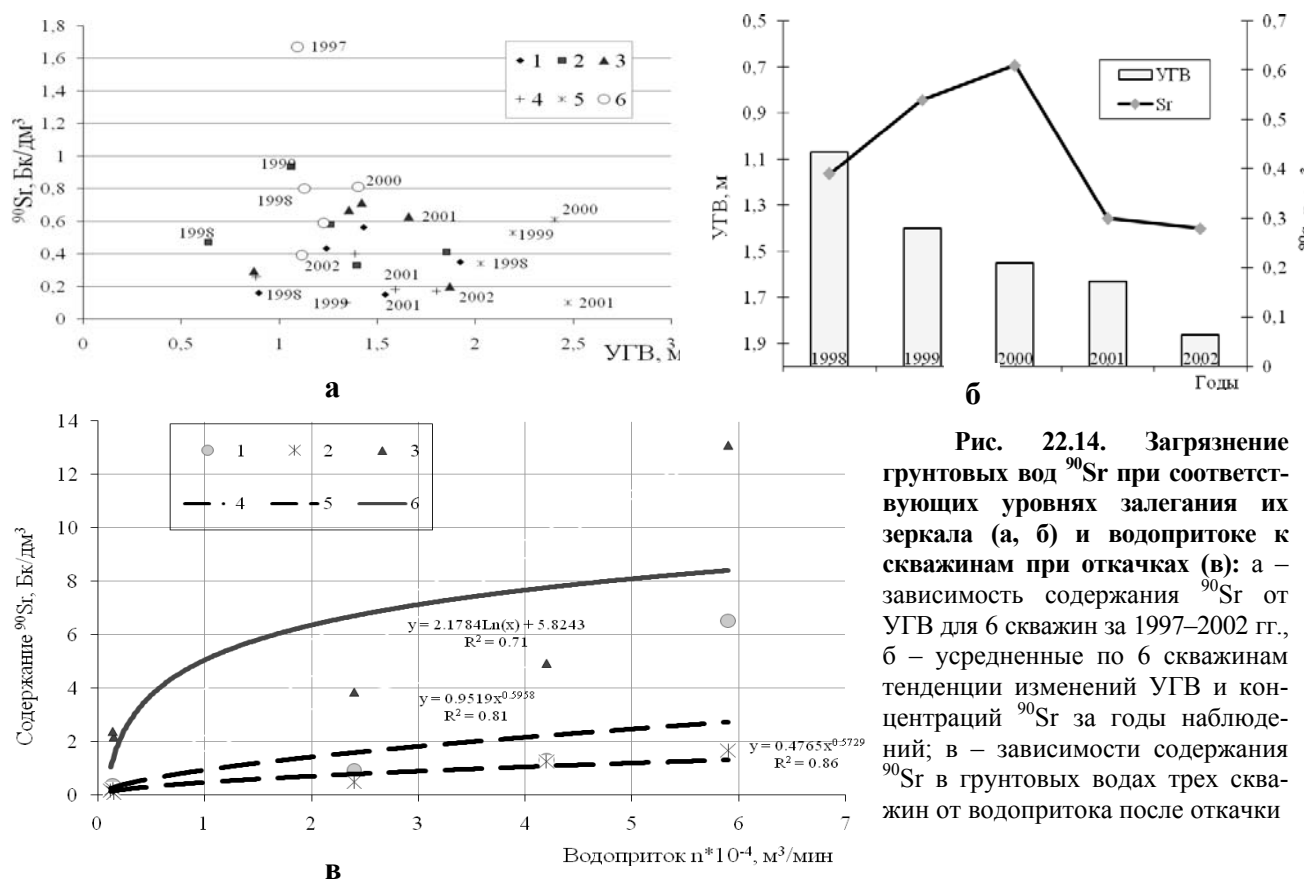


Рис. 22.14. Загрязнение грунтовых вод ^{90}Sr при соответствующих уровнях залегания их зеркала (а, б) и водоприитоке к скважинам при откачках (в): а – зависимость содержания ^{90}Sr от УГВ для 6 скважин за 1997–2002 гг., б – усредненные по 6 скважинам тенденции изменений УГВ и концентраций ^{90}Sr за годы наблюдений; в – зависимости содержания ^{90}Sr в грунтовых водах трех скважин от водоприитока после откачки

На участках 1 типа водообмена вынос радионуклидов наименьший, а загрязнение грунтовых вод сравнительно невелико, что можно связать с достаточно интенсивным для ускоренного самоочищения водообменном и хорошими барьерными способностями ландшафта. Подтверждением этого выступает тот факт, что в годы, когда боковой отток преобладает над суммарным питанием грунтовых вод на 47–70 мм, отмечается заметное уменьшение среднегодовых концентраций ^{90}Sr в грунтовых водах, а в годы с равномерным распределением осадков уменьшаются и его концентрации в поверхностных водах каналов. Здесь определяющим фактором загрязнения грунтовых вод ^{90}Sr является инфильтрационное питание [2, 11], если нет значительного бокового притока с подтопленных территорий. Прямая зависимость концентрации ^{90}Sr в грунтовых водах от инфильтрационного питания ($R = 0,6$) наблюдалась при его расчетных значениях 200–320 мм/год (1997–2002).

Для приканальных участков в верхних бьефах подпорных сооружений (3 тип) главным фактором изменения концентрации ^{90}Sr является боковой приток поверхностных вод из канала. На фоне значительного влияния этого фактора инфильтрация осадков играет положительную роль в процессах самоочищения грунтовых вод. Для более удаленных от каналов участков (> 50 м) самоочищение пропорционально возрастает по мере преобладания расходных составляющих баланса над приходными.

Для участков переменного водообмена с поверхностными водами (4 тип) отмечается наиболее тесная зависимость между концентрациями ^{90}Sr в грунтовых водах и поверхностных водах канала [2]. На межканальных участках этого типа на динамику изменений концентраций ^{90}Sr в грунтовых водах в равной степени влияют боковой приток (прямая зависимость) и отток (обратная зависимость); вертикальная миграция ^{90}Sr при инфильтрационном питании не имеет существенного влияния на его концентрацию в грунтовых водах. Увеличение концентрации ^{90}Sr в водах скважин связывается не только с оттоком загрязненных вод из канала, но и с миграцией ^{90}Sr со стороны микрозападин.

На период исследований 1996–2002 гг. наиболее чистый в радиационном отношении поверхностный сток формировался при его разбавлении дренажными водами, поступающими из чистых участков, или грунтовыми водами – при интенсивном естественном дренировании.

Фактические и расчетные изменения доминирующих источников вторичного загрязнения за многолетие представлены на рисунке 22.15. Заметно уменьшается со временем роль донных отложений и плоскостного стока во вторичном загрязнении вод каналов. Она достоверно была максимальной в 1986–1992 гг.

Для 1995–1996 гг. экспериментально определен вклад этих процессов в формирование выноса ^{90}Sr каналами осушительных систем левобережной части водосбора р. Припять, который составил соответственно 45 и 2,7 %. Выщелачивание из затопленных откосов и сток с болот в 1997–1998 гг. обеспечивали соответственно 54 и 7,8 %. Приток в каналы грунтовых вод обеспечил наибольшую долю в выносе этого радионуклида в 1989, 2004–2007 и 2010–2014 гг. (от 25 до 35–40 %).

В зависимости от технического состояния и конструктивных особенностей осушительных систем роль различных процессов вторичного радиоактивного загрязнения поверхностных вод существенно меняется, в связи с чем можно выделить следующие закономерности вторичного загрязнения поверхностных вод:

- на зарегулированных системах открытого типа с заросшими каналами главными являются процессы выщелачивания из затопленных откосов и притоков из близлежащих заболоченных участков;

- для таких же по конструкции систем, но с хорошей проточной сетью значительную роль играет вынос грунтовыми водами и десорбция из донных отложений;

- для систем с гончарным дренажем и подпорами в каналах свойственны процессы выщелачивания с откосов и водные потоки переменных направлений по линиям дренажа, что приводит к загрязнению как грунтовых, так и поверхностных вод;

- для реконструируемых или незарегулированных систем с закрытым дренажем значительную долю в общем выносе ^{90}Sr определяет подземный дренажный сток, в меньшей степени – выщелачивание из донных отложений и водной растительности.

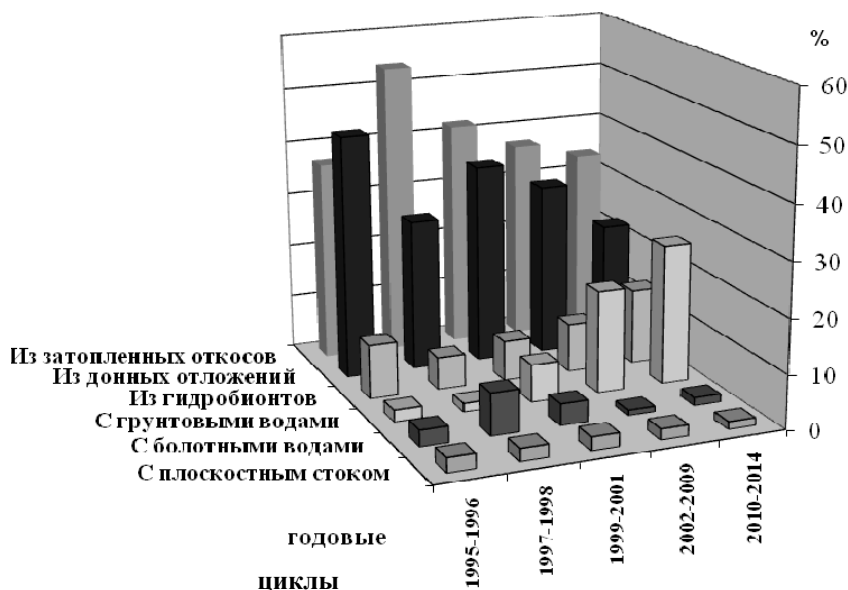


Рис. 22.15. Главные источники вторичного загрязнения поверхностных вод каналов и изменения их доли в формировании выноса ^{90}Sr за годы наблюдений на левобережных системах в зоне отчуждения ЧАЭС (на примере канала МК-7 Припятской системы)

Зависимость концентраций ^{90}Sr в поверхностных водах от уровня воды в каналах носит прямопропорциональный характер, однако зависимость от скорости неоднозначна: если рост скорости связан с подъемом уровня – зависимость прямая, что характерно для крупных магистральных каналов; если же уровни при этом изменяются незначительно – обратная (преимущественно боковые каналы). После того как основная масса РН переходит в обменные и водорастворимые формы, возрастает роль факторов и процессов, отвечающих за его рассеивание в окружающей среде, вынос в геохимические районы с условиями, более благоприятными для аккумуляции.

Следовательно, растет роль грунтовых вод как водно-балансовой составляющей в выносе РН, а роль радиационно-балансовых процессов уменьшается (не учитывая естественного радиоактивного распада).

Главная причина не временного, а постоянного увеличения роли грунтовых вод в выносе ^{90}Sr в каналы и реки связана с наращиванием доли обменных и растворимых форм ^{90}Sr в почвах водосбора. На 2010–2015 гг. доля выноса ^{90}Sr грунтовыми водами в среднем выросла до 25–35% независимо от водности года, и грунтовые воды стали одним из ведущих источников поступления ^{90}Sr в водотоки.

22.4. Факторы барьерной устойчивости водосборов

Все факторы, определяющие ход указанных выше процессов, делятся на внутренние – те, что обуславливают миграционные свойства радионуклида (валентность, ионный радиус, физико-химические формы нахождения в среде и т. д.) и внешние – которые характеризуют условия или среду его миграции. Среди внешних факторов выделяются природные и техногенные.

Рассмотрим *природные* признаки ландшафта, влияющие на миграцию РН. На современном послеварийном этапе (2002–2016), когда в связи с массовым разрушением топливных частиц значительная часть ^{90}Sr переходит в грунтовые воды, одним из основных факторов, определяющих барьерные свойства водосбора по отношению к этому РН, является *содержание органических комплексобразователей*, или сорбционная емкость пород зоны аэрации и водосодержащих пород. Низкое содержание гумуса и песчаный состав грунтов обеспечивают быстрое проникновение ^{90}Sr в грунтовые, а с ними и в поверхностные воды.

Водородный показатель (рН водной вытяжки) почв проявлял значимое влияние на вовлечение ^{90}Sr в водную миграцию только в первые годы после аварии. Сравнительно высокие значения коэффициентов корреляции ($R > 0,51$) до 1989 г. можно объяснить участием органических (гумусовых) кислот почвы в выщелачивании ^{90}Sr из топливных частиц. Влияние рН имеет обратную связь с количеством осадков ($R = -0,58$), что может свидетельствовать о подчиненности кислотности почвы динамичным факторам: с началом многоводных (> 600 мм) 1996–2001 гг. влияние этого показателя на вынос ^{90}Sr снизилось; незначительным было его влияние и во время следующего короткого многоводного цикла, начавшегося с 2004 года.

Луговая ландшафтная подсистема выполняет барьерную функцию между подсистемой канала (реки) и другими подсистемами, является характерной и основной для современных мелиоративных систем ЧЗО, занимая около 75 % их площади (без учета массивов леса). С распространением постоянно подтопляемых участков, прилегающих к зарегулированным каналам, дорогам, дамбам, лесные насаждения и естественные массивы леса начали сокращаться, уступая место водно-болотным крупнотравным и луговым разновидностям. Травянистые виды целинных земель и лугов занимают 40 % площади ЧЗО. Именно здесь происходит задержка и круговорот большей части подвижных форм РН в зоне аэрации во время их вертикального инфильтрационно-испарительного перемещения и поглощения растениями, рассеивания при поступлении в грунтовые воды и латерального переноса с фильтрационным потоком [2]. Существенная доля подвижных форм радионуклидов перехватывается бессточными понижениями. Достаточно незначительная часть общего запаса РН, сосредоточенных на луговых водосборах (в пределах 0,01–0,17 %), поступает к каналам и выносится в водоприемники. Растительной биомассой лугов и залежей в среднем накапливается около $1,8 \cdot 10^{12}$ Бк ^{90}Sr , что составляет 0,2 % от его общего запаса в почве ЧЗО [27].

Обратная зависимость выноса ^{90}Sr от относительной *площади леса* на водосборе (рис. 22.16) усиливается со временем, что объясняется увеличением доли обменных и водорастворимых форм радионуклида, способных поглощаться растительностью. В многоводные годы роль леса также более весома. Учет относительной площади леса на водосборе (S_f) позволяет составить регрессионную модель (для сценария 1998 г. для всех бассейнов) с высокой степенью достоверности математической аппроксимации процесса ($R_{\text{мн.}} = 0,997$; $R^2 = 0,99$):

$$W = 502,134 + 0,0354Z_{\text{Sr}} - 7,9527Nz - 50,1387 \cdot Sf - 7,5 \cdot 10^{-8} Z_{\text{Sr}}^2 + 0,0035Nz^2 - 1,107 \cdot Sf^2, \quad (22.13)$$

где Nz – общее количество западин на водосборе.

Лесомелиорации существенно усиливают барьерную устойчивость водосборов к выносу ^{90}Sr : увеличение площади леса на 50 % от существующего значения помогло бы (согласно расчетам) уменьшить вынос ^{90}Sr с разных водосборов на 19–46 % от значения за 1999 г.

В связи с тем, что вынос ^{90}Sr имеет обратную зависимость от *площади западин* и в то же время значимую прямую зависимость от *плотности западин* (рис. 22.16), а также относительной (от площади бассейна) площади сухих (*проводящих*) и количества *переувлажненных* западин ($R = 0,5 \dots 1,0$), можно предположить, что большая часть площади западин, особенно больших заболоченных, работает на удерживание ^{90}Sr . В больших западинах активные зоны составляют лишь 4–6 % их площади, но здесь они являются более активными, чем в малых западинах (по данным В. М. Бубляся). В сухих и малых западинах, количество которых превалирует над большими, относительная площадь зон быстрой миграции больше (до 20 %) и они способны пропускать ^{90}Sr в грунтовые воды в большем количестве, чем удерживать [11]. В соответствии с факторным анализом проводящие западины вошли в группу «водных» факторов, то есть они тесно связаны с питанием грунтовых вод, которые дренируются каналами. Очевидно, что транзитная роль проводящих западин растет со временем (рис. 22.17).

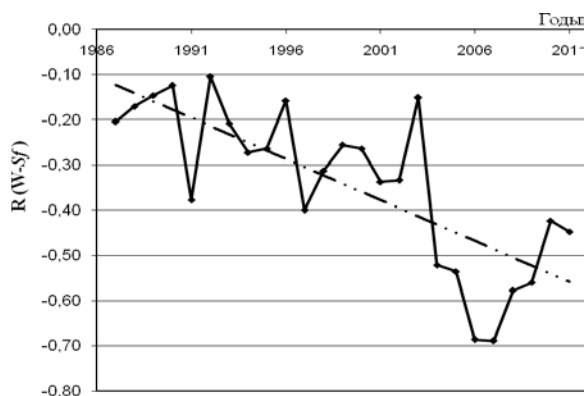


Рис. 22.16. Хронологические изменения степени обратного влияния относительной площади леса (S_f) на водосборе на водный вынос ^{90}Sr (W) (для 9 водосборных бассейнов)

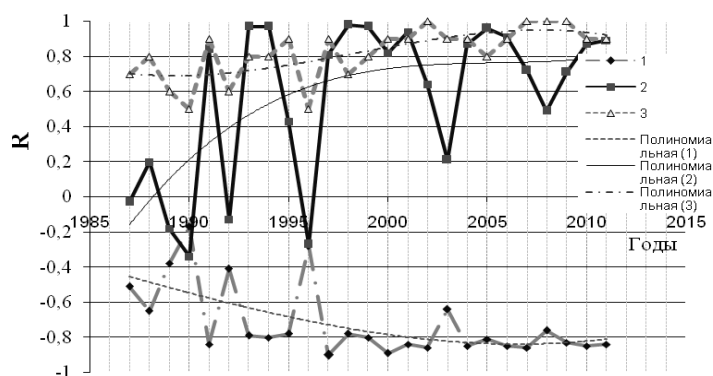


Рис. 22.17. Хронологические изменения зависимости выноса ^{90}Sr от площади западин на водосборе, км^2 (1), их плотности, шт./ км^2 (2), относительной площади сухих (проводящих) западин, % (3), с полиномиальными трендами 3-й степени

Техногенные факторы, а именно – степень мелиорированности водосбора и зарегулированности гидрографической сети, по итогам множественной корреляции оказались наиболее влиятельными. Это те факторы, которыми человек может эффективно управлять. Отсюда следует, что корректировка радиозоологической обстановки и объемов выноса радионуклидов с водосборов вполне возможна. Необходимо лишь взвешенно, с учетом возможных последствий, подходить к выбору способа обращения с каждой осушительной системой.

Множественный корреляционный анализ выявил большой ряд ландшафтных, в том числе техногенных характеристик (параметров), влияющих на вынос ^{90}Sr . При этом между некоторыми характеристиками проявилась достаточно тесная взаимная зависимость. Для того, чтобы систематизировать и объединить в группы близкие по своей природе характеристики, мы применяли факторный анализ [18]. Согласно факторному анализу 9 параметров, 90–92 % изменчивости данных объясняются первыми 3 факторами, то есть это количество сгруппированных независимых факторов можно считать достаточным для описания совокупности характеристик бассейнов.

К первой группе так называемых водных показателей (Ф1) отнесены статические (плотность гидрографической сети, плотность западин на водосборе, мелиорированность, зарегулированность) и одна динамическая (доля стока грунтовых вод) характеристика. Во вторую группу «почвенно-растительных» показателей (Ф2) вошли относительная площадь кислых почв ($\text{pH} < 6$) и леса; в третью, «геохимическую» (Ф3), относительная площадь распространения органогенных и органо-минеральных почв (при анализе других выборок – и кислых почв). Существенную долю в последней группе имеют количество и плотность западин.

Выбирая по одному представительному параметру в каждой из 3 групп, можно получить упрощенные уравнения регрессии, которые должны помочь ответить на вопрос: возможны ли реализуемые в природе комбинации значений параметров, при которых пропуск воды по каналам либо искусственное сдерживание стока обеспечат концентрации РН ниже ПДК и минимизацию их выноса за пределы систем? Между выносом ^{90}Sr и зарегулированностью сети коэффициенты корреляции только положительные и достаточно весомые (0,7). Это подтверждается решением уравнения, учитывающего запасы радионуклида на водосборе (Z_{Sr} – прямой фактор влияния на вынос). Получаем, что уменьшение зарегулированности на 20 % в *многоводный* 1998 г. приводит к уменьшению выноса на 23–29 %. Но для *сценариев маловодных лет* с чрезвычайно высоким весенним половодьем (11–12 % обеспеченности, как в 1999 г.), согласно уравнениям, опирающимся на косвенные ландшафтные факторы, получаем, что уменьшение зарегулированности приводит к увеличению выноса ^{90}Sr на 17–120 %. Это подтверждает сделанный ранее вывод о том, что в маловодные годы перекрытая осушительная сеть способна сдерживать водный вынос радионуклидов. Задавая низкую зарегулированность сети на многоводные годы и высокую (какой она и была) на маловодные, можно с помощью регрессионных уравнений получить альтернативную фактическую многолетнюю динамику выноса с мелиоративных систем. Однако, поскольку в условиях высокого радиоактивного загрязнения в первые годы после аварии на ЧАЭС регулирование систем вряд ли было возможным, нами рассчитан альтернативный сценарий для «открытых» систем – при отсутствии глухих и фильтрующих подпорных сооружений (рис. 22.18).

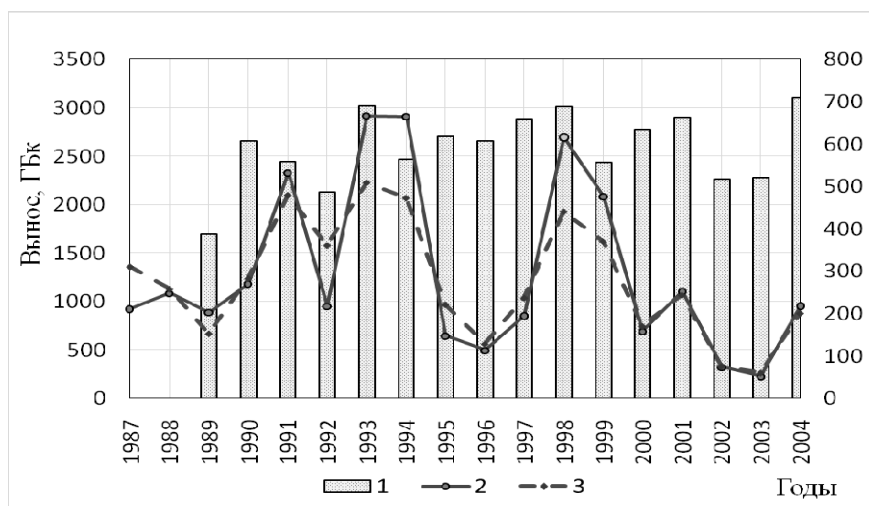


Рис. 22.18. Суммарный фактический вынос ^{90}Sr с мелиорированных водосборов ЧЗО и расчетный график выноса для условий отсутствия искусственных подпоров, значительного затопления и подтопления систем: 1 – сумма годовых осадков, мм, 2 – фактический и 3 – расчетный вынос ^{90}Sr , ГБк/год

Расчеты показывают, что лишь за счет снижения выноса в многоводные годы можно было уменьшить общий вынос ^{90}Sr за период с 1987 по 2004 год на 1,477 ТБк.

С помощью факторного анализа были определены также приоритетные факторы выноса ^{90}Sr для водосборных бассейнов ЧЗО с целью выбора стратегии обращения с дренажными системами и конкретных объектов целевого вмешательства. По доминированию первого (водного) фактора выделено большинство бассейнов пониженного левого берега р. Припять, которым свойственно переувлажнение (табл. 22.5), что, как было показано выше, имеет решающее значение в формировании концентраций и выноса ^{90}Sr . Для левобережных бассейнов р. Брагинки, МК-2 осушительной системы «Усов» и на правобережных бассейнах рек Сахан и Илья более важную роль в регулировании процессов миграции ^{90}Sr играют почвенно-растительные характеристики (Ф2). Содержание органических веществ в почве и рН почвенного раствора (Ф3) имеют доминирующее влияние на водный вынос на водосборе МК-7.

Таблица 22.5

Значения первых трех факторов для исследуемых бассейнов

Бассейны	Ф1	Ф2	Ф3
Левобережные			
МК-1 Припятской системы	48,092	0	14,732
Северо-западный (к прорану в дамбе №7)	95,981	49,005	26,472
МК-2 о.с. Усов	100	100	23,987
МК-7 Припятской системы	79,856	33,468	100
МК-1 о.с. Усов	94,731	86,659	11,372
МК-5 Припятской системы	77,624	41,477	67,667
МК-6 Припятской системы	93,285	47,763	21,457
р. Брагинка	0	96,947	74,775
Правобережные			
р. Сахан	5,733	59,746	30,008
р. Илья	2,24	49,132	0

Используя регрессионные уравнения типа (22.1) или (22.13), можно подобрать такие значения факторов, при которых концентрация и/или вынос будут наименьшими (табл. 22.5). Это является достаточным обоснованием для выбора оптимальных режимов стока с осушительных систем и водоохраных мероприятий по минимизации выноса радионуклидов. К примеру, увеличение дренированности на 25 % могло бы привести к увеличению выноса на 3–9 % (при необходимости ускорения самоочищения), а ее уменьшение на 25 % – к снижению выноса на те же 3–9 % (табл. 22.6). Увеличение доли стока грунтовых вод с 22,6–31 до 35% в балансе водотоков по всем регрессионным уравнениям, которые учитывают запасы ^{90}Sr на водосборе, для 1999 г. приводило бы к существенному уменьшению выноса ^{90}Sr (на 7-13 ГБк/год).

Таким образом, буферная емкость каждого природного ландшафта по отношению к определенному загрязнителю может быть не только нарушена техногенными надстройками, но и усилена мелиоративными мероприятиями, лесными насаждениями, внесением сорбирующих материалов.

Расчетное уменьшение выноса ^{90}Sr с площади бассейна (% от фактического за 1999 г. значения) при решении соответствующих регрессионных уравнений

Бассейн канала	Уменьшение плотности гидрографической сети Gg на 20%			Увеличение доли стока грунтовых вод Wg до 35%	Уменьшение дренированности Dr на 25%	
	квадратическое	линейное $f(Z_{Sr}, Gz, Gg)$	кубическое	линейное $f(Z_{Sr}, Rf, Wg)$	действительное значение тыс. м ³ /га/год	линейное $f(Z_{Sr}, Dr, Wg)$
МК-5	60	40	58	9	0,25	9
МК-6	58	46	58	21	0,23	3

22.5. Оценка барьерной устойчивости водосборов зоны отчуждения к выносу ^{90}Sr

Чтобы перейти к оценке барьерной устойчивости реальных водосборных бассейнов ЧЗО необходимо, кроме косвенных ландшафтных и геохимических факторов, определить прямые радиологические показатели. К последним относятся концентрации и приведенные к площади водосбора или к запасам мигранта объемы выноса РН.

Безусловно, что такие динамические факторы, как количество осадков и характер их распределения в течение года, величина суммарного поверхностного стока и особенно плотность радиоактивного загрязнения поверхности, имеют первоочередное влияние на водный вынос радионуклида. Тем не менее величина запасов ^{90}Sr в почвах всего водосбора не является решающим и достаточным параметром при определении объемов водного выноса [18], а включение этого показателя в уравнения регрессии дает несколько завышенные результаты. Об этом свидетельствуют низкие коэффициенты корреляции между выносом и запасами ^{90}Sr (до 0,58 для бассейнов левобережья р. Припять). Очевидно, не все запасы РН и не вся площадь водосбора участвуют в формировании водного выноса ^{90}Sr . Подтверждают это также низкие доли выноса ^{90}Sr от его запасов на водосборе – преимущественно в пределах 0,03–0,08 %.

В качестве количественного радиологического показателя барьерной устойчивости водосборных бассейнов (как на локальном, так и на региональном уровне) лучше использовать приведенный показатель – модуль выноса РН, учитывающий не только объемы стока a и площадь бассейна (уравнение (22.2)). Также показательной является доля выноса, учитывающая запас радионуклида на площади бассейна. Показателем истощения барьерной устойчивости выступает модуль барьерных и мобилизационных функций (разница модуля выноса и модуля ПДК данного радионуклида) [11, 13].

К показателям барьерной устойчивости ландшафта или водосбора можно отнести и количественные *характеристики самоочищения грунтовых вод* за счет диссипации (преимущественно водообмена), сорбции и естественного распада радионуклида. Темпы самоочищения за счет водообмена и сорбции на фоновых участках ЧЗО (без захоронений радиоактивных отходов или искусственного загрязнения при бурении скважин после аварии на ЧАЭС), после первичного радиоактивного загрязнения при вертикальном массопереносе через зону аэрации, в 6,5–10 раз превышают темпы снижения концентрации ^{90}Sr только за счет физического распада. Самоочищение подземных вод на аномальных участках при искусственном загрязнении хорошо прослеживается по многолетним режимным наблюдениям морозного периода, то есть при отсутствии инфильтрационного питания: по тренду объемной активности ^{90}Sr можно определить «константу» скорости самоочищения. При начальных концентрациях ^{90}Sr в грунтовых водах в пределах 4,4–8,0 Бк/дм³ она равна $2,55 \pm 0,07$ год⁻¹, что в 100 раз превышает темпы радиоактивного распада; при концентрациях 12–32 Бк/дм³ – $1,44 \pm 0,1$ год⁻¹. Вклад геолого-гидрогеологических факторов в самоочищение воды от ^{90}Sr для всех скважин, независимо от начального уровня загрязнения подземных вод, составляет 91–96 %, остаток – за счет естественного распада. При отсутствии дополнительного загрязнения самоочищение подземных вод до фонового уровня может произойти за 1–2 года.

Полученная по результатам корреляционного, факторного и кластерного анализа информация, а также решение регрессионных уравнений в совокупности позволяют оценить роль и значимость фактора в формировании выноса. *Естественная и нарушенная* (с учетом мелиорированности водосбора, зарегулированности гидрографической сети и т. д.) *барьерная устойчивость* оцениваются отдельно. При оценке природной устойчивости водосборов ЧЗО к выносу ^{90}Sr учитываются следующие показатели (параметры): плотность западин, шт./км²; относительные (от площади бассейна, %) площади распространения переувлажненных и затопленных западин; сухих западин и на песке; леса; органо-минеральных почв, почв органического происхождения. Наиболее влиятельными природными факторами, обеспечивающими барьерную устойчивость водосборов к выносу ^{90}Sr , являются лесные

массивы и органо-минеральные почвы, такими, что ее ослабляют, – сухие («проводящие») западины и густая гидрографическая сеть. По отношению к ^{137}Cs барьерную устойчивость обеспечивают, в первую очередь, глинистые минеральные почвы. Значения распространения этих показателей (ландшафтных признаков) на водосборе, с учетом рейтинга (по коэффициентам множественной корреляции), заменены баллами (рис. 22.19). Значения баллов меняются от –18 (площадь сухих западин) до +20 (площадь леса).

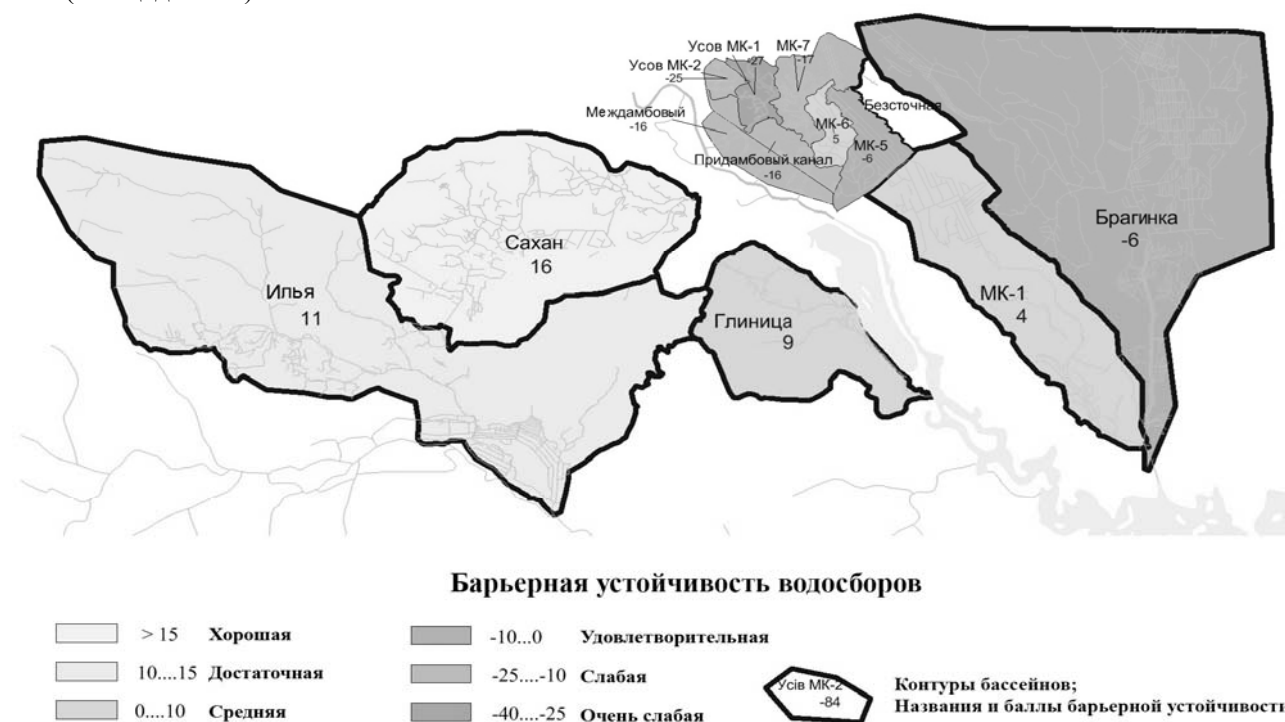


Рис. 22.19. Районирование водосборных бассейнов ЧЗО по степени барьерной устойчивости, обусловленной природными ландшафтными признаками

Техногенные факторы, а именно – густая осушительная сеть и пруд-охладитель ЧАЭС, существенно снижают естественную барьерную устойчивость водосборов и имеют большее влияние на вынос, чем природные факторы. Этот вывод опирается на большие значения положительных коэффициентов корреляции между выносом и такими факторами, как мелиорированность, плотность гидросети и проч. Так, природная барьерная устойчивость водосбора р. Сахан за счет мелиорированности порядка 40 % ухудшается в 3,7 раза и переходит от хорошей к удовлетворительной (табл. 22.7, рис. 22.20). При мелиорированности от 60 до 70 % первичная природная устойчивость отдельного водосбора меняется со средней с положительным баллом на слабую с отрицательным баллом; когда же мелиорированность больше 70 %, барьерная устойчивость ухудшается до неудовлетворительной, очень неудовлетворительной и опасной, что отражается в стабильно повышенном выносе ^{90}Sr . Мелиорированность на уровне 10–20 % существенно не влияет на первичную барьерную устойчивость, которая может остаться на том же качественном уровне.

Степень устойчивости верифицируется по модулям выноса и особенно по изменениям во времени модуля барьерных и мобилизационных функций ($M_{\text{бм}}$). На водосборах с достаточной и средней естественной устойчивостью скорость уменьшения годового выноса ^{90}Sr больше, чем на водосборах со слабой и очень слабой способностью к удерживанию радионуклида [11]. Переход к отрицательным значениям $M_{\text{бм}}$ (концентрация ^{90}Sr ниже ПДК) происходит в первую очередь на тех водосборах, где сумма баллов, определяющих естественную барьерную устойчивость, больше 10 %, а мелиорированность меньше 20 %, причем практически независимо от степени радиоактивного загрязнения.

Это свидетельствует о широком распространении и эффективном действии удерживающих факторов и автореабилитационных процессов на таких водосборах. Вероятно, достаточно высокая природная барьерная устойчивость водосбора р. Сахан (+16 баллов, рис. 22.19) существенно уменьшается при учете техногенных факторов (рис. 22.20) именно за счет более высокой мелиорированности и плотности гидросети по сравнению с водосбором р. Илья, для которого значение естественной устойчивости равно 11 (рис. 22.19). С этим связан более замедленный переход водосбора р. Сахан к отрицательным значениям $M_{\text{бм}}$ (только в 2012 г., в то время как для р. Илья – в 1998 г. [11]). Таким образом, скорость достижения приемлемых $M_{\text{бм}}$ обратно пропорциональна мелиорированности и

плотности гидрографической сети, что позволяет, в зависимости от этих постоянных показателей, прогнозировать сроки выхода значений выноса ^{90}Sr на безопасный уровень.

Таблица 22.7

Балльная оценка нарушенной барьерной устойчивости водосборных бассейнов с учетом антропогенных надстроек (фрагмент)

№ п/п	Водосборный бассейн	Мелиорированность		Плотность гидрографической сети		Зарегулированность		Сумма баллов с учетом антропогенных факторов	Барьерная устойчивость
		%	Балл (-22)	км/км ²	Балл (-26)	%	Балл для года 25 % обеспеченности		
1	р. Глиница	16,4	-5	0,58	-3	33	0	1	средняя
2	р. Сахан	40,7	-12	1,10	-10	32	0	-6	удовлетворительная
3	МК-1	62,2	-17	1,05	-10	54	8	-25	слабая
4	К прорану в дамбе № 7	81,2	-20	2,09	-20	96	10	-59	неудовлетворительная
5	МК-2 о.с. Усов	84,1	-21	3,01	-26	91	9	-75	очень неудовлетворительная и опасная
6	МК-7 Припятской о.с.	73,0	-19	2,37	-25	72	9	-63	- « -
7	МК-1 о.с. Усов	84,6	-21	2,23	-24	89	10	-74	- « -
8	МК-5 Припятской о.с.	78,5	-20	2,67	-26	74	9	-54	неудовлетворительная

Примечание: о.с. – осушительная система, МК – магистральный канал; (-22) – максимальное количество баллов для данного показателя.

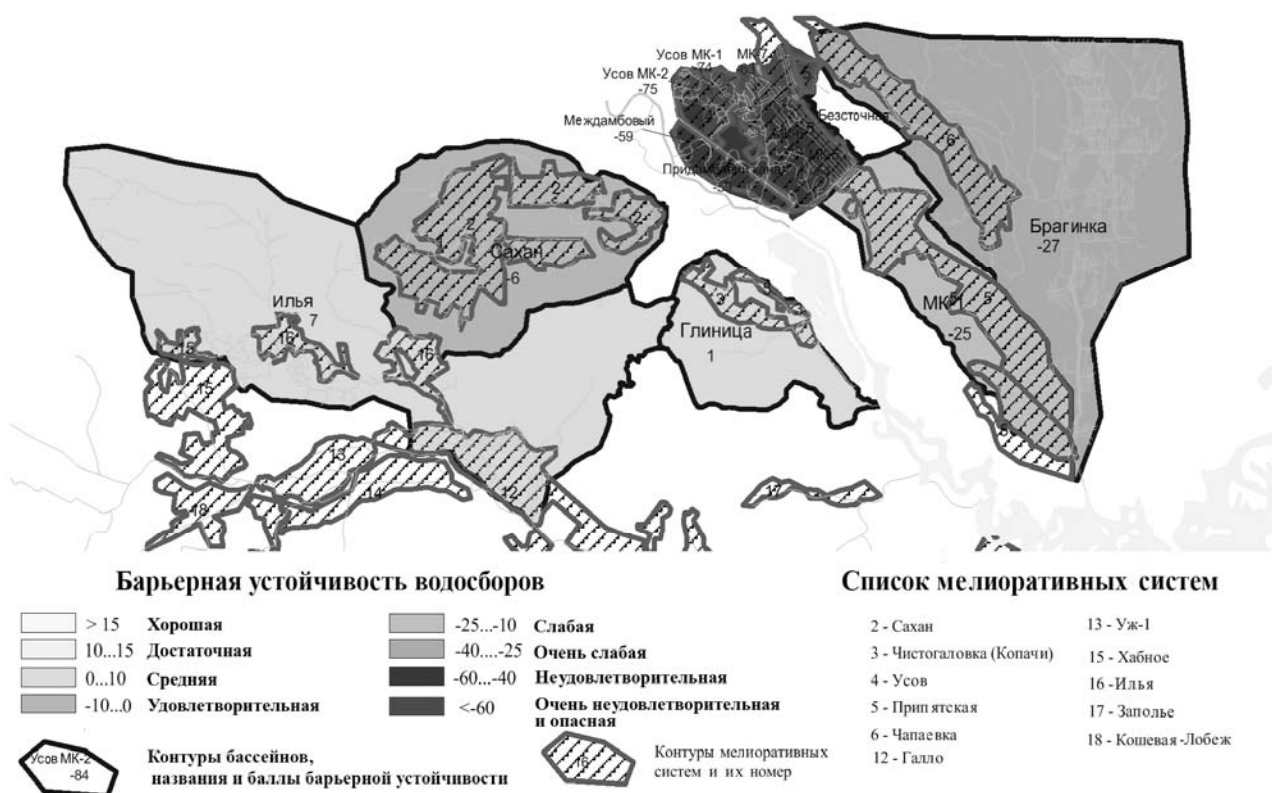


Рис. 22.20. Районирование водосборных бассейнов Чернобыльской зоны отчуждения по барьерной устойчивости к выносу ^{90}Sr с учетом осушительной сети

22.6. Использование осушительных систем для уменьшения выноса радионуклидов за пределы загрязненных водосборов

Из изложенного в предыдущих разделах следует, что мелиоративные системы имеют особые условия вторичного радиоактивного загрязнения поверхностных вод, связанные с характером водообмена, конструктивными особенностями и современным техническим состоянием систем. Для рационального, экологически безопасного обращения с системами в условиях радиоактивного загрязнения необходимо анализировать существующий опыт водоохраных мероприятий в ЧЗО.

При оценке эффективности водоохранного комплекса, введенного в 1993–1994 гг. на левобережной Припятской системе (Северо-западный бассейн), нами рассчитан водный вынос РН из всех возможных распределенных источников водосборного бассейна, что позволило выявить весьма ощутимые недостатки водоохранного комплекса [3]. Оказалось, что эффективность новой левобережной дамбы можно оценить лишь по предотвращенному выносу РН во время высокого весеннего паводка 1999 г., поскольку в другое время за прошедший период уровни воды в реке не поднимались выше естественных отметок поймы. В связи с этим эффект от предотвращенного выноса ^{90}Sr практически полностью компенсируется до 2010 г. увеличившимся выносом в результате подпора от дамбы и осложнения условий разгрузки поверхностного и подземного стока, затопления загрязненных участков, работы польдерной насосной станции (ПНС), направляющей загрязненный сток обратно в р. Припять. Суммарный вынос активности ^{90}Sr в результате перекачивания воды ПНС и дополнительного смыва ^{90}Sr на затопленной части старого польдера (выше старой дамбы) за период 1993–1999 гг. оценивается в 2784 ГБк, с учетом фильтрационных потерь через новую дамбу – около 2800 ГБк (в среднем около 400 ГБк/год). Защитный эффект от существования дамбы на период половодья 1999 г. оценивается в 6800 ГБк предотвращенного выноса ^{90}Sr . Тогда чистая польза от водоохранного комплекса в виде разового недопущенного выноса ^{90}Sr за время после его введения в эксплуатацию до 1999 г. включительно составит около 4000 ГБк.

За период с 2000 по 2010 год и этот эффект полностью нивелируется. Согласно балансовым расчетам замкнутую междамбовую площадь можно было использовать как ловушку для радиоактивных веществ. Разгрузка из нее за счет фильтрации ведет к значительно меньшему выносу ^{90}Sr в реку, чем механический сброс загрязненных поверхностных вод в р. Припять. При неработающей ПНС расчетный годовой фильтрационный сток с польдера в реку не превышает 3,13 млн м³, что втрое меньше, чем объемы воды, переброшенные насосной станцией. Учитывая, что концентрация ^{90}Sr в фильтрационном стоке (определена по скважине № 200) значительно меньше, чем в поверхностном, годовой вынос ^{90}Sr в реку уменьшается в 57 раз.

Для определения количества ^{90}Sr (ГБк), которое могло поступить в р. Припять при затоплении левобережной поймы в пределах отгороженной дамбами площади (A_{Sr}^{90}), применялась формула [28]:

$$A_{Sr}^{90} = K(W_n - W_{\text{бр}}) \cdot n \cdot Ct, \quad (22.14)$$

где K – коэффициент, определяющий долю стока по левобережной пойме от общего стока по пойме реки Припять в створе дамбы, %, W_n – среднесуточный объем стока реки за период половодья, м³, $W_{\text{бр}}$ – объем стока в бровках русла в сутки, м³, n – количество дней со стоком на пойме, Ct – объемная активность ^{90}Sr , которую приобретает вода за время прохождения через пойму (устанавливается экспериментально по формуле 22.7), кБк/м³.

Многолетний опыт водоохраных мероприятий в зоне отчуждения показал, что осушительные системы являются определяющим фактором влияния на водно-экологическую обстановку, на процессы ландшафтовосстановления, состояние леса, пожарной безопасности, подтопления пунктов захоронения и временной локализации радиоактивных отходов, прилегающих к ЗО и ЗБ(О)О населенных пунктов, и т. п.

Если водосбор сильно загрязнен, а его барьерная устойчивость очень слабая, следует рассмотреть возможности перевода стока с него в смежные бассейны, с меньшей плотностью загрязнения и более высокой буферной емкостью по отношению к этому загрязнителю. Исследования 1997–1998 гг. [2] показали, что использование мелиоративных каналов для обеспечения циркуляции загрязненных вод в условиях хорошей дренированности грунтовых вод и наличия биоплато обеспечивают очистку стока по каналу на 90–96 %, в зависимости от длины транспортирующей сети. Восстановление шлюзов-регуляторов и пропускной способности разветвленной сети каналов на левобережье р. Припять позволило отвести часть стока с переувлажненного и очень загрязненного Северного бассейна (сток через проран в дамбе № 7) по каналу МК-1 в устье р. Брагинки (с. Ладыжичи), через менее загрязненную и подтопленную территорию. При прохождении расстояния в 25–35 км вода заметно очищается за счет естественных биоплато и разбавления *более чистыми грунтовыми водами* (рис. 22.21).

На второй год после расчисток и введения в действие новой системы водораспределения (2002) удалось уменьшить объемы выноса ^{90}Sr каналом МК-1 на 57 % по сравнению с близким по водности 2000 г., даже при том, что с увеличением степени дренированности возросли объемы общего стока с 13,36 млн м^3 в 2000 г. до 16,42 млн м^3 в 2002 г.! Перевод загрязненного стока с водосбора с высокой плотностью загрязнения ^{90}Sr (1480–3700 $\text{кБк}/\text{м}^2$) в водосборный бассейн со значительно меньшей плотностью загрязнения (7,4–18,5 $\text{кБк}/\text{м}^2$) оказался на сегодняшний день наиболее эффективным водоохранным мероприятием на мелиорированных водосборах ЧЗО.

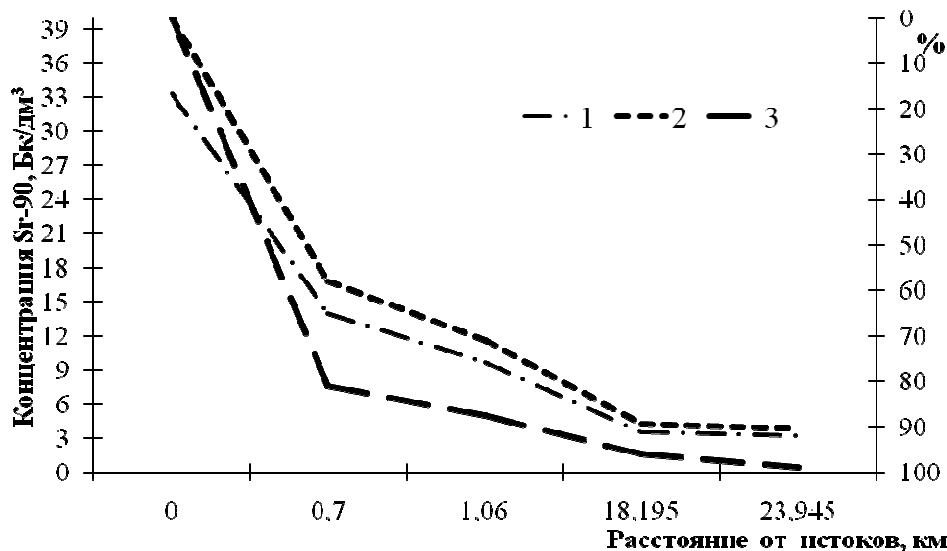


Рис. 22.21. Снижение концентрации ^{90}Sr в поверхностных водах канала МК-1 по мере прохождения через относительно чистую территорию от с. Зимовище до с. Ладыжицы:

1 – изменения концентрации ^{90}Sr от истоков до устья МК-1, $\text{Бк}/\text{дм}^3$; 2 – снижение концентрации, % от начальной; 3 – снижение плотности загрязнения, % от загрязнения верхнего участка

В первые годы после введения в строй мелиоративных систем обычно происходит заметное увеличение среднего годового стока [29]. Это обусловлено осушением болот, сработкой запасов грунтовых вод, в том числе на прилегающей к осушаемым массивам территории, уменьшением суммарного испарения, срока затопления пойм, а также некоторыми другими факторами [30]. С этими факторами связано и увеличение объемов стока и выноса ^{90}Sr в первые годы после реконструкции Припятской системы, что и было предусмотрено прогнозами [31]. Кроме этого, повышенный вынос ^{90}Sr в 2003–2005 гг. через устье канала МК-5 (сооружение № 7) связан также с процессами окисления и деструкции топливных частиц после осушения значительной территории [2]. После изменения восстановительной обстановки на окислительную, с уменьшением рН порового раствора, из донных отложений, вышедших на поверхность, происходит периодический вынос ^{90}Sr дождевым и талым стоком. Существенную долю выноса ^{90}Sr после реконструкции обеспечивают ранее практически бессточные верховые и близкие к ним переходные болота, почвы которых характеризуются незначительным содержанием извести (0,15–0,7 %) и выраженной кислой реакцией (рН 3,5–5), что способствует удерживанию в растворе свободных ионов ^{90}Sr . В зависимости от водности период повышенного выноса РН после ликвидации подпорных сооружений может продолжаться 3–6 лет. Со временем благодаря увеличению регулирующей емкости зоны аэрации осушенных земель увеличиваются расходы талых и дождевых вод на ее насыщение, что ведет к уменьшению максимальных годовых расходов и водного выноса радионуклидов.

Расчистку каналов с удалением радиоактивных донных отложений и растительности – в качестве основных источников вторичного загрязнения поверхностных вод – целесообразно проводить не позже, чем на третий-пятый год после радиоактивных выпадений (при накоплении слоя ила в верхних бьефах сооружений не менее 15 см) (табл. 22.8). В осенний маловодный период их следует удалить и захоронить в экранированные глиняным слоем (до 20 см) траншеи на расстоянии не менее 120–200 м (в зависимости от геологических и гидрогеологических условий) от ближайших водоприемников. Расчистка каналов способствует также поддержанию более низкого базиса эрозии, предупреждению широкого загрязнения грунтовых вод и их разгрузке.

На современном этапе при определении характера обращения с дренажными системами следует руководствоваться задачами последовательного перевода большей части ЧЗО – 226,965 тыс. га (кроме промышленной зоны) в статус радиационно-экологического биосферного заповедника (Указ пре-

зидента Украины от 26.04.2016). Это требует дифференцированного подхода к обращению с осушительными системами в соответствии с необходимостью минимизации водного выноса РН за пределы ЧЗО и предотвращения возгорания торфяников [1, 11]. Следует подчеркнуть, что обеспечение благоприятных условий для восстановления торфяников и лесных массивов невозможно без восстановления и эксплуатации отдельных регулирующих сооружений на ряде осушительных систем.

Таблица 22.8

Мероприятия по усилению барьерных функций и минимизации водного выноса РН с осушительных систем на различных этапах послеварийного цикла (на примере аварии на ЧАЭС)

Этап	Характер распределения РН в поверхностном стоке	Возможные мероприятия
1 май 1986 – лето 1987 гг.	Доминирование взвешенных (30–40 % ^{137}Cs и до 70 % ^{90}Sr) и слабо растворимых форм. Более высокие объемные активности и подвижность ^{137}Cs в сравнении со ^{90}Sr (соотношение $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs} = 0,81$)	Аккумуляция стока в боковой сети каналов и осаждение взвесей с помощью ГТС. Применение медленных песчаных и плавающих пенополистирольных фильтров, пропуск воды по каналам на уровнях ниже «береговых аномалий». Удаление дернины с наиболее загрязненных береговых откосов
2 осень 1987– 1992 гг., маловодные годы	Выравнивание и постепенное преобладание подвижности ^{90}Sr над ^{137}Cs (соотношение $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs} = 2,0–3,6$). Вынос ^{137}Cs р. Припять снизился в 4 раза. Высокое содержание коллоидных форм. Доля ^{137}Cs на взвешях увеличилась до 50 %. Растворимых форм ^{90}Sr до 82 %. Основной вынос РН за счет паводков. Снижение объемной активности ^{137}Cs , а часто и ^{90}Sr , практически во всех хорошо проточных водотоках	Расчистка бортов и русел в верхних бьефах сооружений на каналах. Пропуск высоких вод без задержки при допустимых объемных активностях и аккумуляция части стока в расчищенных каналах при высоком содержании РН (> 2-кратного превышения ПДК). Использование: пылевой фракции минеральных сорбентов после предварительной очистки воды биофильтрами в каналах с расходами <100 л/с; полей фильтрации с минеральными наполнителями и песчаных дамб; плавающих фильтров, биоплато, статической сорбции для объектов с замедленным стоком
3 1993–2001, 2004–2008 гг., многоводные годы	Переувлажнение водосборной площади. Эвтрофикация водоемов. Преимущество растворимых форм ^{90}Sr (до 96 %). Более равномерное распределение выноса в течение года. Существенное, ниже ПДК, снижение объемной активности ^{137}Cs (соотношение $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs} = 4$). Высокое содержание органогенных взвесей и растворенных органических веществ. С 1996 г. существенного снижения объемной активности ^{90}Sr не происходит	Использование биоплато, волокнистых насадок типа «Вия» [32] и перевод стока на большие расстояния по сети каналов. Предупреждение заболачивания и затопления. Интенсификация дренирования для увеличения притока более чистых грунтовых вод в открытую сеть, перевод части поверхностного стока в грунтовый, оборудование каскадных систем и принудительная аэрация воды. Использование насосных станций для предотвращения затопления участков пойм и для аэрации воды
4 2002–2003, 2009–2015 гг., маловодные годы	Преимущество растворимых форм ^{90}Sr (до 95 %). В выносе ^{90}Sr за пределы ЧЗО одну из главных ролей играют грунтовые воды, которые фильтруются с пруда-охладителя, из затонов, затопленного левобережного польдера и т. п.	Удерживание стока на участках с мощной зоной аэрации, на пожароопасных участках; регулирование уровней, изоляция выходов дренажных коллекторов, осушение захоронений радиоактивных отходов. Известкование воды и биологические методы сорбции радионуклидов. Нарращивание лесов на водосборах

Целесообразность функционирования таких гидротехнических объектов, как **дамбы** на малых реках, также нуждается во всесторонней оценке. Многие из сооружений, построенных в 1986 и в начале 1987 г. продолжают сдерживать сток и вызывать затопление радиоактивно загрязненных земель и вымокание лесных массивов. Для определения относительного соотношения негативного (затопление загрязненных земель, подтопление объектов инфраструктуры и т. п.), положительного (появление новых мест отдыха и гнездования перелетных птиц и пр.) или нейтрального (прораны в перемычках или шлюзы-регуляторы, обеспечивающие свободное стекание поверхностных вод, сбалансированный массообмен РН между поверхностной и подземной гидросферами) характера влияния этих сооружений на окружающую среду необходимо пользоваться шкалой определенных критериев. К таковым относятся: имеющийся или потенциальный риск дополнительного радиоактивного загрязнения водных систем; объемы водного выноса РН по сравнению с объемами их ежегодной аккумуляции и необратимого перевода в геологическую среду; предотвращение угрозы пожаров; степень сбаланси-

сированности и трофической необходимости новообразованного биогеоценоза (болотного типа), его влияние на прилегающие ландшафты; экономические убытки, связанные с подтоплением прилегающих территорий и расходами на содержание и эксплуатацию этих сооружений. В связи с этим предложено *четыре уровня воздействия подтопления* от существующих гидротехнических сооружений на качество вод и состояние окружающей среды: радиационное, противопожарное, общеэкологическое, социально-экономическое.

При выборе сценария обращения с дренажными системами следует исходить из перечисленных выше закономерностей, доминирующих факторов и характера распределения радионуклидов в открытых гидросистемах ЧЗО. Для *современного этапа* характерны:

- тенденция к выравниванию содержания ^{90}Sr в поверхностных и грунтовых водах;
- увеличение доли грунтовых вод в общем стоке в связи с уменьшением водности лет (за исключением многоводного 2016 г.) и увеличение роли грунтовых вод в общем выносе ^{90}Sr (рис. 22.15);
- более высокие концентрации и общий вынос РН на участках закрытого дренажа; общая прямая зависимость концентраций ^{90}Sr в грунтовых водах от интенсивности их дренирования (характерно и для предыдущих этапов)
- нивелирование разницы между выносом с зарегулированных и незарегулированных осушительных систем (рис. 22.7) – также в связи с циклом маловодных лет.

Очевидно, что с учетом данных условий удержание стока с помощью шлюзов-регуляторов целесообразно только на торфяных залежах в маловодные периоды. На участках закрытого дренажа желательно поддерживать УГВ ниже глубины его заложения (если это невозможно, то лучше держать такие участки в подпоре). Если концентрации ^{90}Sr в дренажных водах, поступающих в каналы из закрытых коллекторов, меньше ПДК и существенно меньше концентрации в общем поверхностном стоке, а осушительная система, кроме того, лежит в зоне первоочередной реабилитации, то такое искусственное дренирование способствует ускоренной автореабилитации земель и его следует поддерживать. На наиболее загрязненных системах целесообразны мероприятия по переводу стока по сети каналов большой протяженности с фиторемедиационными барьерами, а также использование уже существующих песчаных дамб в качестве медленных фильтров.

Таким образом, за послеаварийный период изменения условий разгрузки поверхностных и грунтовых вод с водосборов ЧЗО, в том числе вызванные деятельностью человека, неоднозначно повлияли на динамику и объемы выноса радиоактивных веществ за пределы зоны отчуждения. С одной стороны, удержание стока на водосборе способствовало уменьшению объемов выноса радионуклидов, однако преимущественно лишь в маловодные годы. С другой стороны, значительное затопление, подтопление территории и загрязнение грунтовых вод в результате смыкания их с поверхностными обеспечило существенный рост концентраций ^{90}Sr , как в поверхностном, так и в подпочвенном стоке. Последствия этих процессов ощущались длительное время: сток загрязненных вод с зарегулированных водосборов продолжался в течение 3–6 лет и после снижения уровней воды. Кроме того, повышенные концентрации ^{90}Sr в поверхностных водах наблюдались как при задержке стока, в застойных условиях, так и при усиленном дренировании закрытым дренажем. В связи с этим подобрать радиозоологически безопасные условия стока с водосборов очень сложно. Это, как и проектирование осушительных систем, требует пообъектного подхода и постоянной корректировки стратегии обращения с ними.

Действие внутренних (трансформационных для РН) и внешних динамических и техногенных факторов обусловило стадийность изменений роли подземных вод в общем выносе РН с мелиорированных и природных ландшафтов. С 2001 по 2013 год доля подземного стока и выноса ^{90}Sr грунтовыми водами в условиях искусственно нарушенных режимов росла, и грунтовые воды стали одним из ведущих источников вторичного загрязнения водотоков.

Нарушение барьерной устойчивости водосборов вызывает увеличение водного выноса радионуклидов. Объемы выноса РН отражают естественную устойчивость водосбора или степень нарушения природных условий. С повышением степени мелиорированности барьерная устойчивость водосбора ухудшается, что приводит к повышенному выносу ^{90}Sr . Используя результаты решений регрессионных уравнений, можно путем регулирования отдельных гидрологических и ландшафтных факторов усиливать барьерные функции водосборов и достигать уменьшения выноса загрязняющих веществ за пределы санитарных зон или зон аварийного загрязнения.

Общая стратегия водоохранной деятельности на водосборах с осушительными системами должна заключаться в максимальном использовании природных барьерных характеристик ландшафта, технических средств систем (развитой сети каналов, шлюзов регуляторов и т. п.), нейтрализации и локализации действия негативных, мобилизующих факторов. Если барьерная устойчивость ландшафтной системы водосбора очень низкая, следует оценить целесообразность засыпки каналов грун-

том (если не предусматривается возврат территорий в хозяйственное использование ближайшие 30 лет). Возможно также усиление депонирующей способности почв пойм и западин природными сорбционными материалами [33] или обустройством биологических барьеров (лесных насаждений).

Литература

1. Концепція Чорнобильської зони відчуження на території України / В. І. Холоша, Е. В. Соботович [та ін.] // Проблеми Чорнобильської зони відчуження. – 1994. – Вип. 1. – С. 3–17.
2. Закономірності міграції техногенних радіонуклідів на меліоративних системах Чорнобильської зони відчуження (за результатами досліджень 1986–2004 рр.) / О. Л. Шевченко [та ін.] ; під ред. В. А. Шашука. – Херсон: Олді-плюс, 2011. – 415 с.
3. Лівобережна заплава: шляхи вирішення проблеми перезволоження та зростання виносу ^{90}Sr через проран в дамбі № 7 / О. Л. Шевченко, В. М. Шестопалов, О. І. Сахацький [та ін.] // Бюлетень екологічного стану Зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. – 1999. – № 14. – С. 51–57.
4. Иванушкина Н. И., Рябцева Г. П., Зузанская В. Н. Эффективность дамб на малых реках // Доклады I Всесоюз. науч.-техн. совещания по итогам ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. – Т. 6: Меры по уменьшению миграции и захоронение радиоактивных отходов. – Чернобыль, 1989. – С. 17–25.
5. Шевченко А. Л. Трансформация первоначальных выпадений радионуклидов и скорость их проникновения на глубину в различных типах почв // Охрана природы при мелиорации земель. – Киев: УкрНИИГиМ, 1991. – С. 21–27.
6. Обґрунтування водоохоронних заходів на лівобережжі р. Прип'ять у зоні відчуження на основі використання матеріалів багатозональної космічної зйомки / О. Л. Шевченко [та ін.] // Нові методи в космічному землезнавстві. – Київ: ЦАКДЗ ІГН НАНУ, 1999. – С. 125–129.
7. Шевченко А. Л., Долин В. В. Естественные и техногенные предпосылки деконтаминации водного бассейна радиационно загрязненных территорий // Геохимия техногенных радионуклидов : монография / отв. ред. Э. В. Соботович, Г. Н. Бондаренко. – Киев: Наукова думка, 2002. – С. 254–290.
8. Гидрологические изменения и их влияние на радиологические показатели в Чернобыльской зоне отчуждения / А. Л. Шевченко [и др.] // Водные ресурсы. – 2002. – Т. 29, № 4. – С. 489–504.
9. Казаков С. В., Вовк П. С., Фильчагов Л. П. Радиологическое состояние пруда-охладителя ЧАЭС // Проблеми Чорнобильської зони відчуження. – 1994. – Вип. 1. – С. 130–131.
10. Давидчук В. С. Надмірно зволожені землі зони відчуження ЧАЕС під впливом меліоративних систем // Бюлетень екологічного стану зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення. – 1998. – № 11. – С. 28–30.
11. Шевченко О. Л. Радіогідрогеологія осушуваних ландшафтів Українського Полісся (на прикладі Чорнобильської зони відчуження) : автореф. дис. ... д-ра геол. наук. – Київ, 2016. – 44 с.
12. Кашпаров В. О. // Формування і динаміка радіоактивного забруднення навколишнього середовища під час аварії на Чорнобильській АЕС та в післяаварійний період // Чорнобиль. Зона відчуження. – Київ: Наукова думка, 2001. – С. 11–46.
13. Шевченко О. Л., Кіреєв С. І. Метод інтегральної оцінки бар'єрної здатності водозборів // Екологія і ресурси. – 2005. – Вип. 11. – С. 77–86.
14. Токарев А. Н., Щербачев А. В. Радиогидрогеология. – М.: Госгеолтехиздат, 1956. – 262 с.
15. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. – М.: Высш. школа, 1975. – 345 с.
16. Геохимия ландшафтов России и радиоэкология / А. И. Перельман [и др.] // Современные изменения в литосфере под влиянием природных и антропогенных факторов : сб. науч. тр. – М.: Недра, 1996. – С. 194–217.
17. Бондаренко Г. Н., Кононенко Л. В. Формообразование радионуклидов в почвах // Геохимия техногенных радионуклидов / отв. ред. Э. В. Соботович и Г. Н. Бондаренко. – Киев: Наукова думка, 2002. – С. 79–151.
18. Факторы формирования выноса стронция-90 с поверхностным стоком в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС / А. Л. Шевченко [и др.] // Водные ресурсы. – 2016. – Т. 43. – № 3. – С. 317–328.
19. Оцінка параметрів радіємності як показників стійкості екосистем в умовах радіаційних аварій та інших впливів / Ю. О. Кутлахмедов [та ін.] // Бюлетень екологічного стану Зони відчуження та Зони безумовного (обов'язкового) відселення. – 2002. – № 19. – С. 50–55.
20. Шевченко А. Л. Мероприятия на осушительно-увлажнительных системах при радиоактивном загрязнении земель // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – Вип. 92. – С. 122–130.
21. Перцев Л. А. Ионизирующие излучения биосферы. – М.: Атомиздат, 1973.
22. Олейник А. Я., Поляков В. Л. Дренаж переувлажненных земель. – Киев: Наукова думка, 1987. – С. 57–72.
23. Шевченко А. Л. Применение гидродинамического метода анализа режима грунтовых вод при оценках водно-радиационного баланса // Ресурсы подземных вод. Современные проблемы изучения и использования : материалы Междунар. науч. конф. (Москва, 13–14 мая 2010 г.). – М., 2010. – С. 221–227.
24. Киреев С. И., Шевченко А. Л., Гудзенко В. В. Вымывание, как процесс вторичного радиоактивного загрязнения поверхностных вод на пойменных участках и в мелиоративных каналах // Проблеми Чорнобильської зони відчуження. – 2001. – Вип. 7 – С. 186–199.

25. Рошаль А. А. Методы определения миграционных параметров. – М.: ВИЭМС, 1980. – 62 с.
26. Dolin V., Shevchenko O., Brittain J. Artificial radionuclides speciation in river water of Dnieper basin // *Role of Interfaces in Environmental Protection* / ed. S. Barany. – Kluwer Academic Publishers: Printed in the Netherlands. – 2003. – P. 135–144.
27. Паскевич С. А. Вынос ^{90}Sr и ^{137}Cs надземной фитомассой растительных сообществ лугов и залежей Чернобыльской зоны отчуждения // *Радиационная биология. Радиоэкология*. – 2005. – Т. 45, № 3. – С. 281–286.
28. Аналіз ефективності та варіанти експлуатації водоохоронного комплексу Лівобережної польдерної системи / О. Л. Шевченко [та ін.] // *Проблеми Чернобыльської зони відчуження*. – 2001. – Вип. 7 – С. 112–125.
29. Булдей В. Р. Гидромелиоративное строительство и охрана окружающей среды. – Киев: Будівельник, 1980. – 199 с.
30. Шикломанов И. А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 334 с.
31. Природоохоронне водорегулювання для мінімізації радіаційних ризиків / В. І. Холоша [та ін.] // *Бюлетень екологічного стану Зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення*. – 2001. – № 18. – С. 4–12.
32. Применение неорганических и биологических методов дезактивации природных вод в Чернобыльской зоне отчуждения / А. Л. Шевченко, В. В. Гудзенко, Л. Н. Спасенова [та ін.] // *Проблеми Чернобыльської зони відчуження*. – 2005. – Вип. 8. – С. 131–144.
33. Захист від забруднення ландшафтів побутовими та промисловими відходами на основі використання природних сорбентів / З. Р. Маланчук, А. М. Рокочинський, М. О. Клименко [та ін.] ; під ред. В. А. Сташука. – Рівне: НУВГП, 2013. – 376 с.

Глава 23. БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ГИДРОЭКОСИСТЕМ ПРАВОБЕРЕЖНЫХ ПРИТОКОВ Р. ПРИПЯТЬ

23.1. Общая характеристика гидроэкосистем правобережных притоков р. Припять

Анализ научной литературы, касающейся современных мировых и отечественных теоретико-методологических направлений по оценке экологического состояния водных объектов, выявляет, что система контроля, основанная на предельно допустимых концентрациях веществ, не отображает процессы химической трансформации загрязнителей и причинно-следственные связи в гидроэкосистемах [18, 21]. И в первую очередь это касается ситуаций длительного воздействия низких концентраций загрязняющих веществ. В разрезе мировой концепции критических нагрузок ведущие системы мониторинга [1, 3] параллельно с установлением концентраций определенного набора химических веществ и физических воздействий предусматривают интегральную оценку здоровья гидроэкосистем средствами биоиндикации (*in situ*) и биотестирования (*ex situ*) [2]. По мнению ученых, подобная интегральная система эколого-токсикологической оценки должна отвечать следующим требованиям: отражать специфику загрязнения, предусматривать чувствительность индикаторов организменного и популяционного уровней к отражению реакций экосистемы на стресс и способность к восстановлению системы после действия негативных факторов [17].

Использование показателей биологических систем позволяет в режиме реального времени фиксировать изменения в состоянии тест-организмов (индикаторов) вследствие эффектов синергизма и аддитивности загрязняющих веществ в природных водах и донных отложениях. Важнейшей особенностью большинства таких показателей, как и химико-аналитических, является их устойчивость (отсутствие адаптационных механизмов).

Важным моментом при реализации технологий биомониторинга гидроэкосистем остается выбор критериев отзыва индикаторов и тест-объектов, наличие интегральных систем оценки, а также относительная простота, доступность и оперативность проведения контроля. В частности, к числу наиболее важных и относительно простых методов *in situ* принадлежит микроядерное тестирование периферической крови и/или эпителиальных тканей местных видов гидробионтов. Для выяснения хронического токсического действия природных вод и донных отложений, или оценки степени их токсичности, удобными и надежными оказываются методы *ex situ*, с использованием лабораторных культур различной таксономической принадлежности.

Обобщение научных фактов доказывает, что особую актуальность приобретает расширение методических возможностей территориальной системы оперативного контроля эколого-токсикологического состояния водоемов, так как в каждом отдельном бассейне или его части (регионе) формируется особый состав воды, который зависит от природно-климатических условий, присущих данной водосборной территории.

Гидроэкосистемы правобережных притоков р. Припять расположены в пределах 16 экорегиона, согласно Директивы 2000/60 / ЕС «Об установлении рамок деятельности Сообщества в области водной политики». Правобережная часть бассейна реки Припять в целом характеризуется равнинной поверхностью с абсолютными высотами от 372 м на крайнем юго-западе до 134 м на севере. По средней высоте (184 м над уровнем моря) территория является самой низкой среди областей Украины. Согласно зонально-региональному разделению природных ландшафтов Украины исследуемая часть бассейна р. Припять расположена в пределах следующих орографических структур – Волынского Полесья (реки Устье, Замчиско), Волынской возвышенности (реки Иква и Стирь в пределах Ровенской области) и частично Житомирского Полесья (бассейн реки Случь в устье). Указанная территория имеет благоприятные условия рельефа, относительно высокое увлажнение и формирует густую и разнообразную сеть поверхностных вод, чему способствует относительно стабильное преобладание осадков над испарением.

В северной части исследуемой части бассейна питание рек смешанное, с преобладанием снегового, где на долю талых снеговых вод приходится 55–65 % речного стока. В лесостепной части области доля снегового питания составляет 25–45 % и часто сравнивается или уступает подземному питанию. На Волынской возвышенности его доля составляет 35–45 %, а для отдельных рек поднимается до 64 % (р. Иква). На Полесье подземными водами формируется только 8–20 % годового стока.

Исследования проводили в пределах 16 створов (участков) малых и средних рек, испытывающих антропогенную нагрузку разной интенсивности. Выбор створов базировался на их репрезентативности, согласно принципам Водной рамочной директивы Европейского Союза, которая тесно связана с европейской системой EUROWATERNET, предназначенной для анализа национальных баз

мониторинга водных ресурсов. Репрезентативность створов прежде всего заключалась в четком различии между хорошим и низким качеством воды. В пределах репрезентативных створов изучали абиотические и биотические составляющие речных гидроэкосистем с целью отслеживания формирования эколого-токсикологических характеристик воды и донных отложений. Отзыв организмов индикаторов и тест-объектов на разные уровни токсичности компонентов гидроэкосистемы оценивался в разные гидрологические сезоны.

23.2. Экологическая оценка гидроэкосистем по гидрохимическим параметрам

Сравнение современного и ретроспективного экологического состояния гидроэкосистем правобережных притоков р. Припять согласно Методике экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям [20] позволило выяснить, что в течение 1964–2013 гг. основными формирующими факторами качества поверхностных вод были блоки трофо-сапробиологических и специфических показателей, которые находились в пределах 3–5 категорий III класса (состояние «удовлетворительное», степень чистоты «загрязненная»). При этом общее экологическое состояние гидроэкосистем оценивалось преимущественно в пределах II класса качества (состояние «хорошее», степень чистоты «чистая»). Причиной этого стало влияние на результаты оценки 1–2 категории блока показателей солевого состава, что является региональной характеристикой рек и остается неизменным около 50 лет.

Проведение модифицированного варианта оценки экологического состояния рек с учетом функций веществ в гидроэкосистемах выявило, что группа биогенных веществ находится преимущественно в пределах 4–6 категорий III–IV классов качества (состояние «удовлетворительное – плохое», степень чистоты «загрязненная – грязная»). Группы загрязняющих веществ и веществ, характеризующих продукционно-деструкционные процессы, находились примерно на одном уровне в пределах 3–4 категорий II–III классов качества (состояние «хорошее – удовлетворительное», степень чистоты «чистая – загрязненная»).

Так, состояние гидроэкосистем, оцененное модифицированным способом, свидетельствовало преимущественно о III классе качества (состояние «удовлетворительное», степень чистоты «загрязненная»). При этом приоритетными загрязнителями являлась группа биогенных веществ (азот аммонийный, азот нитратный, азота нитритный и фосфаты). Практически во всех створах класс качества воды, рассчитанный по указанной Методике, был лучше класса качества воды, который рассчитывался модифицированным нами вариантом. Расхождение результатов при этом имело интервал между «хорошим» и «удовлетворительным» состоянием поверхностных вод (табл. 23.1).

По уровням токсичных загрязнений [10] большинство гидроэкосистем оказываются «гипертоксичными» по содержанию в поверхностных водах меди, за исключением р. Случь, которая в отдельные годы относится к «политоксичным».

Наиболее загрязненными тяжелыми металлами оказались реки Устье и Замчиско, имеющие характеристику «гипертоксические». По содержанию фторидов поверхностные воды р. Случь характеризовались как «олиготоксичные» и «β-мезотоксичные», реки Стубелка, Устье, Замчиско и Горынь характеризовались как «α-мезотоксичные», р. Иква и в отдельные годы реки Стубелка и Замчиско как «политоксичные».

Геохимическая нагрузка оценивалась на примере наиболее загрязненной гидроэкосистемы региона исследований – р. Устье. Современный химический состав ее поверхностных вод существенно изменяется на отдельных участках – четко выделяется часть водотока от истоков до сброса сточных вод очистных сооружений г. Ровно, а также часть ниже сброса городских очистных сооружений до устья. Изучались микроэлементы, которые имеют разное экологическое значение в процессах природной и техногенной геохимической миграции [5, 13]. Было обнаружено, что фактор формирования современного геохимического спектра поверхностных вод заметно изменился по сравнению с 1994 г. (рис. 23.1).

Показатель суммарного загрязнения оценивал нагрузку поверхностных вод в верхнем течении как «слабое» в оба периода наблюдений, в нижнем течении как «среднее» в 1994 г. и как «слабое» в 2014 г. В микрокомпонентном составе донных отложений (ДО) среди остальных элементов заметно увеличилось содержание Mn (рис. 23.2). Уровень геохимической нагрузки ДО по показателю суммарного загрязнения в оба периода наблюдений оказался «слабым» при содержании токсичных элементов «слабо повышенное».

Использованные комплексные интегральные оценки состояния гидроэкосистем по гидрохимическим параметрам позволили выявить ряд противоречий. Кроме того, стоит заметить, что оценки состояния поверхностных вод зависят от качества исходной информации. Это связано с тем, что за

последние годы произошло значительное уменьшение частоты отбора проб и количества параметров контролирующими лабораториями государственных ведомств.

Таблица 23.1

Сравнение результатов экологической оценки качества поверхностных вод репрезентативных створов правобережных притоков р. Припять

№ п/п	Место нахождения створов	Среднее значение индекса (Ie)*	Класс качества воды	Состояние (по классу)	Степень чистоты (по классу)
1	р. Случь, в пределах с. Быстричи, выше сброса сточных вод о/с ДП «Коммунальник»	<u>2,8</u> 3,2	<u>II</u> II	<u>хорошее</u> хорошее	<u>чистая</u> чистая
2	р. Случь, в пределах м. Березне, 0,6 км ниже стоков о/с КП «Березноводоканал»	<u>3,1</u> 3,5	<u>II</u> II-III	<u>хорошее</u> хорошее-удовлетворительное	<u>чистая</u> чистая-загрязненная
3	р. Устье, верховье, природный фон, 65 км до устья	<u>2,9</u> 3,8	<u>II</u> III	<u>хорошее</u> удовлетворительное	<u>чистая</u> загрязненная
4	р. Устя, в пределах г. Ровно, 0,3 км ниже стоков о/с РОВКП ВКГ «Ровнооблводоканал»	<u>3,2</u> 4,2	<u>II</u> III	<u>хорошее</u> удовлетворительное	<u>чистая</u> загрязненная
5	р. Устя, в пределах с. Оржив Ровенского р-на, 0,7 км до устья	<u>3,4</u> 4,4	<u>II</u> III	<u>хорошее</u> удовлетворительное	<u>чистая</u> загрязненная
6	р. Стырь, ниже с. Полонное Володимирецкого р-на, 0,5 км ниже промышленно-сливной канализации Ровенской АЕС	<u>2,9</u> 3,9	<u>II</u> III	<u>хорошее</u> удовлетворительное	<u>чистая</u> загрязненная
7	р. Стырь, в пределах пгт Заречное, 0,5 км ниже стоков о/с ВКП «Заречное»	<u>2,9</u> 4,0	<u>II</u> III	<u>хорошее</u> удовлетворительное	<u>чистая</u> загрязненная
8	р. Стырь, в пределах с. Иванчицы Зареченского р-на, выход реки в Беларусь, 74 км до устья	<u>3,1</u> 3,6	<u>II</u> II-III	<u>хорошее</u> хорошее-удовлетворительное	<u>чистая</u> чистая-загрязненная
9	р. Замчиско, в пределах с. Малая Любаша Костопольского р-на	<u>2,9</u> 3,9	<u>II</u> III	<u>хорошее</u> удовлетворительное	<u>чистая</u> загрязненная
10	р. Замчиско, в пределах г. Костополь, ниже стоков о/с «Костопольводоканал», ниже стоков мелиоративного канала	<u>3,3</u> 4,3	<u>II</u> III	<u>хорошее</u> удовлетворительное	<u>чистая</u> загрязненная
11	р. Стубелка, в пределах пгт. Клевань, выше стоков о/с КП «Клеванькомунсервис»	<u>2,5</u> 2,9	<u>II</u> II	<u>хорошее</u> хорошее	<u>чистая</u> чистая
12	р. Иква, в пределах с. Сопанивчик, на границе с Тернопольской обл.	<u>3,2</u> 4,5	<u>II</u> III	<u>хорошее</u> удовлетворительное	<u>чистая</u> загрязненная
13	р. Иква, в пределах с. Иванне Дубенского р-на, 3,2 км ниже стоков о/с КВП ВКГ «Дубноводоканал»	<u>2,7</u> 3,9	<u>II</u> III	<u>хорошее</u> удовлетворительное	<u>чистая</u> загрязненная
14	р. Иква, в пределах с. Торговица Млыновского района, 1,5 км до устья	<u>2,9</u> 3,8	<u>II</u> III	<u>хорошее</u> удовлетворительное	<u>чистая</u> загрязненная
15	р. Горынь, в пределах г. Дубровица, 0,5 км ниже стоков о/с КП «Горводоканал»	<u>2,9</u> 4,1	<u>II</u> III	<u>хорошее</u> удовлетворительное	<u>чистая</u> загрязненная
16	р. Горынь, в пределах с. Высоцк Дубровицкого р-на, на границе с Беларусью	<u>2,9</u> 3,7	<u>II</u> III	<u>хорошее</u> удовлетворительное	<u>чистая</u> загрязненная

* *Примечание:* в числителе – результаты экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям (блок солевого состава, трофо-сапробиологических показателей, специфических показателей токсического действия), в знаменателе – результаты экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям (группа биогенных веществ, загрязняющих веществ и веществ, характеризующих продукционно-деструкционные процессы).

Помимо прочего, подобные отчетные данные могут содержать в себе некорректные значения по одному или более показателям, что так или иначе приводит к возможным ошибочным выводам. Оценка состояния донных отложений вообще не предусмотрена программой государственного мониторинга, что значительно усложняет получение объективного представления о состоянии гидроэкосистем, а анализ отдельных веществ не отображает процессов химической трансформации загрязнителей и причинно-следственные связи в гидроэкосистемах.

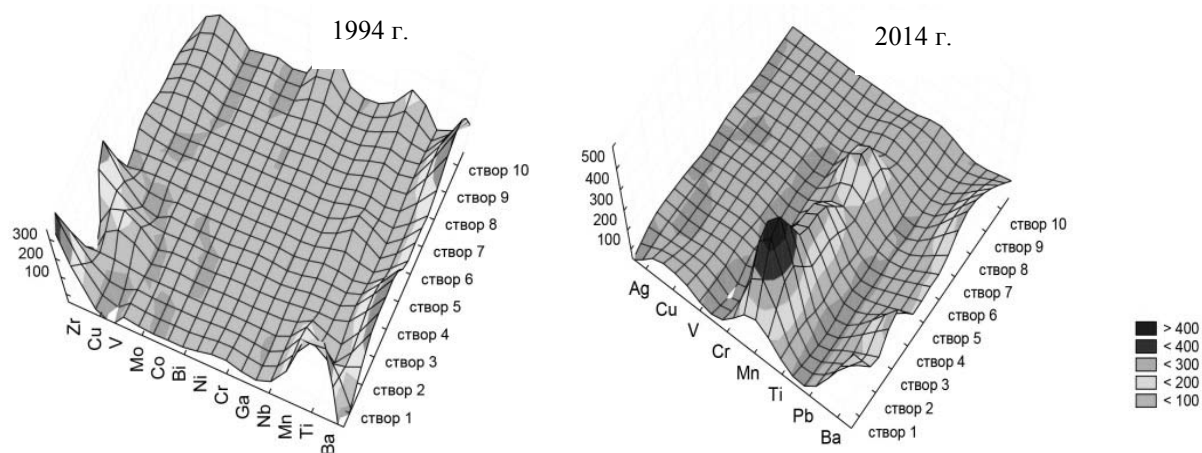


Рис. 23.1. Содержание микрокомпонентов в поверхностных водах р. Устье за периоды исследований, мкг/дм^3

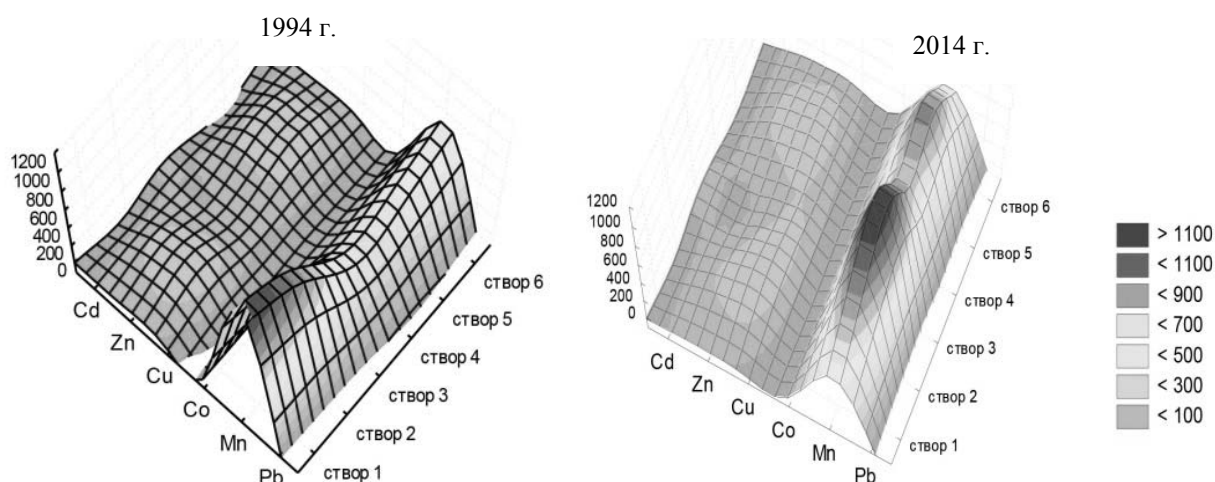


Рис. 23.2. Содержание микрокомпонентов в донных отложениях р. Устье за периоды исследований, мг/кг

23.3. Биоиндикация состояния речных гидрэкосистем по морфологическим характеристикам гомеостаза представителей ихтиофауны

Сравнительно ограниченный видовой состав рыб гидрэкосистем правобережных притоков р. Припять имеет соотношение ценных и малоценных видов, соответственно 27 и 73 %, хотя распределение видовой численности рыб имеет свои особенности как для различных рек, так и для разных участков одной гидрэкосистемы [15].

Основу уловов во всех репрезентативных створах составляли 6 видов рыб: верховодка (*Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758)) – фитофил, еврифлаг (24,4 % в среднем по рекам области); красноперка (*Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758)) – лимнофитофил, еврифлаг (21 %); плотва – лимно-фитофилы, еврифлаг (17,5 %); серебряный карась (*Carassius auratus gibelio* (Linnaeus, 1758)) – лимно-фитофилы, фитобентофаг (12 %); лещ (*Abramis brama* (Linnaeus, 1758)) – лимно-фитофилы, бентофаг (11,0 %); окунь речной (*Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758)) – лимнофитофил, ихтиобентофаг (9,9 %). Это дало основания считать их фоновыми видами рыб (наиболее массовыми представителями ихтиофауны) гидрэкосистем правобережных притоков р. Припять. Данный факт и обусловил использование представителей указанных видов рыб для анализа характеристик гомеостаза их организмов с целью ранней диагностики и оценки состояния гидрэкосистем.

Для характеристик морфологического гомеостаза рыб было использовано 9 билатеральных меристических признаков: количество лучей в грудных (*P*) и брюшных плавниках (*V*), количество жаберных тычинок на первой жаберной дуге (*sp.br.*), количество лепестков в жаберной перепонке (*f.br.*), количество чешуек в боковой линии (*jj*), количество чешуек с сенсорными канальцами (*jj.sk*), количество рядов чешуек над (*squ.1*) при (*squ.2*) боковой линии; количество чешуек со стороны хвостового плавника (*squ.pl*) [24].

Расчет средних значений частоты асимметричного проявления (ЧАП) исследуемых меристических признаков для выборок фоновых видов рыб (рис. 23.3) позволил выяснить, что стабильность их

развития [14] в реках области имела преимущественно средний уровень отклонений от нормы, колеблясь от I до V баллов в створах с разным уровнем антропогенной нагрузки.

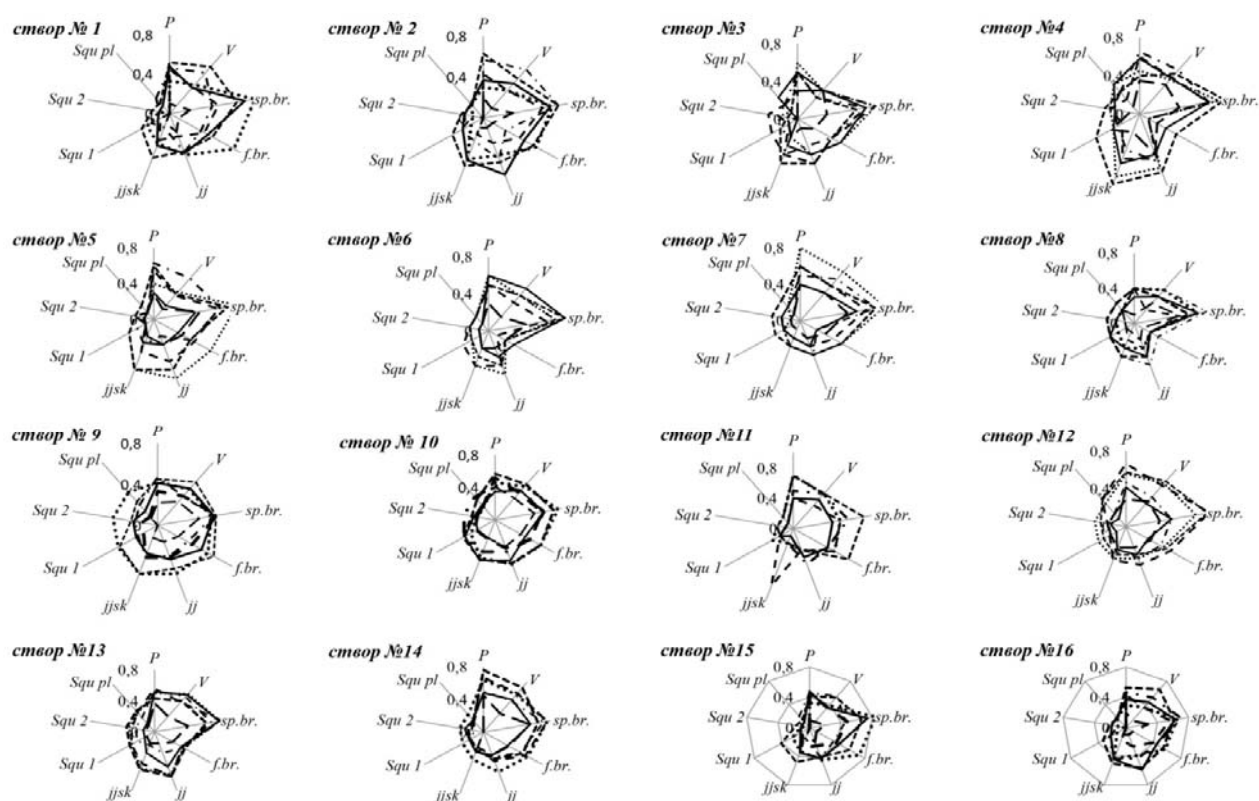


Рис. 23.3. Частота асимметричного проявления парных меристических признаков рыб в репрезентативных створах правобережных притоков р. Припять

Самые высокие уровни флуктуирующей асимметрии отмечались у плотвы и верховодки (в среднем IV балла по репрезентативным створам). Морфологические характеристики гомеостаза окуня и красноперки были несколько лучше, со средней стабильностью развития проанализированных выборок около III баллов. Усредненные показатели ФА выборок леща свидетельствовали о II баллах, карася – I балле стабильности.

Дисперсия по асимметрии, достоверное различие эмпирического распределения от нормального и высокий уровень аппроксимации имели шесть из девяти проанализированных меристических признаков (*P*, *V*, *f.br.*, *jj*, *jjsk*, *Squ 1*). Это позволило утверждать об их достаточности для объективных оценок морфологических характеристик гомеостаза представителей ихтиофауны гидроэкосистем исследуемого региона.

23.4. Биоиндикация состояния речных гидроэкосистем по цитогенетическим характеристикам гомеостаза рыб

Учет результатов микроядерного теста эритроцитов рыб [16] обнаружил высокие уровни нарушений плотвы ($5,22 \pm 0,29$ ‰) и окуня ($4,10 \pm 0,21$ ‰). Средняя частота ядерных нарушений верховодки составила $3,76 \pm 0,25$ ‰, красноперки $3,17 \pm 0,15$ ‰, леща $2,93 \pm 0,28$ ‰. Низкие уровни были характерны для карася серебристого ($1,51 \pm 0,06$ ‰). Превышение уровней спонтанного мутагенеза (по литературным данным – 4 ‰) для нескольких видов рыб одновременно было обнаружено в 7 из 16 репрезентативных створах.

Превышение отмечалось у четырех из шести исследуемых видов рыб (верховодка, плотва, окунь и лещ) в створе № 4 (р. Устье, в пределах г. Ровно, 0,3 км ниже стоков о/с РОВКП ВКХ «Ровнооблводоканал») и створе № 10 (р. Замчиско, в пределах г. Костополя, ниже сброса с о/с «Костопольводоканал», ниже стоков мелиоративного канала).

В репрезентативных створах № 5 (р. Устье, в пределах пгт. Оржив Ровенского р-на, 0,7 км выше устья), № 9 (р. Замчиско, в пределах с. Малая Любаша Костопольского района) и створе № 13 (р. Иква, в пределах села Иванне Дубенского р-на, 3,2 км ниже промышленно-бытовых стоков «Дубноводоканал») превышение уровней спонтанного мутагенеза эритроцитов было отмечено в выборках

трех видов рыб: верховодки, плотвы и окуня. Еще одним участком, где отмечалось превышение уровней спонтанного мутагенеза для трех видов рыб (плотва, окунь, лещ), был створ № 7 (р. Стырь, в пределах пгт. Заречное, 0,5 км ниже стоков о/с ПКП «Заречное»).

Необходимо отметить, что все приведенные створы испытывают значительный уровень антропогенной нагрузки, которая заключается в поступлении сточных вод и урбанизации прилегающей к руслу территории водосбора. Без сомнения, это вызывает появление стрессовых факторов в гидроэкосистемах, которые в своих комбинациях и взаимодействии с региональными гидрохимическими параметрами природных вод провоцируют нарушения цитогенетического гомеостаза рыб. Данный факт подтверждает и преобладание в структурном распределении ядерных нарушений эритроцитов с микроядрами, на долю которых приходилось больше 50 %, среди всех возрастных групп (рис. 23.4).

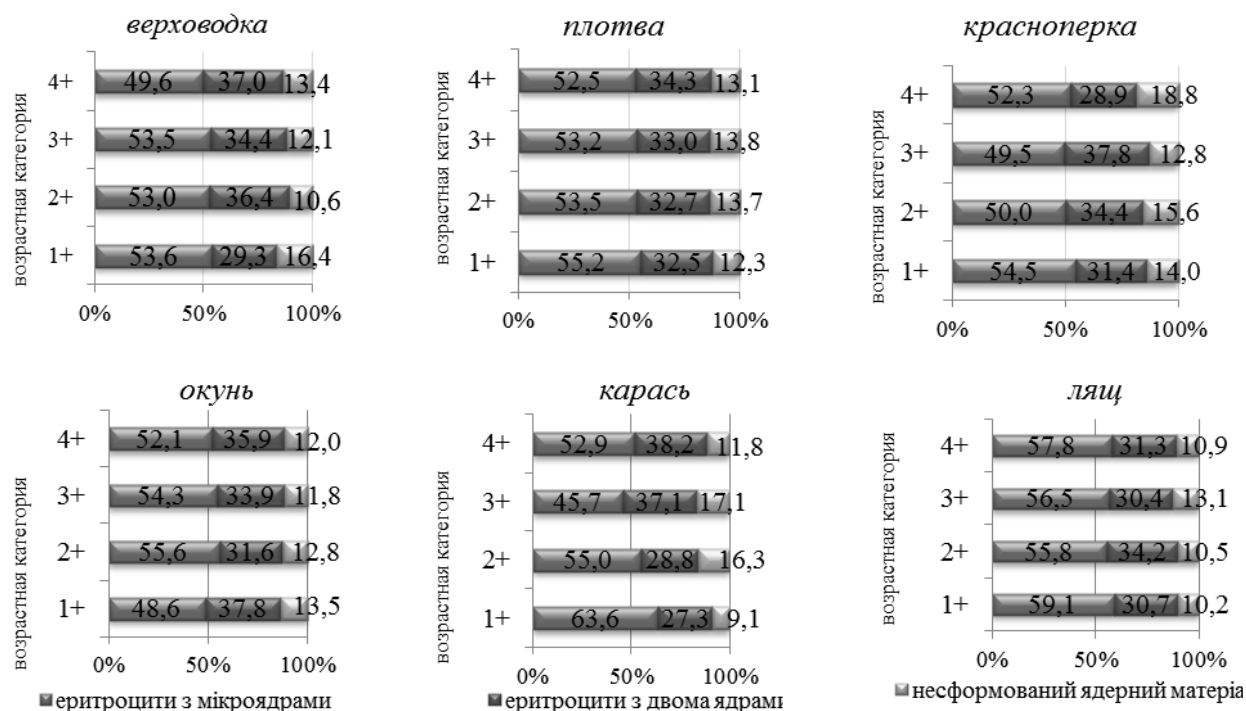


Рис. 23.4. Соотношение типов ядерных нарушений эритроцитов разновозрастных групп рыб: синий цвет – эритроциты с микроядрами, красный цвет – с двумя ядрами, зеленый – несформированный ядерный материал

Отмечалось незначительное снижение микроядерных нарушений с возрастом рыб и соответственно рост доли эритроцитов с двумя ядрами и формирующимся ядерным материалом. И хотя эта закономерность имеет слабое проявление, есть основания говорить о реакции цитогенетического гомеостаза рыб на условия существования.

23.5. Анализ результатов биоиндикационной оценки с учетом принципов регионального экологического контроля

23.5.1. Функциональная зависимость между показателями морфологического и цитогенетического гомеостаза рыб. При отслеживании «отклика» рыб на антропогенные изменения исследуемых речных гидроэкосистем важным моментом является отслеживание согласованности изменений между морфологическими и цитогенетическими характеристиками гомеостаза рыб. Так, функциональная связь между морфометрическими параметрами и результатами микроядерного теста, оцененная по корреляционным зависимостям рыб, оказалась достаточно значимой для всех видов рыб (табл. 23.2). Наиболее сильная (тесная) корреляция между указанными параметрами была отмечена в сплетни ($r = 0,94$) и верховодки ($r = 0,72$); средняя корреляция в окуня ($r = 0,61$), красноперки ($r = 0,60$) и леща ($r = 0,52$); умеренная у карася ($r = 0,42$). Общая корреляционная зависимость между цитогенетическим и морфологическим гомеостазом представителей ихтиофауны гидроэкосистем правобережных приток р. Припять ($r = 0,80$).

Кластерный анализ показателей гомеостаза исследуемых видов рыб позволил выяснить, что по уровням флуктуирующие асимметрии четко выделяются две группы сходства (кластеры). Первую группу составили такие виды, как карась и лещ, которые образуют отдельный кластер при слабой статистической значимости (по критерию Фишера): $r^2 = 0,15$ при $F = 2,34$, $p = 0,148$ (рис. 23.5, а).

**Функциональная связь флуктуирующей асимметрии (ФА) и частоты ядерных нарушений (MN)
для разных видов рыб**

Вид рыб	Уравнения зависимости	Теснота связи (r, при P≤0,05)
Верховодка	$MN = -0,1645 + 9,6332 \cdot FA$	0,71782
Плотва	$MN = -2,679 + 18,475 \cdot FA$	0,94082
Красноперка	$MN = 1,1728 + 5,5105 \cdot FA$	0,59638
Окунь	$MN = -0,1858 + 11,907 \cdot FA$	0,60898
Карась	$MN = 1,1566 + 1,6395 \cdot FA$	0,42302
Лещ	$MN = -0,3390 + 9,5730 \cdot FA$	0,52259

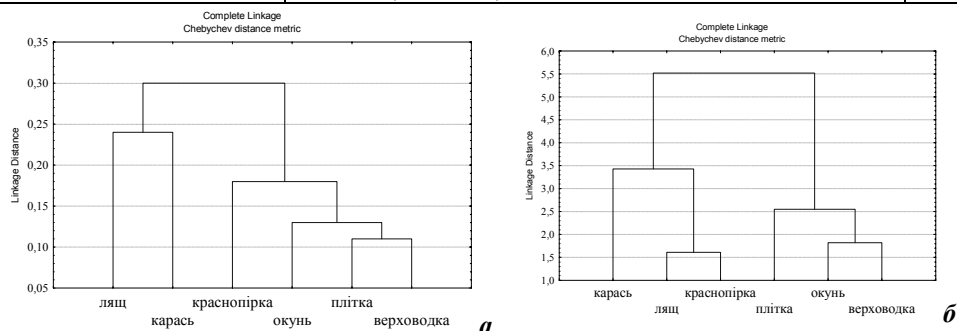


Рис. 23.5. Дендрограмма сходства характеристик гомеостаза разных видов рыб гидроэкосистем правобережных притоков р. Припять

Во вторую группу вошли красноперка, окунь, плотва и верховодка, которые образовали кластер на статистически значимом уровне: $r^2 = 0,682$ при $F = 6,66$, $p = 0,017$. В рамках данной группы субкластер плотва-верховодка имел самую высокую статистическую значимость: $r^2 = 0,726$ при $F = 37,03$, $p = 0,00003$, а следовательно, и высокий уровень сходства. В дендрограмме сходства уровней ядерных нарушений исследуемых видов рыб также выделены два кластера (рис. 23.5, б). При этом первый кластер составляли такие виды, как карась, лещ и красноперка ($r^2 = 0,594$ при $F = 7,63$, $p = 0,015$). Выделяется субкластер лещ-красноперка ($r^2 = 0,493$ при $F = 3,35$, $p = 0,088$). Сходство уровней ядерных нарушений рыб второго кластера (плотва, окунь, уклейка) имела большую статистическую значимость: $r^2 = 0,732$ при $F = 17,71$, $p = 0,0002$.

Сопоставление полученных кластеров с функциональной зависимостью и уровнями цитогенетического и морфологического гомеостаза проанализированных рыб позволяет утверждать, что в условиях гидроэкосистем правобережных притоков р. Припять наиболее чувствительными видами являются плотва, верховодка и окунь. В группу рыб со средней чувствительностью можно отнести красноперку и леща. Наименьшая чувствительность, а значит, выраженная устойчивость к загрязнениям, характерна для карася серебряного.

23.5.2. Влияние гидрохимических параметров на показатели гомеостаза рыб. Для отслеживания влияния отдельных гидрохимических показателей воды репрезентативных створов (в абсолютных значениях) на формирование уровней флуктуирующей асимметрии парных меристических признаков и ядерных нарушений эритроцитов рыб был проведен корреляционный анализ указанных параметров. Среди полученных значений можно отметить лишь среднюю тесноту связи между содержанием в воде азота аммонийного и MN окуня ($r = 0,55$); азота нитратного и MN верховодки ($r = 0,52$); азота нитритного и MN красноперки ($r = 0,65$); содержанием фосфора фосфатов и MN окуня ($r = 0,64$); содержанием меди и MN леща ($r = 0,55$); содержанием цинка и FA красноперки ($r = 0,5$); между показателем БПК₅ и MN и FA плотвы ($r = 0,64$); между показателем ХПК и MN плотвы ($r = 0,51$) и FA карася ($r = 0,55$); между показателем pH и MN леща ($r = -0,54$). Это доказывает, что ни один из отдельно взятых гидрохимических параметров не оказывает существенного влияния на формирование исследуемых признаков рыб в условиях гидроэкосистем правобережных притоков р. Припять.

Для понимания механизма комплексного воздействия качественных параметров гидроэкосистем на показатели гомеостаза рыб был проведен многофакторный регрессионный анализ с использованием 16 гидрохимических параметров: сульфаты (SO_4^{2-}), хлориды (Cl^-), азот аммонийный (NH_4^+), азот нитратный (NO_3^-), азот нитритный (NO_2^-), фосфор фосфатов (PO_4^-), ХПК, БПК₅, взвешенные вещества (ВВ), растворенный кислород (O_2), pH, железо (Fe^{2+}), медь (Cu^{2+}), цинк (Zn^{2+}), марганец (Mn^{2+}), фториды (F_2). Полученные регрессионные зависимости (табл. 23.3) свидетельствуют о том, что для различных экологических групп рыб действует свой сложный и многофакторный процесс формирования показателей морфологического и цитогенетического гомеостаза.

Результаты многофакторного регрессионного анализа влияния гидрохимических параметров на уровни флуктуирующей асимметрии (FA) и уровни ядерных нарушений (MN) рыб в гидроэкосистемах правобережных притоков р. Припять

Вид рыб	Регрессионные уравнения (состав плеяд)	r	F	p
Верховодка	$FA = -1,624 + 0,088(NH_4^+) + 0,938(NO_2^-) - 1,415(PO_4^-) - 0,016(3P) + 0,001(Fe^{2+}) - 0,002(Zn^{2+}) - 0,001(Mn^{2+}) + 0,003(F_2) + 0,479(pH) - 0,019(XCK) + 0,156(БСК_5) - 0,199(O_2)$	0,99	14,52	0,046
	$MN = 6,34 - 0,976(NH_4^+) + 9,249(NO_2^-) + 0,069(Cu^{2+}) - 0,022(Mn^{2+})$	0,85	6,34	0,008
Плотва	$FA = -0,134 + 0,724(NH_4^+) - 0,279(PO_4^-) - 0,008(3P) + 0,002(Cu^{2+}) - 0,001(Mn^{2+}) + 0,0004(F_2) + 0,102(pH) - 0,005(XCK) + 0,059(БСК_5) - 0,032(O_2)$	0,99	33,55	0,002
	$MN = -88,896 + 7,031(NH_4^+) + 0,201(NO_3^-) - 37,818(PO_4^-) - 0,921(3P) + 0,012(Fe^{2+}) - 0,281(Cu^{2+}) - 0,028(Zn^{2+}) + 0,031(Mn^{2+}) + 0,08(F_2) + 19,877(pH) - 0,469(XCK) + 6,325(БСК_5) - 7,258(O_2)$	0,99	416,3	0,003
Красноперка	$FA = 0,271 + 0,635(NO_2^-)$	0,77	3,74	0,004
	$MN = 7,76 + 5,039(NO_2^-)$	0,79	3,48	0,004
Окунь	$FA = 0,35 + 0,002(Cu^{2+}) - 0,001(Mn^{2+})$	0,75	7,81	0,006
	$MN = 2,86 + 1,42(PO_4^-)$	0,71	3,81	0,04
Карась	$FA = 0,004 + 0,008(NO_3^-) + 0,23(NO_2^-) + 0,001(Cu^{2+}) - 0,005(Zn^{2+}) - 0,001(Mn^{2+}) + 0,003(XCK)$	0,98	38,76	0,002
	$MN = 0,71 + 0,02(XCK)$	0,63	3,91	0,04
Лещ	$FA = 0,29 + 0,101(PO_4^-)$	0,55	5,53	0,04
	$MN = 2,49 + 8,72(NO_3^-) + 0,03(Cu^{2+})$	0,72	3,98	0,04

*Примечание: r – общий корреляционный коэффициент плеяды; F – значение критерия Фишера для плеяды; p – статистическая значимость плеяды; B – свободный член регрессии; b – регрессионный коэффициент отдельного члена плеяды.

Однако обращает на себя внимание наличие в большинстве регрессионных уравнений фактора кислородного режима водной среды (ХПК, БПК₅, O₂), загрязняющих веществ (Cu²⁺, Zn²⁺, Mn²⁺) и веществ биогенной группы (NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄⁻). Ни одна плеяда не установила связи показателей гомеостаза рыб с веществами солевого блока (SO₄²⁻, Cl⁻), что доказывает безопасность имеющихся в воде рек области концентраций этих веществ и отсутствие их синергетического или аддитивного действия по остальным показателям качества гидроэкосистем.

По нашему мнению, довольно простой статистический анализ, в основе которого лежит комплексное сопоставление параметров качества поверхностных вод и показателей гомеостаза рыб, может быть полезен при мониторинге состояния гидроэкосистем исследуемого региона, в частности для прогнозирования экологической ситуации, а также для контроля за состоянием биотической составляющей.

23.5.3. Разработка интегральной шкалы диагностики «здоровья» гидроэкосистем по показателям гомеостаза рыб. Изучение вопроса разработки и установления оценочных шкал доказывает, что экологическую диагностику водных объектов целесообразно проводить с учетом как экспертных заключений, так и методов математической статистики. При этом необходимо принимать во внимание специфику отклика показателя на ухудшение экологической ситуации, его пластичность и степень вариабельности как в репрезентативных, так и в эталонных створах наблюдений.

Результаты оценки стабильности развития представителей ихтиофауны выбранного эталонного участка (р. Десенка в пределах НПП Деснянско-Старогутский) по комплексу парных меристических признаков свидетельствуют о том, что высокие уровни асимметрии имела плотва, с частотой асимметричного проявления 0,14±0,05, следующими были красноперка (0,08±0,05) и верховодка (0,08±0,05), далее шли окунь (0,05±0,04), карась (0,02±0,01) и лещ (0,02±0,01). В среднем для различных видов рыб ряд падение асимметричности признаков было следующим: $V > sp.br = jjsk > jj > Squ2 > P > Squ1 > f.br. = Squpl.$

Интегральный показатель частоты асимметричных проявлений в выборках проанализированных видов рыб составил 0,07, что соответствовало I баллу стабильности развития организмов рыб и оценивало качество водной среды как «условно нормальное». Высокие значения средних частот ядерных нарушений были характерны для плотвы (2,89±0,42 ‰). Следующими по величине были нарушения верховодки (1,93±0,29 ‰), леща (1,81±0,21 ‰), окуня (1,69±0,29 ‰), карася (1,16±0,18 ‰) и красноперки (0,92±0,11 ‰). Таким образом, средние значения частоты нарушений всех видов рыб находились в пределах спонтанного мутагенеза. Единственным известным и широко апробированным подходом к выявлению экологического состояния и здоровья среды на сегодня является оценка уровней флуктуирующей асимметрии организмов. Несмотря на это, полученные в нашей работе данные о характеристиках морфологического гомеостаза рыб были приняты за своеобразные ориентиры по разграничению уровней характеристик цитогенетического гомеостаза их организмов. К тому же функциональная связь между флуктуирующей асимметрией и частотой ядерных нарушений рыб оказалась достаточно тесной для всех проанализированных видов.

Для градации характеристик цитогенетического гомеостаза рыб было проведено сопоставление частоты ядерных нарушений и частоты асимметричных проявлений меристических признаков представителей ихтиофауны в репрезентативных и эталонном створах.

Опираясь на факторные статистические зависимости критериев качества поверхностных вод с показателями характеристик гомеостаза представителей ихтиофауны и проведенную оценку качественного состояния эталонных и репрезентативных условий, мы впервые была разработали интегральную шкалу диагностики здоровья гидрэкосистем [19] по цитогенетическим нарушениям эритроцитов крови рыб (табл. 23.4).

Таблица 23.4

Интегральная шкала диагностики «здоровья» гидрэкосистем правобережных приток р. Припять по цитогенетическим нарушениям эритроцитов крови рыб

Частота ядерных нарушений эритроцитов крови разных видов рыб, ‰						Качественная характеристика цитогенетического гомеостаза организма	Группа цитогенетических нарушений	Интегральное состояние здоровья гидрэкосистем
верховодка	плотва	красноперка	окунь	карась	лещ			
≤1	≤1,5	≤1	≤1,5	≤0,5	≤1,5	Ненарушенный	I	Благоприятное (отсутствие проявления комбинированных эффектов загрязнений)
1,1 – 2,0	1,6-3,5	1,1 – 2,5	1,6 – 3,0	0,6-1,5	1,5 – 2,0	Условно ненарушенный	II	
2,1-3,5	3,6-5,0	2,6 – 3,5	3,1 – 4,5	1,6 – 2,0	2,1 – 3,5	Начальные нарушения	III	Настораживающее (заметное проявление комбинированных эффектов загрязнений)
3,6-4,5	5,0-6,5	3,6-4,5	4,6 – 6,0	2,0-2,5	3,6 – 5,0	Средние нарушения	IV	Угрожающее (значительное проявление комбинированных эффектов загрязнений)
≥4,6	≥6,6	≥4,5	≥6,0	≥2,6	≥5,1	Заметные нарушения	V	Критическое (максимальное проявление комбинированных эффектов загрязнений)

Теоретические аспекты проведенного анализа свидетельствуют о том, что характеристики цитогенетического гомеостаза рыб являются чувствительным индикатором стресса, который имеет место в гидрэкосистемах.

В практическом плане этот метод открывает возможность биологического мониторинга и диагностики здоровья гидрэкосистем. Использование предложенной шкалы является оправданным для регионального экологического контроля гидрэкосистем правобережных приток р. Припять. Одновременно, при должном решении освещенных вопросов, данный подход открывает перспективы для разработки региональных шкал остальных физико-географических зон, а также для выяснения комбинированных эффектов загрязнений гидрэкосистем других типов.

23.6. Биотестирование состояния гидрэкосистем по набору тест-объектов в разные гидрологические сезоны

23.6.1. Биотестирование донных отложений в репрезентативных створах с использованием различных тест-объектов. Образцы донных отложений отбирались из створов рек с разными антропогенными нагрузками в период зимней и летней межени [12]. Биотестирование образцов носи-

ло хронический характер. При этом тест-объекты различных систематических групп определяли индекс токсичности донных отложений в пределах от 7,6 до 72,6 %, а балл токсичности от I (состояние «отличное») до V (состояние «очень плохое»). Для водных вытяжек донных отложений были характерны более высокие уровни токсичности в период зимней межени, а для цельных донных отложений – в период летней межени. Установлена прямая корреляционная связь токсичности донных отложений с содержанием в воде растворенного кислорода (коэффициент корреляции (r) и детерминации (R^2), соответственно 0,62 и 0,39), хлоридов (0,62 и 0,39) и реакцией среды pH (0,85 и 0,72). Обратная зависимость токсичности донных отложений была отмечена с содержанием железа (–0,54 и 0,29) и марганца (–0,67 и 0,45). Вообще, тест-реакции различных организмов в отдельно взятых репрезентативных створах часто имели существенные расхождения. Безусловно, это зависело от схемы биотестирования (цельные отложения или их водные вытяжки). Отмеченное указывает на необходимость тщательного подбора тест-организмов, чувствительность которых доказана для условий гидроэкоцистем конкретного региона.

23.6.2. Использование цитофизиологического метода экспресс-оценки для наблюдений за пространственно-временной динамикой токсичности компонентов гидроэкоцистемы. Исследования сводились к регистрации скорости ротационного движения хлоропластов аквариумного макрофита *Vallisneria* после часовой экспозиции растения в образцах поверхностных вод и донных отложений [23] гидроэкоцистемы р. Устье. Анализ временной динамики поверхностных вод за исследуемый период выявил заметно более высокие уровни токсичности в осенние месяцы по сравнению с зимними. Противоположная ситуация отмечалась для цельных донных отложений, а именно высокие уровни их токсичности в зимние месяцы. Проявление токсичности водных вытяжек из донных отложений не имело четкой динамики в разные гидрологические сезоны.

Была установлена тесная связь между уровнями токсичности поверхностных вод гидроэкоцистемы с содержанием растворенного в воде кислорода ($r = -0,807$) и концентрацией нитритов ($r = 0,748$). Уровни токсичности водных вытяжек из донных отложений проявляли среднюю тесноту связи с показателем ХПК ($r = 0,503$) и умеренную связь с температурой поверхностных вод ($r = 0,388$), а также концентрацией нитритов (0,408). Уровни токсичности цельных донных отложений проявляли сильную связь ($r = 0,770$) с показателем ХПК. Умеренной оказалась зависимость уровней токсичности цельных донных отложений от содержания растворенного в воде кислорода ($r = 0,318$) и умеренно обратной с уровнями токсичности поверхностных вод ($r = -0,373$).

Проведенная апробация метода цитофизиологической оценки токсичности компонентов гидроэкоцистемы позволила отметить его показательность, которая обусловлена наличием шкалы оценки уровней токсичности в пределах пяти групп, что значительно облегчает интерпретацию полученных результатов.

23.6.3. Токсикологическая оценка водной среды по тест-реакциям аквариумных рыб *Amatitlania nigrofasciata*. Задачей данного этапа исследований было отслеживание интенсивности дыхания рыб в образцах поверхностных вод гидроэкоцистем как параллельный тест-параметр при оценках их эколого-токсикологического состояния. За основу был взят метод, предложенный В. М. Чернышевой (1971), который рекомендован к использованию при проведении оценок токсикологического состояния природных вод в экспериментах биотестирования [7]. Однако в процессе работы стало понятно, что метод требует некоторых уточнений, что и обусловило отслеживание временной динамики интенсивности дыхания рыб (ИДР) цихлозома-зебра при различных концентрациях токсиантов в модельных экспериментах. Целью указанных действий было выяснение ориентировочных уровней оценки степени токсичности водной среды. При этом химико-аналитический метод определения растворенного в воде кислорода был заменен на инструментальный.

Для обеспечения точности проведения расчетов результатов эксперимента были уточнены формулы определения показателя ИДР, а в качестве тест-параметра предложено оценивать коэффициент дыхания рыб.

Объем воды (V_0) уточняли приведением к нормальным условиям (с точностью 0,01 дм³):

$$V_0 = \frac{V_t \cdot 273P}{(273+t) \cdot 760}, \quad (23.1)$$

где: V_t – объем пробы воды, дм³; атмосферное давление в помещении, где проводится эксперимент, мм рт. ст.; t – температура воздуха во время проведения эксперимента, °С.

По разнице концентрации кислорода вначале и в конце эксперимента (с учетом объема колбы) определяли интенсивность дыхания рыб, которую рассчитывали в миллиграммах потребляемого ею кислорода на 1 г сырой массы в течении 1 часа:

$$I = \frac{(C_i - C_0) \cdot V}{m \cdot t}, \quad (23.2)$$

где: I – интенсивность дыхания рыб (потребления кислорода), $\text{мгО}_2/\text{г}/\text{год}$; C_i – содержание кислорода вначале экспозиции, $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$; C_o – содержание кислорода в конце экспозиции, $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$; V – объем колбы, дм^3 ; m – масса рыбы, г; t – продолжительность экспозиции, час.

Коэффициент дыхания рыб рассчитывали по формуле:

$$\text{КДР} = \frac{I_{\text{э}} \cdot 100}{I_{\text{к}}}, \quad (23.3)$$

где: КДР – коэффициент дыхания рыб, %; $I_{\text{э}}$ – интенсивность дыхания рыб в варианте эксперимента, $\text{мгО}_2/\text{г}/\text{год}$; $I_{\text{к}}$ – интенсивность дыхания рыб в контроле, $\text{мгО}_2/\text{г}/\text{год}$.

Постановка эксперимента предусматривала использование восьми химических веществ, концентрации которых моделировались относительно рыбохозяйственных ПДК. Было выяснено, что оптимальное время пребывания рыб в исследуемых образцах воды составляет 1,5 часа. Ранжирование полученных тест-параметров за этот период позволило предусмотреть ориентировочные уровни токсичности водной среды. Так, показатели КДР, которые составляли $\leq 50,8$ %, отмечались в вариантах опыта с концентрациями большинства химических веществ на уровне 10 ПДК и отдельных веществ на уровне 5 ПДК ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), что может быть свидетельством критической токсичности среды для *A. nigrofasciata*.

Коэффициенты в пределах 51,1–101,6 % отмечались в отдельных вариантах опыта с концентрациями химических веществ на уровне 2 ПДК ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$), 3 ПДК ($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) и 5 ПДК (H_3PO_4 , $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_{10}\text{H}_{13}\text{C}_{12}\text{NO}_3$). Это дает основания рассматривать указанные значения КДР как доказательство высокой токсичности среды для рыб.

КДР в пределах 101,7–152,4 % отмечались в вариантах опыта с концентрациями отдельных веществ на уровне 2 ПДК ($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, H_3PO_4), отдельных веществ на уровне 3 ПДК ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и 1 ПДК ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), что может свидетельствовать об умеренной или средней токсичности.

Коэффициенты в пределах 152,5–203,2 % отмечались в вариантах опыта с концентрациями отдельных веществ на уровне 0,5 ПДК ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), 1 ПДК (H_3PO_4 , $\text{C}_{10}\text{H}_{13}\text{C}_{12}\text{NO}_3$) и 2 ПДК ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Это дает основания рассматривать приведенные значения КДР как доказательство слабой токсичности среды для рыб.

КДР больше 203,2 % имели место в вариантах опыта с концентрациями веществ на уровне 0,5 ПДК ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) и большинства модельных токсикантов на уровне 1 ПДК ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_{10}\text{H}_{13}\text{C}_{12}\text{NO}_3$). Это дает основания рассматривать такие значения КДР как доказательство отсутствия токсичности среды для *A. nigrofasciata* за период экспозиции 1,5 года.

Полученные значения тест-параметров согласно данному методу были апробированы на воде репрезентативных створов гидроэкосистемы и сопоставлены с результатами биотестирования с использованием цитофизиологического метода оценки токсичности среды (по скорости движения хлоропластов аквариумного макрофита *Valisneria*). Это позволило утверждать о сходстве обоих методов и дало основания предложить авторскую шкалу оценки уровней токсичности водной среды по интенсивности дыхания аквариумных рыб *A. nigrofasciata* (табл. 23.5).

Таблица 23.5

Шкала оценки уровней токсичности водной среды согласно результатов биотестирования по интенсивности дыхания рыб *Amatitlania nigrofasciata*

Значения коэффициентов дыхания рыб (КДР)	Степень токсичности	Группа токсичности
$\geq 203,1$	нет	1
152,1-203,0	слабая	2
102,1-152,0	умеренная	3
51,1-102,0	высокая	4
≤ 51	критичная	5

Необходимыми условиями при использовании данного способа является соблюдение постоянства температуры, где проводится биотестирование, с оптимальным значением 20–21 °С. Вес рыбы не должен быть меньше 2,5 г. Рыба должна находиться в хорошем физиологическом состоянии. Пол особей не имеет значения, учитывается только степень зрелости гонад. В преднерестовый и посленерестовый период в качестве тест-объекта рыба не используется. Среди преимуществ модифицированного способа можно отметить его экспрессность, удобство культивирования и работы с тест-объектом, возможность многократного использования тест-объектов, обеспечения точности измерений и достоверности результатов при ведении оценок экспертами различных квалификаций.

23.6.4. Токсикологическая оценка водной среды по тест-реакциям макрофита *Elodea Canadensis*. При оценках хронической токсичности поверхностных вод большое количество методик

и стандартов рекомендуют использовать подходы биотестирования с использованием в качестве тест-объекта макрофита *E. Canadensis* [22]. Согласно задачам наших исследований постановка экспериментов по определению хронического токсического действия поверхностных вод речных гидроэкосистем заключалась в поиске наиболее удобной и показательной тест-реакции *E.canadensis*. Программы проведения экспериментов сводились к установке разницы между общим приростом основного побега, увеличением массы растения, общего состояния растений и учетом живых и мертвых клеток лабораторной культуры *E.canadensis* в опытных пробах и данными показателями в контроле.

Анализ полученных результатов по биотестированию воды репрезентативных створов правобережных притоков р. Припять с использованием тест-объекта *E.canadensis* позволяет заметить, что общее количество цитологических изменений (ЦЗ) зависит как от гидрологического сезона, так и от длительности экспозиции растения в исследуемых образцах. Так, при продолжительности экспозиции 7 суток в период летней межени общее количество ЦЗ в тест-объекте (в среднем по репрезентативным створам) составляло $123,5 \pm 22,1$ ‰, а в период зимней межени $48,35 \pm 15,67$ ‰ (рис. 23.6).

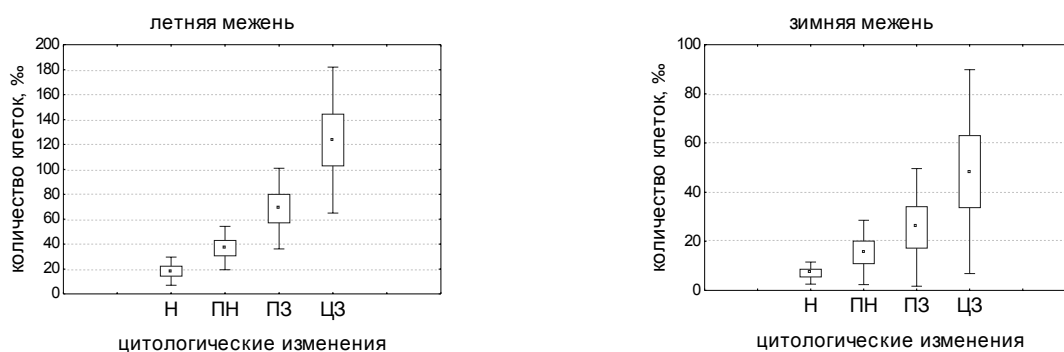


Рис. 23.6. Усредненные результаты учета цитологических изменений (‰) *E.canadensis* при биотестировании поверхностных вод правобережных притоков р. Припять, при экспозиции 7 суток: Н – некроз; ПН – начальный некроз; ПЗ – плазмолиз; ЦЗ – общее количество цитологических изменений

Характер цитологических нарушений был подобным в оба периода, причем наименее многочисленными оказались клетки в состоянии некроза (Н), несколько больше была численность клеток в состоянии начального некроза (ПН) и более всего было клеток в состоянии изотонического плазмолизу (ПО).

При продолжительности экспозиции 14 суток (рис. 23.7) расхождение между общим количеством ЦЗ *E.canadensis* было не таким значительным и составляло $275,75 \pm 77,12$ ‰ в период летней межени и $209,09 \pm 50,9$ ‰ в период зимней межени (в среднем по репрезентативным створам).

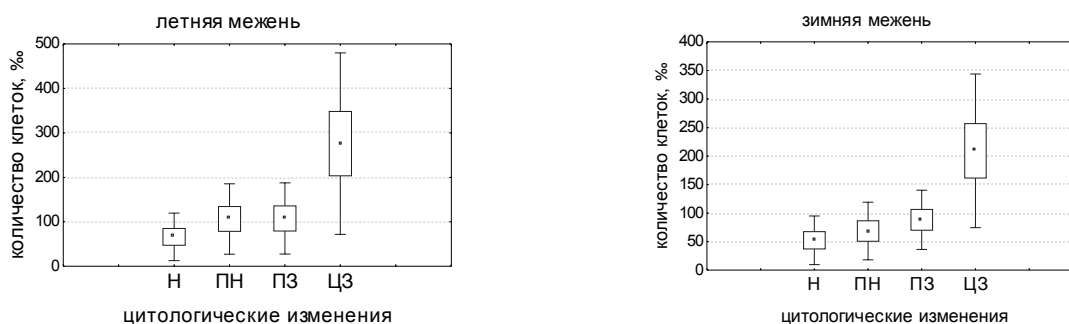


Рис. 23.7. Усредненные результаты учета цитологических изменений (‰) *E.canadensis* при биотестировании поверхностных вод правобережных притоков р. Припять, при экспозиции 14 суток: Н – некроз; ПН – начальный некроз; ПЗ – плазмолиз; ЦЗ – общее количество цитологических изменений

В оба гидрологических сезона наименее многочисленными снова оказались клетки в состоянии некроза, а количество клеток в состоянии ПН и ПЗ отличалось. В частности, в период летней межени их численность была почти на одном уровне, а в период зимней межени заметно преобладали клетки в состоянии ПЗ.

При продолжительности экспозиции 21 день общее количество ЦЗ в период летней межени составило $263,7 \pm 41,9$ ‰, в период зимней межени $223,98 \pm 55,2$ ‰ (в среднем по репрезентативным створам). Характер цитологических нарушений был подобным в оба периода с наименьшей численностью клеток в состоянии некроза и наибольшей численностью клеток в состоянии ПЗ. Клетки в состоянии ПН занимали промежуточное положение (рис. 23.8).

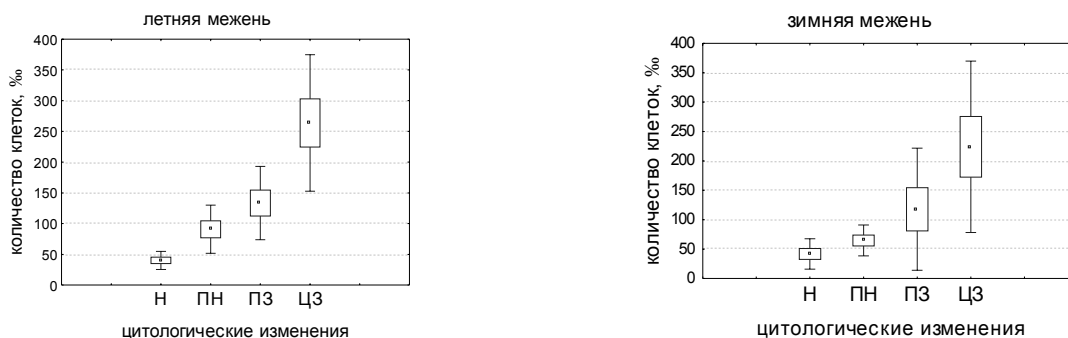


Рис. 23.8. Усредненные результаты учета цитологических изменений (%) *E.canadensis* при биотестировании поверхностных вод правобережных приток р. Припять при экспозиции 21 сутки: Н – некроз; ПН – начальный некроз; ПЗ – плазмолиз; ЦЗ – общее количество цитологических изменений

Обращает на себя внимание то, что в каждой серии экспериментов общее количество ЦЗ *E.canadensis* было выше в летний период. Видимо, это объясняется тем, что токсикологическая ситуация поверхностных вод оказалась более неблагоприятной именно в это время года. Одновременно влияние продолжительности экспозиции на общую численность цитологических изменений доказывает значимость временного фактора при биотестировании хронической токсичности поверхностных вод.

Корреляционный анализ статистически достоверных результатов биотестирования с гидрохимическим показателем качества воды в соответствующих репрезентативных створах обнаруживает тесную связь между количеством клеток *E.canadensis*, которые находились в состоянии некроза со взвешенными веществами ($r = 0,80$), показателем БПК₅ ($r = 0,75$) и содержанием в воде марганца ($r = 0,78$). Тесная обратная связь была характерной для зависимостей между количеством клеток в стадии ПН ($r = -0,78$) и общего количества ЦЗ ($r = -0,73$) с реакцией водной среды рН.

Средняя теснота связи была обнаружена в зависимостях между количеством клеток в состоянии некроза с показателем рН ($r = -0,64$), азотом аммонийным ($r = 0,66$), азотом нитритным ($r = 0,67$), фосфатами ($r = 0,54$), содержанием растворенного в воде кислорода ($r = -0,61$); количеством клеток в состоянии ПН со взвешенными веществами ($r = 0,55$), показателем БПК₅ ($r = 0,61$), содержанием марганца ($r = 0,54$) количеством клеток в состоянии ПО со взвешенными веществами ($r = 0,58$), показателем рН ($r = -0,60$), азотом нитритным ($r = 0,56$), БПК₅ ($r = 0,57$), содержанием в воде цинка ($r = 0,53$).

Наиболее многочисленными зависимостями со средней теснотой связи характеризовалось общее количество ЦЗ тест-объекта. Такие пары составляли взвешенные вещества ($r = 0,67$), азот аммонийный ($r = 0,56$), азот нитритный ($r = 0,59$), показатель БПК₅ ($r = 0,67$), содержание растворенного в воде кислорода ($r = -0,60$), содержание цинка ($r = 0,52$) и марганца ($r = 0,61$). Все указанные коэффициенты корреляции имели статистическую значимость на уровне $\leq 0,05$.

С опорой на полученные результаты в качестве обобщающего показателя биотестирования хронической токсичности поверхностных вод по цитологическими изменениями *E.canadensis* разработана авторская методология по определению коэффициента цитологических изменений (КЦЗ) тест-объекта *E.canadensis* как показательного тест-параметра биотестирования. Принцип расчета КЦЗ состоит в соотношении общего количества выявленных цитологических изменений к численности ненарушенных клеток, из общего количества проанализированных (не менее 1000 клеток). Для учета временного фактора предусмотрено введение обратной величины продолжительности экспозиции. Для корректировки возможных погрешностей измерения вводится коэффициент выравнивания результатов при количестве подсчетов > 100 . Формула расчета коэффициента цитологических изменений имеет следующий вид:

$$\text{КЦЗ} = 1/t \cdot \frac{(Н+ПН+ПЗ)}{1000-(Н+ПН+ПЗ)} \cdot 1,385, \quad (23.4)$$

где: КЦЗ – коэффициент цитологических изменений тест-объекта *E.Canadensis* в хронических экспериментах при биотестировании токсичности поверхностных вод; t – продолжительность экспозиции, суток; Н – количество клеток, находящихся в состоянии некроза, ‰; ПН – количество клеток, находящихся в стадии начального некроза, ‰; ПЗ – количество клеток, находящихся в стадии изотонического плазмолиза, ‰; 1000 – необходимое общее количество проанализированных клеток тест-объекта; 1,385 – коэффициент выравнивания результатов при количестве подсчетов > 100 .

Рассчитанные таким образом коэффициенты для воды репрезентативных створов при различной продолжительности экспозиции (7, 14 и 21 сутки), в основном имели статистически достоверную разницу с контролем в оба гидрологические сезоны, при экспозиции 14 суток. Статистическая обра-

ботка полученных результатов показывает, что значения $KЦЗ \leq 0,01$ свидетельствовали об отсутствии хронического токсического действия воды в репрезентативных створах. Для дальнейшей градации уровней токсичности были использованы диапазоны значений при построении оценочных шкал отклонений показателей от уровня эталонных условий, рекомендованные группой отечественных ученых во главе с А. Г. Васенко (2013). Поэтому, принимая значение $KЦЗ \leq 0,01$ за отсутствие хронического токсического действия воды, что характерно для ее первого класса качества, следующее распределение диапазонов в предложенной нами шкале имеет вид: $KЦЗ = 0,011-0,03$ – слабое проявление токсичности; $KЦЗ = 0,031-0,06$ – умеренное проявление токсичности; $KЦЗ = 0,061-0,095$ – сильное проявление токсичности; $KЦЗ \geq 0,096$ – критическое проявление токсичности (табл. 23.6).

Таблица 23.6

Шкала оценки токсичности водной среды по результатам биотестирования с использованием коэффициента цитологических изменений тест-объекта *Elodea Canadensis*

КЦЗ	Степень проявления токсичности	Группа токсичности
$\leq 0,01$	нет	1
0,011-0,03	слабая	2
0,031-0,06	умеренная	3
0,061-0,095	сильная	4
$\geq 0,096$	критическая	5

Очевидно, что использование приведенной шкалы по тест-реакции цитологических изменений *E.canadensis* будет оправданным при биотестировании поверхностных вод правобережных притоков р. Припять. Необходимо также отметить, что принимать КЦЗ в качестве обобщающего показателя биотестирования хронической токсичности поверхностных вод возможно только в случае статистически достоверной разницы результатов эксперимента в варианте опыта и контроле.

23.7. Концепция внедрения технологий биомониторинга в систему регионального экологического контроля гидроэкосистем

На сегодня в Украине не существует единого решения, реализация которого может предоставить полную характеристику состояния гидроэкосистемы. Имеющиеся методики, как правило, являются общепринятыми на государственном уровне и не учитывают региональные особенности изменений состояния и качества среды, что предусмотрено как общеевропейскими, так и мировыми программами мониторинга водных ресурсов. К тому же несовершенство системы государственного мониторинга, сокращение ее программы и закрытость результатов не позволяют объективно оценить состояние гидроэкосистем. Именно поэтому основная идея данной работы заключалась в систематизации существующих наработок экологической оценки водных объектов, предоставлении предложений внедрения биологической диагностики гидроэкосистем с учетом их региональных особенностей и расширение методических возможностей оперативного контроля при реализации программ биологического мониторинга водных ресурсов.

23.7.1. Основные принципы внедрения технологий биомониторинга в систему регионального экологического контроля. Выполнение Украиной соглашения об ассоциации с ЕС предусматривает введение европейских стандартов и норм в области качества воды и управления водными ресурсами. Последние, как известно, не рассматривают природные водоемы только под углом их пригодности для обеспечения современного уровня общественного производства. На первый план здесь выходит их экологическая функция и понятие «качество среды», которое определяется как «степень соответствия природных условий потребностям людей или других живых организмов». Иными словами, понятие «качество среды» становится идентичным понятию «состояние экосистемы».

В мировой практике внедрение технологий биомониторинга предполагает наличие определенной платформы для ведения биологических оценок гидроэкосистем. По своей сути, эта платформа представляет собой четкое осознание необходимости следующих процедур: выявление заинтересованных сторон и определение целей управления водным объектом, понимание необходимости устранения имеющихся экологических проблем и защиты гидроэкосистемы; определение целей биологической оценки при защите водных ресурсов; выбор соответствующих индикаторов и составления протоколов ведения биологической оценки; выбор экспериментально-лабораторного оборудования и методов статистического анализа, которые могут применяться в соответствии с избранными индикаторами; определение изменений репрезентативной гидроэкосистемы и их статистической значимости относительно референтных условий; непосредственное осуществление программы мониторинга по выбранной схеме; оценка результатов мониторинга и обратной связи с органами управления и принятия водохозяйственных решений (EPA, 1993; ANZECC, 2000; OECD, 2008).

Для оценки результатов мониторинга крайне важна процедура статистического анализа. Во-первых, это касается самих показателей биологического контроля. Речь идет о подтверждении статистической значимости отклонения репрезентативных условий от референтных. Безусловно, результаты таких сравнений будут зависеть как от численности выборки, так и от избранного критерия проверки. Большинство стандартов биотестирования рекомендуют использовать критерий Стьюдента при доверительной вероятности результатов в опыте и контроле $\leq 0,05$. При проведении биоиндикационных оценок унифицированные советы относительно выбора критерия статистической проверки отсутствуют, поэтому эксперт (исследователь) должен определить его в соответствии с поставленными задачами и характером экспериментальных данных, подлежащих проверке.

Во-вторых, для логического заключения об изменениях в состоянии гидроэкосистемы необходимо подтверждение взаимосвязи между показателями химического и биологического мониторинга. В таком случае данные сопоставляются с помощью однофакторных и многофакторных регрессионных и корреляционных методов статистического анализа. Как отмечают ученые [2, 6], здесь появляется вероятность двух типов ошибок: I тип ошибки – получить заключение о том, что изменения произошли (то есть эффект воздействия загрязнений был превышен), когда на самом деле не было никаких фактических изменений; II тип – не заметить важные изменения.

Задачей биомониторинга являются наработки определенной программы наблюдений для сведения к минимуму вероятности ошибок. Предпосылкой для объективного заключения о появлении изменений в гидроэкосистемах становится ведение нескольких линий доказательств, с оценкой статистической значимости для каждой из них. В случае недостатка исходной информации рекомендуется использовать подход «основательности доказательств». С этой целью в пределах каждого региона должны быть выяснены пространственные градиенты изменений некоторых биотических показателей (для выяснения «фонового шума»). Обязательным является и соблюдение нормативно-правовой базы процедуры тестирования, при которой избираются критерии, оценивающие состояние гидроэкосистемы независимо от особенностей характера воздействия на нее. Такие критерии выступают как базовые при выяснении уровней загрязнения и не поддаются сомнению ни одной из заинтересованных сторон ведения мониторинга.

Для отчетности процедуры ведения биомониторинга критерии оценки подлежат индексации по шкале, которая предусматривает градацию экологического состояния водного объекта и уровня влияния существующих эффектов загрязнений. Именно индексы принимаются во внимание заинтересованными сторонами, позволяя принимать соответствующие управленческие решения по предупреждению загрязнений или устранению их последствий. Кроме того, индексы могут использоваться для сравнения изменений состояния гидроэкосистем в пространстве и во времени. Предполагается, что именно отчетные данные биомониторинга обеспечивают обратную связь с органами управления и дают возможность принимать гибкие решения в разрезе современной водохозяйственной практики.

Общий акцент ведущих мировых систем мониторинга водных ресурсов проставлен на совместном взаимодействии органов управления и субъектов контроля для оперативного выяснения потенциальных проблем и быстрого реагирования на негативные изменения критериев состояния гидроэкосистем. Неоспоримым остается факт, что объективность схем ведения процедуры биомониторинга, а следовательно, и логичность управленческих решений зависят как от статистической достоверности исходных данных, так и от учета конкретных ситуаций.

23.7.2. Разработка концепции внедрения технологий биомониторинга в систему экологического контроля правобережных притоков р. Припять. При разработке концепции внедрения технологий биомониторинга в систему экологического контроля правобережных притоков р. Припять за основу были взяты руководящие принципы ведущих мировых программ мониторинга, опыт современных гидроэкологических исследований и результаты, полученные в ходе выполнения поставленных в работе задач.

Поскольку гидроэкологические условия характеризуются не какой-то определенной величиной, а их совокупностью, поэтому согласно принятой практике мониторинга водных объектов при выполнении периодических наблюдений за состоянием поверхностных вод традиционно используются химические показатели качества воды. Так, в зависимости от наличия у эксперта полного или ограниченного объема необходимой информации об исследуемом водном объекте или их отсутствии возникает необходимость разработки различных моделей с разными методологическими подходами к ведению биологического контроля (рис. 23.9).

Базовой, то есть принятой за основу для разработки других видов моделей, является модель № 1, основанная на использовании данных многолетних наблюдений за конкретным водным объектом. Она предполагает анализ пространственно-временной динамики химических показателей качества воды и химического состава донных отложений, а также сопоставлении данных с существую-

щими экологическими нормативами и представлении результатов в виде интегральных характеристик состояния гидроекосистем. Это позволяет выявить основные факторы формирования состояния гидроекосистем, оценить их изменчивость и предусмотреть возможные адаптационные механизмы в структуре гидроекосистем. В качестве биологических критериев оценки модель предполагает применение методов ранней диагностики организменном нарушении гидробионтов (*in situ*) и методов биотестирования поверхностных вод и донных отложений (*ex situ*).



Рис. 23.9. Структурно-логіческая блок-схема концепції впровадження технологій біомоніторингу в систему регіонального екологічного контролю

Первая группа методов позволит выяснить возможные начальные проявления негативных изменений в экологическом состоянии водоема, при условии обратной связи с органами управления это позволит принять необходимые меры по их предупреждению. Вторая группа методов согласно нормативно-законодательным требованиям обеспечит оценку уровней токсичности воды и ДВ, что и составит основные отчетные данные проведения процедуры биомониторинга.

Для ограниченного ряда наблюдений может быть использована модель № 2 – переходного типа, основанная на анализе имеющегося короткого ряда наблюдений за химическими показателями качества воды и ДО при определенном расширении технологий биомониторинга базовой модели № 1 и продолжении имеющегося короткого ряда наблюдений по приоритетным гидрохимическим показателям. Перечень последних определяется по результатам проведенного анализа имеющегося короткого ряда химико-аналитических данных и их сопоставлении с результатами биомониторинга.

Модель № 3 дает решение проблемы отсутствия данных многолетних наблюдений путем оценки хронического токсического действия водной среды и ДО. При невозможности проведения комплексного оценивания экологического состояния водоема по гидрохимическим параметрам такие методы позволят сформировать дальнейшую схему ведения мониторинга с перспективой последующей реализации методологий биомониторинга модели № 2.

В случаях аварийных ситуаций или при необходимости оперативного контроля состояния гидроекосистемы в местах сброса сточных вод или других горячих точек могут применяться методы диагностики мутагенных эффектов загрязнений и уровней токсичности гидроекосистемы в условиях реального времени, что предусматривает модель № 4. Имея соответствующие наработки ведения биомониторинга гидроекосистем в данном регионе и соответствующие прогностические модели, можно с помощью такого подхода установить перечень химических веществ, по которым необходимо осуществить аналитический контроль в первую очередь. Это будет способствовать как экономии материальных и трудовых затрат, так и принятию неотложных мер по устранению последствий аварийных ситуаций или влияния горячих точек.

Методология применения подходов биомониторинга в представленных моделях предполагает оценку статистической значимости результатов наблюдений, по возможности, проведение сравнения критериев биологических индикаторов с референтными условиями и сведения показателей биомониторинга к соответствующим индексам. Сочетание экологической индексации параметров химического и биологического контроля будет способствовать переводу полученных результатов к понятной для всех заинтересованных сторон информации об экологическом состоянии исследуемых гидроэкосистем.

Качество воды правобережных притоков р. Припять определяет блок трофо-сапробиологических показателей – прежде всего биогенных элементов азотной группы (азот аммонийный, нитритный и нитратный). Отмечается превышение экологических нормативов для цинка, меди и фторидов. При этом интегральный экологический индекс свидетельствует о II (состояние «хороший», степень чистоты «чистая») или переходном от II до III (состояние «удовлетворительное», степень чистоты «загрязненная») классе качества поверхностных вод. Причиной сглаживания результата стал блок солевого состава речных гидроэкосистем, что имеет неизменно 1–2 категорию I класса в течение 50 лет.

Фактор формирования геохимической нагрузки, отслеженный на примере гидроэкосистемы р. Устье, изменился с поверхностного стока в 1994 г. на подземный сток в 2014 г. Геохимическая нагрузка поверхностных вод достигала в верхнем течении уровня «слабая» в оба периода наблюдений, в нижнем течении – уровня «средняя» в 1994 г. и уровня «слабая» в 2014 г. Уровень техногенной нагрузки, оцененный по показателю суммарного загрязнения ДО, в оба периода наблюдений оказался «слабым» при содержании токсичных элементов «слабо повышенный».

При проведении биоиндикационных оценок по характеристикам гомеостаза фоновых видов рыб расчет средних значений частоты асимметричного проявления исследуемых меристических признаков рыб установлено, что стабильность развития особей в реках области имела преимущественно средний уровень отклонений от нормы. Частота асимметричного проявления плотвы была на уровне 5 баллов – критическое состояние; верховодки – 4 баллов – значительные отклонения от нормы; карася и леща – 1 балла – условно нормальное. Учет результатов микроядерного теста эритроцитов рыб исследуемых гидроэкосистем позволяет утверждать, что среди 16 репрезентативных участков гидроэкосистем явные признаки проявления мутагенного действия водной среды имеют 7 участков.

Функциональная связь между флуктуирующей асимметрией и результатами MN-теста рыб оказалась достаточно значимой для всех видов (от $r = 0,42$ у карася до $r = 0,94$ у плотвы). Проведение множественного регрессионного анализа показало, что для различных экологических групп рыб действует свой сложный и многофакторный процесс формирования показателей гомеостаза. В то же время отмечено существенное влияние фактора кислородного режима водной среды (ХПК, БПК₅, O₂), загрязняющих веществ (Cu²⁺, Zn²⁺, Mn²⁺) и веществ биогенной группы (NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄⁻).

Изучение механизмов формирования токсичности донных отложений исследуемых гидроэкосистем методами биотестирования (с использованием тест-организмов разных систематических групп) позволило зафиксировать опосредованное влияние на формирование токсичности донных отложений таких гидрохимических показателей воды, как растворенный кислород (при коэффициентах корреляции и детерминации, соответственно 0,62 и 0,39), железо (-0,54 и 0,29), марганец (-0,67 и 0,45) и хлориды (0,62 и 0,39). Для водных вытяжек донных отложений были характерны более высокие уровни токсичности в зимний период, а для цельных донных отложений – в летний.

Пространственно-временная динамика токсичности гидроэкосистемы (на примере р. Устье) по результатам биотестирования колебалась от 1 до 5 группы в течение года. Токсичность цельных донных отложений не понижалась ниже 2 группы, а в створах в пределах урбанизированных территорий имела преимущественно 3–4 группу. Установлена тесная связь между уровнями токсичности поверхностных вод реки с содержанием растворенного в воде кислорода ($r = -0,807$) и концентрацией нитритов ($r = 0,748$). Уровни токсичности водных вытяжек из донных отложений имели среднюю связь с показателем ХПК ($r = 0,503$) и умеренную связь с температурой поверхностных вод ($r = 0,388$) и концентрацией нитритов (0,408). Уровни токсичности цельных донных отложений с показателем ХПК проявляли сильную связь ($r = 0,770$).

Серия модельных экспериментов по определению интенсивности дыхания аквариумных рыб *Amatitlania nigrofasciata*, находящихся в водных растворах с различными концентрациями токсикантов, позволила предложить уточнения по ведению процедуры биотестирования и получить интегральную шкалу оценки токсичности водной среды.

Серия биотестовых исследований с использованием аквариумного макрофита *Elodea Canadensis* показала, что чувствительной и удобной в использовании оказывается тест-реакция по цитологическим изменениям листьев растения. Об этом свидетельствуют корреляционные связи тест-реакции с содержанием в воде гидроэкосистем взвешенных веществ ($r = 0,67$), азота аммонийного ($r = 0,56$) и нитритного ($r = 0,59$), показателя БПК₅ ($r = 0,67$), содержания растворенного в воде кислорода ($r = -$

0,60), цинка ($r = 0,52$) и марганца ($r = 0,61$). Их результаты стали основой разработки интегральной шкалы оценки хронической токсичности поверхностных вод правобережных притоков р. Припять.

Результаты исследований свидетельствуют о целесообразности использования биологических систем при комплексном оценивании правобережных притоков р. Припять, на основании чего разработана концепция внедрения технологий биомониторинга в систему регионального экологического контроля. Методологические уровни концепции предусматривают 4 основные модели ведения биомониторинга, в зависимости от наличия многолетних данных по гидрохимическому составу вод. В рамках каждой модели предусмотрено применение авторских методологических подходов ведения биомониторинга, позволяющих получить оперативный ответ о здоровье гидроэкосистем.

Литература

1. ANZECC & ARMCANZ 2000a. Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. National Water Quality Management Strategy Paper No 4, Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra, Australia.
2. Attrill M. J., Depledge M. H. Community and population indicators of ecosystem health: targeting links between levels of biological organization // *Aquat. Toxicol.* – 1997. – V. 38. – P. 183–197.
3. EEA (European Environment Agency) 1999. Environmental Indicators. Typology and Overview. – EEA, Copenhagen, 1999. – 19 с.
4. European Communities WFD CIS Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) / Guidance document № 5 Transitional and Coastal Water: typology, reference conditions and classification systems. – Luxembourg, 2003. – 107 p.
5. Muller G. Schwermetalle in den sedimenten des Rheins-Veränderungen seitt // *Umschan.* – 1979. – № 79. – Pp. 329–352.
6. Genotoxic assessment on river water using different biological systems / E. A. Nunes [et al.] // *Chemosphere.* – Vol. 84. – Issue 1. – June 2011. – Pp. 47–53.
7. Абакумов В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 239 с.
8. Бедункова О. О. Аналіз особливостей формування якості води річок Західного Полісся // *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування.* – 2009. – Вип. 1 (45). – С. 3–9.
9. Біотестування у природоохоронній практиці : збірник / Технічний комітет з стандартизації ТК 82 «Охорона навколишнього природного середовища та раціональне використання ресурсів України». – Видання офіційне. – Київ, 1997. – 240 с.
10. Брагинский Л. П. Некоторые принципы классификации пресноводных экосистем по уровням токсической загрязненности // *Гидробиол. журн.* – 1985. – Т. 21. – № 6. – С. 65–74.
11. Директива 2000 Парламенту і Ради ЄС. Встановлення структури щодо дій ЄС в галузі водної політики. – Брюссель, 2000. – 08-15PE-Cons 3639/00 CS 0347/00 ENV 221 CBDES 513.
12. ДСТУ 4107-2002 (ISO 5667-16:1998, MOD) Якість води. Відбір проб. – Ч. 16. Настанови з біотестування. – Київ: Держспоживстандарт України, 2003. – 38 с.
13. Залеський І. І. Звіт по темі: «Дослідження забруднення важкими металами ґрунтів басейну р. Устя» [Фонди Рівненської ГРЕ]. – Рівне, 1994. – 118 с.
14. Здоровье среды: практика оценки / В. М. Захаров [и др.] / Центр экологической политики России. Центр здоровья среды. – М., 2000. – 320 с.
15. Кадастр іхтіофауни Рівненської області : монографія / Ю. Р. Гроховська, Г. П. Воловик, С. В. Кононцев [та ін.] ; за ред. В. С. Мошинського, Ю. Р. Гроховської. – Рівне : ТЗОВ «Дока центр», 2012. – 200 с.
16. Микроядерный анализ и цитогенетическая нестабильность / Н. Н. Ильинских, В. В. Новицкий, Н. Н. Ванчугова [и др.] – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1992. – 272 с.
17. Клименко М. О., Бедункова О. О. Поняття «здоров'я гідроекосистем» в розрізі світової концепції «критичних навантажень» // *Наукова термінологія нового століття: теоретичні і прикладні виміри: збірник наукових праць / відп. ред. Л. Д. Малевич.* – Рівне: НУВГП, 2016. – С. 218–222.
18. Моисеенко Т. И. Водная экотоксикология: фундаментальные и прикладные аспекты. – М.: Наука, 2009. – 399 с.
19. Пат. 109166 Україна, ПМК (2016.01) Спосіб експрес-оцінки стану гідроекосистем за MN-тестом периферійної крові риб / Клименко М. О., Пилипенко Ю. В., Бедункова О. О. – №201602596; заявл. 16.03.2016; опублік. 10.08.2016. – Бюл. № 15.
20. Методика экологической оценки качества поверхностных вод по соответствующим категориям / В. Д. Романенко, В. М. Жукинский, О. П. Окслюк [и др.]. – Киев: СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с.
21. Романенко В. Д. Основы гидро экології. – Київ: Обереги, 2001. – 728 с.
22. РД 52.24.669-2005 Унифицированные методы биотестирования для обнаружения токсического загрязнения поверхностных вод суши. – Ростов н/Д, 2005. – 13 с.
23. Смирнова Н. Н., Сиренко Л. А. Цитофизиологический метод экспрес-оценки токсичности природных вод // *Гидробиол. журн.* – 1993. – № 4. – С. 95–101.
24. Шевченко П. Г., Пилипенко Ю. В. Спеціальна іхтіологія : підручник : в 2 т. – Херсон: Олді-плюс, 2016. – Т. 1. – 268 с. – Т. 2. – 500 с.

Глава 24. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК ПОЛЕСЬЯ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

24.1. Общая характеристика малых рек Полесья и их экологического состояния

В связи с бурным развитием промышленности, транспорта, усилением процессов урбанизации и глобализации во всем мире все больше обостряется проблема охраны окружающей среды. В большинстве промышленно развитых регионов чрезмерное загрязнение воды, воздуха и почв отрицательно влияет на здоровье и работоспособность населения [1, 26, 29].

Особенную актуальность в наше время приобретает проблема использования запасов пресной воды [32], главным источником которой являются реки. С одной стороны, реки играют важную роль в общем круговороте воды в природе, с другой – имеют огромное экономическое и социальное значение [7]. Их чистота в значительной степени влияет на условия проживания людей. Так, в частности, в Украине 90 % всех населенных пунктов расположены на берегах рек [25]. Речная вода служит для нужд населения, является важным ресурсом промышленности, энергетики, сельского хозяйства, транспорта. При этом вода, использованная в различных сферах народного хозяйства, сбрасывается обратно в реки, загрязняя их [24].

Экологическое состояние большой реки – основного источника пресной воды – в значительной степени зависит от стока и качества вод малых рек, входящих в ее бассейн [7]. Малые реки формируют ресурсы, гидрохимический режим и качество воды средних и больших рек, создают природные ландшафты больших территорий. Существует и обратная связь – функционирование бассейнов малых рек определяется состоянием региональных ландшафтных комплексов [24].

Согласно статье 79 Водного кодекса Украины к категории «малая река» отнесены водотоки с площадью бассейнов не более 2000 км² [8] при условии, что река расположена в одной физико-географической зоне с присущим ей гидрологическим режимом. Согласно критерию, основанному на длине водотока, к малым относятся реки, длина которых не превышает 100 км. Реки, у которых площадь водосбора или длина превышают заданные значения, относят к средним или большим рекам [24].

Малые реки имеют ряд особенностей, которые необходимо учитывать при разработке природоохранных мероприятий. В отличие от больших рек, которые интегрируют сток различного генезиса с отдельных ландшафтов значительных по размерам водосборов, малые реки расположены в условиях одного ландшафта и имеют небольшой расход воды. На них результирующее действие природных и хозяйственных факторов проявляется быстрее и более точно. Гидрология, гидрохимия и качество воды малых рек в значительной степени зависят от состояния поверхности водосбора с его геолого-геоморфологическими, почвенно-растительными условиями и антропогенными процессами [13]. Поэтому все основные характеристики водосбора малой реки – лесистость, заболоченность, доля пахотных площадей, наличие факторов загрязнения, мелиоративные работы и т. п. – обязательно учитывают при гидрологических расчетах и санитарно-гидробиологических прогнозах, а также при планировании различных природоохранных мероприятий [4].

В зависимости от физико-географических условий реки имеют разный характер долин и русел, уклон, скорость течения и водоносность. По этим признакам малые реки на территории Украины делятся на три основные группы: реки низменностей Полесья, реки расчлененных равнин и горные реки. Для полесских рек характерны широкие, в основном плохо выраженные долины и значительно заболоченные водосборные бассейны, незначительные скорости течения (0,2–0,3 м/с). Эти реки никогда не пересыхают.

Группа рек низменностей Полесья меньше по сравнению с двумя другими. Протекают они низменностями северной и северо-западной частей Украины. Имеют небольшие уклоны (преимущественно до 1 м/км), широкие и слабо углубленные долины, значительную заболоченность бассейнов. Это приводит к сильному зарастанию рек водной растительностью.

Эти реки характеризуются незначительной глубиной вреза водосборов, постепенным переходом от интенсивно заболоченных поймы и надпойменных террас к низким и часто также заболоченным водоразделам. С распространенным развитием лессовидных отложений связаны овражно-балочный рельеф и геоморфологическая выразительность долин малых рек. Рельефу бассейнов малых рек свойственны многочисленные впадины, озера, а также песчаные гряды, холмы, дюны, в основном закрепленные сосновыми лесами.

Речные бассейны полесских рек характеризуются еще достаточно высокой долей природных ландшафтов в их составе. Здесь относительно высокий (сравнительно с общими показателями по Украине) процент лесистости территории, болот и луговой растительности.

Вследствие низкой устойчивости бассейнов малых рек к растущей антропогенной нагрузке их экологическое состояние в последние годы существенно ухудшилось. Интенсивное промышленное и бытовое загрязнение, распашка и гидротехнические мелиорации водосборов, уничтожение лесов в долинах рек, заиление русел в результате эрозии почв, неограниченное использование биоресурсов и иные факторы приводят к деградации малых рек, вплоть до полного их исчезновения. Сложность и многогранность проблем природно-водохозяйственных комплексов, которыми являются бассейны малых рек, обуславливают необходимость экосистемного подхода к их решению и требуют дальнейшего совершенствования методических и практических основ оценки эффективности использования водных и земельных ресурсов на основе мониторинга.

24.2. Анализ существующих подходов к разработке и реализации мониторинга эколого-мелиоративного состояния бассейнов малых рек и пути его совершенствования

Эффективное управление водохозяйственным комплексом бассейна реки невозможно без систематического наблюдения и своевременного оценивания эколого-мелиоративного состояния водных объектов, мелиорированных и прилегающих к ним земель [23]. Главной задачей ученых является определение основных проблем природопользования в бассейнах рек, степени их значимости для региона, выявления коренных причин деградации природной среды с целью разработки и проведения предупредительных и реабилитационных мероприятий. Получение информации о состоянии окружающей среды, адекватная его оценка, а также прогноз изменений этого состояния на будущее является основной задачей мониторинга (от лат. *monitor* – тот, кто напоминает, следит, предостерегает) – системы наблюдений, оценки и прогнозирования состояния природной среды, находящейся под воздействием антропогенных факторов, в первую очередь загрязнений [25].

Мониторинг бассейнов малых рек Украины является составной частью государственной системы мониторинга окружающей среды и системы ведомственного эколого-хозяйственного мониторинга Госводагентства Украины и включает мониторинг:

- поверхностных вод реки и источников их загрязнения;
- земель водосбора реки и их использования, в том числе эрозионных процессов, потерь плодородия, заболачивания и засоления, загрязнения пестицидами, тяжелыми металлами, радионуклидами и т. п.;
- атмосферного воздуха, состава и объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, оценки степени опасности загрязнения для экосистемы бассейна и проживающего там населения;
- эколого-мелиоративного состояния орошаемых, осушаемых и прилегающих к ним земель в бассейнах малых рек и т.д.

Анализируя результаты исследований влияния антропогенной нагрузки на природные экосистемы речных бассейнов, на сток и его режим, на качество поверхностных и подземных вод, пришли к выводу о необходимости комплексного подхода к исследованию процессов загрязнения рек, оценке антропогенной нагрузки на их бассейны, определению критериев этой нагрузки и ее нормирования, выработке мер, которые способствовали бы оздоровлению и возрождению экосистем рек [13].

Для проведения мониторинга эколого-мелиоративного состояния речных бассейнов и принятия управленческих решений необходимо применять системные подходы и современные информационные технологии [18, 34]. Системный подход в экологическом моделировании, направленный на координацию и интеграцию использованных научных методов, целостный охват изучаемых явлений и в то же время углубленное изучение максимального количества факторов взаимодействия и взаимосвязи при решении задач водопользования рассматривался в работах Б. В. Акишина, А. Б. Горстко, П. И. Ковальчука, Н. Н. Моисеева, В. Б. Мокина, А. В. Яцыка, а также Т. К. Kratz, R. J. Lathorp, D. Tulloch, T. M. Lillesand, B. S. Yandell и др.

Различными аспектами разработки и реализации мониторинга водных объектов, мелиорированных и прилегающих к ним земель успешно занимались В. Е. Алексеевский, Л. А. Волкова, И. В. Гриб, С. С. Дубняк, В. М. Жукинский, Н. А. Клименко, П. И. Ковальчук, В. Б. Мокин, В. С. Мошинский, А. Н. Рокочинский, В. Д. Романенко, М. И. Ромащенко, В. А. Сташук, А. В. Яцык и др.

Научные и практические основы ведения мониторинга орошаемых и осушаемых угодий и прилегающих к ним земель были заложены В. Е. Алексеевским, Н. М. Блохиной, Е. С. Драчинской, М. Н. Муромцевым и получили развитие в трудах В. С. Мошинского, М. И. Ромащенко, Т. И. Топольник, А. В. Цветова, А. М. Шевченко и др. В результате анализа процессов, происходящих на мелиорированных и прилегающих к ним землях и подтопленных сельских населенных пунктах разработаны научные основы получения, обработки и хранения параметров их эколого-мелиоративного состояния, а также ведомственные нормативные документы, регламентирующие организацию и осуществление мелиоративного мониторинга [3, 5].

Разработке системных подходов и методов моделирования, прогнозирования и оптимизации состояния водных экосистем, охраны воздушного бассейна, почв и т. д., в том числе бассейнов малых рек, системной оптимизации водопользования при орошении, исследованию изменения состояния и эффективности систем защиты от подтопления и затопления сельхозугодий и сельских населенных пунктов посвящены труды П. И. Ковальчука [16, 20].

Изучением геоэкологического и гидроэкологического состояния малых рек и их бассейнов, а также оценкой совокупного влияния антропогенных и природных факторов на компоненты окружающей среды успешно занимались М. Д. Будз, А. В. Кирилук, И. П. Ковальчук, А. Г. Ободовский, Т. С. Павловская, В. М. Самойленко, Т. В. Соловей, С. В. Тимченко, В. К. Хильчевский, Р. В. Химко, А. В. Яцык и др. Разработке критериев оценки экологического состояния и антропогенной превращаемости территории бассейнов малых рек посвящены работы П. Ф. Вишневого, Л. А. Волковой, Н. А. Клименко, С. С. Левковского, О. А. Лихо, И. Я. Мисковец, В. В. Морокова, А. В. Рыбаловой, А. В. Яцыка и др.

Анализ работ отечественных и зарубежных ученых, посвященных исследованию различных аспектов разработки и реализации мониторинга водных объектов, а также мелиорированных и прилегающих к ним земель, показал недостаточный учет всего комплекса разнообразных явлений и процессов в бассейнах малых рек.

Ведение мониторинга бассейнов малых рек в Украине регламентировано отраслевым нормативом Методика расчета антропогенной нагрузки и классификации экологического состояния бассейнов малых рек Украины, согласованным и утвержденным Министерством охраны окружающей природной среды Украины и Государственным комитетом Украины по водному хозяйству (приказ № 95 от 27.04.07). Методика [27], разработанная под общим научным руководством академика А. В. Яцыка на базе Украинского научно-исследовательского института водохозяйственно-экологических проблем, учитывает показатели радиоактивного загрязнения территории, качества воды, использования земель и речного стока. Общая оценка системы «Бассейн малой реки» проводится на основании определения индукционного коэффициента антропогенной нагрузки (ИКАН), который, в свою очередь, учитывает значения функций мер и весовые коэффициенты отдельных подсистем. В Методике предложены критериальные значения показателей использования земельных ресурсов в бассейнах малых рек Украины для всех зон природно-сельскохозяйственного районирования. Однако она еще не достаточно охватывает сложные процессы и явления загрязнения воздуха и почв, затопления, подтопления земель, которые формируют эколого-мелиоративное состояние водных объектов, мелиорированных и прилегающих к ним территорий в бассейнах малых рек.

Еще в 1992 г. основные положения данного нормативного акта были реализованы на ЭВМ в виде управляющей программы с использованием базы данных, которая содержала как информацию о количественных параметрах состояния подсистем, так и нормативы для оценки этого состояния. Результаты расчетов подавались в двух формах (табличной и графической) и выводились на экран дисплея или на печать в виде отчетов. К недостаткам данного программного продукта относят несовершенство самой методики, что лежит в его основе, устаревший интерфейс и невозможность использования на современных ЭВМ.

Методика [27] получила дальнейшее развитие путем применения ГИС-технологий для автоматизации представления результатов классификации средствами MS Excel в трудах Е. М. Крыжановского и А. В. Васильчука [22]. Разработанные теоретические основы апробированы для оценки экологического состояния бассейнов малых и средних рек Винницкой области. В результате визуализации расчетов с помощью ГИС-пакета «Панорама» создана тематическая карта «Экологическое состояние бассейнов малых и средних рек Винницкой области».

Разработкой систем комплексного экологического контроля водных объектов и прилегающих к ним земель занимались В. Б. Мокин, М. П. Боцула, В. П. Горячев и др. [33]. Ими разработана технология пространственно-ориентированного представления данных, которая заключается в том, что все данные о реальных физических объектах (реках, водоемах, водосборах, местах сброса загрязняющих веществ, лесах, постах мониторинга) привязываются к географической карте [30]. Кроме того, к ним информационно-логически привязываются данные о местах отбора проб, результаты измерения уровня загрязнения и т. п. Такая организация данных позволяет отслеживать причинно-следственные связи между выбросами (сбросами) загрязняющих веществ и результатами их воздействия. Для речных систем, створов и пунктов наблюдений, бассейновых и административных образований и т. д. разработаны геоинформационные модели и методы их идентификации.

Лабораторией реализован ряд проектов для автоматизации ведения бассейнового (регионального) и областного контроля и управления водными ресурсами: геоинформационные аналитические системы мониторинга состояния вод бассейнов крупных и средних рек Днестра, Припяти, Южного

Буга, Тисы и др., ГИС-системы мониторинга водных ресурсов Винницкой и Львовской областей. Разработанные системы поддержки принятия решений используют геоинформационные технологии и базы данных, накапливают информацию о климатических, геологических и гидрологических характеристиках бассейна реки и ее притоков, количестве и качестве водных ресурсов, уровне водопользования в данном регионе [22]. Однако они имеют упрощенную критериальную базу, требующую дальнейшего совершенствования. Данные теоретические разработки направлены на проблему принятия решений по оценке состояния бассейнов малых рек лишь частично и не были реализованы на практике в целостном методическом и программном комплексе. В связи с этим есть объективная необходимость совершенствования мониторинга бассейнов малых рек путем разработки методов и критериев комплексного оценивания разнородных параметров их эколого-мелиоративного состояния, особенно в условиях неопределенности и риска, а также моделей прогнозирования на основе использования современных информационных технологий для принятия своевременных управленческих решений.

24.3. Совершенствование ведения мониторинга, методов и моделей оценивания и прогнозирования эколого-мелиоративного состояния бассейнов малых рек

На основании анализа и обобщения результатов собственных теоретических и экспериментальных исследований и исследований других авторов по разработке и ведению мониторинга в бассейнах малых рек определено, что по составу, характеру и условиям функционирования они должны быть отнесены к сложным природно-техногенным системам, в которых множественность, изменчивость и разнородность объектов, явлений и процессов, которые в них происходят, показателей и критериев, которые их характеризуют, обуславливают необходимость применения комплексного подхода к их измерению, оцениванию, прогнозированию и управлению на основе соответствующих методов и моделей, современных информационных технологий (рис. 24.1).



Рис. 24.1. Структурная схема состава, характера, а также условий функционирования, исследования и управления бассейнами малых рек как сложными природно-техногенными системами на основе их мониторинга

В бассейнах малых рек происходят сложные явления и процессы различной природы: загрязнение, затопление, подтопление и т. д., которые необходимо учитывать при оценке их эколого-мелиоративного состояния. Поэтому предметом данного исследования являются разнородные показатели и критерии эколого-мелиоративного состояния водных объектов, мелиорированных и прилегающих к ним земель, атмосферного воздуха и другие факторы в бассейнах малых рек и связи между ними, методы и модели их комплексного прогнозирования на основе информационно-аналитической системы.

Только комплексный подход к наблюдению, оцениванию и прогнозированию параметров эколого-мелиоративного состояния бассейнов малых рек на основе разработки и совершенствования методов, моделей, информационных технологий ведения мониторинга позволит осуществлять эффективное управление бассейнами малых рек, обеспечивая экологически безопасное земле- и водопользование.

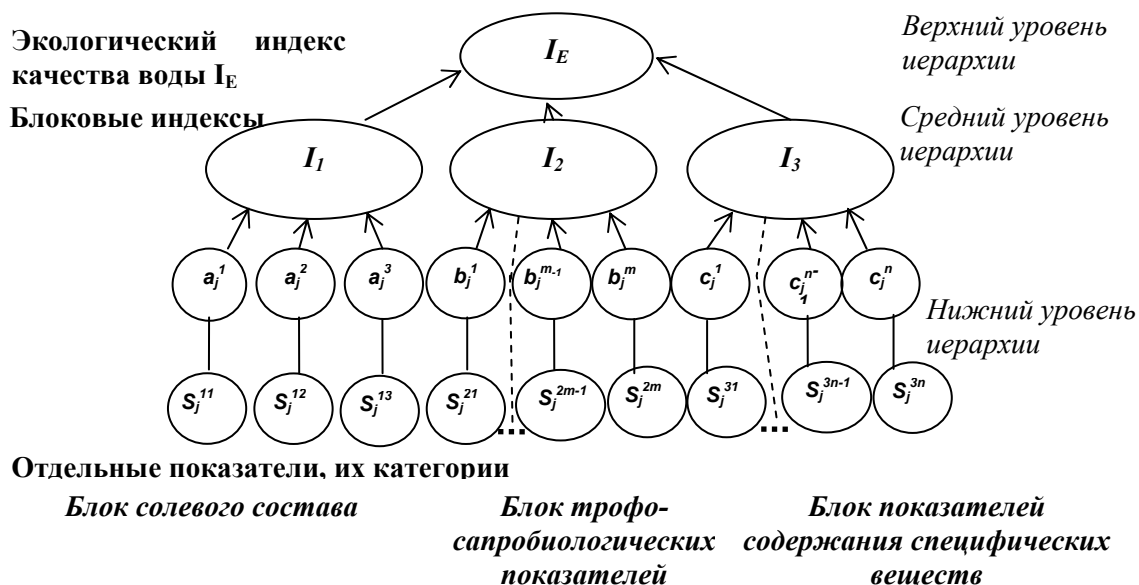


Рис. 24.2. Дерево иерархической модели классификации в подсистеме «Качество воды»

24.3.1. Усовершенствование методов оценивания параметров качества водных объектов в бассейнах малых рек. Сток и качество воды малых рек – важное звено в водном балансе страны, без учета которого невозможно решение водохозяйственных проблем. Без всестороннего и комплексного изучения их экологии и внедрения неотложных мер по их сохранению нельзя предотвратить распад и деградацию экосистем рек, а следовательно, и среды, в которой мы живем. При изменении экосистемы реки или ее компонентов в результате вырубки лесов, осушения болот, распашки целины на водосборе изменится не только величина стока, но и его качество. Между тем гидрологический режим и качество воды определяют жизнь в реках.

Классификация качества воды в соответствующей подсистеме существующей системной модели [27] происходит последовательно на трех уровнях иерархии, отражающих уровни обобщения экологических оценок качества воды (рис. 24.2).

На нижнем уровне иерархии определяются классы и категории качества воды по отдельным специфическим количественным показателям, группирующихся в трех блоках и являющихся элементарными признаками качества вод [27].

В результате теоретических и экспериментальных исследований усовершенствованы методы оценивания параметров качества вод [28] на основе использования универсального комплексного критерия, который, в отличие от существующих, позволяет учитывать как средние, так и наихудшие значения показателей, а также соотношение между ними. Для этого при обобщении оценок качества воды в пределах каждого из трех блоков (солевого состава, трофо-сапробиологических веществ и специфических веществ токсического действия) признано целесообразным использовать взвешенные согласно критерию Ходжеса – Лемана значения показателей (на примере блока трофо-сапробиологических веществ) [19]:

$$b_{\text{взвеш.}}^i = \lambda \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n b_j^i \right) + (1 - \lambda) \max_{j=1, n} \{b_j^i\}, \text{ где } \lambda = \begin{cases} 1, & \text{если } \max_{j=1, n} \{b_j^i\} \leq 3; \\ \frac{1}{2}, & \text{если } 3 < \max_{j=1, n} \{b_j^i\} \leq 5; \\ \frac{1}{3}, & \text{если } \max_{j=1, n} \{b_j^i\} \geq 5, \end{cases} \quad (24.1)$$

где b_j^i – категория качества воды j -го измерения i -го показателя данного блока; n – количество измерений.

Значения весового коэффициента λ выбираются из следующих соображений: при достаточной близости среднего значения и максимума последним можно пренебречь, если же наихудшее значение относится к 5–7 категориям, то оно имеет решающее значение и на 2/3 определяет состояние загрязнения по i -му показателю. Тогда общую оценку качества воды по всему множеству показателей блока трофо-сапробиологических веществ предложено рассчитывать на основании определения взвешенного значения блочного индекса по формуле:

$$I_{2 \text{ взвеш}} = \frac{\sum_{i=1}^m \beta_i \cdot b_{\text{взвеш.}}^i}{\sum_{i=1}^m \beta_i}, \text{ где } \beta_i = \begin{cases} 1, & \text{если значения } b_j^i (b_{\text{взвеш.}}^i) \text{ известны;} \\ 0, & \text{если } b_j^i (b_{\text{взвеш.}}^i) \text{ неизвестны (данные отсутств.)} \end{cases} \quad (24.2)$$

где m – количество показателей второго блока.

При общей оценке качества воды в пределах блока солевого состава, а также по множеству специфических показателей токсического действия определение категории качества воды осуществляется аналогично блоку трофо-сапробиологических показателей.

Таким образом, использование предложенного универсального критерия позволяет упростить процесс оценки качества воды и повысить его адекватность.

24.3.2. Уточнение условий применения существующей модели оценивания параметров использования мелиорированных и прилегающих к ним земель при вероятностном и нечетком задании входных показателей. Осуществляя оценивание эколого-мелиоративного состояния реки, но не имея знаний о процессах, которые происходят в ней и ее бассейне в естественном и измененном в результате антропогенного воздействия состоянии, невозможно целенаправленно влиять на реку и ее бассейн для восстановления их экологического благополучия. Подробное рассмотрение этих процессов, факторов сохранения и устойчивости речных экосистем позволило установить оптимальные показатели составляющих антропогенной нагрузки на водные экосистемы, предложить нормативы лесистости, распаханности и других показателей землепользования в бассейнах малых рек для отдельных зон, подзон и регионов Украины. Во время характеристики земельных ресурсов особое внимание уделяли освещению динамики и структуры земельного фонда в целом по стране, ее природных зонах и отдельных регионах, связям между характером использования земельных ресурсов и экологической ситуацией в бассейнах рек [27].

В результате исследования показателей лесопользования установлена связь между лесистостью, характером лесного покрова и эрозийными процессами, а именно: лесная растительность во всех зонах страны благоприятно влияет практически на все компоненты природной среды, и прежде всего на водные экосистемы. Это дает возможность оптимизировать их взаимовлияние.

Как известно, основными показателями, в совокупности характеризующими антропогенную нагрузку на земельные ресурсы в результате хозяйственной деятельности на водосборах рек, признаны [27]:

- лесистость на территории бассейна (f_1) – доля всей площади лесов, лесополос и древесно-кустарниковой растительности в общей площади бассейна, %;
- степень природного состояния водосбора реки (f_2) – доля суммарной площади угодий, находящихся в природном или близком к нему состоянии (болота, земли под водой, леса естественного и искусственного происхождения, защитные водоохранные насаждения, заповедные территории, пастбища, сенокосы, перелог) в общей площади бассейна, %;
- сельскохозяйственная освоенность (f_3) – доля площади всех сельскохозяйственных угодий на территории бассейна (пашни, многолетние насаждения, сенокосы, пастбища, перелог, приусадебные земли) в общей площади бассейна, %;
- распаханность (f_4) – доля суммарной площади пашни, садов и огородов в общей площади бассейна, %;
- урбанизация территории бассейна (f_5) – доля суммарной площади земель, где размещены населенные пункты, объекты промышленности, транспорта, связи и др. в общей площади бассейна, %;

– эродированность земель – величина смыва почв за год (f_6) – т/га.

Что касается существующей модели оценки показателей состояния и использования земель [27], в результате уточнения условий ее применения в случае вероятностного и нечеткого задания входных показателей предложены методы принятия решений в условиях неопределенности, что позволяет более адекватно и комплексно оценивать состояние бассейна малой реки как по каждому отдельному показателю, так и по всей подсистеме [21].

Неопределенность в системе наблюдений возникает, во-первых, при наличии значительного количества измерений некоторого показателя. Для ее раскрытия предложены новые обобщенные критерии, учитывающие как весовые коэффициенты каждого показателя, так и статистические вероятности появления логических альтернатив качественных состояний [21]:

$$H_i = \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^5 \alpha_k p_j^k \varphi_k(U_j)}{\sum_{k=1}^n \alpha_k \sum_{j=1}^5 p_j^k}, \quad H_i^{(-)} = \frac{\sum_{k=1}^{n_k} \sum_{j=1}^5 \alpha_k p_j^k \varphi_k^{(-)}(U_j)}{\sum_{k=1}^{n_k} \alpha_k \sum_{j=1}^5 p_j^k}, \quad (24.3)$$

где n – общее количество имеющихся показателей (с положительными и отрицательными значениями функций мер); n_k – количество показателей с их отрицательными значениями; α_k – весовой коэффициент k -го показателя, который отражает важность последнего в зависимости от природно-сельскохозяйственной зоны и провинции; p_j^k – вероятность того, что значение показателя попадает в заданный интервал $[\lambda_j^k; \lambda_{j+1}^k]$ и принимает соответствующее значение U_j качественной шкалы; $\varphi_k(U_j)$ – функция меры; i – номер реки.

Следовательно, при совершенствовании мониторинга при наличии многих измерений (что может наблюдаться, например, и в подсистеме «Качество воды») предложено проводить статистическую обработку первичных данных на основе построения гистограмм вероятностей попадания значений показателей в тот или иной интервал измерений и расчета соответствующих математических ожиданий. Предложенный статистический подход, по сравнению с существующим, позволил уточнить процесс принятия решений при наличии значительного множества измерений, а значит, улучшить процесс качественно-количественной оценки показателей подсистемы.

Во-вторых, неопределенность в подсистеме «Использование земель» возникает также в случае, когда некоторые качественные характеристики являются размытыми по своей природе, что приводит к необходимости применения для такого типа задач специального аппарата – теории нечетких множеств Беллмана – Заде [12]. Так, некоторые входные величины (лесистость, сельскохозяйственная освоенность, распаханность и др.) можно рассматривать в нечетком представлении из-за сложности их непосредственного определения. Это приводит к отсутствию четко определенных границ для этих показателей. Нечеткость возникает в случаях, когда физические ограничения λ_j^k , определяющие интервал допусков, сами по себе размыты или нечетко определены. Нечеткость физических ограничений $q \in [\lambda_j^k; \lambda_{j+1}^k]$ фактически приводит к нечеткости определения качественной шкалы $u \in U$.

При незначительном множестве измерений, когда невозможно построить гистограмму вероятностей возникновения качественных состояний, орган управления имеет «нечеткие» знания о состоянии каждого измеряемого показателя. В таких случаях ситуации принятия решений также необходимо использовать нечеткие множества.

Предложена формализация задачи принятия решений в подсистеме «Использование земель» в терминах теории нечетких множеств. Для каждого k -го показателя вводится некоторое нечеткое множество $A_k = \{U, \mu_{A_k}(U)\}_{u \in U}$, $k = 1, \dots, n$, задающее меру того, что его значение попадает в заданный интервал $[\lambda_j^k; \lambda_{j+1}^k]$. Таким образом, принадлежность k -го показателя к тому или иному интервалу определяется множеством текущих значений мер: $\mu_{A_k}(U_1) = \mu_1^k, \dots, \mu_{A_k}(U_5) = \mu_5^k$.

Для раскрытия неопределенности нами разработаны и рекомендуются к использованию критерии [21]:

$$H_i = \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^5 \alpha_k \mu_j^k \varphi_k(U_j)}{\sum_{k=1}^n \alpha_k \sum_{j=1}^5 \mu_j^k}, \quad H_i^{(-)} = \frac{\sum_{k=1}^{n_k} \sum_{j=1}^5 \alpha_k \mu_j^k \varphi_k^{(-)}(U_j)}{\sum_{k=1}^{n_k} \alpha_k \sum_{j=1}^5 \mu_j^k}, \quad (24.4)$$

где μ_j^k – функция принадлежности k -го показателя интервалу $[\lambda_j^k; \lambda_{j+1}^k]$, U_j – соответствующее значение качественной шкалы.

Предложенный подход, основанный на использовании аппарата теории нечетких множеств Беллмана – Заде, позволяет более адекватно оценивать состояние бассейна реки по каждому показателю, а следовательно, более комплексно оценивать состояние подсистемы и бассейна реки в целом. Он может использоваться также для оценивания параметров состояния других подсистем, например подсистемы «Использование речного стока».

24.3.3. Усовершенствование методов и моделей комплексного многокритериального оценивания параметров загрязнения воздуха и почв в бассейнах малых рек. Кроме качества водных ресурсов и уровня использования земель, эколого-мелиоративное состояние бассейна малой реки зависит от загрязнения воздуха и почв в результате интенсивного промышленного, коммунального и сельскохозяйственного использования и других факторов. Контроль состояния загрязнения почв особенно важен в условиях орошаемого земледелия в бассейнах малых рек.

Одним из основных источников загрязнения являются выбросы в атмосферу промышленных предприятий и автотранспорта. Атмосферные загрязнители бывают *первичные*, которые непосредственно поступают в атмосферу и оседают на почвах (пыль, сажа, тяжелые металлы и т. д.), и *вторичные*, которые являются продуктом преобразования первичных. Так, сернистый газ окисляется до серного ангидрида, при взаимодействии с водяным паром он образует серную кислоту, а в результате превращения соединений азота возникает азотная кислота [2]. В результате химических, фотохимических, физико-химических реакций между загрязняющими веществами и компонентами атмосферы образуются вторичные загрязнители, попадающие в почву в виде кислотных осадков (рис. 24.3).

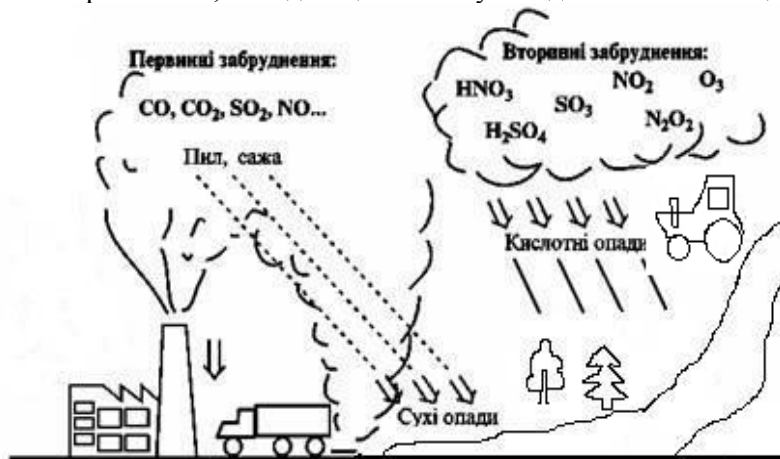


Рис. 24.3. Основные загрязнители воздуха и почв бассейна малой реки

Проблемы загрязнения земель бассейна реки часто возникают вследствие невысокой технологической культуры применения удобрений в сельскохозяйственном производстве, что отрицательно влияет на водно-физические свойства почв. Кроме того, с поверхностным смывом с сельскохозяйственных угодий и животноводческих комплексов в поверхностные воды попадают биогенные элементы и остатки агрохимии. Потенциальными загрязнителями малых рек и подземных вод являются неорганизованные хранилища непригодных пестицидов и ядохимикатов [11].

В промышленно развитых регионах Украины актуальной остается проблема накопления и утилизации отходов горнодобывающей, металлургической, энергетической и других отраслей промышленности. Расположенные на территории бассейнов шлаковые отвалы металлургических производств, хвосты обогащения угледобывающей промышленности, золошлаковые отходы ТЭС, отходы коксохимического производства, глины и пески вскрышных пород и т. д. хотя и имеют большой промышленный потенциал, однако нарушают естественные ландшафты бассейнов, приводят к попаданию в воздух пыли, загрязнению земель, а следовательно, и вод бассейна [11]. Перечисленные проблемы малых рек имеют общегосударственное значение, поскольку загрязнение воздуха и почв наносит непоправимый вред окружающей среде бассейнов и здоровью проживающего там населения. В связи с этим возникает необходимость в разработке методов комплексного оценивания состояния загрязнения воздуха и почв с целью совершенствования мониторинга эколого-мелиоративного состояния бассейнов рек.

Для комплексного оценивания параметров загрязнения воздуха и почв в бассейне малой реки усовершенствованы методы и разработана многокритериальная модель, которая позволяет опреде-

лять зоны риска возникновения загрязнения мелиорированных и прилегающих к ним земель [17]. Через $F^i = \{f_{jk}^i\}_{j=1, n, k=1, m}$ обозначена матрица концентраций загрязнения воздуха по i -му показателю в точке наблюдения $x_k \in X$ в момент наблюдения $\theta_j \in \Theta$, то есть $f_{ijk} = f_i(\theta_j, x_k)$. Ситуация принятия решения в целом характеризуется системой матриц $F^i, i = \overline{1, l}$, где l – количество загрязняющих веществ [14].

На первом этапе раскрытия неопределенности сводим многокритериальную задачу к однокритериальной на основании применения критерия сверки и учета приоритетов непосредственно к элементам матриц [15, 31]:

$$U_g = K_1 \frac{U_1}{ПДК_1} + K_2 \frac{U_2}{ПДК_2} + \dots + K_l \frac{U_l}{ПДК_l}, \quad (24.5)$$

где U_g – суммарная относительная концентрация; U_1, \dots, U_l ; $ПДК_1, \dots, ПДК_l$ – обнаруженные концентрации и их ПДК; K_i – весовой коэффициент i -го ингредиента загрязнения.

На втором этапе стохастическая однокритериальная задача сводится к детерминированной на основе применения средних, максимальных и взвешенных по критерию Ходжеса – Лемана значений U_g . В зависимости от системной оценки U_g по множеству показателей предложено выделить четыре зоны риска, характеризующие санитарно-гигиеническую ситуацию в качественно-количественной шкале [64]:

$$g(U_g) = \begin{cases} 1 - \text{чрезвычайно опасная ситуация, при } U_g \geq 2; \\ 2 - \text{опасная ситуация, при } 1 \leq U_g < 2; \\ 3 - \text{малоопасная ситуация, при } 0,3 \leq U_g < 1; \\ 4 - \text{безопасная ситуация, при } U_g < 0,3. \end{cases} \quad (24.6)$$

На основе данных измерений загрязнения воздуха в подфакельных зонах промышленных предприятий, а также в зонах влияния крупных городов предлагается определять зоны риска возникновения загрязнения почв с помощью современных геоинформационных технологий. Качественная классификация состояния загрязнения воздуха и почв в бассейне реки определяется множеством логических альтернатив $P_i \in P, i = \overline{1, 5}$: состояние «чрезвычайно загрязненное» ($S_{U_{g>1}} \geq 55\% S_{\bar{bac}}$), «сильно загрязненное» ($40\% S_{\bar{bac}} \leq S_{U_{g>1}} < 55\% S_{\bar{bac}}$), «загрязненное» ($25\% S_{\bar{bac}} \leq S_{U_{g>1}} < 40\% S_{\bar{bac}}$), «слабо загрязненное» ($10\% S_{\bar{bac}} \leq S_{U_{g>1}} < 25\% S_{\bar{bac}}$), «не загрязненное» ($S_{U_{g>1}} < 10\% S_{\bar{bac}}$).

Кроме качественной, предлагается количественная оценка состояния подсистемы на множестве альтернатив P путем введения логической функции меры $\varphi(P)$:

$$\varphi(P) = \begin{cases} -10, \text{ если } P = P_1; \\ -7, \text{ если } P = P_2; \\ -4, \text{ если } P = P_3; \\ -1, \text{ если } P = P_4; \\ 0, \text{ если } P = P_5, \end{cases} \quad (24.7)$$

где $S_{\bar{bac}}$ – площадь всего бассейна реки; $S_{U_{g>1}}$ – суммарная площадь земель, относящихся к опасной и чрезвычайно опасной зонам.

Если суммарный процент площадей, относящихся к зонам опасной и чрезвычайно опасной ситуации, составляет более 10 % от общей площади бассейна ($S_{U_{g>1}} \geq 10\% S_{\bar{bac}}$), то функция меры данной подсистемы должна быть учтена в координирующем алгоритме взаимодействия подсистем и состояние бассейна оцениваем по формуле:

$$\varphi(K_n) = 0,3 \cdot \varphi(L_n) + 0,2 \cdot \varphi(W_n) + 0,4 \cdot \varphi(Q_n) + 0,1 \cdot \varphi(P_n), \quad (24.8)$$

где L_n, W_n, Q_n, P_n – текущие классы состояний подсистем «Использование земель», «Использование речного стока», «Качество воды», «Оценивание загрязнения воздуха и почв» соответственно; K_n – класс всей системы бассейна реки.

Таким образом, разработанная модель подсистемы «Оценивание загрязнения воздуха и почв» позволит оценивать санитарно-гигиенические ситуации в бассейнах малых рек по зонам риска на основе определения суммарных концентраций в соответствии с уровнями ПДК. Расчет площадей, относящихся к зонам повышенного риска загрязнения почв в результате выбросов промышленности и автотранспорта, совершенствует существующую систему мониторинга бассейнов малых рек, а раз-

работка систем контроля и поддержки принятия решений автоматизирует процесс оценивания антропогенной нагрузки на них.

24.4. Принципы организации информационно-аналитической системы комплексного оценивания состояния бассейнов малых рек

С учетом усовершенствованных методов и моделей для автоматизации ведения мониторинга разработан программный комплекс «Информационно-аналитическая система комплексного оценивания состояния бассейнов малых рек» [9]. В ее основе лежит блочный принцип, позволяющий не только фиксировать результаты мониторинга, но и накапливать данные о состоянии антропогенной нагрузки на бассейн реки в разные моменты времени.

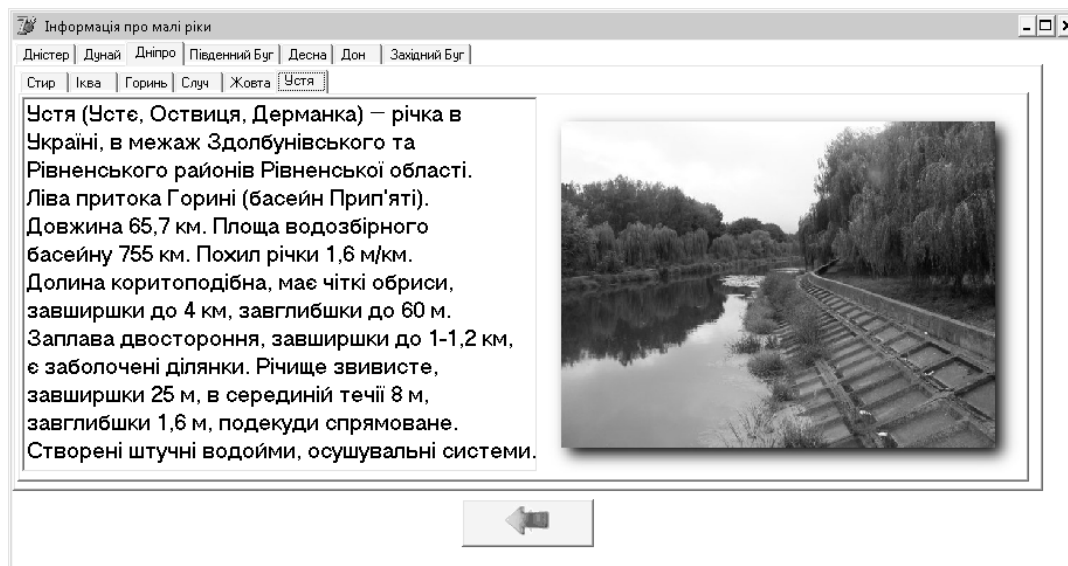


Рис. 24.4. Форма для просмотра информации о малой реке

Создана база данных, где сведения о малых реках упорядочены по бассейнам основных крупных рек Украины (Днепра, Днестра, Дуная, Южного Буга, Западного Буга, Десны, Дона), к которым относится та или иная малая река (рис. 24.4).

Программный комплекс позволяет наглядно проследить классификацию на различных уровнях иерархии логико-математической модели (рис. 24.5–24.9). Основная его функция – создание удобного интерфейса для пользователя, поддержка логической структуры базы данных, автоматизация процесса расчета антропогенной нагрузки и классификации экологического состояния бассейнов малых рек с помощью усовершенствованной системной модели «Бассейн малой реки».

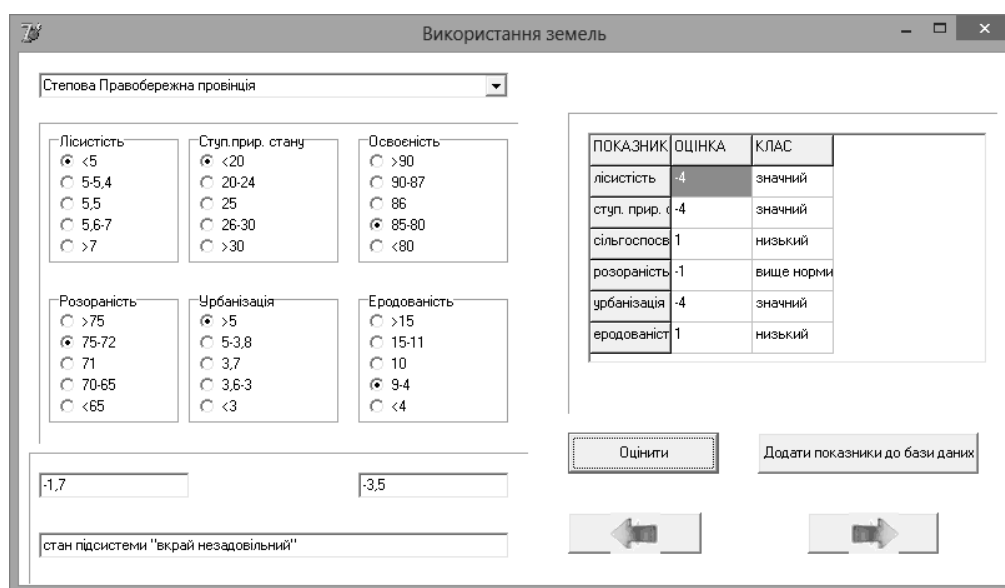


Рис. 24.5. Форма для оценивания состояния подсистемы «Использование земель» в детерминированном случае

Результаты расчетов представлены и в табличной, и в графической форме, позволяющей более наглядно интерпретировать состояние отдельных подсистем и всей системы, проследить тенденции его изменения.

Информация о каждой малой реке включает в себя блоки первичных показателей состояния каждой из подсистем «Радиоактивное загрязнение территории», «Использование земель», «Использование речного стока», «Качество воды», «Оценивание загрязнения воздуха и почв», а также результаты оценивания по подсистемам и общую оценку состояния бассейна реки в целом. Пользователь имеет возможность накапливать информацию о состоянии подсистем, выводить содержание базы данных в табличной форме, редактировать как содержание основной базы данных, так и раздела, содержащего нормативы и критерии оценивания антропогенного воздействия на бассейн.

Вхідні дані

q1	показник фактичного використання річкового стоку	21,5	Номер оцінювання	1
q2	показник безповоротного споживання річкового стоку	18,2		
q3	показник скиду води в річкову мережу	19,9		
q4	показник скиду забруднених стічних вод у річкову мережу	14	-3	

Блок результатів

показник антропогенного навантаження на водні ресурси			
показник фактичного використання річкового стоку	5	дуже високий	
показник безповоротного водоспоживання річкового стоку	-1	вище норми	
показник скиду стічних вод в річкову мережу	-1	вище норми	
показник скиду забруднених стічних вод у річкову мережу	-5	дуже високий	

стан підсистеми "катастрофічний"

Рис. 24.6. Форма для оцінювання стану підсистеми «Использование речного стока»

Вхідні дані

рівень мінералізації	0,639	концентрація сульфатів	27,7
концентрація хлоридів	48,1	сума іонів	629

Номер оцінювання: 1

Блок результатів: 2

За критерієм мінералізації

клас якості води: Прісні води-1

категорія якості води: Олігогалінні

За критерієм соляного складу

ПОКАЗНИК	КЛАС	КАТЕГОРІЯ
СУМА ІОНІВ	Добрі	Дуже добрі
ХЛОРИДИ	Добрі	Добрі
СУЛЬФАТИ	Відмінні	Відмінні

Рис. 24.7. Форма для вводу і класифікації показателів блоку соляного складу оцінювання якості води

Информационно-аналитическая система может быть использована также для *прогнозирования* экологического состояния бассейнов с целью разработки научно обоснованных рекомендаций для принятия управленческих решений в области использования и охраны малых рек, восстановления водных ресурсов.

24.5. Ведение усовершенствованного мониторинга бассейнов малых рек на примере бассейна малой реки Устье

Для проведения комплексного оценивания загрязнения и использования воды, воздуха и почв выбран бассейн малой реки Устье, что протекает по территории Ровенской области и берет начало из источников на северных склонах Мизоцкого кряжа возле с. Дермань Первая, а в районе пгт. Оржев впадает в р. Горынь (является ее левым притоком первого порядка). Длина реки 65,7 км, площадь водосбора 755 км², лесистость 8,0 %, заболоченность 0,2 %, озерность 0,1 %. Собственный сток реки зарегулирован умеренно. Общее количество прудов и водохранилищ, регулирующих местный сток, составляет 14 штук, а их суммарный объем 10,9 млн м³ [10]. Бассейн р. Устье является типичным для водосборов малых рек лесостепной зоны и включает около 3 тыс. га земель, осушаемых открытой сетью.

По условиям расположения и использования река характеризуется неудовлетворительным состоянием качества поверхностных вод, вызванным промышленным, бытовым и сельскохозяйственным загрязнением, в том числе осушительными мелиорациями сельскохозяйственных угодий, неудовлетворительным состоянием гидротехнических сооружений, интенсивным земле- и водопользованием, заилением и засоренностью русла и т. п. При проведении исследований использованы ретроспективные многолетние данные официальной отчетности Ровенского областного управления водными ресурсами, департамента экологии и природных ресурсов Ровенской областной государственной администрации, Ровенского областного центра по гидрометеорологии, Ровенской областной санитарно-эпидемиологической станции и т. д. Данное исследование проведено с использованием усовершенствованных методов и моделей комплексного оценивания и прогнозирования параметров загрязнения водных объектов, почв и атмосферного воздуха, реализованных в информационно-аналитической системе.

Оценивание экологического состояния бассейна малой реки Устье начали с подсистемы «Радиоактивное загрязнение территории». В землях бассейна обнаружено загрязнение ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr. По двум имеющимся показателям системной модели состояние радиоактивного загрязнения признано «удовлетворительным» (табл. 24.1)

Таблица 24.1

Оценивание состояния подсистемы «Радиоактивное загрязнение территории» в бассейне р. Устье в 2012 г.

Название показателя	Значение показателя, (Ки/км ²)	Оценка	Категория
Цезий	<1	0	Удовлетворительный
Стронций	0,02-0,15	0	Удовлетворительный
Плутоний	0	0	Удовлетворительный

Отдельные гидрологические характеристики реки Устье и ее трех притоков приведены в таблице 24.2. По приблизительным подсчетам, из данных таблицы 24.2 видно, что 73 % площади водосбора относится к основной реке, 7 % – к ручью без названия, 8 % – к реке Кунин и 12 % – к притоку Спасов.

Таблица 24.2

Некоторые гидрологические характеристики основной реки и трех притоков, длиной более 10 км, бассейна р. Устье [10]

Характеристика	Основная река	Притоки, длиной >10 км		
		ручей б/н	Кунин	Спасов
Куда впадает	Горынь	Устье	Устье	Устье
Правый/левый приток	левый	правый	левый	левый
Длина, км	65,7	13,85	16,05	26,35
Площадь водосбора, км²	755	68,2	82	129

Примечание: Природная сельскохозяйственная провинция, к которой относится бассейн р. Устье, – Лесостепная Западная.

На втором этапе исследований было проведено оценивание состояния подсистемы «Использование земель» (табл. 24.3). Согласно усовершенствованной системной модели предложено при оценивании уровня использования земель, кроме данных землепользования по основному руслу реки Устье, учитывать показатели использования земель бассейнов трех ее основных притоков, длина которых составила более 10 км.

**Параметры оценивания состояния подсистемы «Использование земель» бассейна
малой р. Устье на основании нечеткой модели**

Показатели, f_i	Значение показателя	Уровень использования земель	Мера, $\varphi_k(U_j)$	Мера, μ_j^k	Вес, α_k
Лесистость, %	5-13	значительный	-4	-	0,2
Степень природного состояния, %	<30	значительный	-4	-	0,1
Сельскохозяйственная освоенность, %	71,36	значительный	1	0,73	0,1
	85,03	значительный	-4	0,07	
	75,11	близок к норме	0	0,08	
	80,08	значительный	-4	0,12	
Распаханность, %	61,87	значительный	-4	0,73	0,3
	69,77	значительный	-4	0,07	
	67,38	значительный	-4	0,08	
	27,84	очень низкий	4	0,12	
Урбанизация, %	2,9	очень низкий	4	0,73	0,1
	5,5	выше нормы	-1	0,07	
	6	выше нормы	-1	0,08	
	6,6	значительный	-4	0,12	
Эродированность, %	>8	значительный	-4	-	0,2

Освоенность бассейна реки Устье достаточно высока. В пределах бассейна находится областной центр г. Ровно, районный центр г. Здолбунов, пгт. Квасилов, пгт. Оржев и более 50 сел. Согласно данным Ровенского областного управления водными ресурсами уровень использования земель по критерию лесистость – «значительный» на всей площади водосбора (8 %, 13, 13, 5 % соответственно). Поскольку бассейн расположен в районе с интенсивным сельскохозяйственным землепользованием и значительным уровнем эрозионных процессов, где площади смытых почв составляют 51–70 %, уровень эродированности почвы определяется, как «значительный». По суммарным подсчетам площадей водосбора, находящихся под лесами, водными объектами, заболоченными землями, пастбищами и другими землями, остающимися в природном состоянии, уровень использования земель по соответствующим показателям также «значительный» как в водосборе основной реки, так и трех ее крупнейших притоков.

С использованием усовершенствованных критериев (24.4) для случая нечеткого задания входных показателей вычислено значение $H_i = -2,68$, $H_i^{(-)} = -2,9$. При этом состояние подсистемы признано «неудовлетворительным»: $\varphi(L_4) = -3$.

Таблица 24.4

**Параметры оценивания состояния подсистемы «Использование речного стока» бассейна р. Устье
по данным водопользования за 2012 год**

Показатели, q_i	Значение показателя	Уровень использования	Мера, u_k	Весовые коэффициенты, β_k
Полное использование речного стока, %	21,5	очень высокий	-5	0,1
Бесповоротное водопотребление, %	18,2	выше нормы	-1	0,2
Сброс сточных вод, %	19,9	выше нормы	-1	0,3
Сброс загрязненных сточных вод, %	14	очень высокий	-5	0,4

Третий шаг алгоритма – определение состояния подсистемы «Использование речного стока» (табл. 24.4), которое оказалось «очень плохим», поскольку $H_i = -3$, $H_i^{(-)} = -3$, мера подсистемы $\varphi(W_4) = -3$.

В подсистеме «Качество воды» оценивание проводилось по трем блокам показателей. Поскольку пробы воды из р. Устье на анализ берутся в 11 точках несколько раз в месяц в течение года, то задача оценивания общего состояния качества водных ресурсов бассейна усложняется.

Оценивание качества воды в р. Устье проводилось по результатам химического анализа в двух пунктах наблюдения (20,5 км выше и 2,5 км ниже г. Ровно). Сравнительные результаты оценивания показателей блока солевого состава в указанных точках приведены в таблице 24.5.

Таблица 24.5

Параметры оценивания блока солевого состава подсистемы «Качество воды» бассейна р. Устье в двух пунктах наблюдения, 20,5 км выше и 2,5 км ниже города Ровно (по взвешенным значениям показателей)

Название показателя	20,5 км выше г. Ровно	Класс, категория	2,5 км ниже г. Ровно	Класс, категория
Сума ионов, мг/дм ³	456	I(1)	626	II(2)
Хлориды, мг/дм ³	21,4	II(2)	48,1	II(3)
Сульфаты, мг/дм ³	13,8	I(1)	27,7	I(1)
Минерализация, г/дм ³	0,639	Пресные воды, олигогалинные I(2)	0,639	Пресные воды, олигогалинные I(2)

В результате оценивания блока солевого состава воды реки признаны пресными олигогалинными (табл. 24.5), причем наблюдалось незначительное увеличение количества солей после стоков г. Ровно: значение блочного индекса $I_1 = 2$ в точке наблюдения, что на 2,5 км ниже г. Ровно, по сравнению с $I_1 = 1,5$ – в точке, что на 20,5 км выше г. Ровно.

Значения блочных индексов блока трофо-сапробиологических показателей (табл. 24.6) составляли $I_2 = 3$ и 5,36 соответственно в пунктах наблюдения 20,5 км выше и 2,5 км ниже г. Ровно, что свидетельствует о значительном влиянии загрязненных стоков г. Ровно на второй блок подсистемы оценки качества воды. Особенно ухудшились такие показатели, как взвешенные вещества, азот аммонийный, азот нитритный, фосфор фосфатов.

Таблица 24.6

Параметры оценивания блока трофо-сапробиологических показателей подсистемы «Качество воды» бассейна р. Устье в двух пунктах наблюдения, 20,5 км выше и 2,5 км ниже г. Ровно (по взвешенным значениям показателей)

Название показателя	20,5 км выше г. Ровно	Класс, категория	2,5 км ниже г. Ровно	Класс, категория
Прозрачность, м	0,25	IV(6)	0,2	V(7)
Взвешенные вещества, мг/л	15,4	II(3)	118	V(7)
РН	7,8	II(2)	7,6	II(2)
Растворенный кислород, мг/л	13,6	I(1)	7,3	II(3)
% насыщения,	96	I(1)	80	III(4)
Бихроматное окисление, мг/л	31,8	III(5)	34,7	III(5)
БСК5, мг/л	3,81	III(4)	7,31	IV(6)
Азот аммонийный, мг/л	0,03	I(1)	2,63	V(7)
Азот нитритный, мг/л	0,01	II(3)	0,063	IV(6)
Азот нитратный, мг/л	0,48	II(3)	0,71	III(5)
Фосфор фосфатов, мг/л	0,052	III(4)	0,31	V(7)

В отобранных пробах воды р. Устье было обнаружено пять веществ из блока специфических веществ токсического действия: медь, цинк, хром, фенолы и СПАР (табл. 24.7), остальные компоненты отсутствовали. Значения блочных индексов для двух точек отбора составляют $I_3 = 1,3$ и 4 соответственно. Таким образом, в результате воздействия стоков г. Ровно состояние загрязнения воды р. Устье специфическими веществами ощутимо ухудшилось.

Таблица 24.7

Параметры оценивания блока специфических веществ токсического воздействия подсистемы «Качество воды» бассейна р. Устье в двух пунктах наблюдения, 20,5 км выше и 2,5 км ниже г. Ровно (по взвешенным значениям показателей)

Название показателя	20,5 км выше г. Ровно	Класс, категория	2,5 км ниже г. Ровно	Класс, категория
Медь, мкг/л	6	III(4)	6,6	III(4)
Цинк, мкг/л	7,5	I(1)	22	III(4)
Хром(общий), мкг/л	-	-	7,3	III(4)
Фенолы, мкг/л	-	-	2	III(4)
СПАР, мкг/л	-	-	21	III(4)

По значению интегрального экологического индекса $I_e = 1,98$ состояние подсистемы «Качество воды» в пункте наблюдения 20,5 км выше г. Ровно определено как «очень хорошие», «чистые» воды, с уклоном к категории «отличные», «очень чистые» (класс II, категория 2, субкатегория 2 (1)). Мера

подсистемы «Качество воды»: $\varphi(W_2) = 1$, тогда как в точке 2,5 км ниже г. Ровно $I_e = 3,79$ – «удовлетворительные», «слабо загрязненные» воды с уклоном к «хорошим», «достаточно чистым» (класс III, категория 4, субкатегория 4(3)). Мера подсистемы «Качество воды»: $\varphi(W_3) = 0$.

Таблица 24.8

Значения концентраций загрязняющих веществ NH₃, NO₂, CO и суммарные относительные концентрации по данным подфакельного наблюдения на ОАО «Ривнеазот» (северо-западное направление)

	NH ₃				NO ₂		
	1 км	2 км	3 км		1 км	2 км	3 км
05.04.2005	0,18	0,11	0,028	05.04.2005	0,024	0,0125	0,013
04.05.2005	0,19	0,07	0,022	04.05.2005	0,037	0,021	0,013
05.05.2005	0,19	0,098	0,022	05.05.2005	0,031	0,026	0,013
16.05.2005	0,19	0,067	0,022	16.05.2005	0,03	0,025	0,005
31.05.2005	0,199	0,097	0,022	31.05.2005	0,031	0,034	0,0125
17.06.2005	0,16	0,088	0,0125	17.06.2005	0,025	0,013	0,006
		CO				$\sum U_i/U_{\text{пдк}}$	
	1 км	2 км	3 км		1 км	2 км	3 км
05.04.2005	1	1	1	05.04.2005	1,382353	0,897059	0,492941
04.05.2005	1,1	1	1	04.05.2005	1,605294	0,797059	0,462941
05.05.2005	1,1	1	1	05.05.2005	1,534706	0,995882	0,462941
16.05.2005	1,1	1	1	16.05.2005	1,522941	0,829118	0,368824
31.05.2005	1,1	1,1	1	31.05.2005	1,579706	1,105	0,457059
17.06.2005	1,1	1	1	17.06.2005	1,314118	0,792941	0,333088
				Средние	1,489853	0,902843	0,429632
				Максимальные	1,605294	1,105	0,492941
				Взвешенные	1,547574	1,003922	0,461287

Проведено оценивание состояния загрязнения воздуха и почв бассейна р. Устье в результате выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ промышленных предприятий ОАО «Волянь-цемент», ОАО «Ривнеазот» и урбоэкосистемы г. Ровно. Реализация модели игры с природой показана на примере распространения загрязнения, по данным подфакельного наблюдения на ОАО «Ривнеазот» (табл. 24.8) по основному северо-западному направлению.

Расчет проводился по формуле (24.5), а раскрытие неопределенности для нескольких моментов наблюдения – с использованием трех критериев: Бернулли – Лапласа, Сэвиджа и Ходжеса – Лемана. По данному направлению выявлены в воздухе такие загрязняющие вещества, как NH₃, NO₂ и CO, и в результате вычисления суммарных относительных концентраций выделено две зоны риска: опасная и малоопасная.

Для комплексного оценивания состояния бассейна р. Устье на основе предложенной многокритериальной модели средствами ГИС «ArcMap 10.0» построена его карта и нанесены на нее зоны риска возникновения загрязнения почв в результате загрязнения воздуха выбросами промышленных предприятий ОАО «Волянь-цемент», ОАО «Ривнеазот» и урбоэкосистемы г. Ровно (рис. 24.10). Выявлено, что суммарный процент площадей земель бассейна, отнесенных к опасной и чрезвычайно опасной зонам, составляет примерно 10 % [15], а это соответствует функции меры подсистемы $\varphi(P_4) = -1$.

На основании текущих значений мер каждой из пяти рассмотренных подсистем определена числовая мера класса всей системы бассейна реки (индукционный коэффициент антропогенной нагрузки). В точке наблюдения 20,5 км выше г. Ровно $ИКАН=0,3*(-3)+0,2*(-3)+0,4*1+0,1*(-1)=-1,2$. А в точке 2,5 км ниже г. Ровно $ИКАН=0,3*(-3)+0,2*(-3)+0,4*0+0,1*(-1)=-1,6$. Согласно координирующему алгоритму усовершенствованной системной модели (24.8) состояние бассейна малой реки Устье в обоих случаях соответствует категории «плохой».

Ведение мониторинга в бассейнах малых рек формирует соответствующий экономический и экологический эффект в пределах объекта, нахождение параметров которого в таких условиях является чрезвычайно сложной задачей, поскольку практически очень трудно определить соответствующие показатели и критерии в стоимостном выражении, а также все еще отсутствуют универсальные методы такого оценивания. Поэтому по результатам проведенных исследований, а также на основании имеющихся подходов к экспертной оценке общей эколого-экономической эффективности функционирования сложных природно-техногенных систем установлено, что ведение усовершенствованного мониторинга на основе комплексного оценивания и прогнозирования параметров эколого-

мелиоративного состояния бассейнов малых рек позволяет повысить экономическую эффективность использования водных и земельных ресурсов на 16–22 % и постепенно улучшать их состояние на 10–15 %.

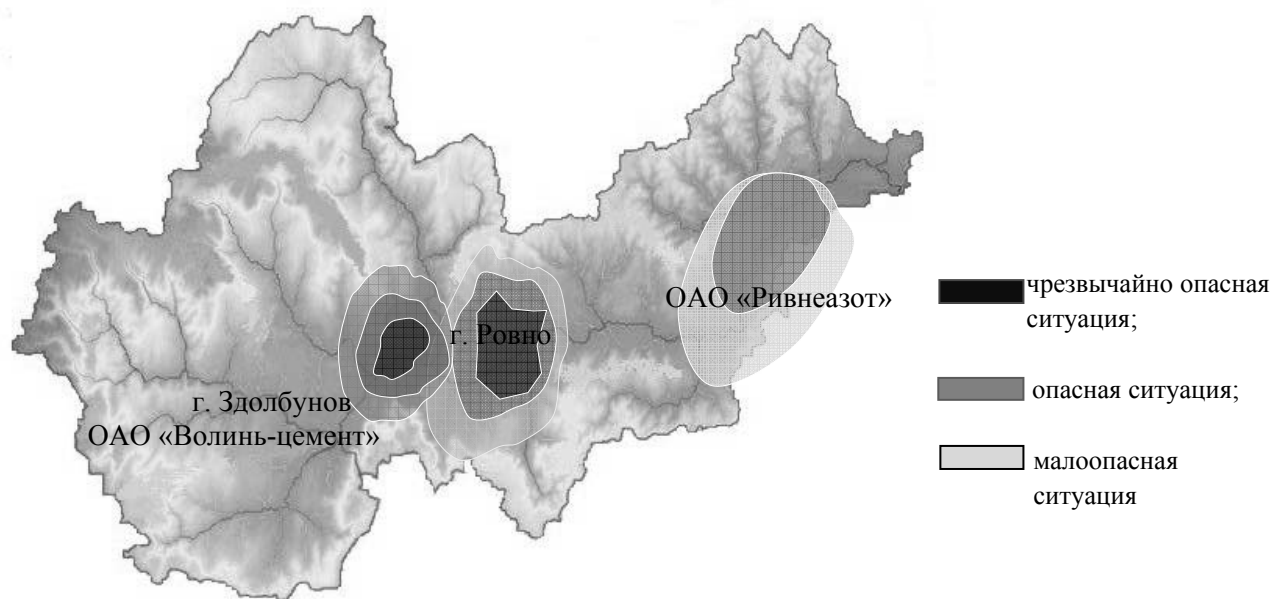


Рис. 24.10. Карта бассейна р. Устье, построенная средствами ГИС «ArcMap 10.0», с зонами риска загрязнения воздуха и почв (на основании взвешенных значений U_0)

Литература

1. Архипова Л. М. Науково-методологічні основи природно-техногенної безпеки поверхневих вод гідроєкосистем Карпатського регіону : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. – 38 с.
2. Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидромеиздат, 1975. – 448 с.
3. ВБН 33-5.5-01-97 «Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу». – Ч. 1: Зрошувані землі / Держводгосп України. – Київ: Держводгосп України, 2002. – 56 с.
4. Відновна гідроєкологія порушених річкових і озерних систем (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління): навчальний посібник. / М. О. Клименко [та ін.]. – Рівне: Волинські береги, 1999. – Т. 2. – 198 с.
5. ВНД 33-5.5-04-98 «Керівництво по організації та здійсненню моніторингу меліорованих і прилеглих до них земель» / Держводгосп України. – Київ: Держводгосп України, 2002. – 48 с.
6. Водне господарство в Україні / за ред. А. В. Яцика, В. М. Хорєва. – Київ: Генеза, 2000. – 456 с.
7. Водні ресурси на рубежі XXI ст.: проблеми раціонального використання, охорони та відтворення / М. А. Хвесик, О. В. Яроцька, І. Л. Головинський [та ін.]; за ред. М. А. Хвесика. – Київ: РВПС України, 2005. – 564 с.
8. Водний кодекс України : офіц. видання. – Київ: Видавничий Дім «Ін Юре», 2000. – 96 с.
9. Демчук О. С. Інформаційно-аналітична система оцінювання екологічного стану басейнів малих річок // Меліорація і водне господарство. – 2012. – Вип. 99. – С. 257–266.
10. Екологічний паспорт басейну річки Устя. – Рівне, 1990. – 375 с.
11. Екологічний паспорт Рівненської області за 2012 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу до документу у: http://www.eco.rivne.gov.ua/tmp/ecoraport_2012.pdf (22.05.13).
12. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
13. Ковальчук І., Швець О., Андрейчук Ю. Картографічне моделювання гідроєкологічних проблем річково-басейнових систем // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2012. – Вип. 1 (23). – С. 220–226.
14. Ковальчук П. І., Демчук О. С. Методи оцінки ризиків в інформаційній системі аналізу оцінки екологічного стану басейну малої ріки // Математичне та комп'ютерне моделювання : зб. наук. праць. – Серія: Технічні науки. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський нац. ун-т ім. Івана Огієнка. – 2012. – Вип. 7. – С. 69–76.
15. Ковальчук П. І., Герус А. В., Демчук О. С. Моделирование загрязнения водных и земельных ресурсов в зоне влияния промышленных предприятий // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. / ФГБОУ ВПО РГАТУ; под ред. Н. В. Бышова. – Рязань, 2013. – С. 327–333.

16. Ковальчук П. І. Моделивання і прогнозування стану навколишнього середовища : навч. посібник. – Київ: Либідь, 2003. – 208 с.
17. Ковальчук П. І., Демчук О. С., Романчук Я. І. Прийняття рішень в системах автоматизованого контролю навколишнього середовища в умовах невизначеності та ризику // Вісник НУВГП. – 2006. – Вип. 3 (35). – С. 282–287.
18. Ковальчук П. І., Демчук О. С. Реалізація екосистемного підходу до класифікації та прогнозування якості водних ресурсів малих річок // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво : зб. наук. праць. – Рівне, 2006. – Вип. 31. – С. 22–27.
19. Ковальчук П. І., Демчук О. С., Стаднічук О. М. Система аналізу антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану малих річок України // Вісник НУВГП. – 2005. – Вип. 3 (31). – С. 36–43.
20. Ковальчук П. І., Задорожний А. І., Шевчук С. А. Система аналізу та прогнозування екологічного стану земель при зрошенні // Таврійський науковий вісник. – 2004. – Вип. 31 (спеціальний). – С. 197–203.
21. Ковальчук П. І., Демчук О. С., Бобер О. В. Прийняття рішень в підсистемі «Використання земель» інформаційно-аналітичної системи оцінки екологічного стану малих річок в умовах невизначеності та ризику // Вісник НУВГП. – 2007. – Вип. 4(40) (присвячений 85-річчю НУВГП). – Ч. 1. – С. 265–270.
22. Крижановський Є. М., Васильчук А. В. Автоматизація методики антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок Вінницької області [Електронний ресурс] // Наукові праці ВНТУ. – 2011. – № 1. – Режим доступу до журн.: http://archive.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2011_1/2011-1.files/uk/11umkovr_ua.pdf (22.05.13).
23. Лихо Е. А. Дифференциальный подход к мелиорируемым объектам при организации мониторинга в бассейнах малых рек // Осушительные мелиорации в современных условиях. – Киев, 1998. – С. 91–94.
24. Малі річки України: довідник / А. В. Яцик, Л. Б. Бишовець, Є. О. Богатов [та ін.] ; за ред. А. В. Яцика. – Київ: Урожай, 1991. – 296 с.
25. Мацнев А. І., Проценко С. Б., Саблій Л. А. Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля : навч. посібник. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2000. – 504 с.
26. Меліорація води і агроландшафтів в басейні р. Інгулець : монографія / за наук. ред. В. А. Сташука, В. В. Морозова, М. М. Ладики. – Херсон: Айлант, 2010. – 329 с.
27. Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України / А. В. Яцик [та ін.]. – Київ, 2007. – 71 с.
28. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, А. В. Яцик [та ін.]. – Київ: СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с.
29. Мисковець І. Я. Антропогенні зміни в басейнах малих річок (на прикладі Волинської області) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Чернівці, 2003. – 20 с.
30. Мокін В. Б., Яцолт А. Р., Боцула М. П. Інформаційна технологія проектування систем обробки даних спостережень якості вод : монографія / під ред. В. Б. Мокіна. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 203 с.
31. Примак А. В. Модели комплексной оценки суммарного загрязнения атмосферного воздуха // Автоматика. – 1987. – № 3. – С. 10–19.
32. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України / Б. М. Данилишин, С. І. Дорогунцов, В. С. Міщенко [та ін.]. – Київ: РВПС України, 1999. – 716 с.
33. Розробка та впровадження систем комплексного контролю та управління на основі технології просторово-орієнтованого представлення даних [Електронний ресурс] / В. Б. Мокін, М. П. Боцула, Г. В. Горячев [та ін.] : зб. матеріалів II Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнар. участю. Інтернет-спільнота «Промислова екологія». – Режим доступу: <http://eco.com.ua/content/rozrobka-ta-vprovadzhennya-sistem-kompleksnogo-ekologichnogo-kontrolyu-ta-upravlinnya-na-osn> (22.05.13).
34. Яцик А. В. Экологические основы рационального водопользования. – Киев: Генеза, 1997. – 628 с.

Глава 25. ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ОСУШЕНИЯ БОЛОТ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ ДЛЯ ДОБЫЧИ ТОРФА

25.1. Торфяники Полесья: сочетание ресурсно-сырьевой и биосферных функций

Более 60 % геологических запасов торфа Украины залегают в недрах преимущественно северных районов Волынской, Ровенской, Житомирской, Киевской и Черниговской областей, то есть – в Украинском Полесье. Торфяные болота являются обычным элементом этого региона и важным объектом хозяйственной деятельности местного населения. Торф издавна добывался для топливных целей и изготовления компостов и удобрений на его основе, а торфяно-болотные почвы являются типичными для данного региона.

Все современные технологии добычи торфа предусматривают обязательное осушение торфяных месторождений перед началом их промышленной разработки. Осушение торфяников – это первый этап их подготовки к разработке промышленным способом. Посредством осушения торфяников решаются, по меньшей мере, две задачи:

- существенное уменьшение в торфяной залежи содержания главного балластного компонента – воды, количество которой в торфе естественной влажности обычно превышает 90 %;
- обеспечение проходимости машин по поверхности торфяников после осушения и осадки залежи.

Между тем природные функции болот и торфяных месторождений многочисленны и реально влиятельны. Обобщенно говоря о сохранении экологического равновесия в природно-территориальных торфяно-болотных комплексах и о поддержании состояния экологической безопасности в регионе, целесообразно иметь в виду следующие биосферные и природно-хозяйственные функции болот и торфяников [1, 2]: межкруговоротную, гидрологическую, аккумулятивную, биологическую, газорегуляторную, геохимическую, ландшафтную, климатическую, ресурсно-сырьевую, культурно-рекреационную, информационно-историческую.

Ресурсно-сырьевая функция болот и торфяников многогранна и издавна реализуется человеком при выпасе скота, заготовке сена, сборе ягод, лекарственных растений, охоте, рыбалке и др. Использование болот и торфяников в указанных направлениях обычно не оказывает заметного отрицательного влияния на торфяно-болотные системы и практически не усложняет выполнение ими остальных природных биосферных функций. Но применение торфяников для выращивания сельскохозяйственных культур и добычи торфа требует осушения площадей и влечет за собой негативные последствия. Техногенное изменение водного режима существенно меняет ход геоморфологических процессов и создает предпосылки для изменения свойств торфа в ничтожно короткое геологическое время – в течение нескольких десятилетий. Поскольку эти изменения могут ухудшать выполнение торфяными месторождениями присущих им биосферных функций (особенно – незаменимых), исследование влияния осушения на экологическое состояние торфяников остается актуальной задачей.

Торфяные месторождения и болотные ландшафты находятся в постоянном и многовекторном взаимодействии с прилегающими территориями, которые в значительной степени определяют тип и направленность болотного литогенеза, стратиграфию и водно-физические свойства торфяной залежи, гидрологический режим и гидрохимические особенности грунтовых вод, растительный покров. И наоборот: процессы на болотах влияют на прилегающие суходолы. Осушение торфяного месторождения, его сельскохозяйственное использование или промышленная разработка приводят к снижению уровней грунтовых вод на окружающих территориях и связанных с этим изменениям растительного покрова, сокращению ареалов обитания животных, водных и лекарственных растений. Именно этим объясняется разработка концепции торфяно-болотных комплексов как зонированных ярусных систем, связанных гидрогеологическим режимом и ходом основных экзогенных процессов [3].

В чем может заключаться суть экологизации осушения торфяников под промышленную разработку? Реально – в достижении двух позитивов: во-первых – в сокращении площадей, подвергающихся осушению, но при обязательном обеспечении условий добычи необходимого количества торфяного сырья; во-вторых – в быстром восстановлении естественного водного режима на выработанных участках торфяника для обеспечения реабилитации и ренатурализации этих участков. Решение первой задачи может быть достигнуто только при условии создания соответствующих новых технологий добычи торфа, которые позволяют получать значительные объемы сырья с малых производственных площадей.

Изложенные обстоятельства определили содержание данного раздела, в котором рассмотрены те угрозы и риски, которые несет для торфяников и окружающей среды осушение месторождений при подготовке для промышленного или сельскохозяйственного использования, а также приведены

инновационные подходы к созданию экологизированных технологий добычи значительных объемов торфа с малых площадей и «мелиоративного обеспечения» этих технологий как неотъемлемого их компонента.

Рассматривая в рамках раздела торфяное месторождение как главный элемент торфяно-болотного комплекса, определяющий его специфические свойства и биосферные функции, отличные от свойств и функций прилегающих сухоходольных территорий, считаем экологическое состояние именно торфяников индикатором общего состояния торфяно-болотного комплекса в целом.

Свойства торфа и торфяной залежи характеризуются, по меньшей мере, девятью показателями: влажность, зольность, степень разложения, теплота сгорания, структура, пористость, влагоемкость, водопроницаемость, плотность, выход сухого вещества, теплопроводность, химический состав [4]. С целью ускорения, упрощения и удешевления мониторинга торфяных месторождений целесообразно определить минимально достаточное количество таких показателей, которые определенно и однозначно позволяют судить об экологическом состоянии торфяников.

Один из таких показателей – толщина торфяного пласта (традиционный синоним – «глубина залежи»), которая является показателем значимости представительства торфа в стратиграфическом разрезе поверхностного слоя литосферы (в пределах четвертичной толщи земной оболочки, в ее последней стадии – голоцене) на исследуемой территории [5]. Зная толщину пласта торфа, можно предварительно отличать, например, торфяное болото (при слое торфа 20–30 см) [6, с. 338] от торфяного месторождения (где мощность торфяного слоя достаточна для промышленной разработки). Сравнивая результаты измерений глубины залежи, полученные в разные годы в конкретных точках торфяника, можно судить о наличии или отсутствии ветровой или водной эрозии, оценивать последствия торфяных пожаров и др.

Вторым показателем, который был выбран нами для оценки торфяной залежи, стала зольность торфа. Именно зольность, то есть содержание минеральных веществ в сухой массе торфа, является тем параметром, который показывает, в какой степени поверхностный слой месторождения представлен торфом, то есть органическим образованием с присущими ему специфическими физическими, водными, тепловыми свойствами [5].

Третьим показателем, причем чрезвычайно важным для функционирования торфяника, является степень его обводненности и влажность.

Определение тенденций изменений, происходящих в состоянии торфяника, должно базироваться на сравнении результатов измерений толщины пласта торфа, значений его зольности и влажности через определенные отрезки времени. Из-за отсутствия четкой системы мониторинга торфяных месторождений Украины большинство из них не подвергались каким-либо обследованиям с момента завершения на них геологоразведочных работ, поэтому именно значение толщины пласта торфа, его зольности и влажности, полученные в процессе геологической разведки торфяника несколько десятилетий назад, могут играть роль начала «эволюционной шкалы» и, в зависимости от характера изменений указанных показателей, свидетельствовать о стабильном состоянии, развитии или деградации природного объекта.

25.2. Методика оценки экологического состояния торфяных месторождений

Оценка экологического состояния торфяных месторождений осуществлялась при участии автора (методическое руководство, участие в обследовании объектов, анализ и интерпретация результатов) экспедиционно-камеральным способом в 2008–2013 гг.

Объектами исследования стали более 40 торфяных месторождений, находящихся в шести областях Украины: Киевской, Черкасской, Житомирской, Ровенской, Волынской и Львовской. Для каждого торфяного месторождения, на основании результатов предварительно выполненных геологоразведочных работ, были подготовлены следующие материалы:

– план торфяного месторождения с нанесенными границами залежи и поперечниками с показанными точками зондирования и значениями глубин залежи;

– кадастровое описание торфяного месторождения с указанием: номера месторождения по справочнику и карте, его названия, ориентиров; данных о стадии, годе проведения и исполнителе геологоразведочных работ; площади месторождения; максимальной и средней глубине залежи; балансовых и забалансовых запасов торфа; геоморфологической ситуации, водоприемника, качественной характеристики торфа, современного состояния и направления использования.

Указанные материалы датированы в основном 60–70-ми годами XX века и на период выполнения нами полевых работ (2008–2013), содержали данные 40–50-летней давности. Это создавало возможность для установления характера и количественной оценки изменений, произошедших в торфяных залежах в течение этого времени.

Как известно, геологоразведочные работы на торф проводятся по следующим трем направлениям: геологическое изучение выявленных торфяных месторождений; технико-экономическое изучение условий эксплуатации; периодическое геолого-экономическое оценивание промышленного значения объекта разведки [7]. Однако сужение целей и задач исследования позволило упростить методику полевых работ по оценке торфяных залежей, что способствовало ускорению и удешевлению их выполнения.

Для исследования большинства месторождений полевые экспедиционные работы были спланированы по принципу маршрутной разведки, без создания сплошной зондировочной сети, но с прокладкой ходов по участкам и по направлениям, дающим наиболее выразительную картину ситуации с состоянием торфяной залежи и растительного покрова и реальными с точки зрения проходимости болотами.

В состав работ входили: оценка растительного покрова, зондирование торфяной залежи для определения ее мощности и бурения с отбором проб для анализа торфа на влажность и зольность. Отбирались также отдельные пробы торфа для установления степени разложения и вида торфа. Для определения уровня стояния грунтовых вод в необходимых случаях отрывались смотровые колодцы.

Оценка растительного покрова осуществлялась визуально на предмет наличия болотных влаголюбивых растений, без детализации. Для четкого определения мест зондирования залежи использовалась как привязка по ориентирам (в 2008 г.), так и GPS-приемники Garmin eTrex 30 или GS-20 с антенной AT501 (в 2012–2013 гг.). Зондирование залежи и отбор проб торфа осуществляли с помощью двух торфяных буров: зондировочного бура с длиной пробоотборного челнока 250 мм и бура Гикторфа с челноком длиной 400 мм.

Отобранные пробы торфа герметизировались в бюксах, номера которых, а также данные о времени, месте и горизонте отбора фиксировались в специальном журнале. Определение влажности проб торфа выполняли наиболее точным термостатно-весовым методом в соответствии с ГОСТ 11305-83 (Торф. Методы определения влаги), зольности – путем сжигания образцов торфа в муфельной печи по методике, определенной в ГОСТ 11306-83 (Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности).

В отдельных случаях по методике, соответствующей ГОСТ 28245-89 (Торф. Методы определения ботанического состава и степени разложения), определялся ботанический состав торфа, а на его основе – тип, подтип, группа и вид торфа по генетической классификации. Определение степени разложения торфа осуществляли методом мазков, микроскопическим методом (ГОСТ 28245-89) или методом отмучивания с применением центрифуги (ГОСТ 10650-72).

При обследовании торфяных месторождений осуществлялась фото и видеосъемка.

25.3. Результаты выборочного обследования торфяных месторождений

Были обследованы некоторые торфяные месторождения, расположенные в Киевской, Черкасской, Житомирской, Ровенской, Волинской и Львовской областях, и хотя два из них (Черкасская и Львовская) не находятся в полесской зоне, обзор торфяников в этих областях также представлял научный интерес. При выборе месторождений для обследования принималось во внимание следующее:

- наличие кадастровых данных о месторождении;
- значительный размер (более 200 га);
- среди избранных для обследования объектов должны быть осушенные, частично осушенные и неосушенные торфяники;
- среди избранных для обследования месторождений должны быть такие, которые не используются в хозяйственной деятельности либо используются по разным направлениям и с разной интенсивностью.

Из полученных данных (в расчет были взяты результаты обследования 30 торфяников) следует, что на семи торфяниках из тех, что относятся к категории осушенных, в течение 30–50 лет зольность торфа выросла в 1,7–3,8 раза. Прослеживается зависимость степени роста зольности от интервала времени между определениями ее значений: даже при линейной аппроксимации линии тренда мы наблюдаем заметный рост зольности торфов осушенных месторождений со временем. Выполненный с помощью программы Excel расчет коэффициента корреляции между двумя множествами чисел (интервалов времени и индекса роста зольности) дал значение 0,827, что свидетельствует о наличии существенной связи между этими показателями.

Приведенные на графике результаты (рис. 25.1) нельзя интерпретировать как такие, что показывают четкую зависимость роста зольности торфа от срока пребывания торфяника в осушенном состоянии, поскольку на момент определения первого значения зольности при геологической развед-

ке в 1957–1986 гг. большинство из них не были осушены, а дата проведения мелиоративных работ точно не известна. Кроме того, на показатель зольности торфа влияют направление и интенсивность использования торфяника. К примеру, осушенный торфяник «Заклевщина» (Ровенская обл., Заречненский р-н, площадь месторождения более 2,6 тыс. га) по результатам геологической разведки 1965 г. имело среднюю мощность залежи 1,2 м и среднюю зольность торфа 16 %. Проведенное с участием автора рекогносцировочное обследование этого же месторождения в 2008 г. показало, что многолетнее использование его территории в качестве сельхозугодий с интенсивным выращиванием пропашных культур уменьшило мощность залежи до 0,2–0,8 м и увеличило зольность торфа до 38 %. Фактически «Заклевщина» потеряла статус торфяного месторождения. И такие случаи, к сожалению, не редкость. Например, полностью минерализованные участки сельхозугодий были обнаружены нами в 2012 г. в прежних границах торфяного месторождения «Збищене» Камень-Каширского района Волынской области.

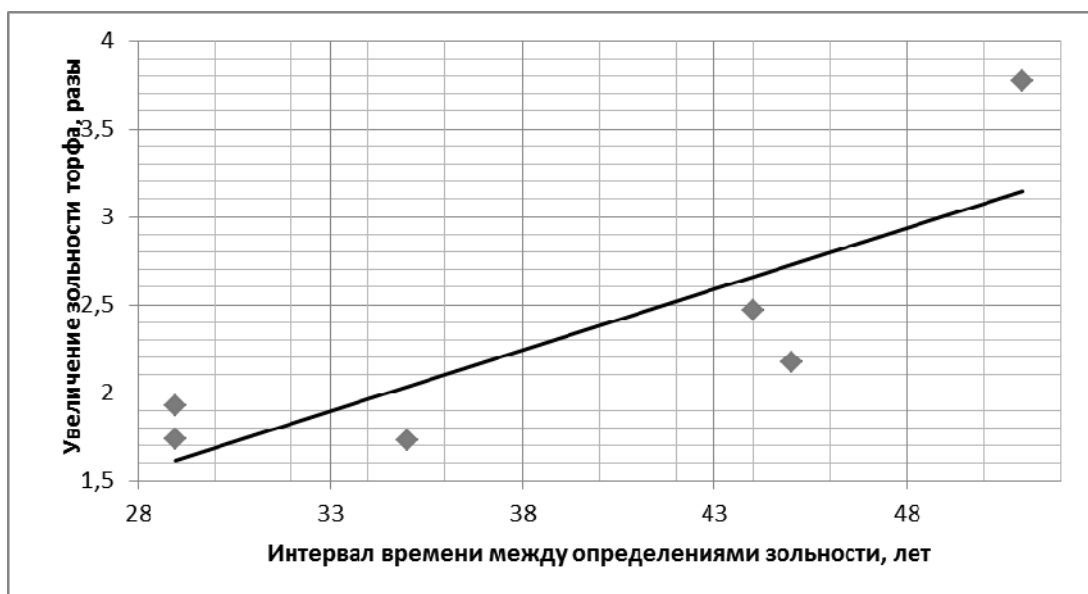


Рис. 25.1. Зависимость роста зольности торфа от интервала времени между ее определениями на осушенных торфяниках

На значение зольности влияют также другие факторы техногенного или природного происхождения. К примеру, торфяное месторождение Коровица (Рокитновский район Ровенской области, площадь 551 га), на котором в течение 44 лет зольность выросла с 8,9 до 21,95 % (в 2,5 раза) не только интенсивно использовалось как сельскохозяйственные угодья, но и неоднократно страдало от пожаров, во время которых выгорало органическое вещество торфа. Такие деградированные месторождения почти полностью теряют свойственные торфяникам биосферные функции.

Частично осушенное торфяное месторождение «Вилия» (Рокитновский район Ровенской области, площадь месторождения 540 га) не очень интенсивно используется для выращивания зерновых культур и многолетних трав. Маршрутное обследование месторождения в 2008 г. показало, что, по сравнению с данными разведки 1981 г., средняя толщина пласта торфа уменьшилась незначительно (с 2,3 до 2,0 м, или на 13 %, главным образом из-за осадки залежи после осушения), а зольность также выросла несущественно: в среднем с 9,3 до 11,7 % [5].

Некоторые из осушенных или частично осушенных торфяников по причине запущенности мелиоративных систем, размножения и активной деятельности бобров по созданию гатей на каналах фактически подверглись повторному заболачиванию и этим сохранили зольность торфа на уровне естественных значений. Такое наблюдалось на торфяном месторождении Великое Болото (Волынская обл.), участке месторождения Морочно II, Бабий Мох (Ровенская обл.) и др.

На неосушенных торфяных месторождениях существенных изменений зольности не отмечено, разница в ее значениях находится в пределах закономерной погрешности подобных измерений. Так, выполненное летом 2012 г. рекогносцировочное обследование торфяного месторождения «Стобыхивське» (Камень-Каширский район Волынской области, общая площадь 1895 га, детальная разведка 1970 г.) показало, что на обводненном участке месторождения (0,5 км северо-западнее с. Стобыхивка, западнее озера Стобыхивское), где уровень стояния грунтовых вод лишь на 10–15 см ниже поверхности, а влажность торфа в залежи составляет 84–93 %, качественные и количественные показатели торфяной залежи практически полностью идентичны данным 42-летней давности [5]. Такие место-

рождения в полной мере выполняют свойственные им биосферные функции, положительно влияют на состояние экологического равновесия в регионе.

На основании изложенного можно заключить, что осушение и интенсивное использование торфяников в качестве сельхозугодий ведет к минерализации торфа и потере им тех характерных свойств, которые являются определяющими в исполнении торфяниками специфических биосферных функций. Сопоставляя контуры торфяных месторождений на картах кадастра с изображениями этих же месторождений на космических снимках (полученных, например, через приложения Google Maps или Google Earth), можно увидеть характерные признаки интенсивного (рис. 25.2), частичного (рис. 25.3) сельскохозяйственного использования торфяников, а также те месторождения (или участки месторождений), на которых не ведется активная хозяйственная деятельность и которые не испытывают техногенного воздействия (рис. 25.4).

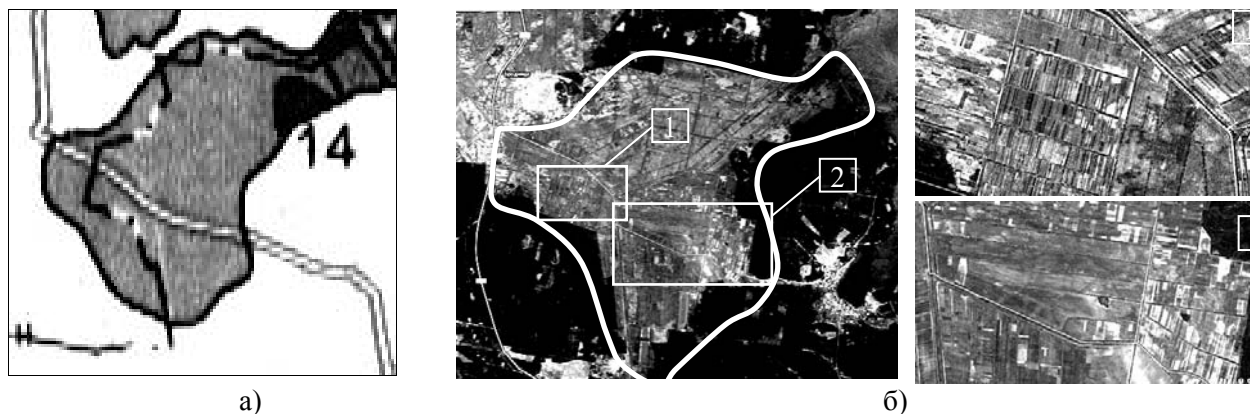


Рис. 25.2. Торфяное месторождение «Заклевщина» (интенсивно используется как сельхозугодья) на карте торфяного фонда (а) и на спутниковых снимках (б)

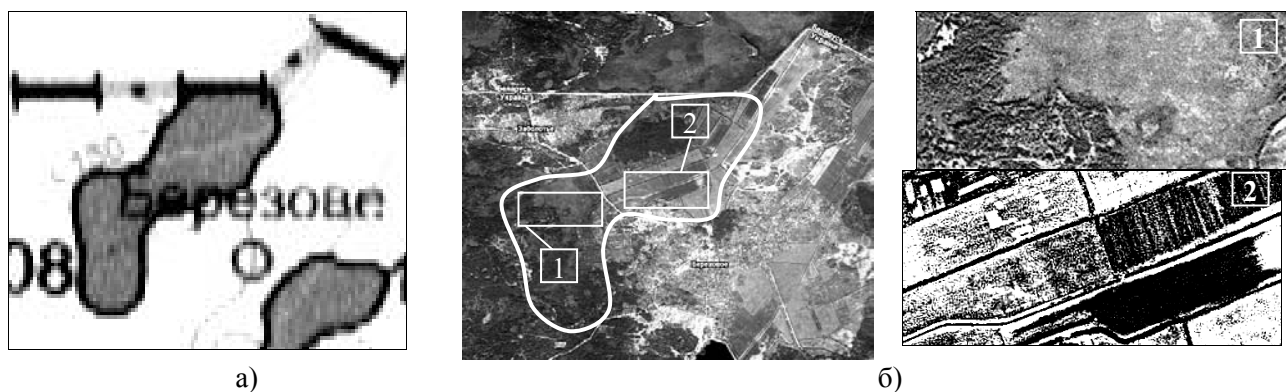


Рис. 25.3. Торфяное месторождение «Виляя» (частично используется как сельхозугодья) на карте торфяного фонда (а) и на спутниковых снимках (б)

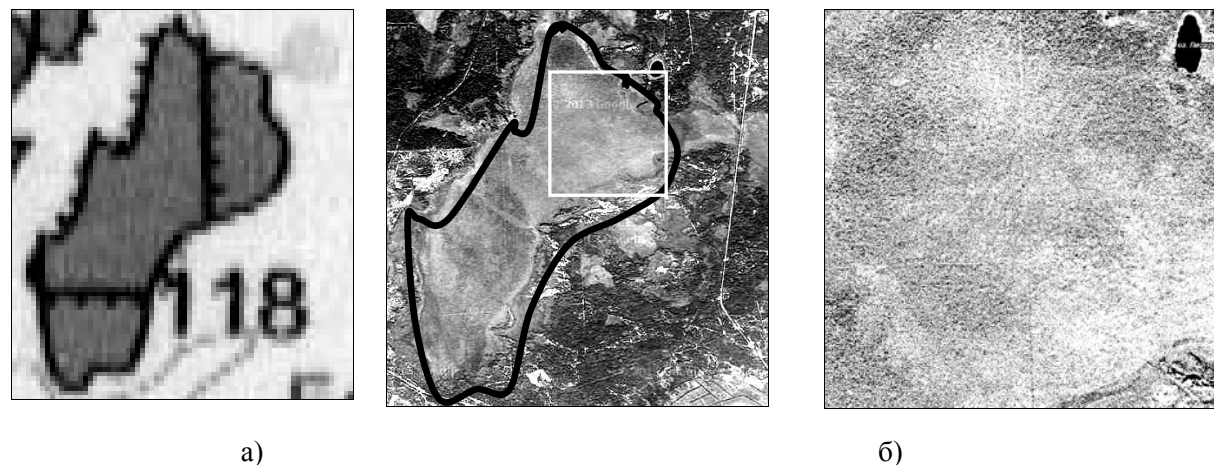


Рис. 25.4. Торфяное месторождение «Камень» (находится в естественном состоянии) на карте торфяного фонда (а) и на спутниковых снимках (б)

25.4. Торфяные пожары – следствие бесконтрольности осушенных торфяников и фактор угрозы экологической безопасности региона

Как уже отмечалось, осушение торфяных залежей становится причиной интенсификации окисления органического вещества торфа, минерализации и деградации торфяников. Однако гораздо быстрее и заметнее проявляются катастрофические последствия такого экологического бедствия, как торфяной пожар.

Количество пожаров на торфяниках Украины измеряется сотнями в год. Например, в 2011 г. зафиксировано 289 пожаров на торфяниках (больше всего во Львовской области – 61, Ровенской – 38, Волынской – 35) [8], в 2012 г. – 165 пожаров (больше всего во Львовской – 57, Житомирской – 23, Волынской – 23) [9], в 2013 г. – 160 (больше всего во Львовской – 106, Житомирской – 15, Киевской – 11, Волынской – 9) [10]. Стоит обратить внимание на то, что Волынская область не является «лидером» по количеству торфяных пожаров, хотя именно эта область обладает крупнейшими в Украине торфяными ресурсами (21 % от общеукраинских) и лидирует по объемам добычи и переработки торфа. Наибольшее количество торфяных пожаров возникает в Львовской области, где объемы добычи ниже, но где остались без должного ухода и эффективного использования около 80 торфяных месторождений, большинство из которых осушены.

Торфяные пожары возникают преимущественно во второй половине лета, когда поверхностный слой торфяников просыхает. Причинами возгорания в меньшей степени становятся природные явления («сухие грозы» на лесистых торфяниках), в большей – антропогенные факторы (неосторожное обращение с огнем, неисправность техники и т. п.). Из-за высокой пористости торфа (это особенно характерно для торфа верхового типа) и значительного содержания кислорода в его элементном составе возгорание может распространяться от поверхностного пламени на значительную глубину, где горение происходит в беспламенном режиме в виде тления.

Характерные для Украины торфяные залежи низинного типа имеют, к счастью и в отличие от верховых залежей, меньшую пористость и содержат в своих растительных остатках меньше кислорода. Поэтому горение низинных торфов в залежах и на поверхности происходит в основном путем тления, то есть без открытого огня, и источник горения не может значительно углубляться в залежь из-за недостатка кислорода. Другим непреодолимым для горения барьером служат грунтовые воды, и при высоком их стоянии тление торфа не углубляется ниже этого уровня. Наблюдения автора по результатам пожаров на торфяниках Рокитновского района Ровенской области – Коровица (осушенное и используется для огородничества) и Стеризивка (в северной части, осушенной под лесоводство), а также многочисленные обследования участков бывших пожаров на других месторождениях показали, что выгорание торфяных залежей низинного типа обычно происходит до глубины $0,2 \div 0,4$ м [11].



а)



б)

Рис. 25.5. Частично выгоревший участок в северной части торфяного месторождения «Стеризивка» (фото автора)

На неосушенных участках торфяников встречались следы преимущественно верховых пожаров. Так, на поверхности месторождения «Бабий Мох» (Дубровицкий район Ровенской области) были замечены отчетливые следы выгорания мелколесья и кустарника с незначительными признаками горения залежи (рис. 25.6).



а)



б)

Рис. 25.6. Следы верхового пожара (а) и выгорания мелколесья, кустарников и восстановление мохового покрова (б) на торфяном месторождении «Бабий Мох» (фото автора)

Считается, что торфяные пожары не совершают долговременного и необратимого воздействия на болотные экосистемы. Анализ растительных остатков в торфах свидетельствует о том, что восстановление эволюционного дрейфа болотных экосистем происходит, в зависимости от интенсивности и вида пожара, через 200–600 лет при существенном удлинении лесных стадий их развития [12]. Собственные наблюдения автора свидетельствуют о том, что на торфяниках с высоким уровнем стояния грунтовых вод восстановление мохового и травяного яруса на местах пожаров происходит значительно быстрее, в течение десятилетий (рис. 25.6 б).

25.5. Современные процессы торфообразования и торфонакопления

Исследование процессов торфообразования и торфонакопления – это специфическая отрасль науки о торфе на стыке биологии, биофизики, биохимии, геологии, палеонтологии и других наук и отраслей знаний. И если изучение процессов формирования торфа как органо-минерального образования в отдаленные периоды можно успешно осуществлять с помощью радиоуглеродного анализа, путем измерения содержания в материале радиоактивного изотопа ^{14}C по отношению к стабильным изотопам углерода, то установление самого факта наличия процесса торфообразования и темпа торфонакопления в настоящее время требует длительных наблюдений в условиях природных стационаров. В данном разделе мы не ставим целью подвергать сомнению или проверке общепризнанное утверждение: современные украинские торфяные месторождения, как и месторождения всего Северного полушария, относятся только к голоцену, имеют возрастную границу между 10 и 12 тыс. лет и в настоящий период позднего голоцена (27 тыс. ^{14}C лет назад – наши дни) при наличии соответствующих условий сохраняют способность к торфообразованию и торфонакоплению [13], хотя последний процесс происходит с несколько меньшей вертикальной скоростью, чем в раннем и среднем голоцене [14].

В контексте изложенного необходимо отметить, что небольшой эксперимент по установлению факта возобновления процесса торфообразования на участке торфяного месторождения «Морочно» (Дубровицкий район Ровенской области) был выполнен автором ситуативно и не претендует на количественные оценки интенсивности образования и накопления торфа в современный период.

В 1980 г. на одной из эксплуатационных площадей производственного участка «Морочно» произошел пожар, который был ликвидирован путем искусственного поднятия уровня стояния грунтовых вод и подтопления участка, после чего он не осушался и не эксплуатировался. Через 30 лет, в 2010 г., автору пришлось снова побывать на этом участке торфяника, который практически восстановил свое естественное состояние (рис. 25.5 а) и развивался в режиме верхового болота со значительными перепадами уровня между поверхностью залежи и верхушками образовавшихся кочек (рис. 25.5 б).

На отобранном образце торфа достаточно определенно просматривалась линия, сформированная зольными частицами, а также «новый» торф над ней и поверхностный слой полуразложившихся остатков растений (рис. 25.6). Толщина слоя «нового» торфа составляет около 15 мм, что соответствует вертикальной скорости торфонакопления 0,5 мм/год и меньше декларируемых С. Зуреком (S. Zurek) для торфяников Украины 0,68 мм/год [14, с. 151] на 26 %. Причиной этой разницы может быть то, что даже при быстром обводнении после пожара торфянику понадобилось несколько (около восьми) лет для возвращения болотной растительности и восстановления природных процессов.



а)



б)

Рис. 25.7. Участок торфяного месторождения «Морочно» через 30 лет после пожара (фото автора)

25.6. Диалектика восстанавливаемости торфяных месторождений и торфяных ресурсов

Уже упоминалось, что годовой прирост толщины пласта торфяных залежей в Украине оценивается в пределах от 0,40 до 0,68 мм [14]. Если умножить эти числа на возраст месторождений (10–12 тыс. лет), то получим значение мощности пласта в пределах от 4 до 8 м. Залежи такой мощности встречаются в Украине, что свидетельствует о близости указанных значений прироста к реальности.

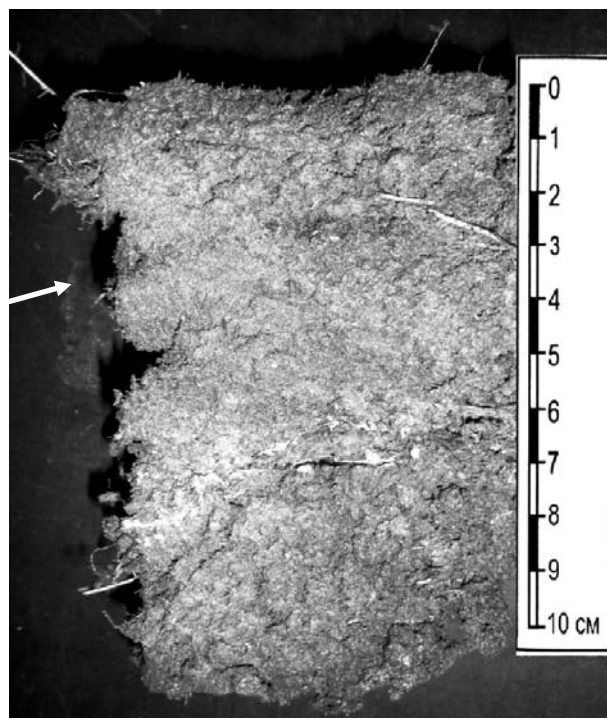


Рис. 25.8. Образец торфа, отобранный через 30 лет после торфяного пожара на участке торфяника «Морочно»: выше стрелки – новообразованный торф и очес (фото автора)

Финские ученые, послойно исследовав возраст торфяной залежи методом радиоуглеродного анализа [15], рассчитали темп торфонакопления каждого слоя с шагом 1000 лет и представили результаты в наглядной форме (рис. 25.7).

Бросается в глаза то, что остаточная толщина слоя торфа каждого предыдущего тысячелетия меньше, чем последующего. Мы связали это с деятельностью метаногенных бактерий, которые в процессе своей жизнедеятельности потребляют органическое вещество торфа и производят метан [16]. Ежегодный прирост толщины пласта торфа на старых месторождениях, имеющих обширную анаэробную зону, где активно действуют бактерии, не может равняться толщине слоя новообразованного торфа на поверхности торфяника, а должен определяться как разница между толщиной слоя,

образовавшегося и слоя, который за это время был «переработан» бактериями в глубине пласта на метан. Зато на молодых торфяниках, где анаэробная зона незначительна, а метаногенные бактерии почти отсутствуют, годовая прибавка общей толщины пласта практически равна толщине слоя торфа, образовавшегося в течение года [17]. Для украинских торфяников, с учетом более длительного, чем в Финляндии, периода вегетации и интенсивного прироста биомассы болотных растений, прибавка толщины пласта торфа без значительной погрешности может ориентировочно приниматься 1 мм в год.

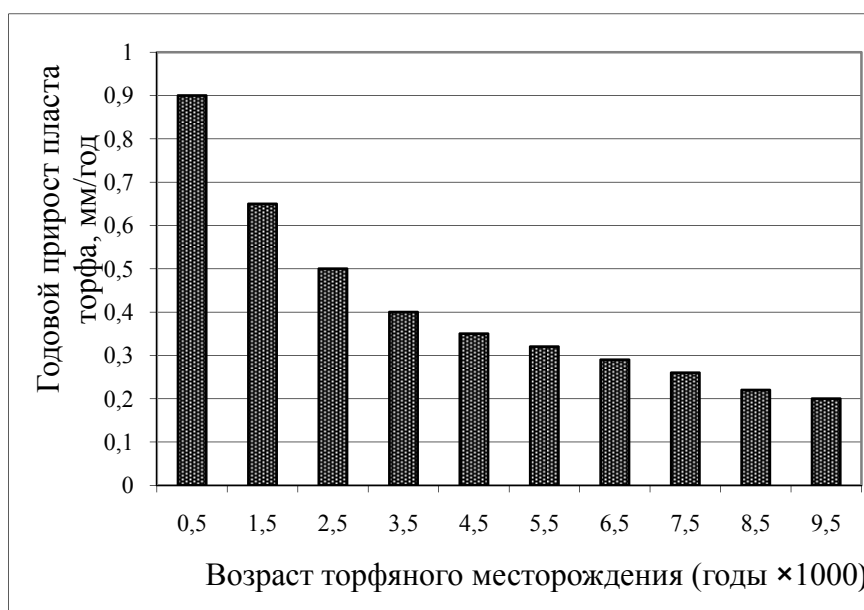


Рис. 25.9. Темп прироста толщины залежи на протяжении каждого из 9,5 тысячелетия процесса торфонакопления [15]

Все исследователи солидарны в том, что процессы торфообразования и торфонакопления происходят и в наше время. Это также продемонстрировано в данном разделе (рис. 25.6). Однако общей позиции по восстанавливаемости торфяных ресурсов пока нет. Доминирует мнение о торфе как о ресурсе, который не восстанавливается. Эта мысль (в неявной форме) закреплена и в законах Украины «Об альтернативных источниках энергии» [18] и «Об альтернативных видах топлива» [19]. Действительно, при темпе срабатывания пласта торфа фрезерным способом около 200–300 мм/год темп торфообразования 1 мм/год располагает к неутешительному для торфяников выводу: если для восстановления слоя торфа, срабатываемого в течение сезона добычи, нужно около 300 лет, то о возобновляемости именно этого торфяного месторождения говорить не стоит.

Уже в начале XXI века в отношении торфа стали употреблять термин «медленно возобновляемый ресурс» (*slowly renewable resource*) [20, с. 117]. Так был охарактеризован торф и в резолюции международной конференции «Торф в решении проблем энергетики, сельского хозяйства и экологии» (Минск, 2006 г.), а в «Резолюции по стратегии в области биомассы и биотоплива» (2006/2082 (INI)), принятой Европарламентом в декабре 2007 г., торф трактуется как «медленно возобновляемый энергетический ресурс для производства энергии из биомассы» [21, с. 155].

Позиция в отношении возможности преобразования торфа в восстанавливаемый ресурс [22, 23] существенных замечаний не вызвала, хотя тезис о возможности восстановления метрового торфяной залежи через 1 тыс. лет вряд ли воспринимается как аргумент восстанавливаемости торфа относительно конкретного торфяника. Конечно, «для каждого отдельно взятого торфяного месторождения понятие «добычи торфа» и «экологическая безопасность торфяника» находятся в непримиримом противоречии или же просто несовместимы» [24, с. 48]. Но приведенные выше данные о темпе срабатывания пласта торфа 200–300 мм/год при темпе торфообразования 1 мм/год можно воспринимать не только как пессимистический знак, а интерпретировать и по-другому, более эвристически, с целью поиска механизма воспроизводства торфяных ресурсов. Поделив 200–300 на 1 мы получим не только продолжительность полного восстановления пласта торфа, а величину площади торфяника, которая необходима для образования и накопления такой же массы торфа, как была добыта с одного гектара производственной площади за сезон, то есть $200 \div 300$ га. Это является реальным вариантом решения вопроса восстанавливаемости торфяных ресурсов: образование торфа в пределах выработанного торфяника является лишь мизерной долей от общего количества новообразовавшегося торфа на других торфяниках и их участках, где происходят процессы торфообразования и накопления. Поэтому

вопрос воспроизводства торфяных ресурсов надо решать на уровне региона, который должен иметь такие площади продуктивных (по торфообразованию) болот, которые в 200 ÷ 300 раз превосходят площадь полей добычи фрезерного торфа.

Масса новообразовавшегося в течение года торфа рассчитывается по формуле [24]

$$P_{н.с.} = 10 \cdot F_{н.м.} \cdot h \cdot \gamma_e \cdot \frac{100 - \omega_e}{100 - \omega_y}, \text{ тыс. т,} \quad (25.1)$$

где $F_{н.м.}$ – площадь неосушенных месторождений и торфяных болот, га; h – толщина слоя торфа, образующегося ежегодно на неосушенных торфяниках и заболоченных землях, м/год; γ_e – плотность торфа в естественном состоянии, т/м³; ω_e – естественная влажность новообразованного торфа, % (для расчетов можно принять 90–95 %); ω_y – условная расчетная влажность торфа (40 %).

Видимая простота расчета, к сожалению, не гарантирует получения объективных результатов. Точно неизвестна площадь торфяных месторождений и торфяных болот $F_{н.м.}$, на которых происходит полноценное образование и накопление торфа. Неизвестно и точное значение слоя торфа h , который образуется в течение года на том или ином торфянике или его участке и существенно зависит от состава фитоценоза, условий вегетации, водного режима. Кроме того, как было показано на рисунке 25.7, прирост слоя залежи зависит от ее возраста. Для случая расчета суммарной годовой прибавки массы торфа на различных торфяниках или разных их участках, для каждого из которых установлены значения площади F_i и толщины слоя «нового» торфа h_i , значение среднего прироста слоя торфа h определяется как среднее динамическое:

$$h = \frac{h_1 \cdot F_1 + h_2 \cdot F_2 + \dots + h_i \cdot F_i}{F_1 + F_2 + \dots + F_i}, \text{ мм/год,} \quad (25.2)$$

где h_1, h_2, h_i – прирост торфу на первом, втором и i -том участке, мм/рік; F_1, F_2, F_i – площади первого, второго и i -того участков соответственно, га.

В условиях отдельно взятого региона проще определить наличие или отсутствие процессов торфообразования на отдельных торфяниках даже по косвенным признакам, в первую очередь – по уровню стояния воды и его колебаниями в течение года, а также по полноценности присутствия болотной растительности. Понятно, что иметь и такую информацию можно только при действующей системе мониторинга торфяного фонда региона.

Из изложенного следует, что торф действительно является «явно медленно возобновляемым ресурсом» (*Peat is a clearly slowly renewable resource*) [20, с. 117], и на вопрос о его восстанавливаемости существуют два противоречивых, но правдивых ответа: «нет» и «да».

«**Нет**» – на уровне отдельного торфяного месторождения, если речь идет о восстановлении целостного торфяного тела в объеме, который существовал до техногенного вмешательства.

«**Да**» – на уровне достаточно большого региона, своеобразного «торфяного бассейна», где на каждый разрабатываемый гектар торфяного месторождения приходится 200 ÷ 300 га площади торфяников, на которых происходит полноценный процесс образования и накопления торфа.

При этом очень важно заметить, что и на уровне отдельного торфяного месторождения стоит говорить и действовать в направлении постепенного восстановления его биосферных функций: этот процесс происходит по шкале биологического (не геологического) времени, поэтому человечество и природа почувствуют первые признаки возрождения некоторых биосферных функций торфяника значительно быстрее, в течение 5–10 лет, задолго до восстановления запасов торфа месторождения.

25.7. Модернизация технологий добычи торфа – путь к экологизации специальных осушительных мелиораций

В общих положениях Закона Украины «Об охране окружающей природной среды» среди основных принципов указываются «приоритетность требований экологической безопасности, обязательность соблюдения экологических стандартов, нормативов и лимитов использования природных ресурсов при осуществлении хозяйственной, управленческой и иной деятельности», а также «экологизация материального производства на основе комплексности решений в вопросах охраны окружающей среды, использования и воспроизводства возобновляемых природных ресурсов, широкого внедрения новейших технологий» [26, ст. 3].

Экологическую безопасность техноприродной геосистемы Г. И. Рудько [27] рассматривает как «такое ее состояние в пределах расчетного периода, которое обеспечивает функционирование системы в режиме, исключающем нарушение гомеостаза». Такой подход полностью соответствует как мировой концепции устойчивого развития, так и украинской, в которой экологическая безопасность

признается составной частью «национальной и транснациональной безопасности, определяющей защищенность права человека на безопасную для жизни и здоровья окружающую среду и обеспечивающей необходимые условия для воспроизводства природных ресурсов путем регулирования техногенной деятельности» [28, с. 16].

Состояние безопасности техноприродной геосистемы (ТПГ) в параметризованном виде по главным ее факторам представлено Г. И. Рудько так [27]:

$$K_{БТПГ} = W_{рес(t)} / ГП \rightarrow КС \approx V_P / V_T, \quad (25.3)$$

де $K_{БТПГ}$ – коэффициент экологической безопасности; $W_{рес}$ – стоимость ресурсного потенциала в рамках соответствующего времени t ; $ГП$ – геологические процессы в границах геосистемы и ее состояние в условиях оптимального функционирования; $КС$ – факторы критического состояния геосистемы; V_P – объем геологической среды, которая находится в пределах естественной организации геосистемы; V_T – объем геологической среды, который находится в пределах влияния техногенной составляющей геосистемы.

В контексте раздела методологически важно то, что анализ формулы (25.3) ведет к двум концептуально значимым выводам. Во-первых, из формулы (25.3) очевидно, что коэффициент экологической безопасности техноприродных геосистемы и соответственно торфяно-болотных комплексов (ТСК) как составляющих ТПГ обладает тем более высоким значением, чем выше стоимость ресурсного потенциала $W_{рес}$ и чем меньше влияние геологических процессов в пределах геосистемы $ГП$.

Во-вторых, продолжая анализировать формулу (25.3) в части факторов критического состояния геосистемы $КС$, можно сделать взвод о том, что при постоянном объеме геологической среды, находящейся в пределах естественной организации геосистемы V_P , росту ее экологической устойчивости способствует уменьшение V_T – объема геологической среды, находящейся в пределах влияния техногенной составляющей геосистемы.

Первый вывод – формализованное с помощью математической логики подтверждение сделанных в предыдущих публикациях прогнозов по росту экологических рисков для ТБК и прилегающих к ним территорий из-за неблагоприятных геологических процессов, масштабно происходящих в залежах осушенных торфяников в условиях их неоптимального функционирования [4, 5].

Второй вывод – принципиальная правильность подхода к модернизации технологий добычи и переработки торфа по обеспечению выполнения программы производства продукции при существенном уменьшении производственных площадей для сохранения остальных площадей месторождений в состоянии, обеспечивающем выполнение присущих торфяникам биосферных функций. Именно употребление термина «экологизация» относительно выбранных путей модернизации технологий и оборудования является корректным.

Таким образом, для экологизации распространенного в мире и в Украине фрезерного способа добычи торфа нужно минимизировать площадь торфяного месторождения, которая подвергается осушению. Результаты модернизации технологической операции валкования фрезерного торфа [5] дают право надеяться на возможность сокращения производственных площадей в 1,4–1,8 раза при условии добычи торфа для брикетирования, без уменьшения объема производства брикета. Но при добыче торфа не для топлива, а в качестве основы для удобрений, компостов, питательных грунтов и т. п. предложенные модернизации малоэффективны, поскольку в таком случае нельзя снижать влажность продукции до значений, при которых торф приобретает гидрофобность.

Учитывая изложенное, можно сделать взвод: актуальной является разработка принципиальной схемы новой технологии добычи фрезерного торфа, которая была бы эффективной для схем производства торфяного сырья различного назначения и отвечала следующим требованиям:

- базировалась на использовании типовых технологических процессов, машин и оборудования;
- обеспечивала существенное (в разы) уменьшение осушенной эксплуатационной площади торфяника;
- минимизировала действенность присущих фрезерному способу добычи торфа негативных факторов влияния на торфяник и окружающую среду;
- позволяла быстро перейти от этапа добычи к этапам реабилитации и ренатурализации производственного участка в непосредственной близости от технологических площадок добычи фрезерного торфа.

Поскольку в этих требованиях есть технические противоречия (типовые технологические процессы – но минимизация негативных последствий их применения, типичные машины и процессы – но выполнение производственной программы на в разы меньшей площади и т. д.), разрабатывать экологизированные технологии добычи фрезерного торфа целесообразно с применением эвристических методов.

Результатом применения «принципа объединения» стал экскаваторно-фрезерный способ добычи торфа, на который автор (совместно с А. Стадником) получил патент [29]. Суть способа (рис. 25.10) следующая: начало разработки месторождения мало чем отличается от обычной типовой схемы фрезерного способа добычи торфа. К разработке готовят участок первоочередной добычи площадью от 25 до 40 % общей площади месторождения, на котором осуществляется осушение залежи, уничтожение растительности, изготовление магистрального 2, картовых 3 и валовых каналов 4, профилирование поверхности карт 5 и др. Отличие заключается в том, что этот первоочередной участок должен располагаться на самой высокой части торфяного месторождения.

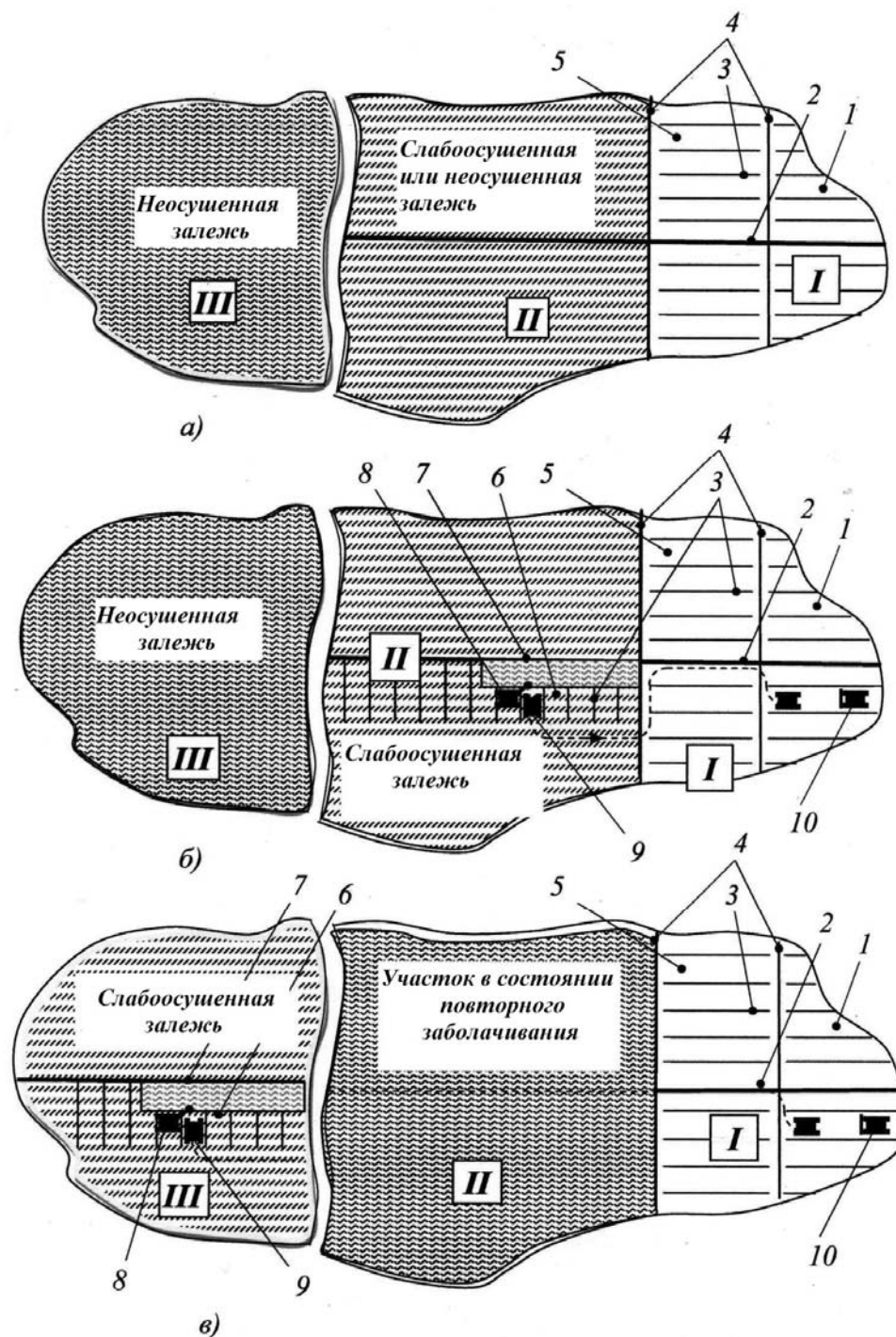


Рис. 25.10. Последовательность разработки торфяного месторождения: а – начальная стадия (фрезерный способ); б, в – экскаваторно-фрезерный способ

На созданных технологических площадях (на рис. 25.10 не заштрихованы) начинают добычу торфа обычным фрезерным способом, возможно – с применением экологизированных операций фрезерования и валкования. Когда остаточный слой торфа достигает минимально допустимых нормативных значений толщины защитного придонного слоя (0,5; 0,3 или 0,15 м, в зависимости от направле-

ния дальнейшего использования произведенных площадей), добычу торфа фрезерным способом прекращают. Участок первоочередной добычи I превращают в поля сушки торфа, добытого экскаваторным способом на участке II (рис. 25.10 б), а после его срабатывания – на участке III (рис. 25.10 в). Для ведения экскаваторных работ прокладывают каналы: экскаваторный (карьерный) 7 и картовые 3, предназначенные для снижения влажности залежи приканальной полосы до уровня, обеспечивающего проходимость и устойчивость одно- или многоковшовых экскаваторов 8 и транспортных средств 9, которые подъезжают для загрузки.

Экскавированную торфомассу транспортируют на карты 5 полей сушки, где разравнивают по поверхности с помощью бульдозеров 10 и разрыхляют (фрезеруют или ворошат, в зависимости от дисперсности торфа), сушат в естественных условиях, валкуют и собирают торфоуборочными машинами фрезерно-бункерного добывающего комплекса (например, МТФ-44). Экскавацию торфа можно осуществлять как одним экскаватором с одной стороны, так и двумя или более экскаваторами с обеих сторон карьерного канала, но с оставлением дамбы для проезда машин.

По мере срабатывания центральной части месторождения фронт добычных работ перемещается с центрального участка II на западный III (рис. 25.10 в), а центральный участок переводится в режим повторного заболачивания и постепенного восстановления присущих торфяникам биосферных функций. После отработки западного участка всю территорию торфяного месторождения повторно заболачивают с перспективой дальнейшей ренатурализации.

Предложенный способ обеспечивает высокий коэффициент извлечения торфа из всего объема залежи торфяного месторождения и в то же время не требует тотального его осушения. В течение всего периода разработки значительная часть месторождения находится в состоянии, близком к естественному, а выработанная экскаватором площадь превращается в водоем и быстро начинает восстанавливать свою гидрологическую, аккумулятивную, биологическую и другие экологические функции [11].

Изложенная технология требует от системы осушения специфических свойств. Расположение участка I (поля добычи торфа фрезерным способом) на наиболее высокой территории торфяника имеет целью обеспечение самотечного отвода воды с максимально возможной нормой осушения, которая не должна быть меньше 0,6 м для надежного предупреждения увлажнения расстила торфа через капиллярное поднятие грунтовых вод. Для этого, в частности, должно быть выполнено профилирование технологической карты (рис. 25.11, сечение А-А) путем придания ее поверхности выпуклой формы для увеличения расстояния до депрессионной кривой уровня стояния грунтовых вод.

Основная осушительная сеть состоит из картовых каналов (каналы-осушители), валовых (коллекторные) и магистрального (транспортирующий) каналов. В случае опасности попадания на территорию торфяника стока воды с прилегающих территорий по его периметру обустраивается нагорный канал, а при угрозе подтопления торфяника грунтовыми водами – ловчий канал.

Картовые каналы в плане должны располагаться по возможности перпендикулярно к направлению грунтового потока, параллельно друг другу и сочетаться с валовыми каналами под углом 90° .

Расстояние между картовыми каналами принимается:

- на торфяной залежи верхового типа – 20 м;
- на торфяной залежи низинного типа – 40 м;
- на торфяной залежи переходного типа – 40 м (подтип – лесной и лесо-топяной) и 20 м (топяной подтип).

Уклон дна картовых каналов должен соответствовать уклону поверхности осушаемой площади. Сброс воды из картовых каналов в валовые обычно двусторонний. Одностороннее сбрасывание решается:

- при уклонах поверхности более 0,0007 и протяженности каналов не более 500 м;
- при протяженности каналов до 350 м;
- при профилированных картовых каналах (с уклоном дна не менее 0,0007).

Эксплуатационная глубина картовых каналов, считая от непрофилированной поверхности карт после осадки залежи, должна быть 1,7 м (низинная залежь) и 1,8 м (верховая и переходная залежь).

Заглубление картовых каналов в минеральный грунт не должно превышать 0,5 м. При выработке придонных слоев торфяной залежи минимальная глубина картовых каналов составляет 1,0 м.

Осушительная сеть открытого типа. Исключение составляют конечные части картовых каналов, в которые вкладываются трубы и обустраиваются мосты-переезды для техники (рис. 25.11, сечение Б-Б).

Защитные каналы (нагорные и ловчие), как правило, проектируются вдоль тех границ осушаемой территории, со стороны которых могут поступать поверхностные или грунтовые воды. Трассы ловчих каналов располагаются в зоне выклинивания или наиболее высокого стояния грунтовых вод. Эксплуатационная глубина ограждающих каналов должно быть не менее 0,8–1,0 м.

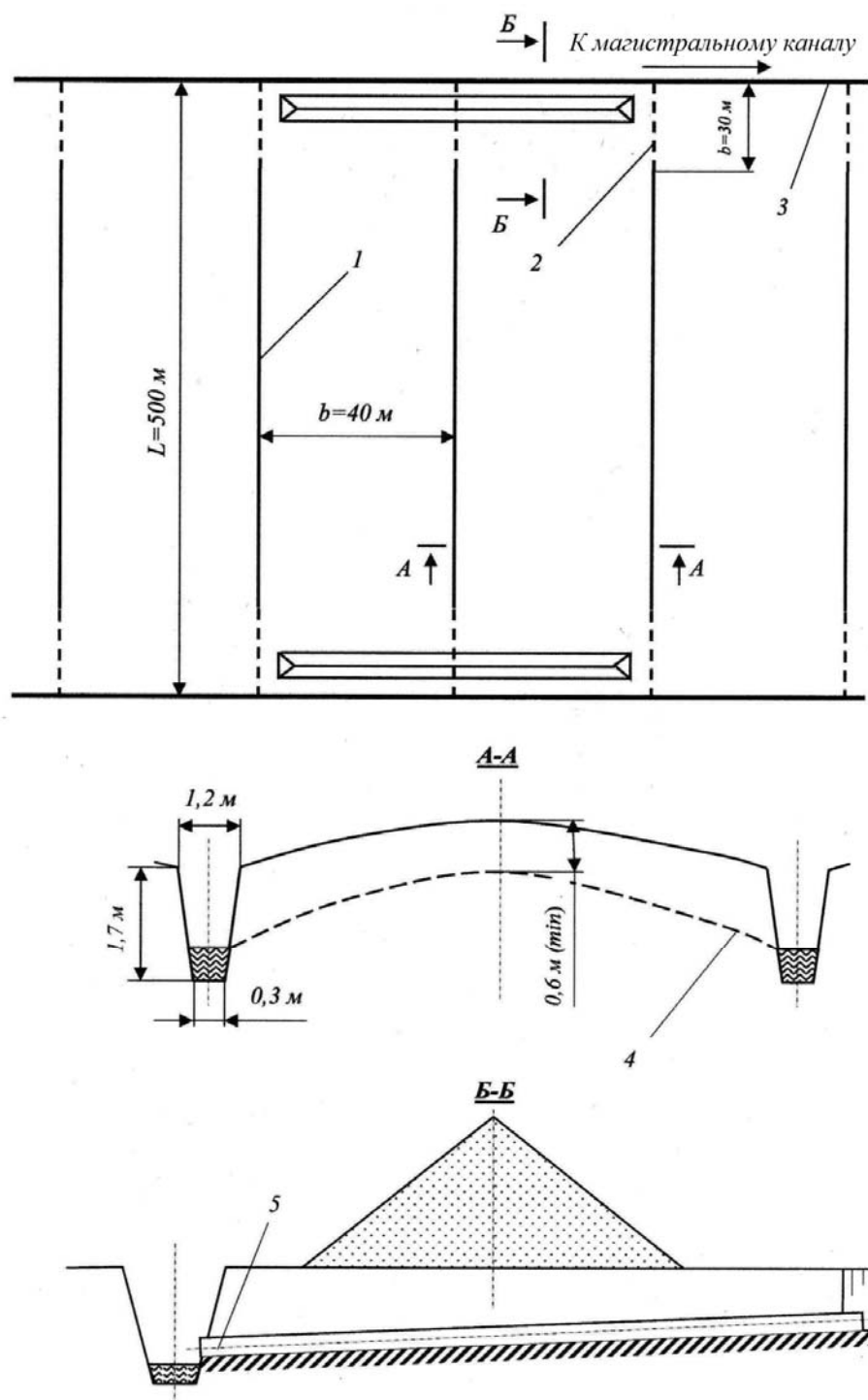


Рис. 25.11. Схема осушительной сети участка добычи торфа фрезерным способом: 1 - картовый канал; 2 - трубчатый переезд; 3 - валовый канал; 4 - депрессионная кривая; 5 - труба

Уровни воды в каналах при пропуске расчетных расходов следует принимать в соответствии с данными таблицы 25.1.

Таблица 25.1

Уровни воды в каналах при пропуске расчетных расходов

Наименование каналов	Предельное положение расчетного уровня воды
1. Магистральные	на 0,0–0,1 м выше уровня воды в водоприемнике; на 0,4 м выше дна валовых каналов (без учета их углубления с целью хранения противопожарных объемов воды)
2. Валовые	на 0,2 м ниже дна картовых каналов
3. Нагорные	на 0,2 м ниже поверхности

Коэффициенты заложения откосов водоприемников принимаются по нормам проектирования мелиоративных систем, проводящих каналов – по данным таблицы 25.2.

Таблица 25.2

Коэффициенты заложения откосов для каналов

Наименования каналов	Коэффициенты заложения откосов		
	в минеральном грунте	в торфяном грунте	
		залежь низинного типа	залежь верхового типа
1. Магистральные	по данным материалов исследований, в зависимости от физико-механических свойств грунтов	степень разложения до 25 %	
		1,0	0,75
		степень разложения 25-35 %	
		1,25	1,00
2. Валовые	то же самое	степень разложения свыше 35 %	
		1,5	1,25
3. Ограждающие	то же самое	внутренние	
		1,0	1,0
		внешние	
на 0,5 больше внутренних			

Осушение участка II должно быть минимально достаточным для обеспечения необходимой проходимости экскаватора и транспортирующей машины. Это возможно при уровне стояния грунтовых вод (УГВ) около 0,6–0,7 м от поверхности залежи в пределах прикарьерной полосы. Значение УГВ регулируется глубиной и частотой расположения картовых каналов 3 (рис. 25.8 б). По мере удаления от рабочего борта карьера УГВ повышается, приближаясь к своему естественному значению.

Такое осушение участка, условно обозначенное на схеме как «слабоосушенная залежь», позволяет, с одной стороны, осуществлять добычу торфа, а с другой – оставляет периферию торфяника практически в естественном состоянии с возможностью выполнять ею все присущие торфяникам биосферные функции, включая сохранение процессов торфообразования и торфонакопления.

Таких же подходов к осушению следует придерживаться и при разработке экскаваторным способом участка III. Специфическим требованием является оставление (создание) дамб для обеспечения переезда технологического оборудования с участка III на поля сушки II.

Приведенная технология требует дальнейшей проектной проработки, тщательного анализа в экономическом, технологическом и других аспектах. Наверное, можно предложить и более совершенный вариант технологии добычи фрезерного торфа. Но важно следующее:

– представленная технология создана на эвристических идеях, которые возникли при анализе коэффициента экологической безопасности (формула 25.1), а полученный результат – пример возможности создания в торфяной отрасли таких технологических процессов, которые по своему влиянию на техноприродные геосистемы в контексте экологической безопасности приближаются к концептуальным требованиям сегодняшнего дня;

– методологически весомым является вывод о том, что осушение торфяного месторождения реально может быть не тотальным, и степень вывода торфяника из участия в биосферных процессах будет минимизирована тем радикальнее, чем более совершенный технологический процесс добычи будет предложен.

25.8. Особенности системы осушения торфяника на этапе его экологической реабилитации

Нормами технологического проектирования предприятий торфяной промышленности экологическая реабилитация как один из видов рекультивации выработанных торфяников пока не предусмотрена. Поэтому экологической реабилитации должны подлежать выработанные ранее участки торфяных месторождений, а также осушенные под добычу торфа, но не разработанные, дальнейшее целевое использование которых проектом по рекультивации объекта определено как сельскохозяйственное, лесохозяйственное, водохозяйственное, в том числе рыбохозяйственное, но их эксплуатация по этим направлениям признана нецелесообразной. Также экологической реабилитации могут подвергаться участки торфяников, исключенные из сельскохозяйственного использования.

Одними из особенностей экологизированной системы осушения торфяника должны быть простота и короткое время ее настройки на работу в режиме повторного заболачивания той выработанной территории месторождения. При этом процесс должен быть управляемым и не означающим обязательного превращения произведенной площади в водоем (если только это не предусмотрено проектом рекультивации).

При восстановлении гидрологического режима на выработанных торфяниках и нарушенных болотах важно обеспечить равномерность подъема уровня воды по всей возобновляемой площади и поддержание его в течение вегетационного периода болотных растений. В то же время высокий уровень стояния грунтовых вод на участках восстановления болота не должен мешать ведению технологического процесса добычи торфа на тех частях месторождения, где продолжается экскавация торфа. Это требует сооружения между указанными участками достаточно надежного гидравлического барьера в виде дамбы.

Дамба может представлять собой водонепроницаемую насыпь, при сооружении которой используется только торф или торф в сочетании с противофильтрационным экраном (рис. 25.12). Противофильтрационный экран рекомендуется применять, когда дамба строится вдоль существующей не менее 5 лет осушительной системы. В таких случаях водоудерживающие свойства верхнего слоя торфяной залежи резко снижаются, что приводит к возрастанию скорости фильтрации.

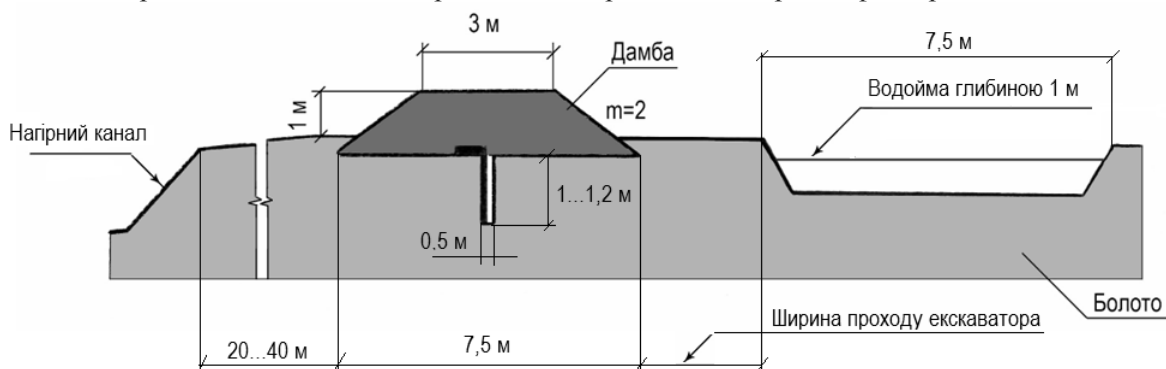


Рис. 25.12. Схема разграничения участков торфяника с существенно различными гидрологическими условиями с помощью дамбы с противофильтрационным экраном [25]

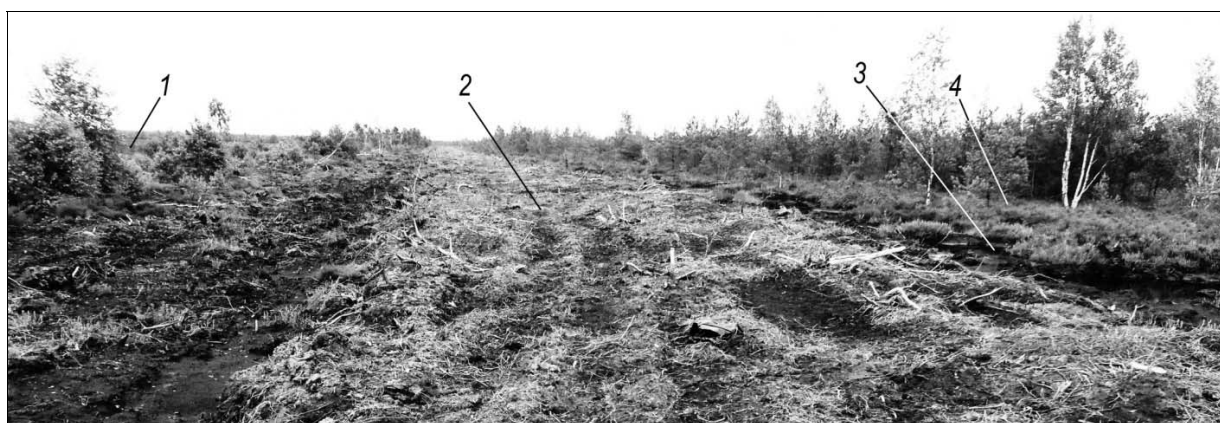


Рис. 25.13. Реально построенная дамба с противофильтрационным экраном на торфяном месторождении «Морочно»: 1 – часть торфяника, разрабатываемая фрезерным способом; 2 – дамба; 3 – резерв с обязательными разрывами между участками для взятия торфа с целью предупреждения образования канала вдоль дамбы со стороны болота; 4 – участок болота, переведенный в режим экологической реабилитации (фото автора)

До начала проведения работ по экологической реабилитации выработанных участков торфяных месторождений необходимо выполнить следующие виды работ [25]:

- вывоз штабелей торфа, срезание (или срабатывание) подштабельных полос;
- демонтаж ненужных переездов через картовые, валовые, магистральные и другие каналы;
- демонтаж ненужных шлюзов, труб-переездов и других водоподпорных и регулирующих сооружений на валовых, противопожарных, нагорных и других каналах;
- разборка железных дорог узкой колеи;
- демонтаж полевых производственных баз.

В проект экологической реабилитации должно быть включено:

- реконструкция существующих водорегулирующих сооружений для целей повторного заболачивания;
- строительство глухих земляных перемычек, водоподпорных и водорегулирующих переливных сооружений для целей повторного заболачивания;
- устройство проемов в кавальерах нагорных, нагорно-противопожарных каналов.

Общим требованием ко всем гидротехническим сооружениям является дешевизна их изготовления, простота и возможность длительного выполнения ими своих функций в условиях лишь периодического контроля их состояния со стороны персонала.

Таким требованиям отвечает конструкция глухой земляной перемычки, которую используют на участках экологической реабилитации торфяного месторождения «Морочно» на территории Республики Беларусь.



Рис. 25.14. Глухая перемычка со стенками из кольев с загнутыми краями и полиэтиленовым противофильтрационным экраном (фото автора)

Уход за объектами повторного заболачивания заключается в поддержке в исправном состоянии основных гидротехнических сооружений. Для этого нужен регулярный осмотр сооружений, особенно после весеннего паводка и обильных дождей, в течение вегетационного сезона с целью своевременного выявления их неисправностей и принятия мер по их ремонту или реконструкции.

Выводы

1. Осушение болот и торфяных месторождений является неотъемлемой составляющей реализации их ресурсно-сырьевых функций, главным образом при использовании торфяников как сельскохозяйственных угодий и для добычи торфа. Именно поэтому уровень экологичности осушительных мелиораций определяется уровнем экологичности тех технологических процессов, которые используются при реализации ресурсно-сырьевых функций торфяников, в частности экологичностью технологий добычи торфа.

2. Разработка торфяного месторождения с экскавацией максимально возможного количества торфа является экологически фатальной для торфяника как биосферного объекта с присущими ему функциями, которые существенно влияют на многочисленные показатели экологического состояния не только торфяника, но и прилегающих территорий. Негативные последствия промышленного использования торфяных месторождений могут быть существенно уменьшены при условии внедрения таких технологий добычи торфа, которые обеспечивают добычу больших объемов торфа со сравнительно малых площадей и при быстром переводе произведенных площадей в режим экологической реабилитации.

3. Наличие технологий добычи значительных объемов торфа с малых площадей в совокупности с наработанными средствами регулирования водного режима участков торфяника, которые разра-

батываються и переведены в режим повторного заболачивания и экологической реабилитации, позволяют реализовать идею возобновляемости торфяных ресурсов региона. При этом количество новообразованного торфа на неосушенных торфяниках и участках осушенных и выработанных торфяников, находящихся в состоянии ренатурализации, будет достаточной для компенсации того количества торфа, который добывается и деградирует в процессе эксплуатации осушенных болот. Именно такой подход является шагом для перехода от болотоведения как отрасли знаний к болотоводству как методу хозяйствования на подконтрольной территории и практической реализацией одного из весомых аспектов идеи устойчивого развития.

Литература

1. Бамбалов Н. Н., Ракович В. А. Роль болот в биосфере. – Минск: Бел. наука, 2005. – 285 с.
2. Бамбалов Н. Н. Болотоводство как наука и отрасль хозяйства // Торф в решении проблем энергетики, сельского хозяйства и экологии – Peat in solution of energy, agriculture and ecology problems : материалы междунар. конф. (Минск, 29 мая – 2 июня 2006 г.) / Нац. акад. наук Беларуси ; Ин-т проблем использования природных ресурсов и экологии ; Междунар. торфяное о-во и др. ; под ред. Н. Н. Бамбалова. – Минск: Тонпик, 2006. – С. 272–275.
3. Обуховский Ю. М. Торфяно-болотные комплексы как объекты индикационных исследований // Изв. вузов: Геология и разведка. – 1994. – № 3. – С. 76–79.
4. Пичугин А. В. Торфяные месторождения. – М.: Высш. школа, 1967. – 276 с.
5. Гнеушев В. О., Филипчук В. Л. Роль торфово-болотних комплексів у забезпеченні екологічної безпеки Північно-Західного регіону України // Вісник НУВГП. – Вип. 3 (63). – 2013. – Сер.: Технічні науки. – С. 404–411.
6. Мала гірнича енциклопедія / за ред. В. С. Білецького. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2013. – Т. 3. – 644 с.
7. Про затвердження Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до торфових родовищ : наказ Державної комісії України по запасах корисних копалин при Державному комітеті природних ресурсів України від 25 жовтня 2004 року № 224. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 8 листопада 2004 р. за N 1418/10017. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до торфових родовищ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z1418-04> (дата звернення : 19.07.2014).
8. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2011 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2011/1_3_2011.pdf (дата звернення : 17.08.2014).
9. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2012/1_3_2012.pdf (дата звернення : 17.08.2014).
10. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2013/3_3.pdf (дата звернення : 17.08.2014).
11. Гнеушев В. А. Торф как местное топливо и фактор экологической безопасности // Уголь Украины. – 2013. – № 4. – С. 47–50.
12. Зерницкая В. П., Матвеев А. В. Этапы осадконакопления в позднеледниковье и голоцене на территории Беларуси // Проблемы природопользования: итоги и перспективы : материалы междунар. науч. конф. (Минск, 21–23 нояб. 2012 г.). – Минск, 2012. – С. 287–294.
13. Инишева Л. И., Лисс О. Л. Возникновение и скорость развития процесса заболачивания на Западно-Сибирской равнине // Торф в решении проблем энергетики, сельского хозяйства и экологии : материалы междунар. конф. (Минск, 29 мая – 2 июня 2006 г.). – Минск, 2006. – С. 308–311.
14. Zurek S. Peat resources in the Ukraine / Global peat resources. International Peat Society // UNESCO / Geological Survey of Finland. – Jyväskylä, 1996. – P. 149–152.
15. Leinonen A., Ward S. M., Larsson L. E. 1997. Evaluation of the Fuel Peat Industry in the Enlarged E.U. Vol. 1. E.U. contract No 4.1040/E/96-001.
16. Гнеушев В. А., Сопо Р. Торфяные месторождения и «тепличный эффект» // Уголь Украины. – 2001. – № 2–3. – С. 70–72.
17. Гнеушев В. О. Соціально-економічні та екологічні аспекти освоєння торфових ресурсів Рівненщини // Вісник Рівненського державного технічного університету. Економіка : зб. наук. праць. – Вип. 2 (15). – Рівне, 2002. – С. 240–246.
18. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/555-15> (дата звернення : 21.09.2014).
19. Закон України «Про альтернативні види палив» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1391-14> (дата звернення: 21.09.2014).
20. Stevens C., Verhé R. Renewable Bioresources: Scope and Modification for Non-Food Applications John Wiley & Sons, 2004 – P. 328. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://books.google.com.ua/books?id=7sq3rWGRlXcC&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q=Peat&f=false> (дата звернення : 22.09.2014).

21. Михайлов А. В. Распределенная энергетика на торфяном топливе // Всероссийский торфяной форум : материалы (Эммаус, 27–28 апр. 2011 г.). – Тверь: ИнноЦентр, 2011. – С. 154–161.
22. Боднарюк Т. С., Вознюк С. Т., Гнеушев В. А. О превращении торфа в возобновляемый ресурс // Физика и химия торфа в решении проблем экологии : тез. докл. междунар. симпозиума (Минск, 3–7 нояб. 2002 г.). – С. 92–94.
23. Гнеушев В. О., Стадник О. С. Використання торфових ресурсів України з урахуванням їх балансу у природі // Проблеми раціонального використання соціально-економічного та природно-ресурсного потенціалу регіону: фінансова політика та інвестиції : зб. наук. праць. – Вип. XVI. – № 4. – Київ ; Рівне : СЕУ ; НУВГП, 2010. – С. 480–488.
24. Гнеушев В. А. Экологические аспекты развития технологий и оборудования для добычи и переработки торфа // Уголь Украины. – 2014. – № 1. – С. 45–58.
25. Козулин А. В., Тановицкая Н. И. Методические рекомендации по экологической реабилитации нарушенных болот и по предотвращению нарушений гидрологического режима болотных экосистем при осушительных работах. – Минск, 2009.
26. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення : 12.08.2014).
27. Рудько Г. І. Екологічна безпека техноприродних геосистем (наукові та методичні основи) : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Сімферополь, 2005. – 35 с.
28. На меті – сталий розвиток України // Вісн. НАН України. – 2007. – № 2. – С. 14–44.
29. Пат. 89307 Україна, МПК, E21C 49/00. Екскаторно-фрезерний спосіб видобування торфу / Гнеушев В. О., Стадник О.С.; заявник і патентовласник Нац. ун-т водного госп-ва та природокористування. – № u2013 14551; заявл. 12.12.13; опубл. 10.04.14. – Бюл. № 7. – 2 с.

Глава 26. ОПАСНОСТЬ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ И ПУТИ ЕЕ МИНИМИЗАЦИИ НА ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ В БАССЕЙНАХ РЕК ИРПЕНЬ И ЗДВИЖ

26.1. Распространение, масштабы и последствия торфяных пожаров

В Украине ориентировочная площадь разных видов органогенных торфяных почв и торфяников составляет около 1,4 млн га, из которых почти 1,1 млн га – в пределах земель сельскохозяйственного назначения [1, 2]. Наиболее распространены торфяные почвы, естественно, на Полесье: в Волынской, Ровенской, Черниговской, Львовской, Киевской и Житомирской областях. На площади свыше 0,8 млн гектара таких почв построены осушительные системы.

Органогенные торфяные почвы являются наиболее уязвимыми к антропогенному воздействию. Осушение и сельскохозяйственное использование этих почв приводит к значительной трансформации их свойств, уменьшению мощности из-за уплотнения, осадки и срабатывания торфа, эрозионных процессов и других факторов и, как следствие, к деградации, снижению плодородия и потере ими экологической устойчивости.

В то же время в пределах распространения торфяных почв, особенно переосушенных, достаточно высоким является пирогенный риск, то есть опасность пожаров [3]. Последние приводят к разрушению (выгоранию) торфа, снижению численности биоты, загрязнению атмосферы, значительным экологическим и экономическим убыткам. По разным оценкам, общая площадь торфяных пожарищ в Украине составляет около трех тысяч гектаров [4].

В последние годы из-за потепления климата, увеличения продолжительности засушливых периодов наблюдается тенденция к увеличению количества, частоты и площади пожаров на осушенных торфяниках. Так, по данным Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям (ГСЧС), в течение 2012 г. в Украине возникло 165 торфяных пожаров, материальный ущерб от которых составил 4,4 млн грн, а в 2014 г. соответственно 252 пожара и 6,0 млн грн [5, 6].

В 2015 г. в стране в целом случилось 666 пожаров на торфяниках, а площадь их по сравнению с 2014 г. выросла почти в 4 раза (с 348 до 1349 га) [7]. Торфяными пожарами во многих областях были охвачены достаточно значительные площади, которые в пределах Киевской, Полтавской, Сумской и Черниговской областей превысили 200 гектаров в каждой.

Характерной в данном случае стала ситуация, сложившаяся в 2015 г. с пожарами в торфяных экосистемах Киевской области, где был зарегистрирован 291 торфяной пожар на площади почти 424 га, тогда как в 2012 и 2014 гг. их количество составляло соответственно 31 и 65. В течение летне-осеннего периода горение торфяников наблюдалось в 11 районах области (Барышевский, Бориспольский, Бородянский, Броварский, Васильковский, Вышгородский, Иванковский, Киево-Святошинский, Макаровский, Обуховский, Переяслав-Хмельницкий) преимущественно на поймах рек Здвиж, Ирпень, Буча, Трубеж, Недра, достигнув максимума очагов пожаров и охваченных ими площадей в октябре, в связи с чем чрезвычайной пирогенной ситуации был присвоен региональный уровень.

Пожары на торфяниках вызвали значительный общественный резонанс, в частности в г. Киеве, на территорию которого распространилась задымленность из очагов возгораний торфов вблизи столичных окраин. Масштабные торфяные пожары наносят непоправимый ущерб как природной среде, так и человеку. Больше всего очагов возгораний торфа возникало в бассейне р. Ирпень, в частности на ее пойме, а особенно большие площади тления торфяников были в Бородянском районе на пойме р. Здвиж – 77,5 га.

Следует отметить, что на Киевщине имеются значительные площади залежей торфа, преимущественно в поймах рек, в том числе в зоне отчуждения. Большинство торфяников являются осушаемыми сельскохозяйственными угодьями, общая площадь которых в области в настоящее время составляет около 150 тыс. га. Наибольшие площади торфяников области в зоне Киевского Полесья (правобережье Днепра) находятся в Иванковском, Киево-Святошинском, Вышгородском, Макаровском, Бородянском районах и в пределах территории, которая подчиняется Ирпенскому и Бучанскому городским советам.

Подавляющее количество осушаемых торфяных почв приурочено к пойменным территориям в бассейнах рек Ирпень и Здвиж, прежде всего к поймам последних и их отдельных крупнейших притоков (реки Буча, Рокач). Здесь размещены крупные осушительно-увлажнительные системы (Ирпенская, «Здвиж», «Бучанка»).

Необходимо отметить, что Ирпенская осушительно-увлажнительная система (ОУС) – первая в Украине система двустороннего действия (строительство 1947–1954 гг., последняя масштабная реконструкция – 1976–1981 гг.). Общая площадь мелиорируемых земель в ее пределах – 7012,8 га, в

том числе с двусторонним регулированием водного режима – 6713,0 га, с материальным (гончарным) дренажом – 3785,0 га. Осушаемые сельскохозяйственные угодья занимают 6722,3 га, свыше 50 % площадей которых представлено торфяниками с мощностью свыше 1,0 м. Они залегают на равнинной части поймы с обеих сторон русла. При проектировании Ирпенской ОУС было обнаружено, что мощность торфа в отдельных местах достигала 6,0 м. Торфяники среднечастотные и неглубокие расположены в притеррасной части поймы, где подстилаются аллювиальными песками с прослойками глинистых образований. В целом торфяные почвы занимают более 80 % площади поймы р. Ирпень, подлежащей осушению.

Торфяники являются наиболее распространенными почвами и в пределах мелиорируемых угодий государственной ОУС «Здвиж», введенной в действие в 1961 г. (с 1977 г. – реконструкция). Общая площадь осушенных земель 7512,8 га, в том числе сельскохозяйственных угодий – 6672,2 га, с двусторонним регулированием водно-воздушного режима – 6784,4 га, с материальным дренажом – 566,0 га.

Дополнительными функциями системы согласно проектным данным является обеспечение противопожарных мероприятий на площади 5808,0 га (обводнение торфяников), защита от подтопления 6672,2 га сельскохозяйственных угодий и 22 населенных пунктов.

Исследования опасных пирогенных ситуаций и их последствий в бассейнах рек Ирпень и Здвиж с целью разработки управленческих решений и противопожарных мероприятий, осуществленные на основании визуальных обследований очагов пожаров, торфяных пожарищ в пределах мелиоративных систем в поймах рек Ирпень, Здвиж, Буча, мелиорируемых пойм рек Рокач, Млиновая, Козка и др., использования космоснимков для мониторинга пожарищ, системного анализа материалов Ирпенского межрайонного управления водного хозяйства (МУВХ) по характеристике очагов пожаров, мест и частоты их возникновения, принятых предупредительных и ликвидационных мероприятий и их эффективности, свидетельствуют о следующем.

В пределах мелиорируемых земель ОУС рек Ирпень, Здвиж, Буча на начало 2015 г. фиксировалось девять очагов непотушенных пожаров пойменных торфяников, которые возникли в 2014 г. Маловодное половодье в 2015 г., в отличие от половодья 2013 г., когда все пойменные территории были залиты водой, не способствовало затоплению и подтоплению торфяных почв пойм, а выполненные мероприятия по искусственному подтоплению очагов горения не обеспечили полной их ликвидации. В условиях недостаточного водонасыщения пойменных почв и малого количества осадков уже в начале мая стали возникать новые очаги пожаров.

Анализ пирогенной ситуации свидетельствует о том, что в результате пренебрежения правилами противопожарной безопасности, а иногда и преднамеренных поджогов летне-осенний период 2015 г. характеризовался стремительным ростом очагов возгорания торфяников в пределах Киево-Святошинского, Бородянского, Вышгородского, Макаровского районов, Ирпенского и Бучанского горсоветов, где было зафиксировано свыше 70 очагов пожаров (рис. 26.1). Больше всего их было в начале октября. Максимальное количество одновременно существующих очагов пожаров на торфяниках – 41 непотушенный очаг на общей площади 116,36 га по состоянию на 21.10.2015, в частности в поймах рек Ирпень – 15 очагов на площади 31,8 га, Здвиж – 13 очагов на площади 80,53 га, Буча – восемь очагов на площади 3,89 га и вне пределов мелиорируемых земель – пять очагов на площади 0,14 га (табл. 26.1).

Задымленность, вызванная горением или тлением торфов, была заметна не только с земли, но и на космических снимках (рис. 26.2).

Визуальные обследования очагов возгорания торфов и «свежих» торфяных пожарищ в пределах пойм рек Ирпень, Здвиж, Млиновая, Козка, Рокач (октябрь – ноябрь 2015 г.) свидетельствуют о значительных, нередко катастрофических, последствиях пожаров для торфяных почв, особенно на участках осушения (рис. 26.3). Выгоревшие торфяники становятся практически непригодными для ведения сельскохозяйственного производства, по крайней мере, длительный период времени.

В данном контексте «показательным» является торфяной пожар, начавшийся 17.10.2015 на территории Ирпенской ОУС в пределах Белогородского сельского совета Киево-Святошинского района (20-й км автомобильной дороги Киев – Житомир). Очаг горения торфов общей площадью свыше 20 га находился на правобережной части поймы р. Ирпень между осушительными каналами К-72-1 и К-72-2 (рис. 26.4).

Участок характеризуется наличием закрытого систематического горизонтального гончарного дренажа (рис. 26.5) с проектной глубиной его заложения около 1,0 м, хотя в ходе проведенного раскапывания одного из дренажных коллекторов в декабре в 2009 г. на данном участке было зафиксировано его залегание на глубинах 0,50–0,65 м от поверхности земли.

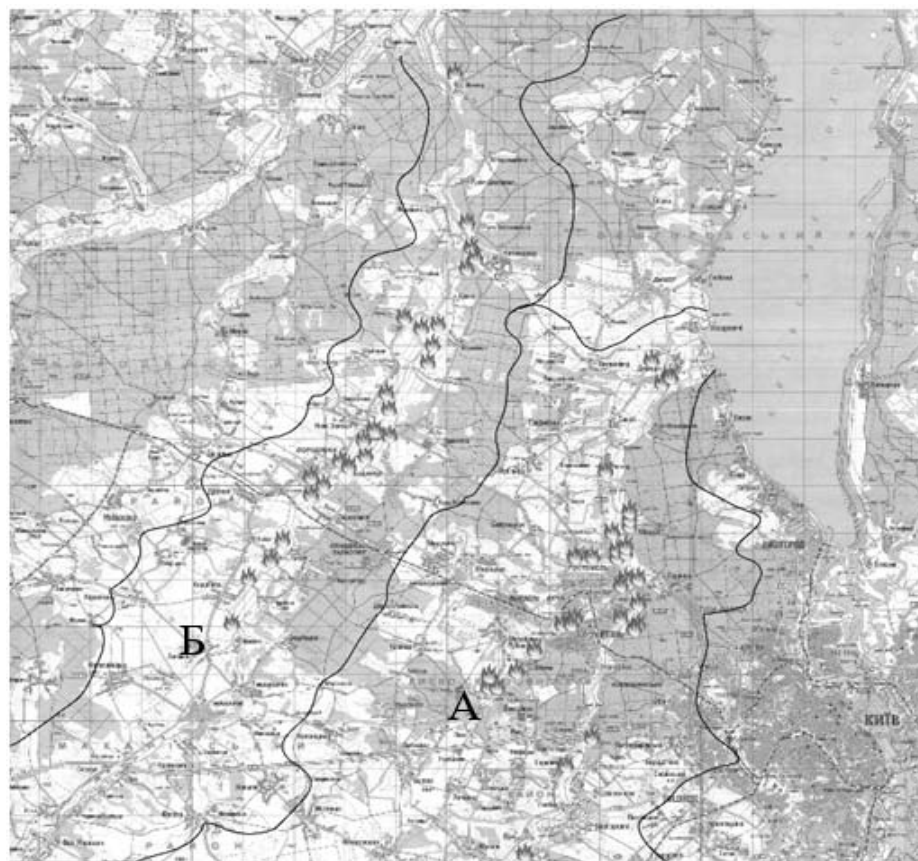


Рис. 26.1. Распространение (очаги) пожаров на торфяниках в бассейнах рек Ирпень (А) и Здвиж (Б) в Киевской области в 2015 г.

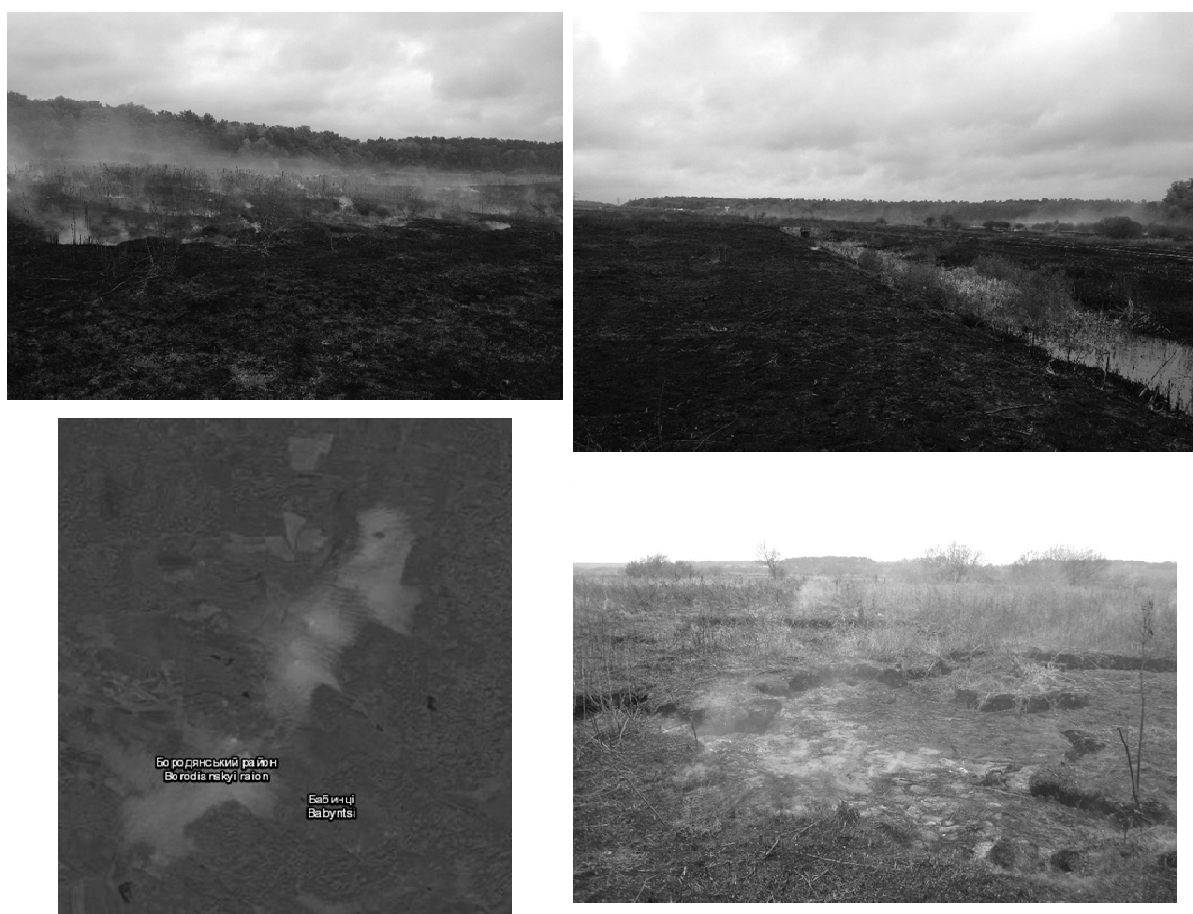


Рис. 26.2. Торфяные пожары в бассейнах рр. Ирпень и Здвиж, октябрь-ноябрь 2015 г. (фото и космоснимок)

Информация о пожарах на торфяниках в зоне деятельности Ирпенского МУВХ, 2015 г.

Месяцы	Количество очагов	Общая площадь очагов, га	Ирпенский горсовет количество/ площадь, га	Бучанский горсовет количество/ площадь, га	Бородянский район количество/ площадь, га	Макаровский район количество/ площадь, га	Вышгородский район количество/ площадь, га	Киево-Святошинский район количество/ площадь, га
Январь	9	20,32	5/5,1	2/0,2	1/15,0 (Здвиж)	1/0,02 (Здвиж)	-	-
Февраль	9	19,95	8/19,8 (Ирпень)	2/0,15 (Буча, Рокач *)	1/15,0 (Здвиж)	-	-	-
Март	4	2,40	3/2,3 (Ирпень)	1/0,1 (Рокач *)	-	-	-	-
Апрель	4	2,40	3/2,3 (Ирпень)	1/0,1 (Рокач *)	-	-	-	-
Май	5	1,62	1/1,5 (Ирпень)	3/0,11 (Рокач *)	1/0,01 (Здвиж)	-	-	-
Июнь	13	9,95	5/5,35 (Ирпень)	3/1,69 (Рокач *)	-	-	2/1,4 (Здвиж)	2/1,21/ (Буча) 1/0,3 (Буча *)
Июль	20	22,93	7/5,05	3/0,38 (Рокач *)	3/0,9 (Здвиж)	-	1/0,9 (Здвиж) 1/11,10 (Ирпень) 1/3,9 (Козка)	1/0,1 (Ирпень) 2/0,4 (Буча) 1/0,2 (Буча *)
Август	22	21,09	1/0,2 (Буча) 6/3,65 (Ирпень)	3/2,45 (Рокач *)	3/ 10,25 (Здвиж)	1/0,5 (Здвиж)	1/0,1 (Здвиж) 1/0,2 (Ирпень)	3/3,5 (Ирпень) 2/0,23 (Буча) 1/0,01 (Буча*)
Сентябрь	24	23,49	6/3,65 (Ирпень) 1/0,2 (Буча)	3/2,45 (Рокач *)	1/1,0 (Ирпень) 3/ 10,25 (Здвиж)	1/0,2 (Здвиж)	1/0,2 (Ирпень) 2/1,8 Здвиж)	3/3,5 (Ирпень) 2/0,23 (Буча) 1/0,01 (Буча*)
Октябрь	41	116,36	8/4,18 (Ирпень) 2/0,51 (Буча) 1/0,01 (Рокач *)	2/0,22 (Буча) 3/0,12 (Рокач *)	7/77,5 (Здвиж)	2/5,1 (Ирпень) 2/2,01 (Здвиж)	4/1,02 (Здвиж)	4/22,42 (Ирпень) 4/3,16 (Буча) 1/0,01 (Буча*)
Ноябрь	39	42,81	8/4,18 (Ирпень) 2/0,51 (Буча) 1/0,01 (Рокач *)	2/0,22 (Буча) 3/0,12 (Рокач *)	4/21,3 (Здвиж)	2/5,05 (Ирпень) 2/2,01 (Здвиж) 1/0,8 (Буча *)	5/6,22 (Ирпень)	4/2,02 (Ирпень) 4/0,36 (Буча) 1/0,01 (Буча *)

Примечание: * – за пределами мелиоративных систем.

Всего на участке заложено восемь закрытых дренажных коллекторов (ДК-234 – ДК-240, ДК-242), которые все впадают в канал К-72-1. Расстояние между дренажными коллекторами составляет от 125 до 225 м, а длина их меняется от 112 м до 345 м. Дрены расположены параллельно каналу К-72-1 и практически перпендикулярно к дренажным коллекторам. Расстояние между дренами 15–18 м, длина их составляет от 20 до 140 м. Диаметр (внутренний) гончарных труб коллекторов 9,0–9,5 см, дрен – 5,0 см. Превалирующие абсолютные отметки поверхности земли (проектные, по состоянию на начало 80-х годов XX в.) 113–114 м с возрастанием их величин до 115–117 м в притеррасной части поймы в районе прохождения канала К-72-2 (нагорно-ловчего).

Почвы межканальной зоны представлены торфяниками преимущественно глубокими и среднеглубокими. Уровни грунтовых вод в пределах очага пожара, по данным наблюдений Ирпенского МУВХ (створ 13), составляли в течение летне-осеннего периода 2015 г. 0,95–1,20 м, то есть дренаж был «сухим» (рис. 26.6).

Результаты натурных обследований данного очага горения торфов как до пожара, так и во время его тушения и после ликвидации, свидетельствуют о следующем.

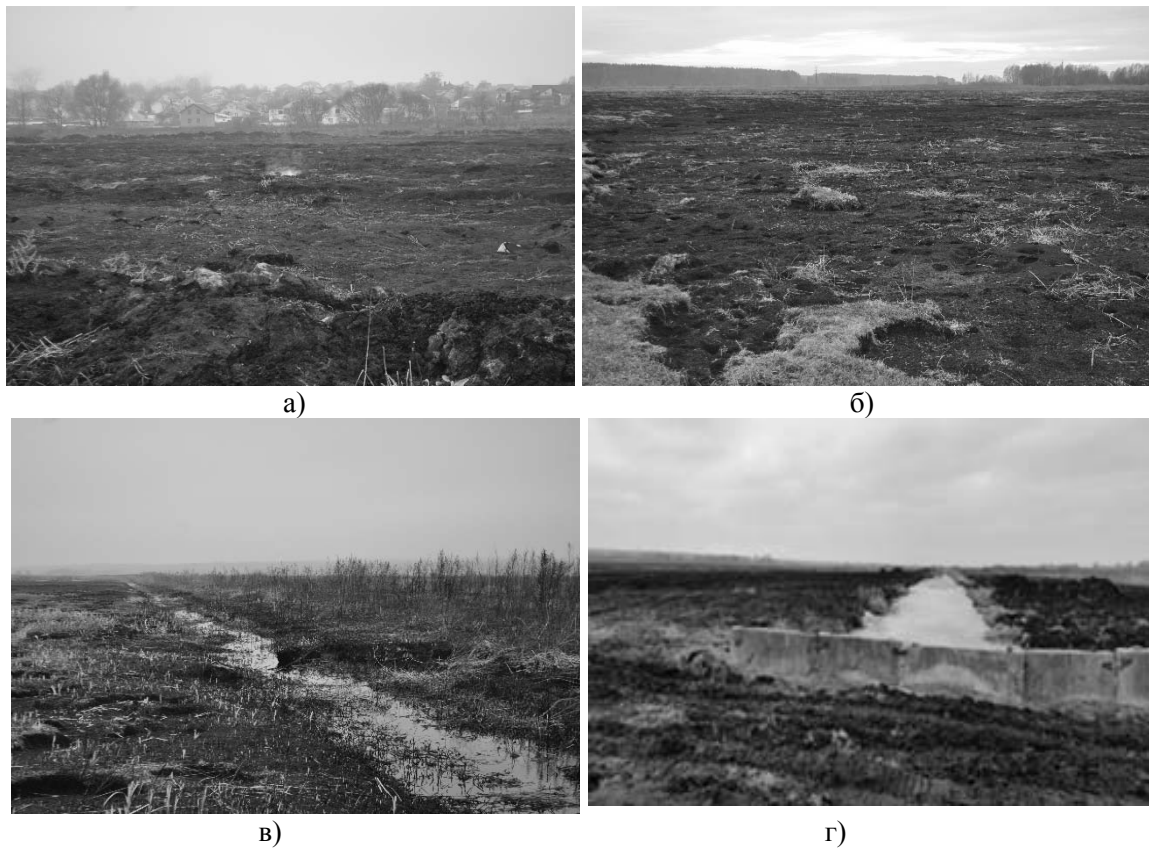


Рис. 26.3. Торфяные пожарища на поймах рек Рокач (а), Здвиж (б) и Ирпень (в) по состоянию на 17.11.2015 и р. Здвиж (г) по состоянию на март 2016 г.

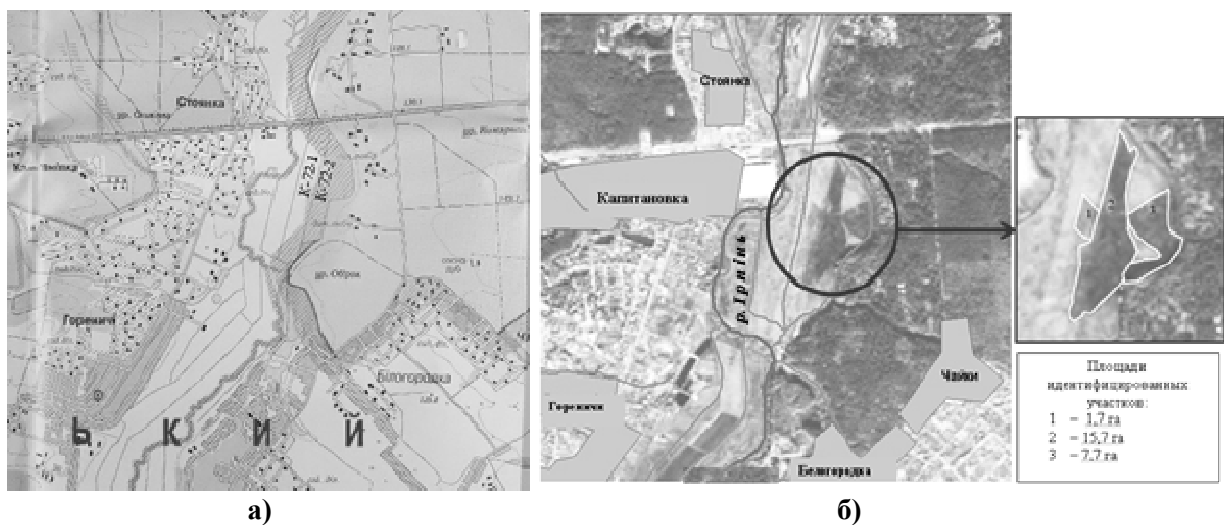


Рис. 26.4. Местонахождение участка горения торфов на топографической карте (а) и идентификация торфяного пожарища по спутниковому снимку (б) (Ирпенская осушительно-увлажнительная система, Белгородский сельский совет, 31.10.2015)

Земельный участок, который длительное время не использовался в сельскохозяйственном производстве, находился в состоянии зарастания высокорослой растительностью, преимущественно крапивой, а также камышом (откосы каналов и приканальная зона). Это и переосушение почв является причиной быстрого распространения пожара на большой площади и практически сплошного выгорания верхнего слоя торфа на глубину в среднем 0,15–0,30 м, а в отдельных местах – до 0,50–0,70 м (рис. 26.7).

Кроме того, своеобразными дымоходами, которые способствовали быстрому распространению огня на значительные расстояния, могли быть сухие гончарные дрены. В пределах торфяного пожарища на поверхности образовался слой пепла ярко-охристой окраски (до 10–20 см), а под ним – оплавленная твердая торфяная корка (рис. 26.8).



Рис. 26.5. Схема размещения закрытого горизонтального дренажа на участке Ирпенской ОУС, подвергшейся воздействию торфяного пожара в октябре 2015 г.:

- 1 – канал осушительный; 2 – закрытый дренажный коллектор;
- 3 – дрена трубочатая гончарная; 4 – горизонталы местности

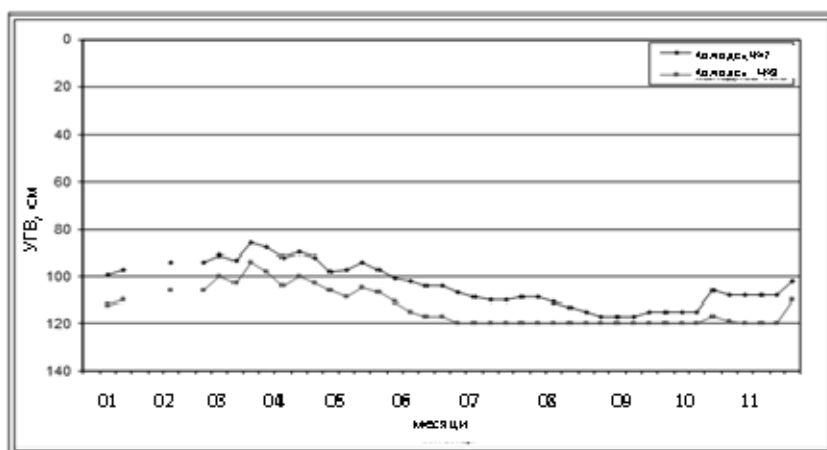


Рис. 26.6. Динамика уровня грунтовых вод (Ирпенская ОУС, створ 13, участок между каналами К-72-1 и К-72-2, 2015 г.)

Потери торфяной почвы на участке ориентировочно составляют от 200 до 300 т/га, тогда как в полевых севооборотах – 10–20 т/га. Вдоль канала К-72-1 на его откосах и бровках тоже происходило выгорание торфа на глубину 0,2–0,5 м шириной до 1,5–2,5 м с обнажением устьевых частей гончарных трубок дренажных коллекторов, глубина залегания которых составила 0,45–0,90 м (рис. 26.9).



Рис. 26.7. Последствия торфяного пожара на Ирпенской ОУС (участок между каналами К-72-1 и К-72-2, ноябрь 2015 г.)



Рис. 26.8. Пирогенная деградация почвенного профиля

Во многих местах на поверхности наблюдаются обломки керамических дренажных трубок разного диаметра, а также отдельные обнаженные участки дрен (рис. 26.10). Зафиксировано залегание дрен (на границе с полосой распространения пожара) на глубине 20–25 см (до низа трубки), что свидетельствует о значительной сработке и усадке торфяного слоя за период эксплуатации мелиоративной системы. Часть дренажных трубок сплошь оторфована по всему сечению (рис. 26.11). Периодические постпирогенные обследования участка в 2016 г. свидетельствуют о значительной деградации почвенного покрова на торфяных пожарищах и необходимости его реабилитации с учетом дифференциации по степени выгорания торфяного слоя (рис. 26.12) и вида вторичных пирогенных образований [8].



Рис. 26.9. Выгорание торфяных почв на откосах и бровках канала К-72-1 Ирпенской осушительно-увлажнительной системы (по состоянию на 15.11.2015)

Данные обследований, раскопок дренажа на участках пожарищ подтверждают значительную степень его разрушения и выведения из строя как через выгорание торфов, так и в процессе тушения пожара. Наблюдается смещение дренажных трубок как в плане, так и по профилю (рис. 26.13). Следствием этого становится снижение эффективности работы дренажа или полная потеря его работоспособности, свидетельством чего является длительное нахождение воды на поверхности пожарища, особенно на образованных выгоранием торфа микропонижениях (слоем до 10–30 см) в весенний период и в начале лета в 2016 г. после дождей (рис. 26.14), а также соответственно близкое залегание УГВ (0,15–0,65 м по состоянию на первую декаду июня).

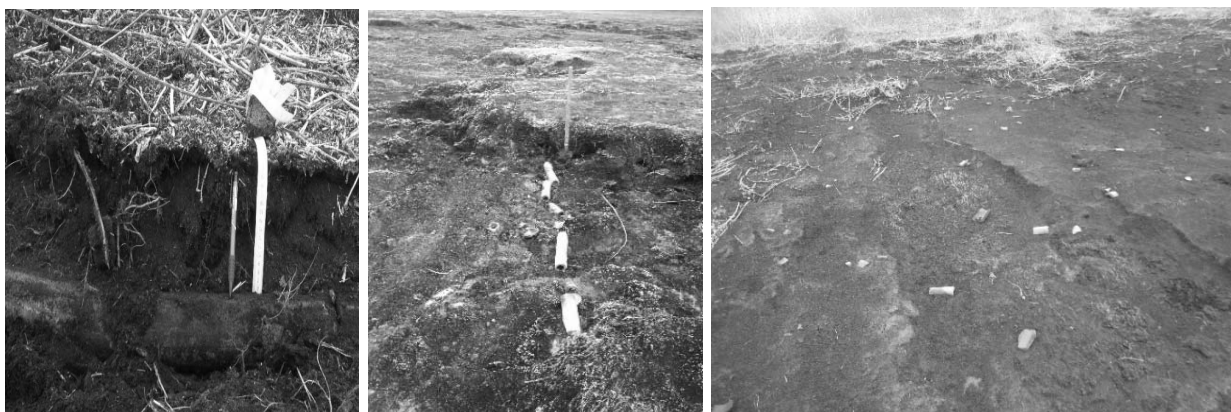
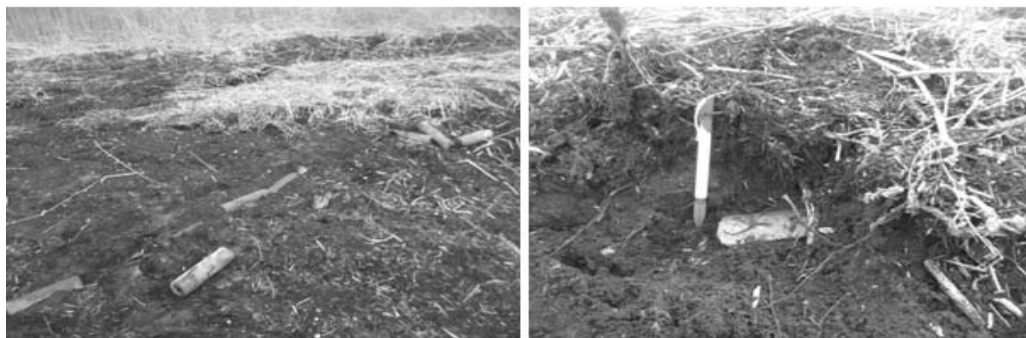


Рис. 26.10. Выгорание закрытого гончарного дренажа на Ирпенской ОУС на участке между каналами К-72-1 и К-72-2 (октябрь-ноябрь 2015 г.)

В то же время наблюдается разностепенная динамика возобновления растительного покрова в пределах торфяного пожарища. Наиболее интенсивно и практически сплошную этот процесс происходит в пределах откосов и бровок канала. Также постепенно зарастают отдельные локальные очаги незначительного выгорания торфа и наиболее сниженные участки, где достаточно длительное время стояла вода (рис. 26.15). Подавляющее же большинство площадей сплошного выгорания плодородной почвы с поверхности покрыто слоем пепла, который перевевается или находится в коркообразном состоянии.

Таким образом, торфяники, которые испытали воздействие пожара, особенно осушенные, нуждаются в обстоятельных исследованиях их постпирогенной трансформации и проработке подходов к возобновлению их эффективного использования, или реабилитации.

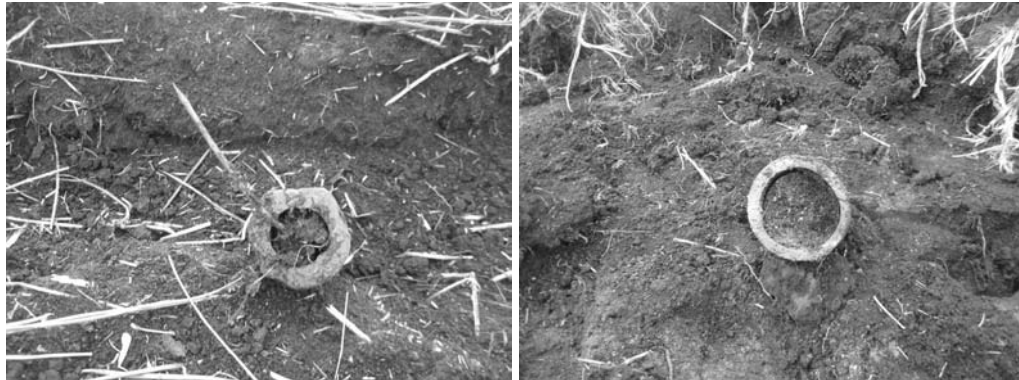


Рис. 26.11. Заиление (оторфованье) дрен (Ирпенская осушительно-увлажнительная система, участок между каналами К-72-1 и К-72-2, ноябрь 2015 г.)



Рис. 26.12. Постпирогенный торфяник на Ирпенской осушительно-увлажнительной системе (участок между каналами К-72-1 и К-72-2), по состоянию на 09.05.2016

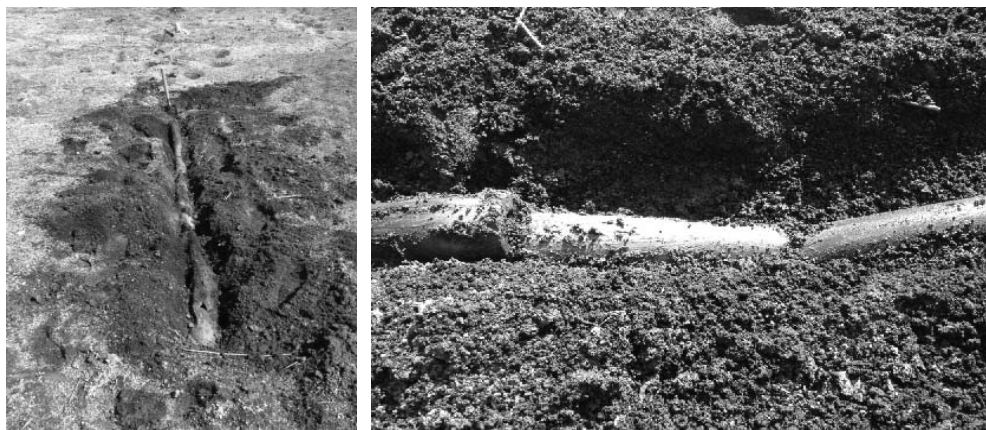


Рис. 26.13. Пирогенное разрушение гончарного дренажа на Ирпенской осушительно-увлажнительной системе (участок между каналами К-72-1 И К-72-2), по состоянию на май 2016 г.



Рис. 26.14. Длительное затопление дождевыми водами пирогенных микропонижений на участке горения торфов, по состоянию на 12.03.2016



Рис. 26.15. Восстановление растительного покрова в пределах постпирогенного торфяника (Ирпенская ОУС, июль 2016 г.)

26.2. Факторы риска торфяных пожаров

Учитывая масштабы распространения и высокий риск пожаров на осушаемых торфяных массивах, значительные негативные их последствия, а также то, что торфяники с глубиной залегания торфа больше одного метра и осушенные, независимо от глубины, относятся согласно Земельному кодексу Украины к особенно ценным землям, достаточно актуальной является проблема поиска путей повышения пожарной безопасности и минимизации возможных негативных последствий сгорания торфов на мелиорируемых землях.

В этом контексте важным вопросом остается определение факторов риска торфяных пожаров, среди которых выделяются и природные, и антропогенные. Анализ условий возникновения пожаров и длительного горения торфов в 2015 г. показывает, что высокий уровень пожароопасности на значительных по площади участках осушенных торфяников сформировали аномально низкое маловодье в бассейнах рек, незначительное количество осадков при длительных бездождевых периодах и высокие температуры воздуха, которые привели к снижению уровней грунтовых вод, переосушению верхнего слоя торфяных почв, высыханию растительного покрова (рис. 26.16, 26.17).

Кроме погодных условий, важными факторами формирования пирогенных рисков и пожаров на мелиорируемых торфяниках являются хозяйственно-организационные, в частности:

- низкий уровень использования мелиорируемых земель по целевому назначению или несоблюдение землепользователями правил их использования;
- конфликт интересов при общем использовании осушаемых земель и мелиоративных систем значительным количеством землепользователей небольших земельных участков;
- разделение на паи и нередко незаконная приватизация пойменных мелиорируемых земель с последующим их использованием не по целевому назначению, а, например, под застройку, без определения ограничений в использовании;

- отсутствие эффективного хозяина внутрихозяйственной мелиоративной сети, часто не имеющей владельца, а если и переданной в коммунальную собственность, то только формально, а ее полноценной эксплуатацией никто не занимается. Как следствие, отдельные части мелиоративных систем (внутрихозяйственная сеть) не выполняют своего функционального назначения;
- ограбление бесхозяйственной внутрихозяйственной, а иногда и межхозяйственной сетей;
- неудовлетворительное техническое состояние, отсутствие финансирования ремонтных работ на межхозяйственной сети;
- увеличение площадей сельскохозяйственных угодий с потребностью в комплексной реконструкции мелиоративных систем;
- несоблюдение правил пропуска санитарных расходов воды арендаторами водных объектов;
- нарушение правил пожарной безопасности (сжигание остатков растений на полях) или преднамеренные поджоги.



Рис. 26.16. Река Ирпень, 05.09.2015

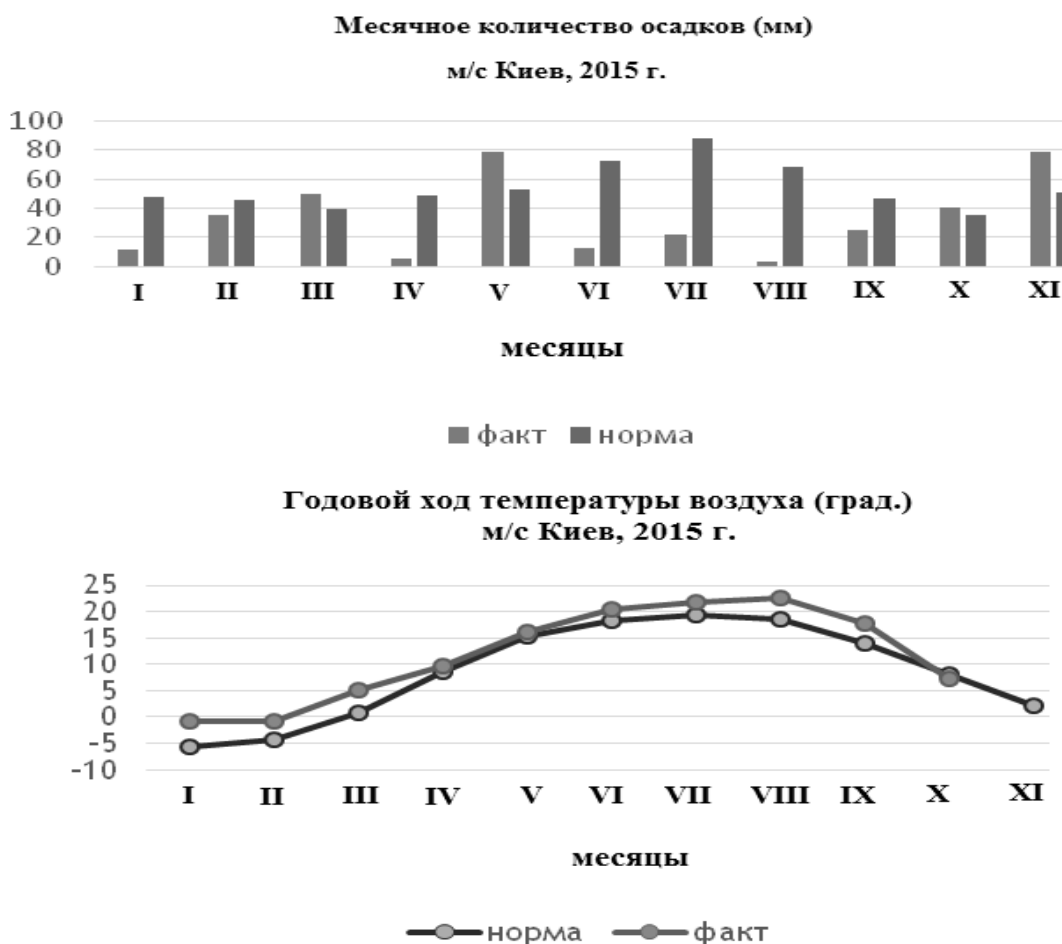


Рис. 26.17. Природные (погодные) факторы пирогенных рисков

26.3. Мероприятия по ликвидации и предотвращению горения торфяников на мелиоративных системах

Ликвидация торфяных пожаров – достаточно сложная проблема, решение которой нуждается в привлечении значительного количества материальных и человеческих ресурсов, особенно при длительном «глубинном» тлении торфа. Так, в частности, по данным ГСЧС, на тушение пожара на площади один гектар нужно не менее 20,0 тыс. грн., а на один квадратный метр – около одной тонны воды. При этом следует учитывать возможный достаточно длительный во времени процесс полной ликвидации возгораний торфов. Характерным примером этого может быть горение торфяника на правобережной части поймы р. Буча в пределах Михайловско-Рубежовского сельского совета между рекой и каналом К-12 на площади 0,08 гектара, которое было зафиксировано 18.11.2010, а полностью потушено лишь 22.08.2012.

Тушение торфяных пожаров на мелиоративных системах в бассейнах рек Здвиж и Ирпень осуществляли подразделения ГСЧС с помощью пожарных машин, передвижных насосных станций, мотопомп с забором воды из рек и мелиоративных каналов, а также путем затопления очагов возгораний и поднятия уровней грунтовых вод шлюзованием и других способов, что обеспечивалось Ирпенским МУВХ (рис. 26.18). Локализация очагов возгораний обеспечивалась копанием по их контуру канав-траншей к минеральной почве (рис. 26.19).

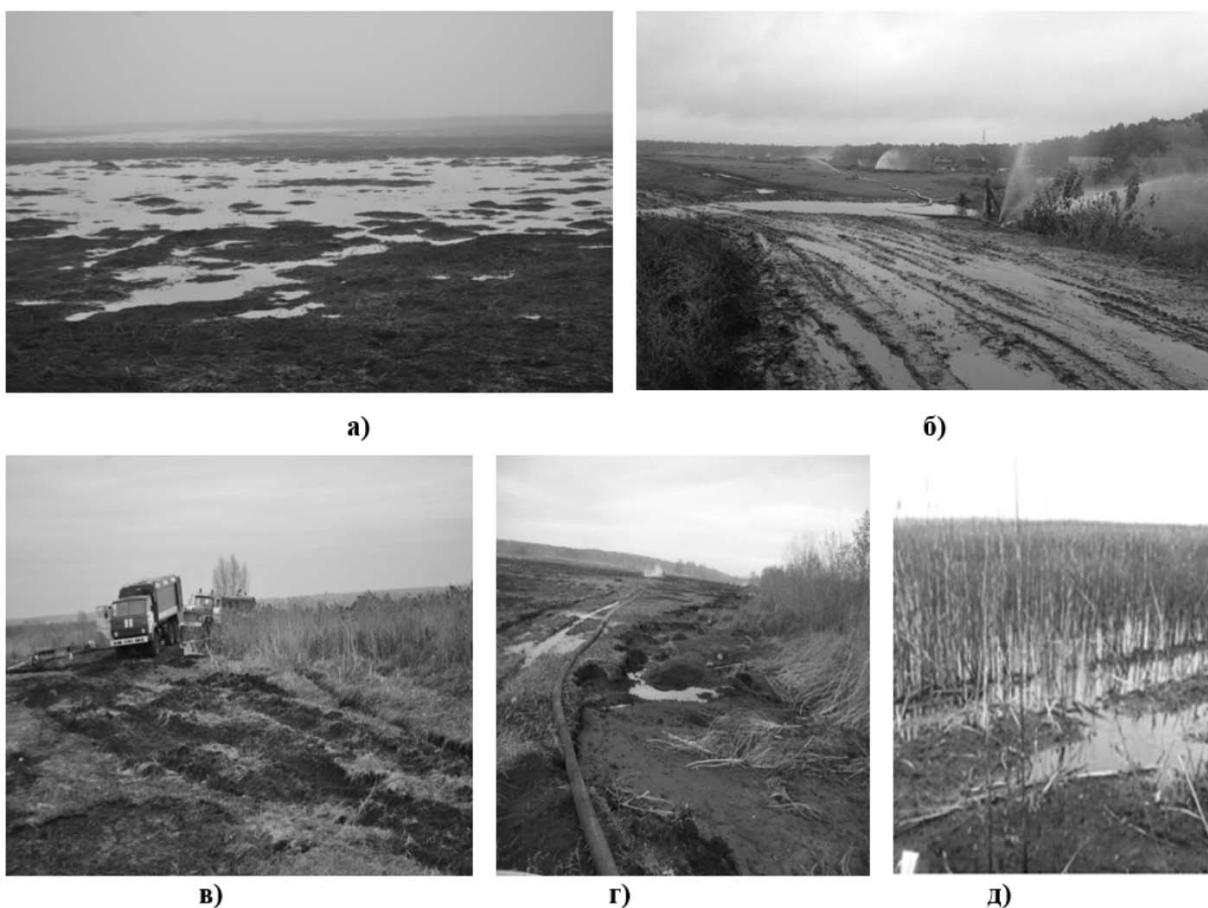


Рис. 26.18. Тушение торфяных пожаров на осушительно-увлажнительных системах в поймах рек Ирпень (а, б) и Здвиж (в, г, д), 24.10.2015 и 17.11.2015

Ввиду необходимости обеспечения прохождения санитарных расходов по р. Ирпень, достаточного обводнения пойменных торфяников и своевременной подачи воды для тушения очагов пожаров, межведомственной комиссией по вопросам установления оптимальных режимов работы было принято решение о проведении сбросов воды из водохранилищ «Лесное» и «Корнино»: из водохранилища «Лесное» в период с 26.06.2015 по 18.07.2015 в количестве 2708 тыс. м³, из водохранилища «Корнино» с 08.07.2015 по 16.07.2015 в количестве 1066,1 тыс. м³. Общий объем сброса воды из водохранилищ составил 3774,1 тыс. м³. Для обеспечения поднятия уровня грунтовых вод на мелиорируемых землях ОУС «Здвиж» в Бородянском районе к максимально допустимым отметкам уровней воды для тушения пожаров на торфяниках был осуществлен сброс воды из Новогребельского водохранилища, которое расположено на одном из притоков р. Здвиж.



Рис. 26.19. Локализация очагов возгорания торфяников канавами, пойма р. Рокач

Следует отметить, что осенью 2014 г. с целью обеспечения затопления торфяников с очагами длительных пожаров на землях Ирпенской ОУС была построена земляная перемычка на р. Ирпень между русловыми шлюзами № 1 и 2 в районе с. Демидов Вышгородского района (рис. 26.20).



Рис. 26.20. Остатки временной плотины на р. Ирпень (по состоянию на ноябрь 2015 г.)

В контексте решения проблемы торфяных пожаров, минимизации риска последних, обеспечения противопожарной защиты осушаемых торфяников определяющими должны быть предупредительные мероприятия. Среди последних в мировой практике (Голландия, Финляндия и др.) используется метод контролируемого затопления и подтопления пожароопасных территорий при засушливых условиях как составляющая двойного водорегулирования.

К сожалению, на значительной части территорий мелиоративных систем отсутствует техническая возможность затопления и активного регулирования УГВ в связи с их конструктивными особенностями. Осушительные системы одностороннего действия, которые работают лишь на сброс воды из торфяников, мало способствуют обеспечению активного снижения уровня пожарной опасности и тушению торфяных пожаров. Применение данного метода в Украине нуждается в возобновлении полноценного функционирования мелиоративных систем, в том числе с двусторонним регулированием режима грунтовых вод.

Как один из радикальных путей предотвращения риска торфяных пожаров в настоящее время предлагается возобновление болот, иногда достаточно экзотическими способами [9], хотя данный вопрос нуждается в обстоятельном изучении и достаточно взвешенном рассмотрении при принятии решений, а также учете при их реализации ряда усложняющих факторов, в частности распаивания значительного количества осушенных земель и необходимости обеспечения в последующем невозможности формирования пирогенно опасных ситуаций на торфяно-болотных угодьях и подтопления прилегающих территорий. Как пример попытки возобновления естественного гидрологического режима торфяников и предупреждения пожаров на них можно привести Проект Европейского Союза «Clima East: Сохранение и устойчивое использование торфяников», который внедряется Программой устойчивого развития ООН в Украине на мелиоративной осушительно-увлажнительной системе «Смолянка» в Черниговской области [10].

Таким образом, на наш взгляд, для предотвращения неблагоприятных пирогенных ситуаций, повышения уровня противопожарной защиты торфяных почв на осушительных и осушительно-увлажнительных системах в бассейнах рек Полесья, в частности Ирпень и Здвиж, при современных условиях землепользования и климатических трансформациях необходимо:

- возобновить эффективное использование мелиорируемых земель с соблюдением природоохранных требований и внедрением покровной культуры земледелия [4, 11–14] (на основании разработки и реализации механизма экономического стимулирования владельцев земель, контроля и финансового влияния на нарушителей порядка использования мелиорируемых угодий);

- обосновать и провести на основании инвентаризации и аудита осушительных систем и земель контролируемую ренатурализацию деградированных или малопродуктивных мелиорируемых земель, в первую очередь, с торфяными почвами;

- передать внутрихозяйственные мелиоративные сети в государственную собственность с обеспечением финансирования их эксплуатации;

- усовершенствовать режим эксплуатации мелиоративных систем с учетом изменений условий землепользования и необходимости двустороннего регулирования водного режима осушаемых почв;

- повысить водообеспеченность территории в маловодные периоды путем устройства резервных емкостей для аккумуляции поверхностных и дренажных вод, противопожарных водоемов на мелиоративных каналах, скважин вертикального дренажа (водозаборных) как гарантированных источников для забора подземных вод в случае необходимости тушения пожаров;

- разработать и реализовать региональные и местные целевые программы комплексной противопожарной защиты торфяников;

- организовать систему мониторинга пирогенных ситуаций, в том числе с применением спутниковых данных, беспилотных летательных аппаратов, тепловизоров и т. п.

Такой мониторинг целесообразно проводить дистанционными методами, к которым относятся, в первую очередь, спутниковые наблюдения, незаменимые при определении границ распространения пожаров, их масштабов и оценивания последствий [15–19]. Влажность и температура поверхности земли являются основными показателями при обследовании пожарных участков по мультиспектральным спутниковым изображениям среднего и высокого пространственного разрешения.

Температура и содержание влаги в вегетативном покрове и почве являются ключевыми факторами при идентификации и моделировании распространения пожаров. Учитывая то, что растительность имеет характерное спектральное отражение, которое отображается определенной кривой, где здоровая растительность – это относительный максимум в зеленой полосе, умеренно больная – минимум в красной полосе и увядшая – максимум в ближней инфракрасной, оценивать содержание влаги можно по спектральным вегетационным индексам. Используя мультиспектральные данные определенного спутника, в расчетные формулы индексов подставляют каналы тех спутников, по данным которых проводится мониторинг. Для идентификации пожарной опасности используют доступную бесплатную информацию таких спутников, как Terra MODIS для обследования территорий регионального уровня и Landsat 8 для локального. В Terra MODIS используют каналы: ρ_1 (620–670 nm), ρ_2 (841–876 nm), ρ_3 (459–479 nm), ρ_4 (545–565 nm), ρ_5 (1,230–1,250 nm) и ρ_6 (1,628–1,652 nm) [4], а в Landsat 8 лучше всего подходят каналы ρ_1 , ρ_5 (857 nm), ρ_6 (857 nm), ρ_{11} (10,8 та 12,0 nm) [19]. В первом канале идентифицируются пыль и дым, в пятом и шестом отражается влага в растительном покрове, который дает возможность отличать влажную поверхность от сухой; в одиннадцатом (тепловом) регистрируется температура поверхности, которая дает возможность «видеть» последнюю.

Исходя из этого проведенные исследования были сосредоточены на определении общей площади торфяного пожарного участка и очагов возгорания в следующих тематических изображениях:

- на выделенном фрагменте пожарного снимка в целом;
- на фрагменте пожарного снимка при комбинации каналов 1, 6, 11;
- на рассчитанном изображении вегетационного индекса NDVI;
- на рассчитанном композите почвы.

При обследовании участка Ирпенской осушительно-увлажнительной системы между каналами К-72-1 и К-72-2, где произошел пожар торфяника в октябре 2015 г., на локальном и детальном уровнях исследований использованы спутниковые данные Landsat 8 и выполнены расчеты. Прежде всего проведена идентификация поверхности пожарного участка и ее сегментация для выделения общей площади пожара и определения ее очагов (рис. 26.21), рассчитаны пространственный и спектральный профили поверхности и сигнатура спектрального отражения пожарного участка (рис. 26.22).

По результатам проведенных расчетов поверхность исследуемой территории идентифицирована как горячий пепел, о чем свидетельствует спектральный профиль с максимумом в температурных каналах и сигнатура в пределах пространственного профиля поверхности. Пространственный профиль определяет пойму р. Ирпень как равнинную, на которой залегают торфяники. Выделенный фрагмент пожарища на снимке по рассчитанному вегетационному индексу NDVI, смоделированному композиту почвы и комбинации каналов 1, 6, 11 приведен на рисунке 26.23.

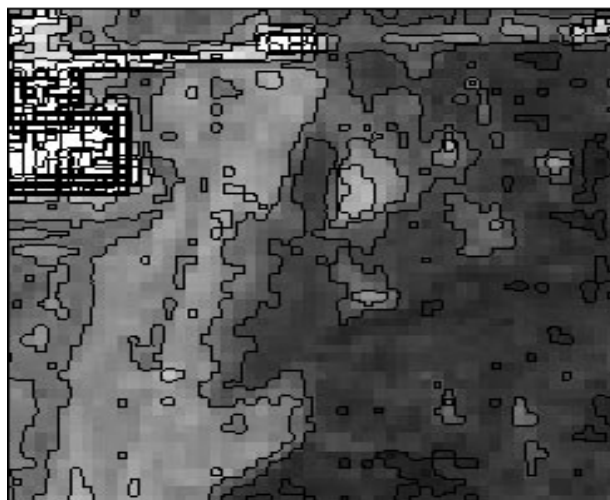


Рис. 26.21. Сегментация фрагмента пожарища на снимке Landsat 8 Ирпенской осушительно-увлажнительной системы, Белгородский сельский совет, 25.10.2015

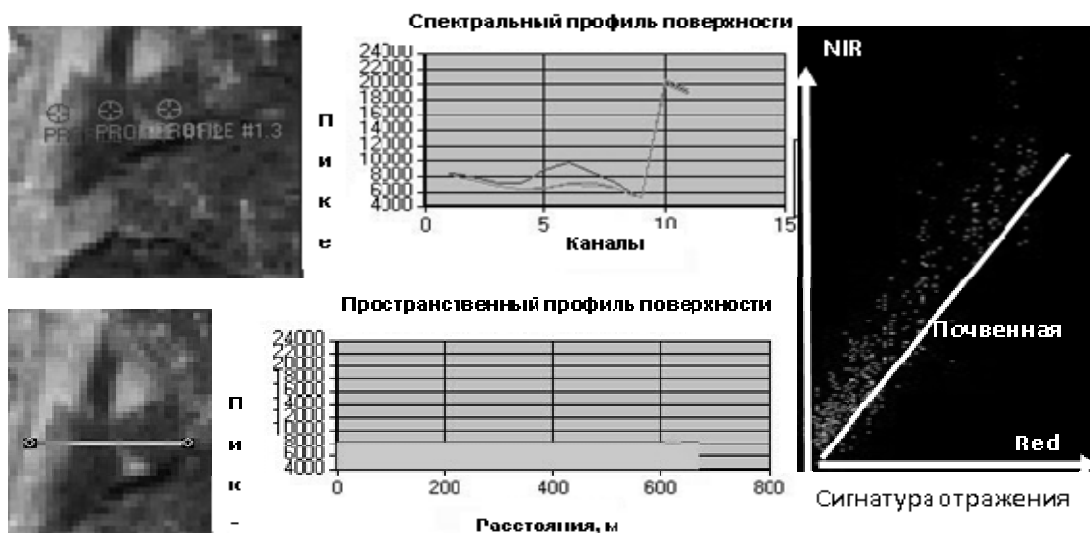


Рис. 26.22. Пространственный и спектральный профили поверхности и сигнатура спектрального отражения пожарища, 25.10.2015

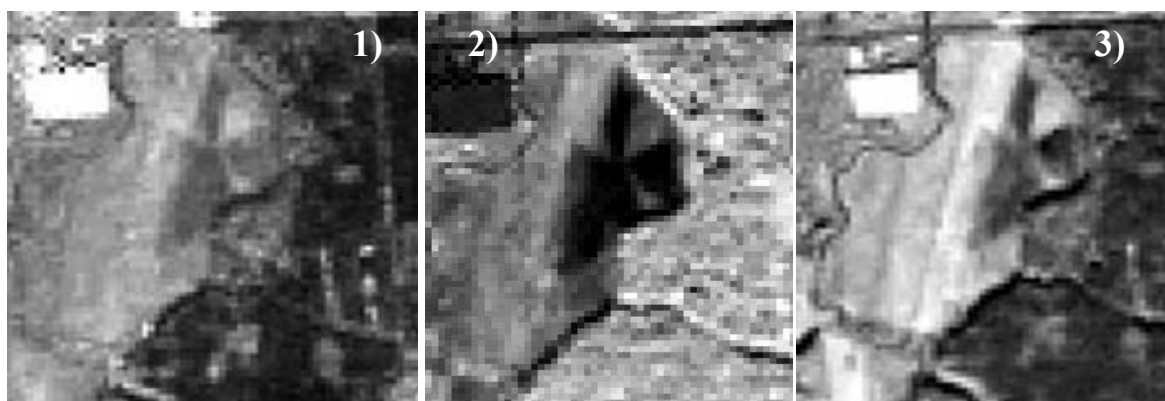


Рис. 26.23. Выделение фрагмента пожарища по расчетам: 1 - NDVI, 2 - композит почвы, 3 - комбинация каналов 1, 6, 11, 25.10.2015

Наилучшее изображение горения торфа приведено на снимке Landsat 8 с комбинацией каналов 1, 6, 11, поэтому именно он использован для уточнения площади пожарища и очагов пожара (рис. 26.24).

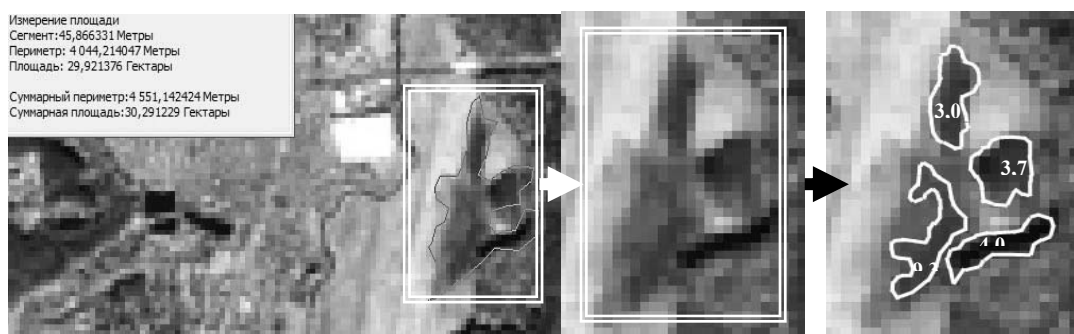


Рис. 26.24. Выделение фрагментов очагов горения и определение их площадей по состоянию на 25.10.2015

В результате мониторинга детального уровня, а именно – участков горения торфов на Ирпенской осушительно-увлажнительной системе (Белгородский сельский совет по состоянию на 25.10.2015), доказано, что для оценивания состояния торфяников полезной информацией является проведение сегментации спутникового снимка для выделения общей площади пожара и определения ее очагов, построение пространственного и спектрального профилей поверхности и сигнатуры спектрального отражения участка горения торфяника, комбинация каналов снимка 1, 6, 11, как рекомендовано в литературе [19].

Таким образом, последующее усиление аридизации торфяников и прилегающих территорий вызывает активизацию возникновения торфяных пожаров с угрозой пирогенной деградации почв или их полного выгорания. Противопожарная защита торфяных почв, оперативная ликвидация пожаров на осушительных и осушительно-увлажнительных системах нуждаются в обеспечении целевого использования мелиорируемых земель или возобновления естественного режима функционирования органогенных почв, усовершенствования режима эксплуатации мелиоративных систем в соответствии с условиями землепользования и необходимости двойного регулирования водного режима осушаемых почв, создания резервных емкостей для аккумуляции поверхностных и подземных вод.

Практическая деятельность МУВХ относительно предотвращения и ликвидации торфяных пожаров на осушительных системах в бассейнах рек Ирпень и Здвиж, а также в целом на торфяниках должна быть направлена на решение таких заданий:

- составление схем распространения торфяных почв и очагов пожаров;
- налаживание сотрудничества с органами местного самоуправления, на территориях которых размещены мелиоративные системы или на балансе которых находятся внутрихозяйственные мелиоративные сети, относительно обеспечения использования владельцами или землепользователями осушаемых угодий на пойменных землях по целевому назначению и в соответствии с согласованными требованиями к регулированию водного режима на них, а также относительно заключения договоров на поддержание определенных режимов подразделами МУВХ при соответствующем финансовом обеспечении;
- привлечение средств землевладельцев (землепользователей) для выполнения работ по приведению к должному техническому состоянию внутрихозяйственных каналов, сооружений на них, в частности локального углубления каналов как мест обеспечения наличия и возможности забора грунтовых вод на случай тушения пожаров;
- проработка схем обводнения торфяников (подтопление или затопление на случай экстремальных масштабных пирогенных ситуаций);
- своевременное выявление очагов возгораний и информирование о них управлений ГСЧС;
- обеспечение подачи воды в каналы, в том числе внутрихозяйственные, для пожаротушения или же затопления территорий при принятии решений об этом соответствующими территориальными комиссиями по вопросам техногенно-экологической безопасности и чрезвычайных ситуаций.

Литература

1. Трускавецький Р. С. Торфові ґрунти і торфовища України. – Харків: Міськдрук, 2010. – 278 с.
2. Меліорація ґрунтів (систематика, перспективи, інновації) : монографія / за ред. С. А. Балюка, М. І. Ромашенка, Р. С. Трускавецького. – Херсон: Гринь Д.С., 2015. – 668 с.

3. Зайдельман Ф. Р., Банников М. В., Шваров А. П. Пирогенная деградация осушенных торфяных почв // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения : тез. и докл. Всерос. конф. – Т. 2. – М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 1998. – С. 70–72.
4. Торфово-земельний ресурс України (концепція комплексного використання) / за ред. В. П. Ситника, Р. С. Трускавецького. – Харків: ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського, 2010. – 71 с.
5. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 році. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2012/ND_2012.pdf.
6. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/files/prognoz/report/2014/ND_2014.pdf.
7. Наказ Державної служби України з надзвичайних ситуацій від 07.04.2016 № 168 «Про організацію заходів з протидії пожегам у природних екосистемах у 2016 році. – Режим доступу: www.mns.gov.ua/files/2016/4/8/168.odt.
8. Коваль С. І., Кот О. С. Пірогенні утворення на місці осушених згорівших торфових ґрунтів – їх властивості // Вісник інженерної академії України. – 2012. – № 1. – С. 229–232.
9. Кнабикас А. Киев спасут от дыма бобры и политики // Столица. – 2016. – 25 окт.
10. Боброва В. Україна у вогні: небезпечні торф'яні пожежі // Антикор, 19.08.2015. – Режим доступу: http://www.antikor.com.ua/articles/58838_ukrajina_u_vogni_nebezpechni_torfjani_pohehi.html.
11. Рижук С. М., Слюсар І. Т. Агроєкологічні основи ефективного використання осушуваних ґрунтів Полісся і Лісостепу України. – Київ: Аграрна наука, 2006. – 424 с.
12. Природоохоронне та ефективне використання осушуваних органогенних ґрунтів гумідної зони / за наук. ред. І. Г. Слюсара, В. А. Сташука. – Київ: ЦП «Компринт», 2014. – 79 с.
13. Зайдельман Ф. Р., Шваров А. П. Пирогенная и гидротермическая деградация торфяных почв, их агроэкология, песчаные культуры земледелия и рекультивирования. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. – 166 с.
14. Основные принципы освоения и рационального использования торфяных почв / Е. В. Широкова [и др.] // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям : тез. докл. Всерос. конф. (Москва, 24–25 апр. 2002 г.). – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 2002. – С. 269–270.
15. López A. S., San-Miguel-Ayanz J., Burgan R. E. Integration of satellite sensor data, fuel type maps and meteorological observations for evaluation of forest fire risk at the pan-European scale // Int. J. Remote Sens. – 2002. – 23. – 2713–2719.
16. Combining NDVI and surface temperature for the estimation of live fuel moisture content in forest fire danger rating / E. Chuvieco [et al.] // For. Fire Prev. Assess. – 2004. – 92. – 322–331.
17. Maki M., Ishihara M., Tamura M. Estimation of leaf water status to monitor the risk of forest fires by using remotely sensed data // Remote Sens. Environ. – 2004. – 90. – 441–450.
18. Bisquert M., Sánchez J. M.I., Caselles V. Моделювання пожежної небезпеки в Галичині й Астурії (Іспанія) від зображення MODIS (лісові пожежі) // Remote Sens. – 2014. – 6. – 540–554.
19. Ліщенко Л. П., Пазинич Н. В. Моніторинг стану торфовищ для виявлення пожежонебезпечних ділянок за допомогою дистанційних методів // Український журнал дистанційного зондування Землі. – 8 (2016). – С. 29–39. – Режим доступу: <http://www.uirs.org.ua/uirs/article/download/72/84>.

Часть 3. ОБУСТРОЙСТВО, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕЛИОРАЦИИ ПОЛЕСЬЯ

Глава 27. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПОЛЕСЬЯ

27.1. Источники водоснабжения и особенности их использования

Мелиорация Полесья Украины привела к значительному увеличению площадей сельскохозяйственных угодий, увеличению как количества выращиваемой продукции, так и ее видов. Это способствовало развитию перерабатывающей промышленности в этой зоне. Кроме того, отмечалось увеличение поголовья в животноводстве. Все это привело к увеличению количества рабочих мест и соответственно к расширению и разнообразию инфраструктуры. Активизация агропромышленного комплекса сопровождалась бурным развитием строительной отрасли. При этом остро встал вопрос расширения коммунального и промышленного водоснабжения и водоотведения, поиск источников водоснабжения, методов и средств очистки сточных вод.

Любое производство и хозяйственная деятельность человека всегда связаны с использованием водных ресурсов и их состоянием. Растущие темпы производства не только улучшают уровень и условия комфортности жизнедеятельности, но и прямо или косвенно влияют на состояние окружающей среды. Охрана окружающей природной среды, рациональное использование водных ресурсов, обеспечение экологической безопасности жизнедеятельности человека – неотъемлемые условия устойчивого экономического и социального развития Украины. С этой целью государство осуществляет на своей территории экологическую политику, направленную на сохранение безопасной для существования живой и неживой природы окружающей среды, а также обеспечивает защиту жизни и здоровья населения от негативного воздействия, обусловленного загрязнением окружающей среды, достижение гармоничного взаимодействия общества и природы, охрану, рациональное использование и воспроизводство водных ресурсов. Таким образом, эффективное развитие экономики и устойчивое развитие общества возможны лишь при условии рационального водопользования.

Основными водопотребителями в зоне Украинского Полесья являются промышленные и сельскохозяйственные предприятия, фабрики, заводы, лесное хозяйство, транспорт, строительные организации, жилищно-коммунальное хозяйство и бытовое обслуживание, торговля и общее питание, государственное управление, гидротехнические мелиорации и т. д. Характеризуя водопотребление, на примере Ровенской области, по данным [1] 2008–2012 гг., крупнейшими водопользователями можно назвать промышленные предприятия и рыбное хозяйство (рис. 27.1, 27.2). Объемы потребления воды в этих отраслях непостоянны по годам.

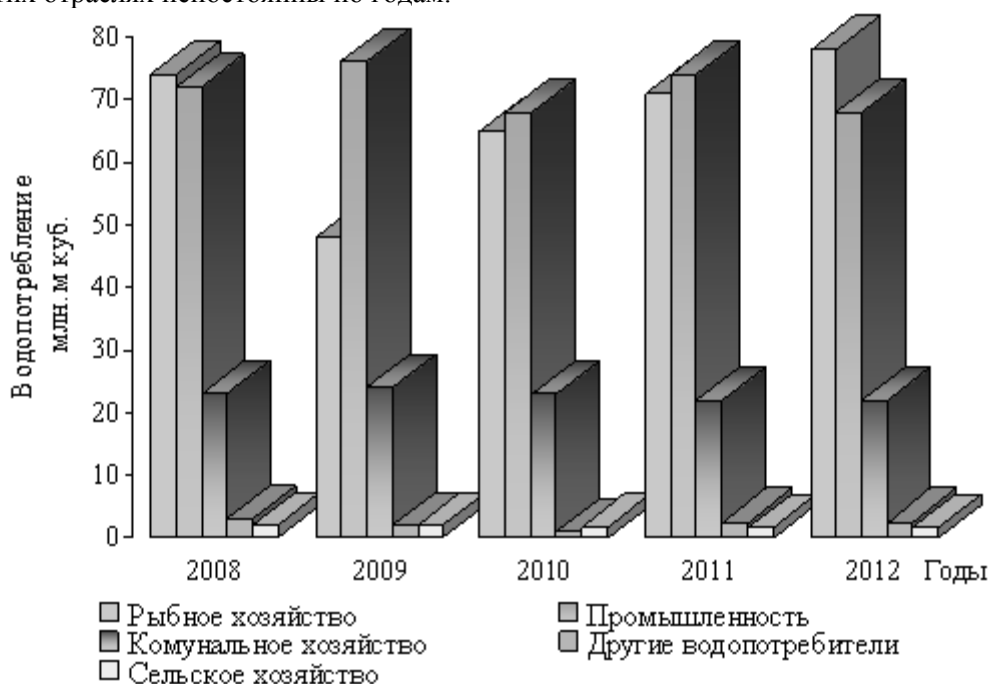


Рис. 27.1. Объемы водопотребления отраслями экономики Ровенской области

Основными источниками водоснабжения в зоне Полесья Украины, как правило, являются поверхностные и подземные воды, качественные и количественные показатели которых обусловлены природными условиями происхождения и уровнем антропогенной нагрузки (рис. 27.3, 27.4). Потребление подземных вод, обеспечивающих коммунальное хозяйство области, в течение лет остается стабильным. Отбор воды из поверхностных источников колеблется в зависимости от объемов производства.

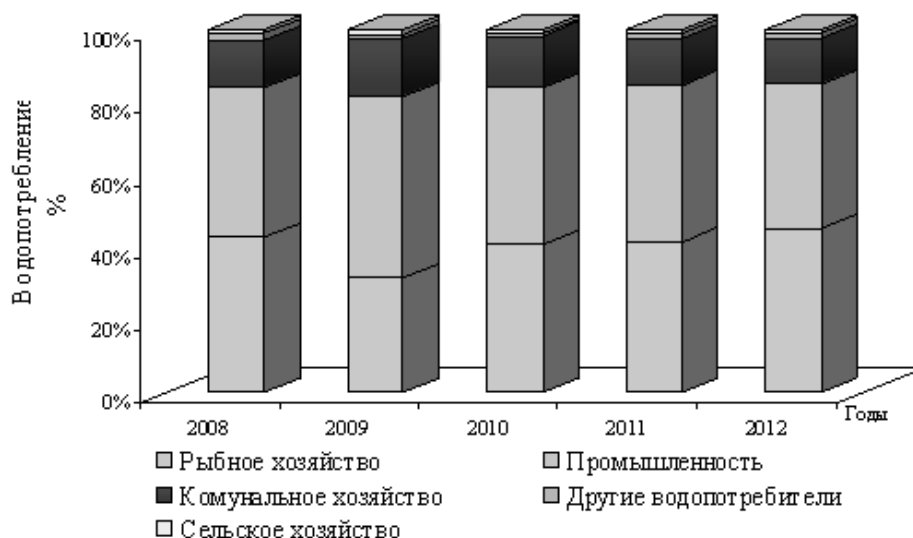


Рис. 27.2. Распределение водопотребления между отдельными отраслями экономики Ровенской области, %

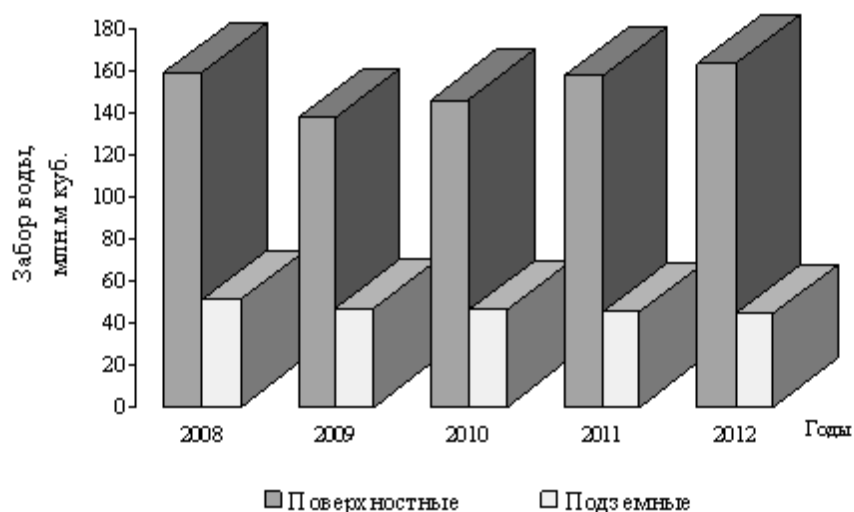


Рис. 27.3. Объемы забора поверхностных и подземных вод отраслями экономики Ровенской области

Забор подземных вод составляет около 20 % от общего объема используемых вод. Это обусловлено тем, что питьевое водоснабжение для городов Ровно и Сарны полностью обеспечивается за счет подземных источников.

Актуальным вопросом на сегодняшний день является разработка путей комплексного и рационального использования всех источников водоснабжения с учетом их качественных и количественных показателей:

- для возможности многоцелевого использования водных ресурсов (водоснабжение коммунального хозяйства населенных пунктов, агропромышленного комплекса, промышленности, мелиорации, водного транспорта);
- охраны и эколого-экономической оценки водных источников;
- платы за эксплуатацию и использование;
- международного сотрудничества в рамках трансграничных водных ресурсов.

Индикаторами показателей улучшения водопользования являются: обеспечение необходимого качества воды для питьевого и промышленного водоснабжения с учетом особенностей химического состава воды данной зоны; поиск и внедрение альтернативных источников промышленного водоснабжения; анализ и контроль удельных норм водопотребления с учетом особенностей развития эко-

номики; разработка комплекса мер по предотвращению истощения и загрязнения поверхностных вод. Внедрение комплекса данных мероприятий будет способствовать устойчивому развитию водопользования этой зоны Полесья.

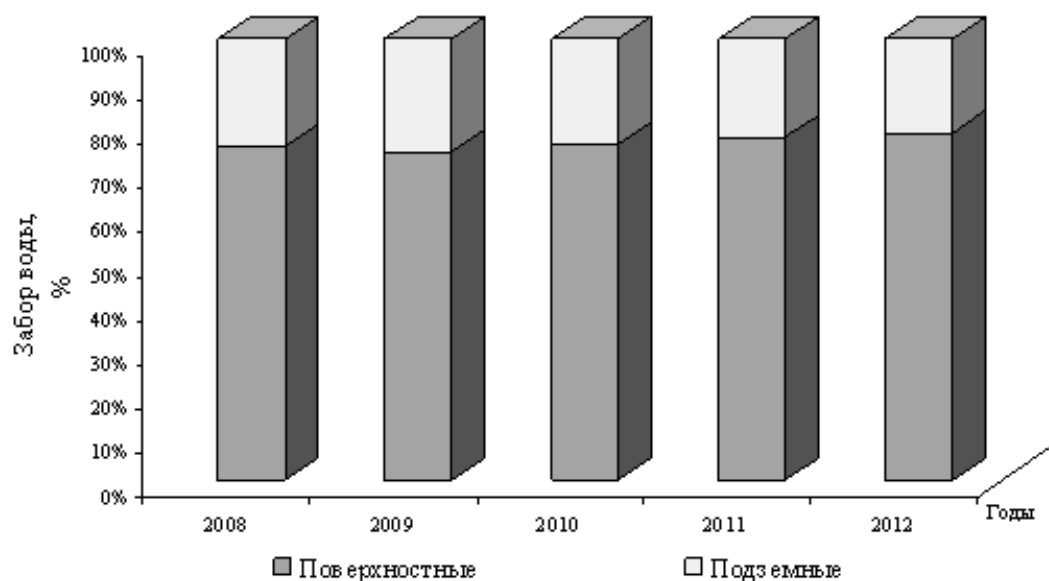


Рис. 27.4. Распределение забора воды из поверхностных и подземных источников по отраслям экономики Ровенской области, %

27.2. Экологические аспекты питьевого водоснабжения

Качество воды в зависимости от характера использования нормируется государственными стандартами и другими нормативами. Практически все поверхностные воды Украины за последние десятилетия подвергаются интенсивному загрязнению вследствие растущей антропогенной нагрузки, что обусловлено сбросом недостаточно очищенных вод, поступлением поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий, промышленных площадок, урбанизированных территорий и т. д. Как правило, качество речной воды, особенно у истоков, отвечает требованиям I–II класса качества с экологических позиций. Однако для отдельных регионов Полесья Украины характерно повышенное содержание железа в природных водах.

Вопросами обезжелезивания воды для различных отраслей экономики посвящены работы ученых Украины и зарубежных стран. Основательные исследования, с учетом экологических аспектов, проведены на кафедре водоснабжения и бурового дела, кафедре водохозяйственной экологии, гидрологии и природопользования Национального университета водного хозяйства и природопользования [2, 3, 4]. Проблема использования водных ресурсов с учетом их экологического состояния является актуальной, имеет практическое и теоретическое значение.

Содержание соединений железа в поверхностных и подземных водах обусловлено геологическими, климатическими, ландшафтными и гидрологическими особенностями региона исследований. Ровенская область расположена на северо-западе Украины. Территория области расположена в пределах двух крупных платформенных структур – Украинского щита и Волыно-Подольской плиты, и только незначительный участок на северо-восточной окраине области лежит в пределах Припятского прогиба. Полесская низменность в пределах Ровенской области объединяет части двух принципиально отличных по условиям рельефообразования геоморфологических подобластей – Волинского и Житомирского Полесья. Территория Ровенщины находится в пределах трех артезианских бассейнов: Волыно-Подольском, Припятском и Украинским бассейнами трещиноватых и пластовых вод [5]. Особенности геологической истории и развития платформенных структур обусловили своеобразную ярусность равнинной поверхности Ровенщины, где с севера на юг последовательно прослеживаются: низменность Ровенского Полесья, Волинская возвышенность, равнина Малого Полесья и ответвления северного уступа Подольского плато. Каждый из упомянутых ярусов характеризуется не только гипсометрическими различиями, но и своеобразными комплексами рельефа, особенностями формирования водных ресурсов, почвенного покрова, растительного мира и т. д.

Качество поверхностных и подземных вод зависит от уровня антропогенной нагрузки. Поверхностные водные объекты области преимущественно относятся к слабо загрязненным. Несоответствие качества воды по химическим показателям наблюдается, как правило, по взвешенным веществам,

нефтепродуктам, содержанию аммиака, общего железа, формальдегида, органических веществ, БПК. Почти на всех поверхностных водных объектах отмечено превышение предельно допустимой концентрации общего железа (ПДК 0,2 мг/л) от 2 до 20 раз и более. При этом следует отметить, что даже такие концентрации, как 0,3–0,4 мг/л, могут вызвать появление пятен цвета ржавчины на сантехническом оборудовании, изменять органолептические показатели питьевой воды.

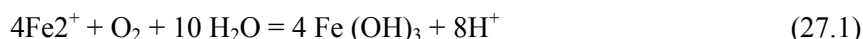
Из водопроводной сети в области постоянно проводится отбор проб воды на соответствие качества. Среднеобластной показатель несоответствия качества питьевой воды из источников децентрализованного водоснабжения по санитарно-химическим показателям в период с 2000 по 2010 год вырос с 17,5 до 26,2 %. Отклонение от нормативов установлено по показателям: общего железа, мутности и цветности. Превышение среднеобластного показателя наблюдалось в Ровенском, Володимирецком, Дубенском, Дубровицком, Костопольском и Сарненском районах [1].

Таким образом, высокое содержание железа в поверхностных водах требует обязательного проведения обезжелезивания, то есть необходимо проводить комплекс мероприятий по снижению содержания железа. Учитывая, что в области для различных отраслей экономики используется из общего количества 76 % поверхностных вод, вопрос их обезжелезивания является важной технологической, экономической, экологической и социальной проблемой.

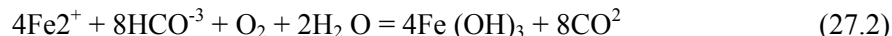
Железо в природных водах, в зависимости от pH, может находиться в виде двух- и трехвалентных ионов, коллоидов органического и неорганического происхождения, таких как $Fe(OH)_3$, FeS , $Fe(OH)_2$, комплексных соединений из гуматов и фульвокислот, а также в виде тонкодисперсной взвеси гидроксида железа.

В питьевой воде железа должно быть не более 0,2 мг/дм³. Обоснование метода удаления железа из природных вод зависит от форм, количества железа и буферных свойств исходной воды. Чтобы удалить железо из воды, применяют в основном реагентный или безреагентный методы, при которых надо перевести растворимые формы железа в малорастворимые формы $Fe(OH)_3$. Достигается это окислением с последующим его осаждением или задержанием в толще фильтрующей засыпки. Удалять двухвалентные ионы железа можно с помощью:

а) кислорода:

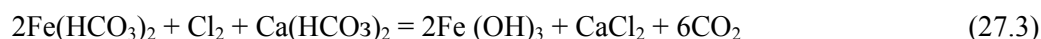


или

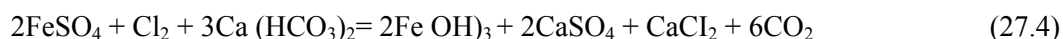


При окислении 1 мг гидрокарбоната железа образуется 1,6 мг свободной угольной кислоты, а общая щелочность воды снижается на 0,043 мг-экв/дм³, уменьшается pH, замедляются процессы окисления и гидролиза железа;

б) хлора

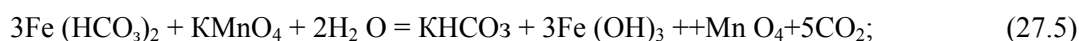


или

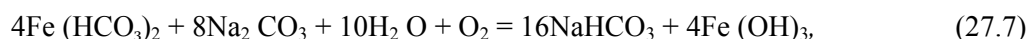
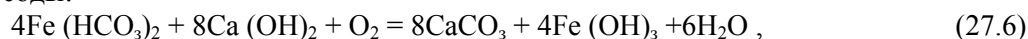


На окисление 1 мг двухвалентного железа расходуется 0,64 мг Cl_2 , а щелочность снижается на 0,018 мг-экв/дм³ на каждый 1 мг/дм³ удаленного железа. Окисление интенсивно происходит при pH > 5;

в) перманганата калия:



г) извести или соды:



Метод обезжелезивания выбирают в зависимости от химического состава воды, степени обезжелезивания, производительности станции, технологических испытаний.

Обезжелезивание поверхностных вод можно осуществить только реагентными методами. Для обезжелезивания подземных вод чаще всего используют безреагентный метод, поскольку он проще и дешевле. Процесс заключается в том, что в аэрационных устройствах воду насыщают кислородом, при этом частично удаляется угольная кислота, частично окисляется железо. Затем воду отстаивают в резервуарах и фильтруют для удаления образующихся хлопьев гидроксида железа. Если процесс обезжелезивания безреагентным методом не обеспечивает достижения норматива качества, то прибегают к реагентному методу. При этом в исходную воду вводят окислители: хлор, перманганат калия, известь, соду.

Аэрацию в безреагентном методе можно проводить в специальных устройствах или использовать упрощенную аэрацию. Упрощенную аэрацию используют, если содержание железа составляет до 10 мг/дм^3 , в том числе двухвалентного не менее 70 %, рН не менее 6,8, щелочность более $(1 + \text{Fe}^{2+} / 28) \text{ мг/дм}^3$.

При производительности станции до $3200 \text{ м}^3/\text{сут}$ и содержании железа до $5,0 \text{ мг/дм}^3$ применяют установки по напорной схеме, а на станциях большей производительности используются обычные скорые фильтры с кварцевой засыпкой крупностью $0,8\text{--}1,8 \text{ мм}$, коэффициентом неоднородности $1,5\text{--}2,0$, толщиной 1 м , расчетной скоростью фильтрования $5\text{--}7 \text{ м/ч}$ или крупностью $1\text{--}2 \text{ мм}$, толщиной $1,2 \text{ м}$ и скоростью фильтрования $7\text{--}10 \text{ м/ч}$. На современном этапе даже используются фильтры с щебеночной засыпкой крупностью $5\text{--}10 \text{ мм}$, толщиной засыпки $2,1 \text{ м}$, скоростью фильтрования – до 20 м/ч . Особенностью всех этих фильтров является то, что исходная вода выливается сплошным потоком в боковой карман с высоты не менее $0,5 \text{ м}$.

Для улучшения аэрации предлагается излив из специального желоба или дырчатой трубы. На кафедре водоснабжения и буровой дела НУВХП разработаны фильтры с плавающей пенополистирольной засыпкой, которые в схемах обезжелезивания обеспечивают высокую компактность и простоту эксплуатации установок. В качестве засыпки в фильтрах применяют пенополистирол крупностью $0,5\text{--}1,0 \text{ мм}$ слоем толщиной $0,5\text{--}0,7 \text{ м}$. Скорость фильтрования устанавливают до 7 м/ч . Такие установки могут иметь систему гидроавтоматики, которая обеспечивает перевод фильтра из режима фильтрации в режим промывки, и наоборот. Особенно перспективны установки с пенополистирольными фильтрами для подготовки качества воды в сельской местности.

Метод обезжелезивания подземных вод с большой концентрацией железа предусматривает глубокую аэрацию на вентиляторных или контактных градирнях, с последующим окислением железа в контактном резервуаре и фильтровании на открытых фильтрах. При производительности установки до $75 \text{ м}^3/\text{ч}$ используются контактные градирни, при большей производительности – вентиляторные. Контактная градирня – это сооружение с жалюзийными стенками, внутри которой расположены ящики с рыхлым дном. В ящики загружают куски кокса, пемзы, щебня. В верхней части вода разбрызгивается по площади и фильтруется через несколько таких ящиков, вследствие чего насыщается кислородом. В условиях, когда недостаточно аэрационных методов, используют реагентные. Расчетные дозы реагентов окислителей составляют: хлора, $\text{мг/дм}^3 - \text{ДХЛ} = 0,7 (\text{Fe}^{2+})$, перманганата калия, $\text{мг/дм}^3 - \text{Дп} = (\text{Fe}^{2+})$. Реагенты-окислители при этом вводят непосредственно перед фильтрами.

Обезжелезивание воды поверхностных источников обеспечивается одновременно с осветлением и обесцвечиванием воды. В поверхностных водах железо часто находится в виде комплексных соединений, которые можно разрушить в первую очередь окислением хлором, известью. В этих условиях доза извести устанавливается в соответствии с уравнением:

$$D_b = 28 ([\text{CO}_2] / 22 + [\text{Fe}^{2+}] / 28 + D_k / e), \quad (27.8)$$

где $[\text{CO}_2]$, $[\text{Fe}^{2+}]$ – содержание свободной углекислоты и железа, мг/дм^3 ; D_k – доза коагулянта, мг/дм^3 ; e – эквивалентная масса коагулянта, мг/мг-экв .

На данном этапе развития науки пока отсутствует теоретическое обоснование способа обезжелезивания воды. В нормах проектирования [6] четко указано, что метод обезжелезивания следует принимать на основе результатов технологических испытаний, которые выполняют непосредственно у источника водоснабжения.

Так что для использования поверхностных и подземных вод отраслями экономики необходимо проводить технические мероприятия по их обезжелезиванию. Внедрение этих мероприятий требует обязательных предварительных технологических испытаний для обоснования выбора метода обезжелезивания воды в каждом конкретном случае. Проведение обезжелезивания воды является важной экономической, экологической и социальной проблемой, имеет научное, теоретическое и практическое значение [7].

27.3. Экологические аспекты обеспечения промышленного водоснабжения

Одним из самых важных факторов, влияющих на формирование экологического состояния территорий, качественных и количественных показателей водных ресурсов является использование водных ресурсов промышленными предприятиями. С одной стороны, промышленность – это один из самых больших факторов формирования антропогенной нагрузки, с другой стороны, промышленность предъявляет специфические требования к использованию природных ресурсов. С целью уменьшения нагрузки на главные водные артерии Полесья актуальным становится вопрос выбора альтернативных источников водоснабжения.

Для обеспечения комплексного и рационального использования водных ресурсов необходимо проводить эколого-экономическую оценку обоснования водосберегающих и природоохранных мероприятий. Нами была разработана структурно-логическая модель эколого-экономической оценки рационального использования водных ресурсов (рис. 27.5). Исходной информацией в предложенной структурно-логической модели стала база данных – пакет документов, который всесторонне характеризует текущее состояние использования водных ресурсов предприятиями в зоне Полесья [8].

Формирование базы данных предусматривает специальное обследование объекта водопользования: определение характеристик территории расположения объекта, источников водоснабжения и их удаленность по отношению к объекту, предприятий, которые сбрасывают отработанную воду, лицензии на водопользование, характеристики существующих производств и их требования к качеству, количеству и режиму водоснабжения и водоотведения. Кроме того, важно иметь информацию о существующих сооружениях и оборудовании по системам водоснабжения и водоотведения. Это дает возможность провести расчеты, например, при определении водобалансовых схем. Первым этапом работы предусматривается проведение мониторинговых исследований с целью определения и анализа объемов производства существующих подразделений, получение информации о потреблении и отводе воды по категориям водопользователей (хозяйственно-питьевые, производственные, вспомогательные нужды). Контроль достоверности полученной информации требует определения мест размещения водомерных приборов, сроки их проверочных испытаний. Расчет и обоснование водопотребления в целом по объекту проводят с учетом перспектив его развития. Этот вопрос рассматривается с целью определения возможных изменений производственного процесса, обновления структуры объекта, изменения норм водопотребления и водоотведения. Обязательным при этом является использование нормативно-законодательной базы.

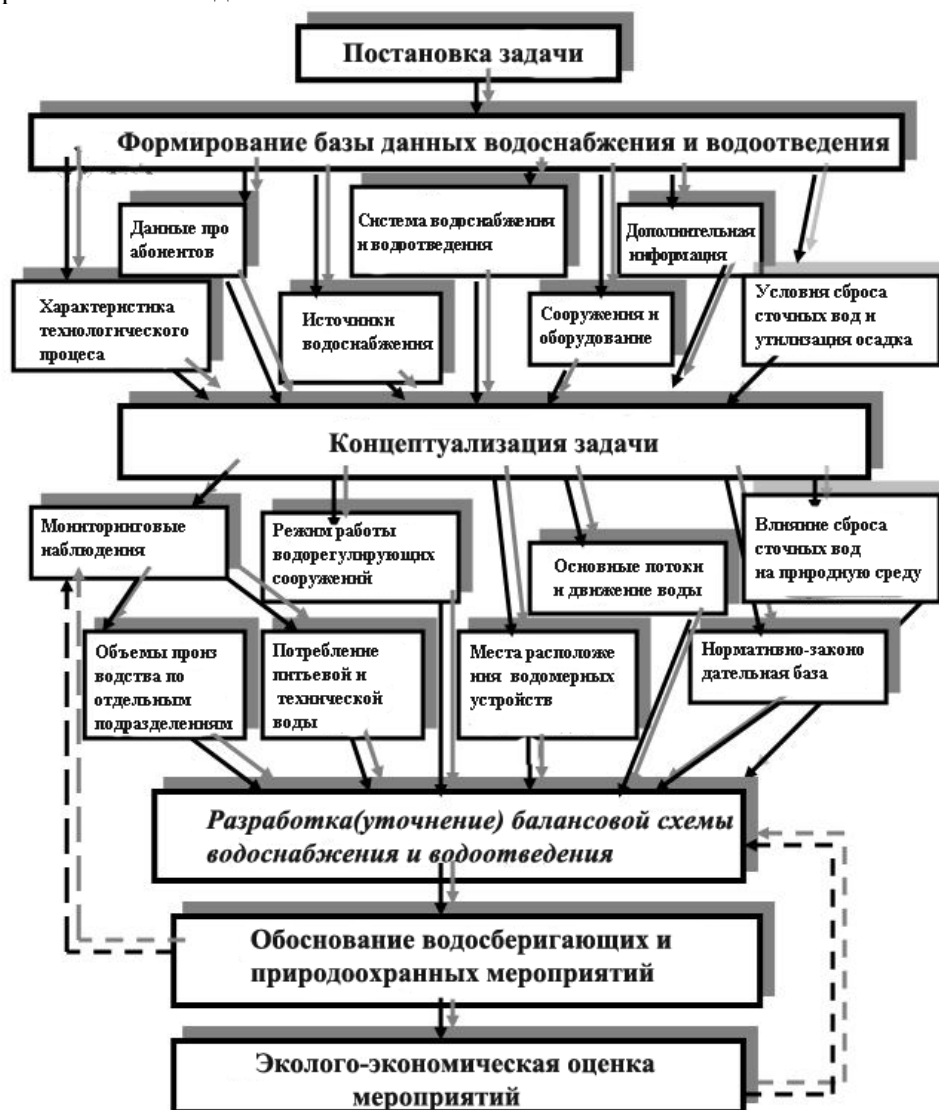


Рис. 27.5. Структурно-логическая модель разработки эколого-экономической оценки природоохранных мероприятий

Разработка структурно-логической модели эколого-экономической оценки в данном случае предусматривает уточнение балансовой схемы водоснабжения и водоотведения в качестве меры по рациональному использованию водных источников и их охране от загрязнения и истощения.

Для сокращения забора свежей воды из источников водоснабжения и их защиты от загрязнения нами был рассмотрен пример, где в технологическом процессе используют оборотную систему водоснабжения. В таких системах расходы воды загрязняются или нагреваются, затем очищаются или охлаждаются и снова возвращаются в систему. Потерянные в оборотной системе воды следует периодически или постоянно добавлять в систему. Это обязательно учитывается при составлении балансовой схемы водоснабжения промышленного предприятия.

Нами была составлена балансовая схема водоснабжения и водоотведения предприятия ПАО «Волынь-цемент», которое для технологических нужд использует воды из малой реки Устье – притока реки Горынь (рис. 27.6) [8].

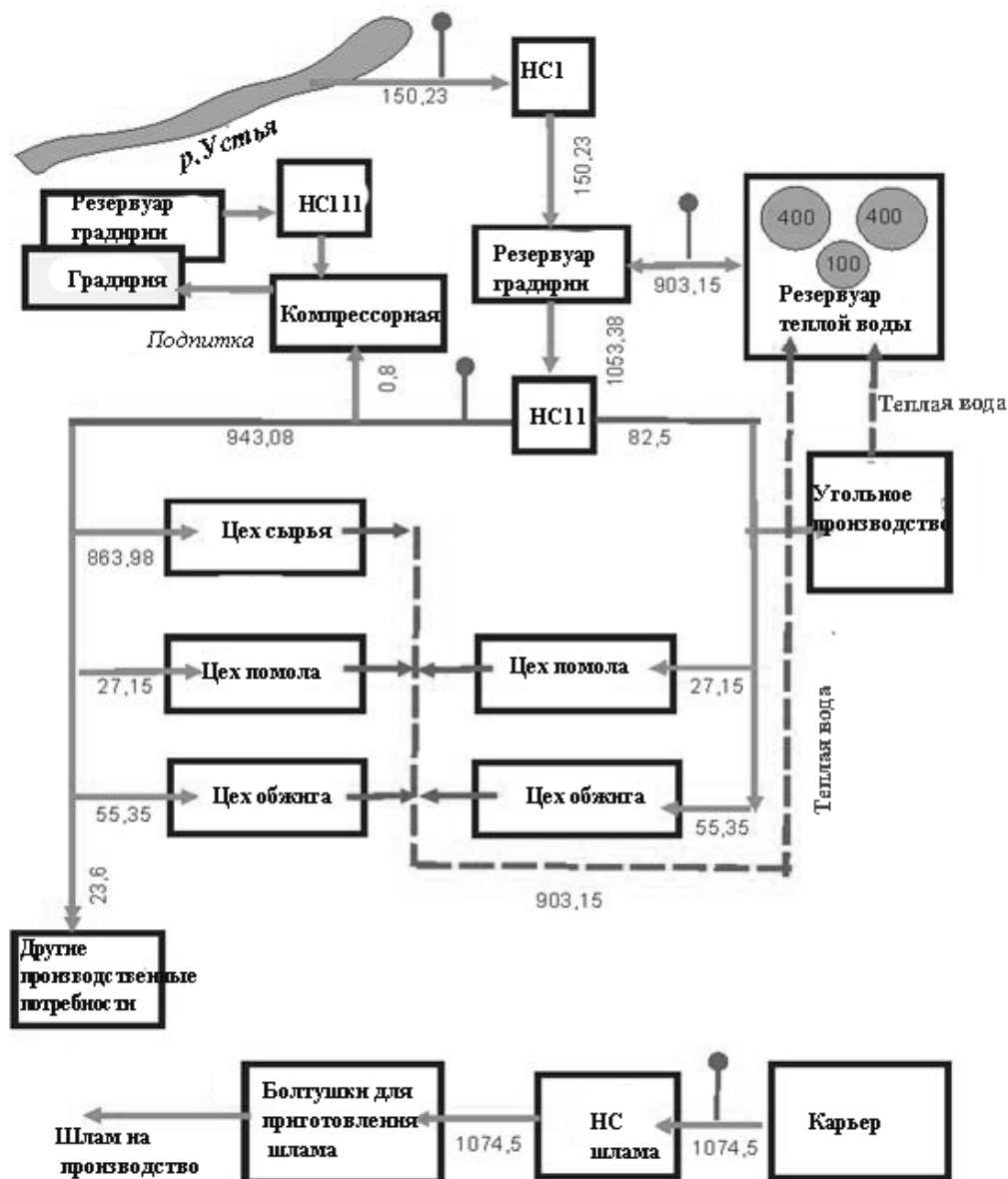


Рис. 27.6. Балансовая схема водоснабжения и водоотведения предприятия ПАО «Волынь-цемент»

Для компенсации потерь воды в оборотной системе используют воды поверхностного источника и охлажденные производственные воды. После анализа существующих систем водоснабжения на предприятии нами было предложено в качестве альтернативного источника подпитки использование поверхностного стока с территории промышленного предприятия. По результатам исследования установлено, что поверхностный сток, который формируется на территории предприятия и отводится в водоприемник (река Устье) является интенсивным фактором антропогенной нагрузки на речную экосистему и требует очистки перед сбросом [9].

Воды поверхностного стока с территории промышленного предприятия собирают системой ливневой канализации, очищают и, по условиям разрешения на специальное водопользование, сбрасывают по мелиоративному каналу в реку. При этом было установлено, что в реку поступала вода с большим содержанием взвешенных веществ, чем на выходе из очистного сооружения. Это объясняется тем, что происходил размыв земляного русла мелиоративного канала. Для сохранения экосистемы реки Устье от загрязнения была рассмотрена возможность использования ливневых вод, формирующихся на территории ПАО «Волынь-цемент», для подпитки оборотной системы водоснабжения [10].

Поверхностный сток на территории предприятия формируется из дождевых и талых вод. Годовой объем этих вод определяется с учетом общей площади водосбора предприятия, в том числе площади кровель зданий, асфальтового покрытия, площади грунтовых поверхностей, газонов, по формуле:

$$W = 10 H_m F_{\text{общ}} Y_d + 10 H_x F_{\text{общ}} Y_t \quad (27.9)$$

где: H_m , H_x , – соответственно среднегодовой слой осадков (за теплый – 569 мм и холодный период года – 143 мм за год); $F_{\text{общ}}$ – общая площадь водосбора, га; Y_d , Y_t – коэффициенты стока для дождевых и талых вод соответственно.

На основании оценочных расчетов установлено, что в среднем в течение года на площади промышленного предприятия формируется до 100 тыс. м³ воды. Сравнение фактического использования технической воды и альтернативного использования ливневых вод показало, что возможная экономия воды, забираемой из реки, будет составлять до 30 %.

Поверхностный сток с территории промышленного предприятия ПАО «Волынь-цемент» поступает в сеть дождевой канализации через систему коллекторов и дождеприемников, которые пока охватывают часть территории. Предложенная нами технология использования поверхностного стока предполагает сбор воды через сеть дождевой канализации (систему коллекторов и дождеприемников); очистку их и возврат их в систему оборотного водоснабжения предприятия (рис. 27.7).

Ливневые воды проходят частичную очистку в отстойниках у соответствующих цехов, обеспечивающую удаление оседающих и всплывающих примесей и органических веществ. Затем двумя коллекторами дождевой канализации (1) воды поступают в приемную камеру (2) для накопления ливневой воды, после которой она поступает в горизонтальную песколовку (3), далее в регулятор-отстойник (4) и биоплато гидропонного типа. Ранее доочищенные до нормативных значений ливневые воды сбрасывались мелиоративным каналом в реку Устье. Предложенной технологией предусмотрено не сбрасывать очищенные воды в реку, а накапливать в сборных емкостях и при необходимости перекачивать в резервуары градирен, восстанавливая этим потери воды в оборотной системе.

Возможность использования поверхностного стока была обоснована не только по количественным показателям, а и по оценке качества воды. Физико-химические показатели поверхностного стока зависят от многих факторов и значительно отличались по годам наблюдений (табл. 27.1).

Таблица 27.1

**Физико-химические показатели качества воды
(фактическое среднегодовое значение по результатам исследований)**

№ п/п	Наименование показателей	Показатели качества воды				
		р. Устье	поверхностного стока по годам исследований			
			2007	2008	2009	2010
1	Взвешенные вещества, мг/л	8,84	9	41,13	8,08	17,2
2	БПК ₅ мг О ₂ /л	3,22	15,4	4,59	5,60	3,3
3	ХПК, мг О ₂ /л	18,7	40,5	61,5	49,5	35,2
4	Азот аммиака, мг/л	0,097	0,345	0,365	0,193	0,293
5	Нитриты, мг/л	0,036	0,062	0,098	0,14	0,08
6	Нитраты, мг/л	26,4	3,45	2,89	6,48	5,7
7	Железо, мг/л	0,22	0,18	0,21	0,54	0,62
8	Сульфаты, мг/л л	33,2	95,2	51,7	32,3	46,0
9	Фосфаты, мг/л	0,42	0,6	0,25	0,075	0,26
10	Хлориды, мг/л	15,2	24,6	22,4	40,4	18,9
11	Минерализация, мг/л	382	-	-	-	332
12	рН	6,-8,5	7,62	8,24	6,95	7,62
13	Щелочность общая, мг-экв/л	-	-	-	-	4,44
14	Жесткость карбонатная, мг-экв/л	-	-	-	2,60	5,32

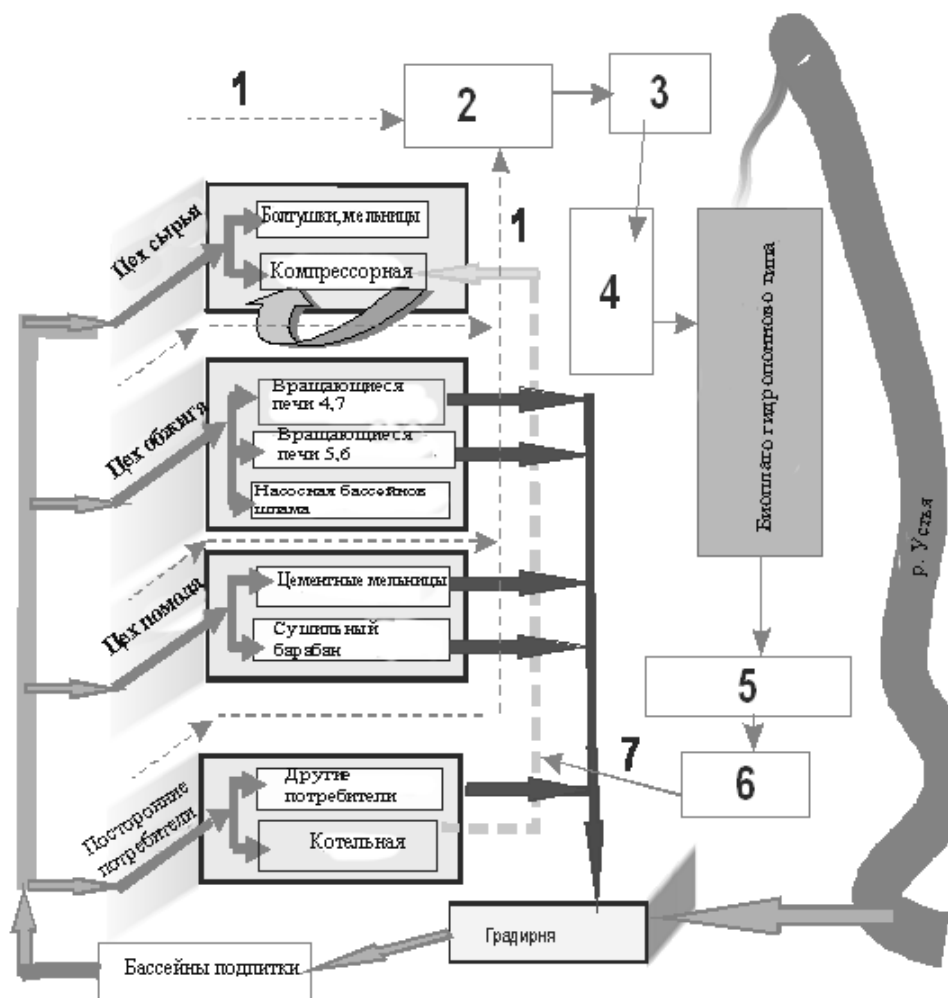


Рис. 27.7. Схема использования ливневых вод в систему оборотного водоснабжения:

1 – система ливневой канализационной сети; 2 – приемная камера; 3 – песколовки; 4 – регулятор-отстойник; 5 – резервуар-накопитель очищенной воды; 6 – резервуары градирии; 7 – подача воды в систему оборотного водоснабжения предприятия

Проведена сравнительная характеристика (табл. 27.2) качества воды в р. Устье (РУ) и качества вод поверхностного стока после очистки (СП) за все годы наблюдений. Качество вод поверхностного стока после очистных сооружений для подавляющего числа показателей превышает фоновые значения в реке и проектные показатели [10].

Таблица 27.2

Сравнительная характеристика качества воды

№ п/п	Наименование показателей	р. Устья (РУ)	Средние показатели (СП) за 2004–2010 гг.	Допустимые показатели (ДП) по [11]	Отношение	
					СП / РУ	СП / ДП
1	Взвешенные вещества, мг/л	8,84	18,85	5-9,5	2,1	3,8-1,98
2	БПК ₅ мг О ₂ /л	3,22	7,22	3,5-4	2,2	2,1-1,8
3	ХПК, мг О ₂ /л	18,7	46,68	25-30	2,5	1,8-1,55
4	Азот аммиака, мг/л	0,097	0,299	0,9-0,5	3,1	0,3-0,6
5	Нитриты, мг/л	0,036	0,095	0,1-0,01	2,6	0,95-9,5
6	Нитраты, мг/л	26,4	4,6	15-7,5	0,17	0,3-0,6
7	Железо, мг/л	0,22	0,39	0,22	1,8	1,8
8	Сульфаты, мг/л	33,2	56,3	< 100	1,7	<0,56
9	Фосфаты, мг / л	0,42	0,30	3-2,5	0,71	0,1-0,12
10	Хлориды, мг / л	15,2	26,6	< 200	1,8	<0,13
11	Минерализация, мг / л	382	332	< 2000	0,87	<0,17
12	рН	6,-8,5	7,6	6,5-8,5	0,79-1,0	0,92-1,0
13	Щелочность общая в мг-экв/л		4,44	<4		<1,11
14	Жесткость карбонатная, мг-экв/л		3,96	< 3,5		<1,13

Основным источником загрязнения оборотной воды является дополнительная вода, поступающая в систему для восполнения потерь воды за счет ее выноса в виде капель, испарения, продувки и утечек из системы. Эти воды содержат механические примеси, которые формируют механические отложения на стенках трубопроводов и оборудования, в результате чего в теплообменных аппаратах значительно снижаются общие коэффициенты теплопередачи. Поэтому важно предварительно осветлять воду на отстойниках или осветлителях и скорых фильтрах, а также обеспечить контроль общего содержания и определенных ионов, которые могут приводить к образованию отложений минеральных солей. Такими являются анионы: бикарбонаты, карбонаты, гидроокиси, фосфаты, сульфаты и катионы: кальция, магния, алюминия, железа, цинка. Большинство из этих ионов находятся в воде, которая используется для подпитки. Наиболее распространен карбонат кальция, который оседает на стенках теплообменных аппаратов в результате нарушения углекислотного равновесия. Для обоснования возможности использования вод поверхностного стока в качестве воды, которая идет на подпитку оборотных вод, необходимо контролировать жесткость и общую щелочность. На растворимость солей и способность кальция образовывать карбонаты влияет значение показателя рН. Это характеризует индекс насыщения Ланжелье (табл. 27.3).

Таблица 27.3

Характеристики воды по индексу насыщения Ланжелье

Индекс Ланжелье (<i>J</i>)	Тенденция воды к образованию накипи и коррозии
+2	Есть образование осадка и отсутствует коррозия
+ 0,5	Возможно незначительное образование осадка или коррозии
0	Состояние равновесия или возможна петинговая коррозия
-0,5	Возможна незначительная коррозия и отсутствует образование осадка
-2	Коррозионная активность

В системах оборотного водоснабжения карбонатная жесткость воды не должна превышать 2,8–3,5 мг-экв/л. Допустимая концентрация взвешенных веществ принимается в зависимости от скорости движения воды в аппаратах для охлаждения, но не более 50–100 мг/л; сульфатов не более 40 мг/л; сероводорода не выше 0,5 мг/л; масел не выше 1–2 мг/л; кислорода не выше 4–6 мгО₂/л; сухого остатка не выше 1000 мг/л [9].

Отдельно необходимо рассмотреть показатель стабильности воды. Вода, которая не вызывает коррозии контактирующей поверхности или не выделяет на ней осадка карбоната кальция, называется стабильной. Нестабильной может стать природная вода после обработки ее реагентами (коагулянтами, известью) или после аэрации. С этой целью были проведены контрольные наблюдения за качественными показателями поверхностного стока на территории ПАО «Волынь-цемент» путем отбора проб воды в разных точках существующей схемы движения воды. Результаты анализа, выполненного сертифицированной гидрохимической лабораторией кафедры водоснабжения и бурового дела НУВХП, представлены в таблице 27.4.

Таблица 27.4

Физико-химические показатели ливневых вод ПАО «Волынь-цемент»

№ п/п	Показатели	Допустимые показатели (ДП)	Поверхностный сток	Вода после отстаивания	Вода после очистных сооружений
1	рН	6,5-8,5	-	8,15	8,8
2	Щелочность общая, мг-экв/л	<4	4,44	1,68	1,62
3	Жесткость карбонатная, мг- экв/л	< 3,5	5,32	1,8	1,86
4	Кальций, мг/л	-	80	28	26
5	Магний, мг/л	-	16,1	4,9	6,8
6	Железо общее, мг/л	0,22	0,76	2,02	1,52
7	Хлориды, мг/л	< 200	21,4	5,53	9,6
8	Сульфаты, мг/л	< 100	34	28	32,9
9	Фосфаты, мг/л	3-2,5	0,15	0,19	0,15
10	Аммоний, мг/л	0,9-0,5	0,5	0,6	0,36
11	Нитриты, мг/л	0,1-0,01	0,07	0,087	0,049
12	Нитраты, мг/л	15-7,5	3,3	2,3	2,65
13	Взвешенные вещества, мг/л	<50	25	110	91
14	Сухой остаток, мг/л	<2000	332	130	165
15	ХПК, мгО ₂ /л	25-30	24	20	70
16	БСК, мгО ₂ /л	3,5-4	2,36	2,47	2,76
17	Индекс стабильности	-	0,825	0,12	0,42

По результатам исследований проведена оценка стабильности воды по индексу насыщения Ланжелье, который определяется по формуле

$$J = pH_o - pH_s \quad (27.10)$$

где pH_o – водородный показатель исходной воды, $pH_o = 8,45$; pH_s – водородный показатель насыщения карбонатом кальция, исходя из общего солесодержания, щелочности воды, температуры, содержания кальция.

$$pH_s = f(t) - f(Ca) - f(L) + f(P), \quad (27.11)$$

где $f(t)$, $f(Ca)$, $f(L)$, $f(P)$ – значения функций, которые определены по номограмме в зависимости от температуры воды, содержания катионов кальция, щелочности воды, содержания взвешенных веществ в воде.

$$pH_s = 2,2 - 1,35 - 1,54 + 8,775 = 8,085, \quad (27.12)$$

$$J = 8,45 - 8,085 = 0,365, \quad (27.13)$$

При $J = 0$ – вода стабильная, $J > 0$ – из воды выделяется карбонат кальция, $J < 0$ – вода вызывает коррозию. Положительный индекс насыщения указывает на необходимость введения кислот – серной или соляной, которые снижают водородный показатель и делают воду стабильной, или введение гексаметафосфата (триполифосфата) натрия, которые образуют на поверхности плотную метафосфатную пленку для защиты металла. Так как полученный индекс стабильности равен 0,3, вода нестабильна и может наблюдаться незначительное отложение карбоната кальция.

Индекс стабильности воды р. Устье (0,83) выше, чем индекс стабильности поверхностного стока, а это значит, что карбонат кальция в большей степени может выпадать из речной воды. Таким образом, поверхностный сток более подходит для использования в качестве дополнительной воды. Мутность поверхностного стока находится в пределах 25–110 мг/л. Проведенные исследования показывают, что при осветлении воды перед биолато с введением коагулянта $Al_2(SO_4)_3$ в дозе 30 мг/л образуются очень мелкие взвешенные хлопья, а при добавлении флокулянта АК631 (полимеракриламида) дозой 2 мг/л хлопья значительно увеличиваются и быстро оседают. После отстаивания в течение 0,5 часа остаточная концентрация взвешенных веществ в осветленной воде составляет 2,8 мг/л. Это свидетельствует о некачественной эксплуатации очистных сооружений. То есть существует достаточно простое решение улучшения процесса осветления поверхностного стока: при поступлении больших затрат в период ливней или интенсивного таяния снега следует корректировать дозы введения коагулянта и флокулянта. Проведенные исследования подтвердили возможность использования ливневой воды в оборотном цикле.

Разработанная схема предполагает необходимость полного охвата территории предприятия ливневой канализационной сетью. После биолато гидропонного типа (рис. 27.7) вода с целью ее рационального использования подается в резервуар-накопитель очищенной воды (5), резервуары градирни (6), а оттуда поступает в систему оборотного водоснабжения промышленного предприятия.

Таким образом, впервые была проведена количественная оценка возможного использования очищенного поверхностного стока для подпитки системы оборотного водоснабжения и предложена технологическая схема подготовки вод, которые собираются с территории предприятия, для повторного использования в системе оборотного водоснабжения. Внедрение такого мероприятия позволит, с одной стороны, частично, а иногда в значительной степени, решить проблему подготовки подпиточной воды для оборотной системы водоснабжения промышленного предприятия, улучшить эксплуатацию оборотной системы, а с другой – снизить антропогенную нагрузку на бассейн реки Устье в результате прекращения сброса загрязненных вод с территории предприятия и уменьшения объемов отбора свежей воды.

27.4. Пути сокращения водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий

В современных условиях наблюдается использование значительных объемов воды в системах промышленного водоснабжения и, соответственно, увеличение объемов сточной воды, которая сбрасывается. Поэтому актуальным вопросом на сегодняшний день является поиск путей сокращения водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий.

Количество воды для производственных нужд промышленных предприятий зависит от характера производства, схемы технологических процессов, оборудования, используемых возможных источников водоснабжения. Конечно, эти параметры задают технологи, и они могут колебаться в очень широких пределах. Количество воды, необходимое для производственного процесса, и среднее количество сточных вод, отводимых от производства, обусловлено нормой водопотребления и водоотве-

дения. Норма водопотребления для производства одинаковой продукции зависит от ряда факторов: вида и качества сырья; технологической схемы производства; используемого оборудования; местных условий; качества использованной воды и т. п.

Удельная норма водопотребления как среднее значение расхода воды для производства единицы продукции при определенных организационно-технических условиях производственного процесса является главным показателем использования водных ресурсов. Определение фактических удельных норм – актуальный вопрос, который способствует рациональному, экономически обоснованному использованию водных ресурсов, имеет теоретическое и практическое значение. Исследования в этой области проводят как ученые разных регионов Украины, зарубежных стран, так и сами предприятия.

Целью работы является обоснование удельных норм потребления воды для крупнейших предприятий, которые пользуются водными ресурсами зоны Полесья в зависимости от фактических объемов производства.

На основании проведенных исследований установлено, что регулирование использования водных ресурсов может осуществляться только путем контроля норм водопотребления [12, 13]. Определено, что норма потребления воды не является постоянной величиной, особенно для предприятий с цехами горячего производства: цемента, стекла и т. д.

Исходными данными для проведения исследований послужил банк данных используемых объемов воды и объемов производства за длительный период на ПАО «Волынь-цемент» и ЗАО «Костопольский завод стеклоизделий».

Для обоснования и расчета удельной нормы водоснабжения использовались теоретический, расчетно-аналитический, экспериментальный и отчетно-статистический методы. Теоретический метод базировался на материалах выполнения технологических регламентов, рецептуры сырья, расчета теоретических расходов сырьевых компонентов и т. п. Расчетно-аналитический и экспериментальный методы предусматривали определение удельных норм по результатам математической обработки данных, с использованием корреляционного и регрессионного анализа и на основании соответственно проведенного учета использования воды. Отчетно-статистический метод заключался в определении удельных норм расходов технической воды на единицу продукции по данным фактического использования водных ресурсов за период исследования с учетом факторов, которые влияли на изменение норм потребления водных ресурсов [14].

Проведенными исследованиями установлено, что значение удельной нормы зависит не только от вида выпускаемой продукции, но и от особенностей технологического процесса. При производстве цемента, изделий из стекла использование воды зависит от количества печей обжига, работающих в постоянном режиме, поэтому при уменьшении объемов производства может наблюдаться тенденция увеличения удельных норм водопотребления.

Процесс производства портландцемента состоит из производства клинкера и непосредственно цемента. Шлам получается из мела, суглинка, глины, каолина, железистых примесей, которые смешиваются в присутствии воды (мокрый способ). Полученная таким образом смесь проходит обжиг во вращающихся печах при температуре 1400–1450 °С с образованием клинкера. После выхода из печи клинкер быстро охлаждается. Куски охлажденного клинкера перемешивают с другими примесями, что приводит к получению цемента с различными свойствами. На предприятии используется вода технического и питьевого качества. Источниками водоснабжения технической воды является карьерная вода и поверхностные воды реки Устье, которая является притоком реки Горынь.

При подготовке сырья используют значительное количество воды. Теоретический расход воды на производство одной тонны клинкера, с учетом коэффициента соотношения цемента и клинкера, равен 0,385 м³ на тонну цемента, то есть количество использованной воды будет прямо пропорционально зависеть от объемов подготовленного сырья. Для приготовления меловой пульпы на болтушки горного цеха подается карьерная вода.

Кроме приготовления шлама в процессе производства цемента, техническая вода используется для охлаждения оборудования (компрессоров, подшипников вращающихся печей), охлаждения маслостанции угольной мельницы и для впрыска воды в нее, сушильных барабанов, охлаждения газов, которые отводятся, потребностей мини-котелен и полива территорий. Вода для охлаждения находится в замкнутом цикле без сброса за пределы территории производства. Охлажденная вода собирается в резервуаре градирни, сюда же, на подпитку оборотной воды (за счет потерь на испарение, уноса ветром и безвозвратных потерь), подается техническая вода из реки Устье насосами насосной станции I-го подъема. Из резервуара градирни охлажденная вода насосами насосной станции II подъема подается на технологические нужды (безвозвратно) и охлаждение оборудования. Нагретая вода от оборудования по самотечным трубопроводам поступает в резервуары нагретой воды и в градирню для охлаждения.

Режим работы вращающихся печей, мельниц, сушильных барабанов не зависит от количества поданного сырья, а вода на охлаждение должна поступать постоянно. Таким образом, вода, используемая в технологическом процессе, включает оборотные воды, расходы карьерной воды и расходы воды из поверхностного источника для подпитки.

По результатам обработки статистической отчетности было установлено, что забор технической воды из поверхностных источников значительно колеблется как по отдельным годам, так и в течение календарного года (рис. 27.8).

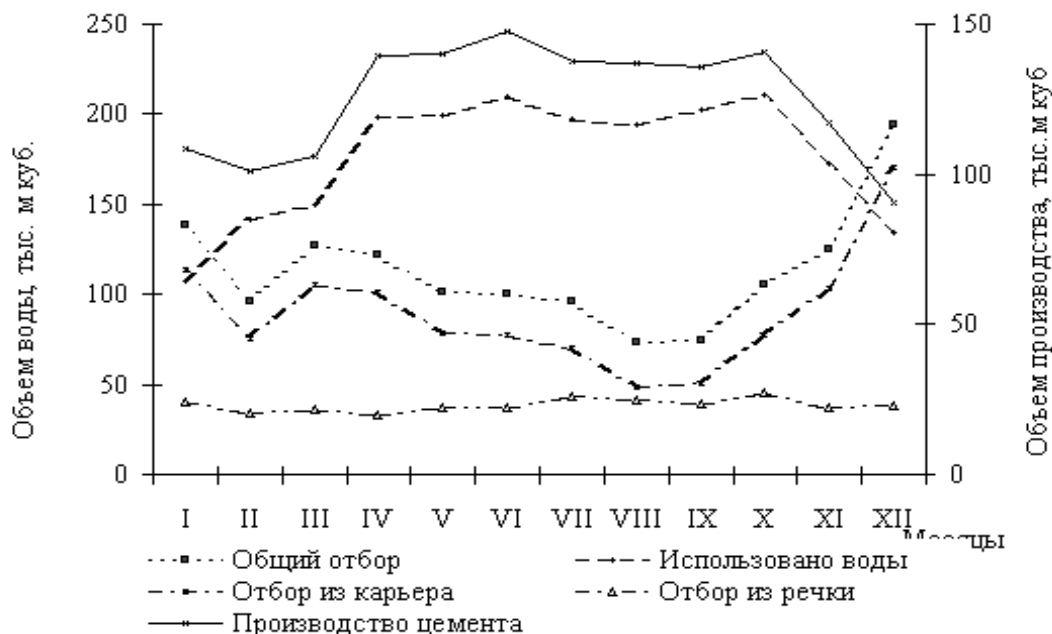


Рис. 27.8. Характер использования водных ресурсов при производстве цемента

Результаты исследований (рис. 27.9) позволили сделать вывод о том, что потребление воды предприятием и забор из разных источников в течение года очень неравномерны, а за последние годы, в целом, наблюдается общая тенденция уменьшения использования воды. Это обусловлено, в первую очередь, объемами производства, а также внедрением мероприятий по ее рациональному потреблению.

Согласно нормативам удельная норма использования технической воды на тонну продукции для мокрого способа производства цемента составляет 1,9 м³/т [14]. Нормы водопотребления зависят в основном от таких факторов, как: способ производства; назначение воды в процессе производства; уровень использования водных ресурсов; система водоснабжения, условия использования воды. Эти нормы разрабатываются для предприятий, объединений и отрасли в целом. Они используются для целей текущего планирования, определения плановой потребности в воде, разработки водохозяйственных балансов, а также контроля за использованием воды в отдельных звеньях промышленного производства. Текущие нормы действуют с момента их установления до момента изменения условий производства, которые влияют на величину норм. С изменением условий производства текущие нормы должны быть пересмотрены.

Неравномерность производства цемента в течение года приводит к тому, что плановые показатели использования воды не соответствуют установленным удельным нормам. Учитывая, что производственные воды находятся в оборотной системе водоснабжения, удельная норма использования технической воды на тонну продукции для мокрого способа производства цемента может быть определена по формуле:

$$q_{mex} = \frac{Q_k + Q_p}{N}, \quad (27.14)$$

где: q_{mex} – удельная норма, м³/т в среднем за год, Q_k , Q_p – затраты технической воды, которые забирают из карьера и реки Устье, N – объем производства цемента за соответствующий период времени.

По данным статистической обработки показателей использования водных ресурсов и выпуска продукции, установлено, что удельные нормы находятся в обратной зависимости от количества продукции, которая произведена (рис. 27.10, 27.11, 27.12). При этом четко прослеживается, что при объемах производства продукции на ПАО «Волынь-цемент» в 100 000 т в месяц значения удельной нормы колеблются в пределах от 1,5 почти до 4,0 м³/т, то есть отмечается превышение нормативного

значения удельной нормы использования технической воды на тонну продукции для мокрого способа производства цемента [14] почти в два раза.

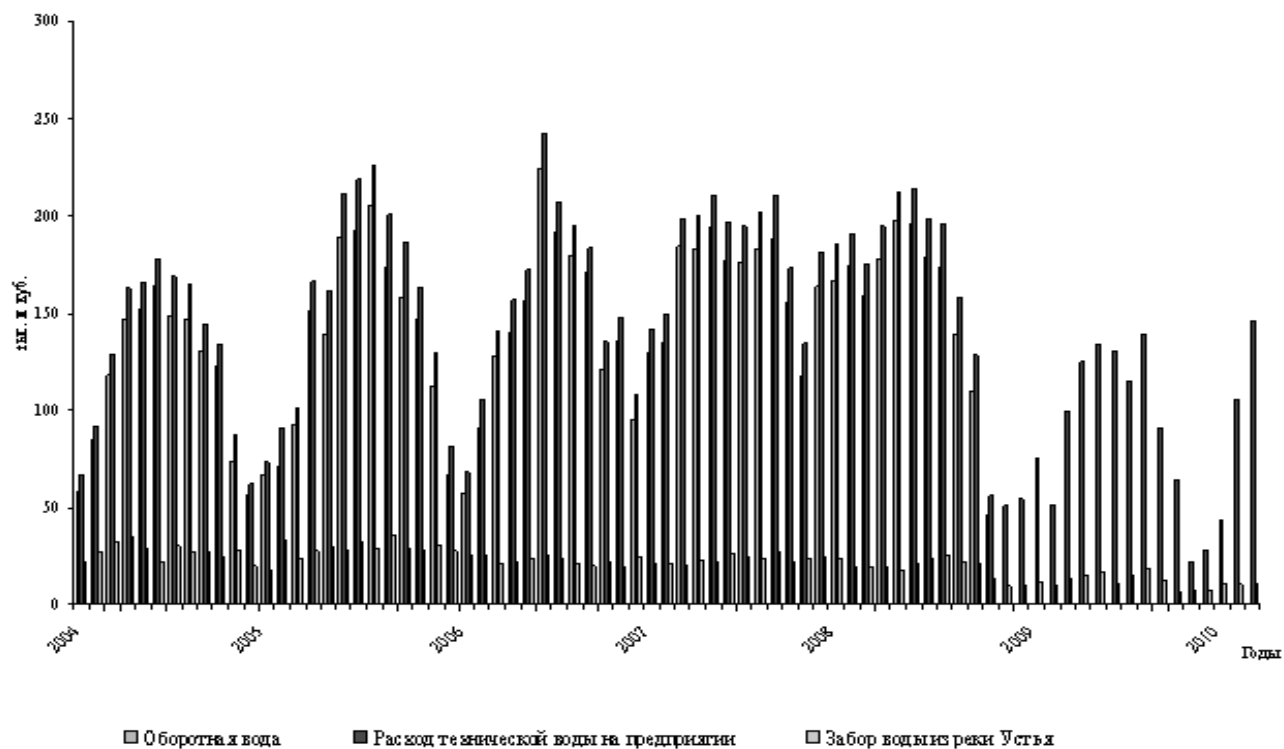


Рис. 27.9. Динамика использования технической воды для производства цемента

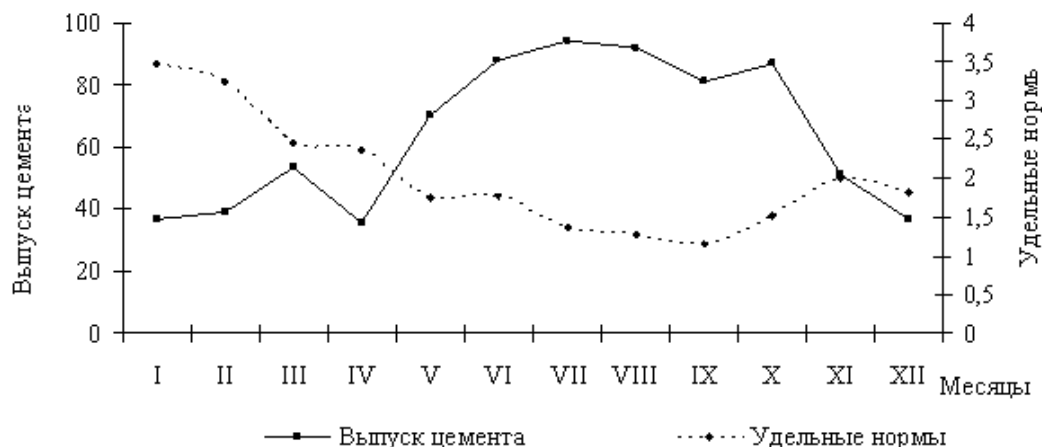


Рис. 27.10. Зависимость между удельной нормой и объемом производства цемента до 100 тыс. т

При объемах ежемесячного производства цемента, превышающих 100 тыс. т значение удельной нормы составляют в пределах $1,5\text{--}2,5\text{ м}^3/\text{т}$. Таким образом, можно установить, что нормативное значение удельной нормы в пределах $1,9\text{ м}^3/\text{т}$ может быть обеспечено при объеме производства цемента не менее 120 000 т в месяц.

С целью установления зависимости удельной нормы технической воды от объема производства цемента был проведен регрессионный и корреляционный анализ базы данных как для отдельных лет, так и в целом за период исследований. При проведении математического анализа данных наблюдений были построены графики зависимости удельной нормы от объема производства для отдельных лет наблюдения, проведения регрессионного и корреляционного анализа. Значения коэффициентов детерминации для различных лет исследований колебались в пределах $0,438\text{--}0,821$.

Кроме того, был проведен анализ взаимосвязи между удельной нормой использования технической воды и объемом производства для всей совокупности данных наблюдений за 2004–2010 гг., что составило 78 пар. Был выполнен расчет различных видов аппроксимаций: линейной, степенной, второй, третьей степени, логарифмической, экспоненциальной (табл. 27.5); рассчитано уравнение регрессии; определен коэффициент детерминации; рассчитана аппроксимация для максимальных и минимальных объемов производства, были построены линии тренда.

Как свидетельствуют данные исследований, наиболее тесная связь установлена между удельной нормой использования технической воды и объемом производства для ступенчатой зависимости третьей степени ($R_2 = 0,68$), которая представлена на рисунке 27.11.

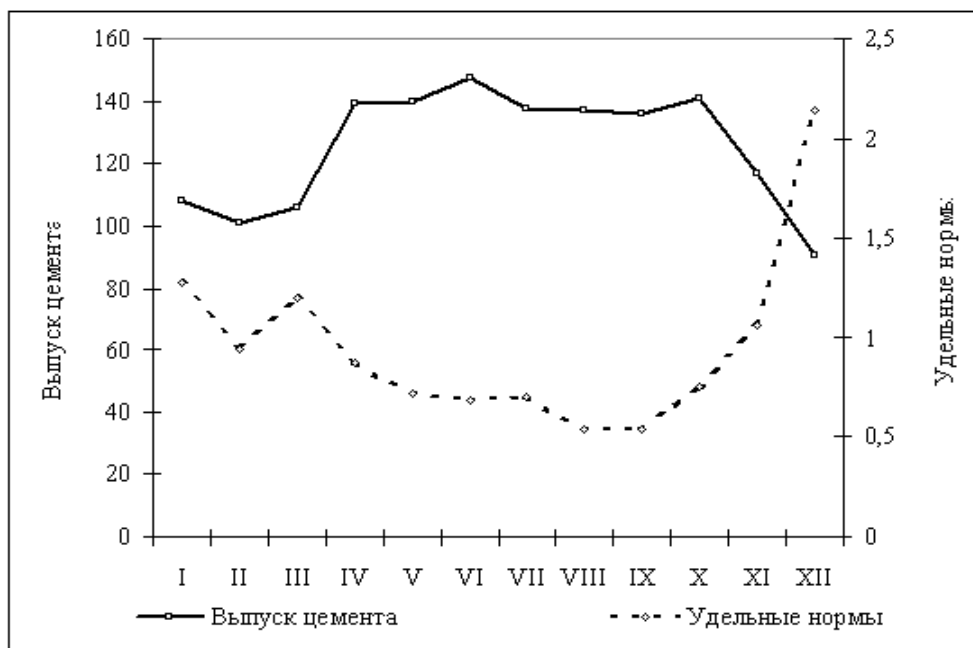


Рис. 27.11. Зависимость между удельной нормой и объемом производства цемента более 100 тыс. т

Таблица 27.5

Корреляционный и регрессионный анализ данных зависимости производства цемента и удельных норм за годы наблюдения

Вид аппроксимации	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации
линейная	$y = -31,153x + 150,79$	$R^2 = 0,572$
ступенчатая 1	$y = 114,22x^{-0,7966}$	$R^2 = 0,5736$
ступенчатая 2	$y = 7,5393x^2 - 70,229x + 185,64$	$R^2 = 0,6803$
ступенчатая 3	$y = -0,5606x^3 + 12,555x^2 - 81,943x + 192,67$	$R^2 = 0,6814$
логарифмическая	$y = -61,35 \ln(x) + 119,91$	$R^2 = 0,6551$
экспоненциальная	$y = 174,2e^{-0,4185x}$	$R^2 = 0,536$

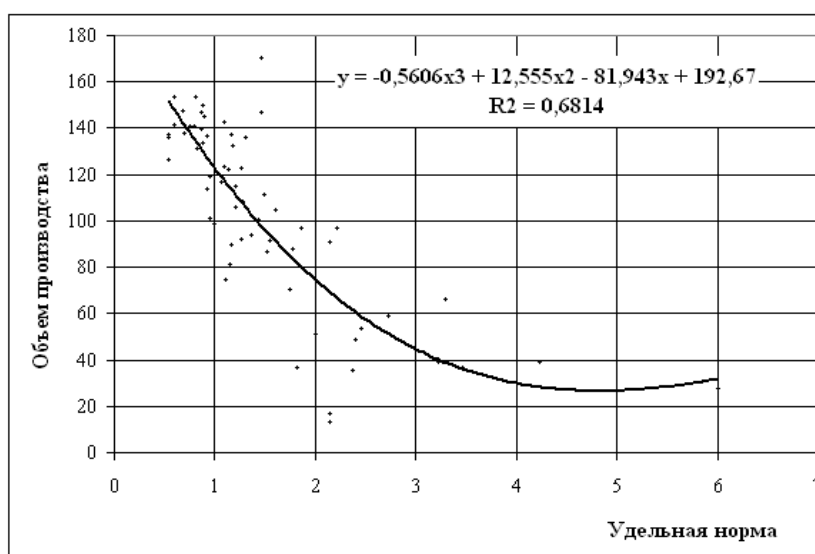


Рис. 27.12. Характер связи между объемом производства и удельной нормой

По результатам исследований впервые для ПАО «Волынь-цемент» были обоснованы нормы потребления технической воды в зависимости от объемов производства. Установлено, что удельная норма использования технической воды находится в тесной связи с объемом производства цемента.

Источником технической воды на ПАО «Волынь-цемент» является река Устье, а на ЗАО «Костопольский завод стеклоизделий» система производственного водопровода подключена к существующему хозяйственно-питьевому водопроводу ООО «Масло-Сервис».

На данном предприятии существующая система производственного водоснабжения предназначена для подачи воды к установке умягчения, узла нанесения защитного покрытия и на подпитку системы оборотного водоснабжения. Схема использования воды в отдельных узлах производственных процессов представлена на рисунке 27.13.

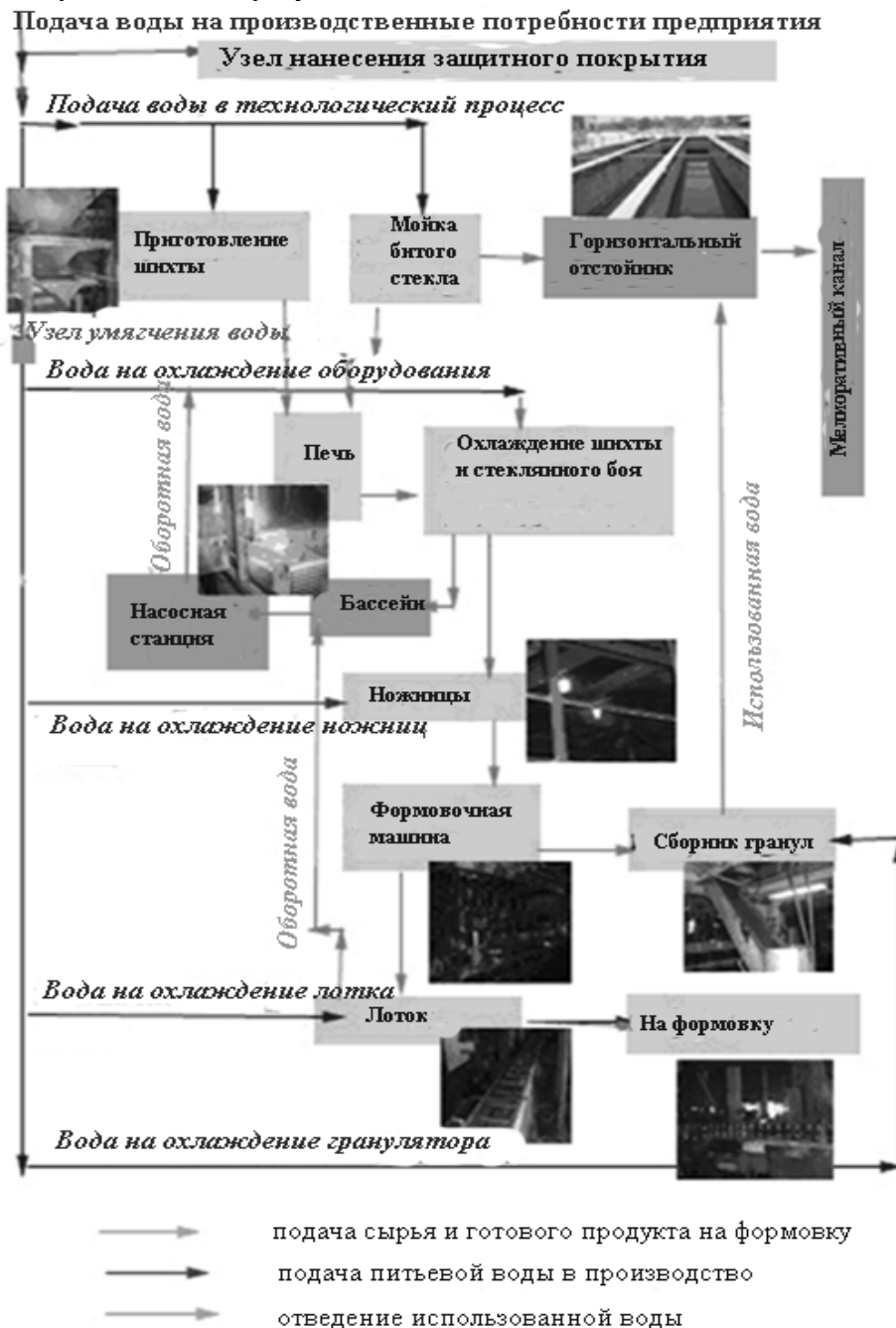


Рис. 27.13. Схема использования воды в отдельных узлах производственных процессов АО «Костопольский завод стеклоизделий»

Динамика общего использования воды предприятием по данным отчета об использовании воды по форме № 2-ТП (водхоз) в течение 5 лет приведена на рисунке 27.14. Потребление воды как по отдельным годам, так и в течение года не является постоянной величиной.

Анализ фактических удельных расходов воды проводился одновременно с анализом существующих нормативов на промышленных предприятиях. Установлено, что нормативные значения имеют некоторое расхождение в зависимости от года установления норматива и в зависимости от технологии производства стеклотары. То есть согласно нормативам 1978 г. значения удельных расходов воды находилось в пределах 2,1 м³/1000 шт. тары, в 1982 г., за счет снижения нормы свежей

технической воды в оборотных системах, с $1,6 \text{ м}^3/1000$ шт. до $1,4 \text{ м}^3/1000$ шт., общая норма воды снизилась до $1,9 \text{ м}^3/1000$ шт. стеклотары. Фактические же значения удельных затрат на производстве, что исследовалось, колеблются в пределах по годам исследований достаточно в широком диапазоне: $1,74\text{--}2,92 \text{ м}^3/1000$ т стеклотары. Особые отклонения наблюдались в 2007–2008 гг. Начиная с 2009 г. удельный расход воды находится в пределах допустимых значений $1,74\text{--}1,81 \text{ м}^3/1000$ т стеклотары.

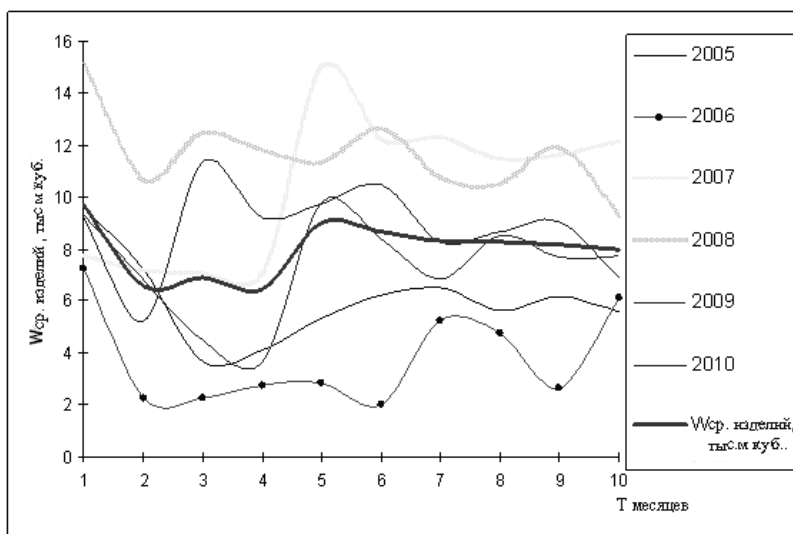


Рис. 27.14. Динамика использования воды на предприятии

Полученные результаты имеют практическую ценность, так как подтверждают необходимость корректировки удельной нормы водопотребления на промышленных предприятиях при возможных изменениях технологических процессов, а также при изменении объемов производства, обеспечивая рациональное использование воды и ее экономию при расширении производства.

Литература

1. Доповідь про стан довкілля в області 2007–2010 рр. [Електронний ресурс]: Державне управління охорони навколишнього природ. середовища в Рівненській обл. – Режим доступа: http://www.eco.rivne.gov.ua/report_about_environment/
2. Тугай А. М., Орлов В. О. Водопостачання. – Київ: Знання, 2009. – 735 с.
3. Нечитайло М. П. Удосконалена технологія підготовки й знезараження питної води для малих об'єктів водопостачання : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Харків, 2006. – 20 с.
4. Орлов В. О. Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням. – Рівне: НУВГП, 2008. – 158 с.
5. Коротун І. М., Коротун Л. К. Географія Рівненської області. – Рівне, 1996. – 274 с.
6. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Основні положення проектування
7. Волкова Л. А., Орлов В. О. Екологічні аспекти використання поверхневих вод Західного полісся // Екосистеми, їх оптимізація і охорона. – Вип. 6(25). – Симферополь: ТНУ, 2012. – С. 242–250.
8. Орлов В. О., Волкова Л. А., Литвиненко Л. Л. До методики розробки балансової схеми водопостачання та водовідведення // Perspektywiczne opracowania sa nauka i technikami-2011 : materiály VII miedzynarodowej nauk.-prakt. konf. (7–15 list. 2011 r.). – Vol. 52: Budownictwo I architektura Przemysl Nauka I studia 2011. – S. 96–97.
9. Орлов В. О., Волкова Л. А., Литвиненко Л. Л., Екологічні аспекти використання зливових вод з територій промислових підприємств // Вісник Вінницького політех. ін-ту. – 2012. – № 4. – С. 16–19.
10. Орлов В. О., Волкова Л. А., Литвиненко Л. Л. Відновлення екологічного стану р. Устя шляхом залучення до використання зливових вод // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. – Вип. 105. – Сер. Технічні науки та архітектура. – Харків: Харк. націон. академія міського господарства, 2012. – С. 287–294.
11. Шабалин А. Ф. Оборотноє водоснабження промислових підприємств. – М.: Стройиздат, 1972. – 276 с.
12. Волкова Л. А., Литвиненко Л. Л., Науменко Р. М. Обґрунтування необхідності контролю питомих норм водоспоживання на промислових підприємствах // Вісник Кременчуцького нац. ун-ту ім. Михайла Остроградського. – Вип. 4 (75). – Кременчук: КрНУ, 2012. – С. 169–172.
13. Орлов В. О., Литвиненко Л. Л., Науменко Р. М. Рациональне використання водних ресурсів на цементних заводах // Moderni vymoženosti vědi – 2011 : materiály VII mezinárodní vědecko-praktická konf. (27.01.2011–05.02.2011). – Dil. 14. Ekologie. Chemie a chemická technologie. Zemědělství. Zvěrolékařství: Praha. Publis-hing House «Education and» s.r.o. – St. 28–32.
14. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности СЭВ, ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1978. – 590 с.

Глава 28. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РОВЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

28.1. Общая характеристика минерально-сырьевой базы Ровенской области

Анализ состояния и перспектив развития минерально-сырьевой базы Ровенской области является актуальной задачей в контексте реализации Общегосударственной программы развития минерально-сырьевой базы Украины на период до 2030 года [3] и Стратегии экономического и социального развития Ровенской области на период до 2020 года [13].

По состоянию на 1 января 2014 г. государственным балансом запасов полезных ископаемых в Ровенской области зарегистрировано 356 месторождений полезных ископаемых, которые представлены 15 видами (табл. 28.1), что является важной составляющей природного ресурсного потенциала Украины. 115 месторождений из общего числа разрабатывается.

Таблица 28.1

Минерально-сырьевые ресурсы Ровенской области и показатели их использования по состоянию на 01.01.2014 [13]

№ п/	Вид полезных ископаемых	Количество месторождений		Единицы измерения	Запасы
		на балансе	разрабатываются		
1	Торф	125	12	тыс. т	135 891
2	Янтарь	3	2	т	128
3	Песок стекольный	2	1	тыс. т	2 904
4	Каолин	2	1	тыс. т	3 865
5	Цементное сырье	2	1	тис. т	392 538
6	Сырье для минеральной ваты	4	2	тыс. т	428 172
7	Камень облицовочный	7	5	тыс. м ³	10 868
8	Камень строительный	43	35	тыс. м ³	661 709
9	песок строительный	27	13	тис. м ³	66 579
10	Кирпичная сырье	51	12	тыс. м ³	347 835
11	Агрохимическое сырье (фосфориты)	1	1	тыс. т	3536
12	Мел строительный	5	3	тыс. м ³	331 443
13	Сапропель	37	-	тыс. т	7655
14	Пресные подземные воды	36	21	тыс. м ³ /сутки	429
15	Минеральные воды	6	4	м ³ /сутки	1736
Вместе		356	115	-	-

По состоянию на 1 января 2006 г. государственным балансом запасов полезных ископаемых в Ровенской области было зарегистрировано 242 месторождения, из них 84 освоено промышленностью, на их базе функционировало 59 горных предприятий [1, 2, 14].

Динамика изменений указанных показателей имеет общую тенденцию к росту, что обусловлено увеличением объемов добычи сырьевых минеральных ресурсов области на фоне ухудшения состояния в перерабатывающих отраслях экономики Украины.

Наиболее широко в составе минерально-ресурсного потенциала Ровенской области представлено строительное сырье, разведанные запасы которого обеспечивают дальнейшее развитие бетонощепочной продукции, облицовочных плит, цемента, извести, кирпича силикатного и керамического, строительных растворов. Треть из числа месторождений полезных ископаемых области составляют месторождения торфа, которые в основном расположены в северных районах (рис. 28.1).

Область, единственная в Украине, имеет разведанные месторождения янтаря: Клесовское в Сарненском, Вольное в Дубровицком и Владимирец Восточный в Владимирецком районах с общими промышленными запасами 128 т [13]. Потенциальные запасы янтаря в области значительно больше. По результатам геопрогнозного картирования янтареносных территорий (С. О. Волненко и др., 2016), выполняемого Ровенской комплексной геологической партией ГП «Украинская геологическая компания», прогнозные ресурсы янтаря на Полесье в пределах Ровенской области могут превышать 1500 т.

На Ровенщине расположены уникальные месторождения базальтов, которые по своим физико-механическим и химическим свойствам пригодны как для производства бетонощепочной продукции, различных архитектурно-строительных изделий, так и для изготовления из них базальтового волокна и минеральной ваты [8].

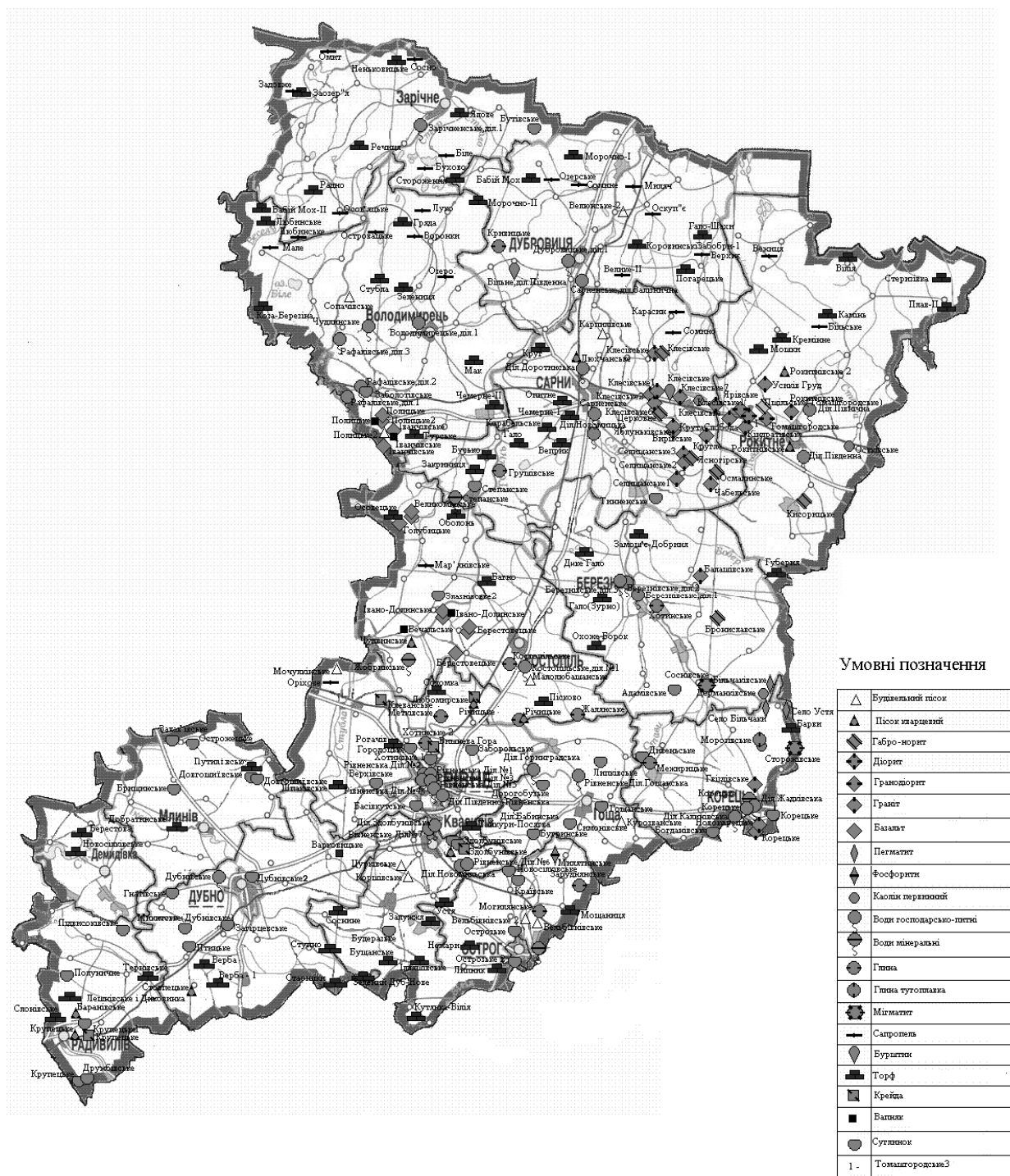


Рис. 28.1. Карта полезных ископаемых Ровенской области

В регионах Украины и ближнего зарубежья на 20 предприятиях используется базальтовое сырье ровенских месторождений для производства штапельного волокна и изготовление на его основе широкого ассортимента эффективных теплоизоляционных изделий. Развитие такого производства в области недостаточно.

Наряду с базальтами широкое распространение имеют цеолит-сметитовые туфы – измененные продукты извержения вулканов вендского возраста. Прогнозные ресурсы туфового сырья в Ровенской составляют сотни миллионов тонн, то есть они практически неисчерпаемые. Это нетрадиционные для региона полезные ископаемые, которые рекомендуется использовать для повышения плодородия и детоксикации радиоактивно загрязненных почв [11, 12], для захоронения радиоактивных отходов [10], в качестве минеральных добавок к кормам скоту и птице [12], легких пористых заполнителей тепло-звукоизоляционных материалов [11].

В Рокитновском районе разведаны и эксплуатируются два месторождения стекольных песков, разрабатываемые ОАО «Рокитновский стекольный завод». Широкое распространение флювиогляци-

альных песков, к которым приурочены месторождения, указывает на то, что ресурсы области в стеклянном сырье при проведении дальнейших геологоразведочных работ могут быть удвоены за счет выявления новых перспективных месторождений.

В качестве керамического сырья в области используются первичные каолины и глины. Первичные каолины являются корой выветривания кристаллических пород Украинского щита и широко распространены в Березновском, Корецком и Рокитновском районах. Бильчаковское и Дерманковское месторождения каолинов в Березновском районе разрабатываются Березновским фарфоровым заводом.

В последние годы определились перспективы создания в области собственной минерально-сырьевой базы фосфорных удобрений на основе месторождений зернистых фосфоритов [4]. Наиболее изученным и подготовленным к промышленной разработке является Милятинское месторождение, которое расположено в Острожском районе. Оцененные запасы месторождения составляют 3,5 млн т, прогнозные ресурсы – 50 млн т зернистых фосфоритов.

Есть также перспективы и по выявлению в области промышленных месторождений самородной меди [6], в частности в пределах Рафаловского меднорудного узла [7], драгоценных металлов [9] и перспективы обнаружения коренных месторождений алмазов в северных районах.

Ровенская область имеет значительные ресурсы подземных пресных вод. В расчете на одного человека этот показатель в 2,5 раза превышает средний показатель по Украине.

Среди природных ресурсов Ровенщины важное место принадлежит минеральным водам. Наибольшее распространение имеют хлоридно-натриевые питьевые воды миргородского типа, запасы которых разведаны в г. Острог, с. Жобрин, с. Александрия Ровенского района и поселке Степань Сарненского района. В ряде предприятий области налажен розлив воды.

В использовании полезных ископаемых области основные проблемные вопросы связываются с такими факторами:

- распространенная практика несанкционированной добычи полезных ископаемых, в частности янтаря, что стало социальной и экологической проблемой региона;
- физическое старение основных фондов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, их недостаточное восстановление и переоснащение;
- недостаточные инвестиционные поступления в развитие горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, в геологическое изучение недр и освоение новых месторождений полезных ископаемых;
- недостаточное финансирование природоохранных мероприятий;
- ценность, но невосстановимость природных минеральных ресурсов, определяет необходимость их рационального и экономного использования, в частности янтаря и базальтов столбчатой структуры.

Наиболее перспективными направлениями освоения минерально-сырьевой базы области в экономических условиях современной Украины является интенсификация геологического изучения недр янтареносных территорий, научно-исследовательских работ по внедрению экологически безопасных методов добычи янтаря, облицовочного камня, торфа, разработки открытым способом природных агроруд, комплексного использования базальтов, расширение добычи местного сырья для производства строительных материалов, а также минеральных и пресных вод.

28.2. Топливо-энергетические ресурсы

Торф – органическое полезное ископаемое, состоящее из остатков болотных растений, которое с давних времен используется как топливо в виде формованных кусков, высушенных в естественных условиях. По состоянию на 1 января 2014 г. государственным балансом запасов полезных ископаемых в Ровенской области зарегистрировано 125 месторождений торфа, из которых только 12 разрабатывается. Подавляющее большинство из них расположено в северных районах.

Крупнейшим производителем торфяного топлива в области является государственное предприятие «Ривнеторф» государственного концерна «Укрторф» Минуглепрома. Предприятию подчинены 7 структурных подразделений. Плановые показатели на 2009 г. ГП «Ривнеторф» составляли: по объему производства валовой торфяной продукции – 13,8 млн грн.; по ее реализации – 14,4 млн грн. В настоящее время предприятие производит 4 вида торфопродукции – торф фрезерный для сельского хозяйства, торф кусковой топливный, полубрикеты топливные и торфяные субстраты для рассады. Большинство сырьевых баз предприятия расположены в северной части области – в Березновском, Владимирецком, Костопольском, Сарненском районах, а также на Дубенщине.

Торфодобычей и торфопереработкой в Ровенской области занимаются и другие субъекты хозяйствования, такие как ООО «Агрофирма» Рекорд и ООО «Торф Лэнд Украины» в Дубровицком

районе, ООО «Неожиданный шанс» в Острожском районе, ЧП «Полесьеторф» в Сарненском районе и другие.

Кусковой топливный торф и торфобрикеты являются дешевым местным топливом, пользуются устойчивым спросом у населения и предприятий коммунальной теплоэнергетики. Проблемами торфяной отрасли в области являются:

- размещение над торфяными залежами земель сельскохозяйственного назначения, лесов и заказников, что ограничивает их разработку;
- чрезмерное осушение торфяников при эксплуатации, снижение уровня грунтовых вод;
- пожары торфяников;
- значительные объемы рекультивации земель на месте торфоразработок.

28.3. Металлические полезные ископаемые

Медь. На сегодняшний день Украина не имеет разведанных запасов медных руд, но перспективы проявления их довольно значительны. Они связаны с самородной медной минерализацией в трапповой формации Волынского меднорудного района [13], где Ровенской геологической экспедицией уже определен наиболее перспективный Рафаловский рудный узел, расположенный в западной части Ровенской области. Через его северную часть проходят железная дорога и автомагистраль Киев – Варшава.

Меденосность Рафаловского узла связана с базальтовыми покровами. Перспективность самородномедного оруденения подтверждается большими объемами и широким площадным развитием рудовмещающих пород, наличием нескольких рудных горизонтов с установленными промышленно значимыми содержанием меди в рудах, самородным характером оруденения, проявлениями сопутствующей благородно-металлической минерализации, возможностью комплексного использования рудовмещающих пород, благоприятными горнотехническими условиями расположения рудных горизонтов, экологической безопасностью переработки руды.

В 2008 г. завершены поиски месторождений меди в пределах рудопроявления Волынского рудного района и поисково-оценочные работы на Рафаловской площади. Выделено перспективное Южно-Рафаловское рудопроявление, которое претендует на ранг потенциального месторождения. Для данного рудопроявления подсчитаны запасы меди категории C_2 и перспективные ресурсы категории P_1 . По результатам технико-экономических соображений рассчитаны предварительные кондиции: бортовое содержание меди в пробе – 0,2 %; минимальное промышленное содержание меди в подсчетном блоке – 0,107 %; минимальная мощность рудного тела, которая включается в подсчетный контур – 1,0 м; максимальная мощность слоев пустых пород и некондиционных руд – 1,0 м. Расчеты выполнены по 8 вариантам: товарной продукции (медный концентрат и медь металлическая), бортовому содержанию меди в руде 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 % с использованием 75 % хвостов обогащения. Положительная рентабельность разработки месторождения может быть достигнута при бортовом содержании меди 0,3; 0,4 %.

Согласно Общегосударственной программе развития минерально-сырьевой базы нашего государства на период до 2030 года [12] основными задачами этого направления являются:

- геологическая разведка Южно-Рафаловского рудопроявления меди и подготовка его к промышленному освоению;
- проведение целенаправленных тематических и поисковых научных исследований по разработке прогнозно-поисковых критериев медного оруденения;
- геолого-экономическая оценка перспективных на медь других рудопроявлений на территории Волынского рудного района.
- освоение технологии комплексной переработки металлосодержащего сырья при разработке базальтовых месторождений [5].

28.4. Драгоценные камни

Алмазы. Северная часть области (Заречненский и Владимирецкий районы) по региональным критериям и прямым поисковым признакам считается сегодня самой перспективной в пределах Украины на выявление коренных месторождений алмазов. Именно возле села Кухотская Воля Заречненского района в 1975 г. было обнаружено первое проявление кимберлитов. Найденные здесь обломки кимберлитов (породы, с которыми связаны месторождения алмазов) близки по своим характеристикам алмазоносным кимберлитам в Западной Якутии.

В 2016 г. завершены поиски коренных месторождений алмазов на Кухотско-Бельской площади и даны рекомендации по ее дальнейшему изучению.

Основными задачами этого направления являются:

- выявление комплексом методов новых алмазоносных площадей;
- концентрация основных объемов поисковых работ на уже известной Кухотско-Бельской площади на территории Владимирецкого и Заречненского района.

Янтарь. На Ровенщине обнаружены три зоны и четыре района с промышленными концентрациями янтаря. Все они принадлежат к Припятскому бассейну седиментации, в котором одновременно с накоплением морских отложений в олигоценовую эпоху (около 35 млн лет назад) создавались масштабные янтарные россыпи. Общая площадь распространения продуктивного янтареносного горизонта в Ровенской области – 3810 км², что составляет 18 % ее территории.

Наибольшие месторождения янтаря «Клесов», «Вольное», «Владимирец Восточный» содержат, по меньшей мере, несколько сотен тонн янтарного сырья, из которых разведано промышленных запасов 128 т [14]. Два из них эксплуатируются: Клесовское месторождение (участок «Пугач») разрабатывается государственным предприятием «Янтарь Украины», «Владимирец Восточный» – ООО «Центр» Солнечное ремесло». Официальная добыча янтаря за прошлый год составила 4,5 т.

Потенциальные запасы янтаря в области значительно больше. По результатам поисково-оценочных работ Ровенской КГП ГП «Украинская геологическая компания» прогнозные ресурсы янтаря только в Дубровицком, Сарненском и Владимирецком районах составляют более 1400 т.

Количество и общая площадь участков, на которые выданы недропользователям спецразрешения на геологическое изучение, в том числе опытно-промышленную разработку недр по состоянию на начало 2016 г.: государственным – 3 и 46,5 км²; частным – 2 и 68,4 км² соответственно. Общая площадь перспективных на янтарь участков, предлагаемых ГП «Украинская геологическая компания» для геологического изучения, – около 800 км². Таким образом, 685 км² янтареносных участков области не контролируются и являются объектами несанкционированных разработок.

Общая площадь участков, нарушенных несанкционированной добычей янтаря, по состоянию на 2009 г. была 374 га. Теперь же она по приблизительным подсчетам превышает более 1000 га и без остановки растет, но их учет и ревизия не производятся.

Добыча янтаря осуществляется ручным и гидромеханизированным способами в закрытых местностях (лесах, посадках), удаленных от населенных пунктов, в условиях бездорожья, что не позволяет обеспечить надежную охрану месторождений и проявлений янтаря от ограбления, а природную среду – от разрушения.

Наряду с усилением противодействия этому незаконному промыслу, в том числе с привлечением правоохранительных органов, одним из путей выхода из ситуации является легализация предпринимательской деятельности по добыче янтаря отдельными гражданами, старательскими артелями, другими предпринимательскими структурами.

Основными задачами этого направления являются:

- разработка «Областной программы геологического изучения янтареносных недр и обеспечения рекультивации нарушенных в результате добычи янтаря земель»;
- проведение ревизионных работ на площадях незаконной добычи янтаря;
- продолжение поисковых и поисково-оценочных работ в пределах Маневицко-Заречненской, Клесовской, Барашивской и Дубровицкой янтареносных зон;
- выполнение поисково-оценочных работ, в том числе опытно-промышленной добычи янтаря на участках «Владимирец», «Дубовка» и «Жовкини» Владимирецкого района и многих других;
- разработка мероприятий, которые полностью прекратят незаконную добычу янтаря;
- промышленное освоение месторождений янтаря на территории области с соблюдением правил рекультивации нарушенных добычей земель.

28.5. Неметаллические полезные ископаемые

28.5.1. Агрехимическое сырье. Зернистые фосфориты. В последние годы в Ровенской области, как и в Украине вообще, наблюдается тенденция к снижению запасов гумуса, других питательных веществ в почвах и повышение их кислотности, что является следствием ведения земледелия при низком уровне внесения органических и минеральных удобрений, сокращения известкования почв.

В то же время многолетние исследования Полесского филиала института почвоведения и агрохимии им. Соколовского, Института сахарной свеклы, агротехнологии и биотехнологии свидетельствуют о том, что зернистые фосфориты местных месторождений благодаря комплексу составляющих (фосфориты, карбонаты, глауконит, микроэлементы), являются ценной агрорудой, которая способствует повышению урожайности почв, улучшению их качества и восстановлению плодородия, умень-

шению загрязнения сельскохозяйственной продукции нитратами и радионуклидами, мелиорации загрязненных радионуклидами территорий.

Оцененные ресурсы фосфоритов составляют 81,1 млн т агроруды, или 4,9 млн т P_2O_5 при средних мощностях продуктивных горизонтов 1,5–2,0 м и содержании P_2O_5 в руде 5,9–6,5 %.

В зависимости от глубины залегания продуктивных горизонтов возможна как открытая (карьерная) добыча, так и использование нетрадиционного метода эксплуатации месторождений зернистых фосфоритов – скважинной гидродобычи.

На одном из перспективных участков – Милятинском в Острожском районе завершены поисково-разведочные работы. Балансовые запасы зернистых фосфоритов месторождения общегосударственного значения апробированы Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых при Министерстве экологии и природных ресурсов Украины (протокол № 531 от 29. 08. 2000) и отвечают техническим условиям «Зернистые фосфориты для удобрений», по категории C_2 в количестве 3594 тыс. т агроруды, или 247 тыс. т P_2O_5 .

Основными задачами этого направления являются:

– завершение разведочных работ и опытно-промышленной добычи зернистых фосфоритов на Здолбуновской площади;

– промышленное освоение Милятинского месторождения в Острожском районе;

– широкое использование природных агроруд (зернистых фосфоритов) в сельском хозяйстве.

Сапропель – ценный природный, экологически чистый планктонный биостимулятор, который тысячелетиями формировался на дне пресных водоемов (озер) из останков планктонных и бентосных организмов в процессе бактериальных преобразований при недостатке кислорода. В состав сапропеля, кроме органических веществ, входят песчаные, известковые и другие примеси. Он богат биологически активными веществами – гормоны, аминокислоты и др.

Сфера использования сапропеля:

– удобрения;

– минерально-витаминные добавки для кормления птиц, КРС, свиней;

– лечебные грязи;

– строительные материалы;

– органический стимулятор роста растений;

– мелиорант для коренного улучшения песчаных почв;

– нейтрализатор кислотности почв;

– мощное сорбентное средство.

На территории Ровенской области разведано 37 месторождений сапропеля, запасы которых составляют 7,6 млн т. Основные запасы сапропеля сосредоточены в северных районах области.

С учетом электрификации территории указанных районов, возможна организация промышленной добычи:

– во Владимирецком районе – оз. Большое-II, Лука и Островатское с запасами 1,4 млн т;

– в Заречненском – оз. Ореховое – 167 тыс. т;

– в Костопольском – оз. Марьяновское – 1,2 млн т;

– в Сарненском – оз. Карасин – 510 тыс. т. и др.

В связи с повышением интереса рынка к природным органическим удобрениям группа специалистов из Волынской области на базе сапропеля разработала специальные удобрения направленного действия, которые полностью обеспечивают весь спектр агрокультур и травяные культуры питательными веществами на всех этапах их развития и в различных почвенно-климатических условиях. Такие удобрения могут выпускаться в двух видах: органические (сапропель), органо-минеральные (на базе сапропеля).

Гранулированные формы удобрений позволяют в течение нескольких лет поддерживать в почве соответствующий уровень органических питательных веществ. Наличие полной гаммы микроэлементов способствует более полному развитию растений, увеличению урожая на 25–60 % в зависимости от сельхозкультур.

Следует отметить, что природные запасы этого ценного натурального биореаниматора в области позволяют полностью покрыть потребность внутреннего рынка. Вместе с тем на сегодняшний день ни одно из месторождений сапропеля в области не разрабатывается.

Основной задачей этого направления являются:

– организация добычи сапропеля на оз. Лука во Владимирецком районе;

– проведение маркетинговых исследований по реализации нашей продукции на рынках в африканских странах.

Туф. На территории области туфы имеют широкое распространение, но их разведанные запасы подсчитаны только на одном – Иванчивском месторождении во Владимирецком районе, где они составляют 11,6 млн т.

По предварительным подсчетам Ровенской геологической экспедиции, прогнозные ресурсы этого сырья в области превышают 60 млн т. Долгое время туфы практически спросом не пользовались и при разработке месторождений базальтов шли в отвалы.

В настоящее время установлено, что благодаря значительному содержанию сорбентов (50–60 %) туфы проявляют ценные сорбционные, селективные и катионно-обменные свойства и могут использоваться в качестве:

- примеси в комбикорма с целью сорбции искусственных радионуклидов,
- средства выведения шлаков из организма животных, подкормки с дефицитными для зоны Полесья микроэлементами (медь, ванадий, хром, марганец и др.);
- природного неорганического сорбента-мелиоранта при проведении дезактивации почв в зоне радиоактивного загрязнения;
- природного красителя-наполнителя при изготовлении масляных и силикатных красок коричневого цвета.

Основными задачами этого направления являются:

- разведка месторождений и опытно-промышленная добыча цеолит-сметитовых туфов, раскрытых в действующих базальтовых карьерах;
- технологические испытания туфа, разработка технических условий на новые виды туфовой продукции.

28.5.2. Стекольное сырье. Пески стекольные. Основным компонентом рабочей массы для производства стекла являются кварцевые пески, которые характеризуются высоким содержанием кварца (98,5–99,8 %), незначительным количеством красителей, глинистых и пылевидных частиц, акцессорных минералов. Кроме основного компонента, в шихту добавляется доломит, известняк, мел, полевой шпат, каолин и другие составляющие.

В качестве стекольных в области используются четвертичные флювиогляциальные и эоловые пески, которые широко распространены в северных районах.

Детально разведаны и считаются на балансе ОАО «Рокитновский стекольный завод» два месторождения: Рокитновское-1 и Рокитновское-2 с остаточными запасами около 1 млн т.

Месторождение стекольных песков Рокитновское-1 разрабатывается с 1982 г. Пески использовались для производства банок емкостью 3л и молочных бутылок емкостью 0,5 л. Проектная мощность карьера – 30 тыс. т песка. В настоящее время месторождение почти полностью отработано.

Сегодня производство ОАО «Рокитновский стекольный завод» ориентировано на изготовление водочной и пивной стеклотары в количестве до 230 млн шт. в год. Введение в 2007 г. в эксплуатацию нового завода позволит предприятию удвоить выпуск стеклянной продукции. Для производства такого количества продукции годовая потребность завода в сырье будет составлять до 50 тыс. т. Итак, предприятия по добыче песка обеспечены разведанными его запасами на срок 20 лет.

Запасы стеклянного сырья могут быть значительно увеличены за счет разведки новых месторождений на площадях развития флювиогляциальных песков.

28.5.3. Петрургическое сырье. Базальты. В пределах в Ровенской области разведано 7 месторождений базальтов, из которых сегодня разрабатываются 5, в частности: Берестовецкое, Ивано-Долинское и Великомидское в Костопольском и Рафаловское и Полицкое – во Владимирецком районах. Оцененные Государственной комиссией по запасам (ГКЗ) запасы базальтового сырья, пригодного для производства: строительной бетоно-щебеночной продукции составляют 38 млн м³; базальтового волокна и минеральной ваты – около 400 млн т.

Полный комплекс исследований по использованию базальтов как сырья для изготовления волокна и минеральной ваты проведен в Ивано-Долинском, Великомидском и Иванчивском месторождениях. На разрабатываемых месторождениях базальты в основном используются для производства бетоно-щебеночной продукции, брусчатки, шашки и др.

Наличие на Берестовецком, Ивано-Долинском месторождениях базальтовых «столбов» позволяет осуществлять добычу блоков и изготавливать из них различные облицовочные архитектурно-строительные изделия (памятники, монументы, полированную плитку, ступени и др.). Кроме того, базальты этих месторождений давно апробированы и широко используются в петрургической промышленности Украины и стран СНГ (производство различных тепло-, звукоизоляционных материалов из базальтового волокна и минеральной ваты). Однако развитие такого производства в области недостаточно.

Основными задачами этого направления являются:

- переоценка запасов Ивано-Долинского месторождения в качестве сырья для петругической промышленности и добычи блоков и др.;
- наращивание добывающих работ на Великомидском месторождении;
- промышленное освоение Берестовецкого-2 месторождения;
- сохранение базальтовых столбов на Ивано-Долинском месторождении как геологического наследия;
- освоение технологии комплексной переработки металлсодержащего сырья при разработке базальтовых месторождений [5].

28.5.4. Строительное сырье. Строительный камень. Разведанные на территории области запасы строительного камня обеспечивают дальнейшее развитие производства буто-щебеночной продукции. Всего в области известно 43 месторождения кристаллических пород: гранитов, диоритов, гранодиоритов и габбро, из которых 35 разрабатывается. По последним данным, остаточные запасы строительного камня составляют около 660 млн м³.

При сегодняшнем уровне добычи (до 3,0 млн м³) и существующих производственных мощностях перерабатывающих предприятий последние обеспечены сырьем на срок более 150 лет. По сравнению с 1990 г. добыча строительного камня сократилась в 3 раза, а 6 предприятий вообще прекратили производственную деятельность по выпуску щебеночной продукции. Подобный спад производства объясняется в первую очередь значительной изношенностью производственного оборудования, отсутствием средств у потребителей и неконкурентоспособностью продукции за пределами страны.

В плане будущего развития автотранспортной системы Украины предусматривается строительство трех автомагистралей, которые будут проходить по территории Ровенской и смежных с ней областей. Строительство этих дорог будет требовать производства большого количества качественного, высокопрочного кубовидного щебня.

На разведанных месторождениях (как разрабатываемых, так и законсервированных и резервных) планируется наладить выпуск именно такой продукции в необходимых количествах. Наиболее перспективными являются месторождения гранитов, расположенные в 50–100-километровой зоне от прохождения будущих автомагистралей. Их использование позволит в короткие сроки и с наименьшими финансовыми затратами организовать производство.

Основными задачами этого направления являются:

- реконструкция действующих камне-щебеночных заводов, приобретение нового производственного оборудования, которые позволят как увеличить производственные мощности, так и улучшить качество продукции;
- восстановление добычи и производства щебеночной продукции на месторождениях в Корецком районе, которые расположены вблизи автомагистрали Киев – Чоп и двух месторождениях (Клесовское-III и Усиков пруд) в Рокитновском районе.

Облицовочный камень. На востоке области на доступной для карьерной добычи глубине расположены массивы габбро, диоритов и гранитов, которые характеризуются высокими декоративными свойствами. Среди гранитов наибольший практический интерес представляют их массивы в Сарненском и Корецком районах, в пределах которых детально разведаны месторождения: Клесовское, Осмалинское, Церковное, Вировское и Корецкое. Месторождения темного декоративного камня: Кисорицкое в Рокитновском, Ясногорское – в Сарненском и Брониславское – в Березновском районах представлены диабазами и габброидами.

Суммарные запасы облицовочного камня в области превышают 10 млн м³ горной массы. Они позволяют создать мощные производства высококачественной полированной и шлифованной продукции, пользующейся устойчивым спросом на внутреннем и мировом рынках.

Основными задачами этого направления являются:

- наращивание мощностей по добыче блоков гранита и габбро на Кисорицком, Ясногорском и Осмалинском месторождениях;
- ввод в эксплуатацию Корецкого и Церковного месторождений гранитов.

28.5.5. Карбонатное сырье. Карбонатное сырье представлено *мелом* и *известняками*, которые имеют широкое распространение в южной и западной частях области – в Радивиловском, Дубновском, Млиновском, Ровенском и Костопольском районах.

На 5 разведанных месторождениях запасы мела составляют около 330 млн т. На одном из них (Здолбуновском) базируется крупнейший в Украине цементно-шиферный комбинат ПАО «Волынь-Цемент».

Мел является высококачественным сырьем не только для производства портландцемента, но и широко используется в лакокрасочной, резиновой, бумажной, химической, стекольной и других отраслях промышленности. И все-таки наиболее важное значение для промышленности строительных материалов мел имеет как сырье, применяемое для изготовления извести и для известкования кислых почв.

Любомирское месторождение мела разрабатывается ПАО «Любомирский известково-силикатный завод». Еще два других (Клеванское и Крупецкое) ранее эксплуатировались строительными организациями. Они изготавливали из мела маломagneзийную термостойкую известь I и II сорта.

Корнинское и Вишневогорское месторождения не разрабатываются. Добыча мела для обжига извести может быть значительно увеличена за счет введения в эксплуатацию резервных разведанных месторождений (Вишневогорского и Клеванского), а также за счет детальной разведки Грушевского месторождения в Сарненском районе.

Кроме того, в области геологически исследовано еще 16 месторождений мела, которые могут использоваться для известкования кислых почв. Общие их запасы составляют 9805 тыс. т.

Таким образом, основными задачами этого направления являются:

- восстановление добычи мела для производства извести и мелового муки;
- расширение сырьевой базы мела за счет детальной разведки указанных выше месторождений.

В Дубновском районе детально разведаны три месторождения малопрочного известняка местного значения, запасы которых составляют около 1700 тыс. м³.

Все три месторождения находятся в пределах Мизоцкого кряжа, Дубновской структурно-скульптурной гряды и приурочены к невысоким субмеридиональным холмам, составленным неогеновыми отложениями. Известняки используются в дорожном строительстве для устройства и ремонта слоев верхнего покрытия дорог.

Основными задачами этого направления являются:

- завершение геологоразведочных работ на Варковицком месторождении;
- наращивание добычи известняков на Семидубском-2 месторождении;
- ввод в эксплуатацию Грядковского месторождения.

28.5.6. Кирпичное сырье. В области насчитывается 51 месторождение кирпичного сырья, промышленные запасы которого составляют около 350 млн м³. В 90-х годах прошлого века добыча осуществлялась на 38 месторождениях, в области действовало 36 кирпичных заводов, на которых было произведено 223 млн шт. кирпича.

В 2005 г. разработка кирпичного сырья осуществлялась лишь на 10 месторождениях. Заводами было добыто 70,8 тыс. м³ глин и суглинков и изготовлено 31,3 млн шт. кирпича. Сейчас производство кирпича в области еще больше сократилось.

При условии максимального использования кирпичных заводов, с учетом реконструкции некоторых из них и введением новых мощностей они обеспечены сырьем на срок более 30 лет. Однако не имеют разведанных запасов следующие заводы: Брищанский, Городокский, Загирцовский, Пляшевский, Ровенский, Хотинский. Есть трудности в обеспечении заводов пластифицирующими добавками, которые необходимы для производства кирпичной продукции высоких марок.

Сложным является вопрос отвода земельных участков под расширение карьеров по добыче кирпичного сырья, так как значительная часть запасов находится под распаеванными землями.

Основными задачами этого направления являются:

- проведение детальной разведки на предварительно разведанных месторождениях, расположенных на пашне или малопродуктивных землях;
- завершение геологоразведочных работ на Жалянском месторождении высокопластичных глин в Ровенском районе;
- восстановление добывающих работ на Верховском месторождении суглинков и Хотинском-2 месторождении глин;
- восстановление производства кирпичной продукции на Бутовском, Довгошинском, Сварицевицком, Симоновском и Хотинском заводах.

28.5.7. Пески строительные. Природные пески широко используются в дорожном строительстве, являются заполнителями для бетонных смесей, используемых в качестве наполнителя для строительных растворов и производства силикатного кирпича и для других изделий. В области по состоянию на начало 2014 г. на балансе числились 27 месторождений строительных песков, из них разрабатываются стабильно только 4, а периодически 13. Отдельные месторождения разрабатываются без геологического их изучения.

Промышленные запасы строительных песков в области составляют до 66 млн м³.

Добыча песков осуществляется на Сопачивском месторождении в Владимирецком районе, на Любомирском в Ровенском, на Малолюбашском в Костопольском и на Здовбицком в Здолбуновском районах. Однако в строительных организациях г. Ровно остро стоит проблема по обеспечению песком заводов, производящих строительные растворы и особенно бетонные смеси.

Основной задачей этого направления являются:

- проведение поисковых работ и детальной разведки месторождений песков в пределах 30-километровой зоны г. Ровно;
- введение ОАО «Любомирский ВСЗ» в эксплуатацию Ричицкого месторождения песков, расположенного на территории военного полигона;
- наращивание объемов добычи песка на Малолюбашском месторождении в Костопольском районе.

28.6. Подземные воды

Общие прогнозные ресурсы подземных (пресных и минеральных) вод Ровенской области составляют около 5,6 млн м³ в сутки [14]. Из указанного количества ресурсов разведаны и утверждены эксплуатационные запасы подземных питьевых вод в количестве 429,3 тыс. м³ в сутки. Из разведанных запасов используется лишь 73 тыс. м³ в сутки, или 17 %.

Таким образом, в области имеются значительные перспективы расширения использования питьевых подземных вод, что в условиях тотального загрязнения поверхностных вод и ежегодных летних засух приобретает особую актуальность.

Минеральные воды в области имеются в 6 месторождениях, из которых 4 эксплуатируются. Их общие запасы составляют 1736 м³ в сутки.

Из минеральных вод наибольшее распространение имеют хлоридно-натриевые питьевые воды миргородского типа, запасы которых разведаны в селах Жобрин, Александрия – Ровенского, поселке Степань – Сарненского районов и г. Остроге.

В Дубновском районе найдены сульфатно-натриевые воды питьевого назначения с минерализацией 3–6 г/дм³.

Радоновые минеральные воды встречаются вблизи сел Водовороты Сарненского и Маринин Березновского районов, а разведанные запасы радоновых вод в г. Корец составляют 280 м³/сутки при концентрации 20 нКН/дм³.

Бальнеологические свойства вод и низкая себестоимость их добычи – основа будущего развития этой перспективной отрасли.

В настоящее время на трех месторождениях – Жобринском, Острожском и Степанском – осуществляются добыча и промышленный розлив минеральных лечебно-столовых вод в стеклянную и полиэтиленовую тару для внутреннего применения.

Радоновые воды Корецкого месторождения используются Корецкой областной больницей для лечения опорно-двигательной системы. Итак, ресурсы подземных минеральных вод заслуживают дальнейшие исследования и использования.

Основными задачами этого направления являются:

- завершение геологоразведочных работ на Мошковском месторождении минеральных вод в Млыновском и Надслучанского – в Березновском районах;
- увеличение выпуска минеральной воды в ПЭТ-таре;
- возобновление добычи и производства минеральной воды на Маломидском месторождении в Костопольском районе;
- эффективное использование ресурсов радоновых вод.

Литература

1. Гарбуз И. С., Гурин В. А., Мельничук В. Г. Перспективный план развития и промышленного освоения минерально-сырьевой базы Ровенской области на 2006–2010 гг. // Сб. науч. пр. : Вестник НУВГП. – 2007. – Вып. 15 (18). – Ч. 1. – С. 5–8.
2. Гарбуз И. С., Гурин В. А., Мельничук В. Г. Программа развития и промышленного освоения минерально-сырьевых ресурсов Ровенской области на период до 2010 года // Сб. науч. пр.: Вестник НУВХП. – 2007. – Вып. 2 (38). – С. 331–351.
3. Закон Украины «Об утверждении Общегосударственной программы развития минерально-сырьевой базы Украины на период до 2030 года» // Ведомости Верховной Рады Украины. – 2011. – № 44. – 457 с.
4. Зернистые фосфориты Копытковского месторождения / В. В. Матеюк [и др.] // Вчера, сегодня, завтра: Украинское Полесье : сб. науч. работ. – Луцк: Надстирье, 1998. – С. 102–105.

5. Маланчук Е. З. Научное обоснование технологии комплексной переработки металлсодержащего сырья при разработке базальтовых месторождений : автореф. дис. ... д-ра геол. наук. – Днепропетровск, 2015. – 36 с.
6. Мельничук В. Г. Геология и меденосность нижневендских трапповых комплексов юго-западной части Восточно-Европейской платформы : автореф. дис. ... д-ра геол. наук. – М. : Ин-т геол. наук НАН Украины, 2010. – 36 с.
7. Меденосные лавобрекчии в неопротерозойских траппах Волыни и механизм их образования / В. Г. Мельничук [и др.] // Вестник КНУ им. Т. Шевченко. – Геология. – 2004. – Вып. 31–32. – С. 89–92.
8. Мельничук В. Г. Минеральные ресурсы трапповой формации Волыни // Природные ресурсы Волыни. Результаты фундаментальных исследований (1993–2003 гг.) : материалы науч. конф. (Луцк, 23–24 мая 2004 г.). Науч. вестник ВГУ. – 2004. – № 1. – С. 90–92.
9. Мельничук В. Г. Золото как перспективный ресурс в недрах Волынского региона // Природа Западного Полесья и прилегающих территорий : сб. науч. работ. – Луцк: РВВ «Вежа». ВНУ. – 2012. – № 9. – С. 7–14.
10. Мельничук В. Г. Оценка пригодности туфовой толщи в нижневендских траппах Волыно-Подольской плиты для захоронения радиоактивных отходов // Вестник КНУ им. Т. Шевченко. – Геология. – 2010.
11. Мельничук В. Г. Цеолит-смектитовые вулканические туфы Ровенской области и перспективы их хозяйственного использования // Сб. науч. тр.: Вестник УДУВГП. – Ровно. – 2002. – Вып. 5 (18). – Ч. 1. – С. 107–114.
12. Цеолит-смектитовые туфы Ровенщины: биологические аспекты использования / А. А. Богданов, М. С. Мандигра, Г. В. Мельничук [и др.] ; под ред. М. П. Сороки. – Ровно: Волынские береги, 2005. – 184 с.
13. <http://www.rv.gov.ua/siteweb/data/upload/files/ekon/str.pdf>.
14. http://oblrada.rv.ua/docs/index.php?SECTION_ID=37&ELEMENT_ID=2316.

Глава 29. ПРИРОДНО-ЗАПОВЕДНЫЙ ФОНД ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ

29.1. Условия создания природно-заповедных объектов в Украине

Естественно-заповедный фонд Украины [1] представляет собой участки суши и водного пространства, естественные комплексы и объекты, которые имеют особенную природоохранную, научную, эстетическую, рекреационную и другую ценность и выделены с целью сбережения естественного разнообразия ландшафтов, генофонда животного и растительного мира, поддержания общего экологического баланса и обеспечения фонового мониторинга окружающей естественной среды. Это комплекс естественных природоохранных территорий и искусственных природоохранных объектов, которые находятся под особенной охраной государства и составляют национальное богатство Украины.

Охрана биологических ресурсов, в частности растений и животных, нуждается в установлении особенного режима охраны на отдельных территориях. Тщательные эколого-экономические расчеты [2] свидетельствуют о том, что нормальное функционирование и самовосстановление биосферы возможно лишь при условии наличия в любом регионе не менее 10–15 % площадей, занятых естественно-заповедными территориями. В процессе создания данных объектов руководствуются, как правило, такими критериями:

1. Характер и основная цель режима использования территории, которая предусматривает разные варианты: 1) полное исключение из хозяйственного использования; 2) ограничение эксплуатации в интересах науки и туризма; 3) возобновление природных ресурсов; 4) охрана объектов, которые имеют образовательное или мемориальное значение.

2. Степень сложности объекта, который охраняется, это может быть отдельный компонент естественного ландшафта или ландшафт в целом, вид или несколько видов природных ресурсов и др.

3. Длительность введения ограничительного режима, который может быть введен на неограниченный срок или лимитироваться определенными рамками.

Законом «О естественно-заповедном фонде Украины» (1992) выделены 7 категорий естественного происхождения естественно-заповедных территорий и объектов (природный заповедник, биосферный заповедник, национальный природный парк, региональный ландшафтный парк, заказник, достопримечательность природы, заповедное урочище) и 4 категории искусственно созданных объектов (ботанический сад, дендрологический парк, зоологический парк, парк-достопримечательность садово-паркового искусства). Также им введено и две новых категории естественно-заповедных территорий: биосферный заповедник и региональный ландшафтный парк. Все эти территории и объекты формируют естественно-заповедный фонд (ЕЗФ) и образуют естественно-заповедную территориальную сеть определенной территории в системах административного или естественного районирования. Категория, к которой относится определенная территория или объект ЕЗФ, определяется в соответствии с тем целевым назначением и теми функциями и заданиями, которые данная территория или объект имеют.

Кроме разделения территорий и объектов ЕЗФ по их происхождению, они различаются и *по значению*. В зависимости от экологической, научной, историко-культурной, эстетической, оздоровительной и другой ценности территории и объекты ЕЗФ могут быть общегосударственного или местного значения. При этом также ряд категорий ЕЗФ может быть как общегосударственного, так и местного значения (это касается заказников, достопримечательностей природы, ботанических садов, дендрологических парков, зоологических парков и парков-достопримечательностей садово-паркового искусства). Региональные ландшафтные парки и заповедные урочища являются категориями ЕЗФ местного значения. А природные заповедники, биосферные заповедники и национальные естественные парки создаются лишь на общегосударственном уровне, при этом биосферные заповедники являются категорией ЕЗФ международного значения, поскольку создание и функционирование всех территорий этого типа требует соблюдения не только национальных, но и международных процедур, при этом все биосферные заповедники являются элементами соответствующей глобальной сети, общий реестр которой ведется Программой ЮНЕСКО «Человек и биосфера».

Категории ЕЗФ можно также классифицировать по *юридическому статусу*. Ряд из них является юридическими лицами, другие создаются (объявляются) без такого статуса. Так, согласно действующему законодательству статус юридического лица имеют природные заповедники, биосферные заповедники, национальные естественные парки, региональные ландшафтные парки, а также ботанические сады, дендрологические парки и зоологические парки общегосударственного значения. Заказниками, достопримечательностями природы или заповедными урочищами объявляются территории и объекты без предоставления им статуса юридического лица. Ботанические сады, дендрологические парки, зоологические парки местного значения и парки-достопримечательности садово-паркового

искусства могут быть признаны юридическими лицами или объявляться территорией ЕЗФ без такого статуса.

По статье 7 Закона «О естественно-заповедном фонде Украины» земли территорий и объектов естественно-заповедного фонда принадлежат к землям природоохранного и историко-культурного назначения. На этих землях запрещается любая деятельность, которая негативно влияет или может повлиять на состояние естественных комплексов и историко-естественных объектов, а также деятельность, которая препятствует использованию их по целевому назначению.

Для обеспечения режима охраны заповедников, национальных, зоологических и дендрологических парков, парков-достопримечательностей садово-паркового искусства, ботанических садов, заказников, заповедных урочищ, достопримечательностей природы устанавливаются охранные зоны с запретом деятельности, который вредно влияет или может повлиять на обеспечение режима земель природоохранного назначения (ст. 39–40 Закона «О естественно-заповедном фонде Украины»).

Естественно-заповедные объекты могут выполнять возложенные на них функции сохранения биологического и ландшафтного разнообразия лишь при условии осуществления специального режима охраны. *Режим территорий и объектов ЕЗФ* – это совокупность научно обоснованных экологических требований, норм и правил, которые определяют правовой статус, назначение этих территорий и объектов, характер допустимой деятельности в них, порядок охраны, использования и воссоздания их естественных комплексов. Например, на территории национальных природных парков устанавливается дифференцированный режим относительно их охраны, воссоздания и использования и выделяются такие зоны:

- заповедная, предназначенная для охраны и воссоздания самых ценных естественных комплексов, ее режим определяется в соответствии с требованиями, установленными для природных заповедников;

- зона регулируемой рекреации, предназначенная для краткосрочного отдыха и оздоровления населения; позволяет устраивать туристские маршруты и экологические тропы; запрещаются рубки леса главного пользования, промышленное рыболовство и промышленное добывание охотничьих животных, другая деятельность, которая может негативно повлиять на состояние естественных комплексов заповедной зоны;

- зона стационарной рекреации предназначена для размещения гостиниц, moteley, баз отдыха;

- хозяйственная, в ее пределах проводится хозяйственная деятельность, направленная на парковые задания, здесь расположены населенные пункты, а также земли других землевладельцев, на которых хозяйственная деятельность осуществляется с выполнением общих требований относительно охраны окружающей естественной среды.

Для биосферных заповедников выделяются, кроме заповедной, следующие функциональные зоны:

- буферная, к которой принадлежат территории, выделенные с целью предупреждения негативного влияния на заповедную зону хозяйственной деятельности на прилегающих территориях; ее режим определяется согласно требованиям, установленным для охранных зон природных заповедников;

- переходная, или зона антропогенных ландшафтов, – территории традиционного землепользования, лесопользования, водопользования, мест поселения, рекреации и других видов хозяйственной деятельности.

Изменение целевого назначения земель естественно-заповедного фонда проводится органами, которые принимают решение о создании объектов естественно-заповедного фонда.

Кроме того, земли ЕЗФ статьей 150 Земельного кодекса Украины (ЗКУ) отнесены к особенно ценным землям, для которых законодательством предусмотрен особый порядок исключения из постоянного пользования для общественных и других потребностей. Такие земельные участки могут изыматься (выкупаться) для строительства объектов общегосударственного значения, дорог, линий электропередачи и связи, трубопроводов, осушительных и оросительных каналов, геодезических пунктов, жилья, объектов социально-культурного назначения, нефтяных и газовых скважин и производственных сооружений, связанных с их эксплуатацией. Этот порядок предусматривает, что соответствующие земли могут изыматься лишь при согласии землепользователей (ст. 149, ч. 2) лишь на основании постановления Кабинета министров Украины (ст. 149, ч. 9) при согласии Верховной Рады Украины (ст. 150, ч. 2). Установлено, что к рассмотрению вопроса в Верховной Раде Украины необходимо осуществить целый ряд согласований, порядок которых детально регламентирован Земельным кодексом Украины, в частности ст. 151.

Общий механизм исключения таких земельных участков является многостадийным, и ни одной стадии нельзя обойти, ведь нарушение установленной законом процедуры является основанием для

отмены принятого решения. В случае отказа хотя бы одного из участников вышеизложенного процесса, например землепользователя, сельского (поселковой, городской) совета, органов государственной власти в согласовании места расположения объекта эти вопросы решаются в судебном порядке.

С целью недопущения уничтожения или разрушения в результате хозяйственной деятельности ценных для заповедания естественных территорий и объектов до принятия решений об организации или объявлении территорий и объектов ЕЗФ проводится их *резервирование*.

Территории, которые резервируются с целью следующего заповедания, остаются в ведении их землевладельцев и землепользователей и используются по целевому назначению с исполнением особых требований охраны окружающей естественной среды, что определяется решениями о резервировании. Эти требования могут касаться ограничений в использовании земельных участков, установления специального охранного режима на соответствующих территориях. При этом владельцам и пользователям природных ресурсов могут возмещаться убытки, связанные с установленными ограничениями в природопользовании, а также в связи с неполучением доходов за время временного неиспользования земельного участка. Порядок такого возмещения установлен Земельным кодексом Украины (гл. 24). Статьей 157 ЗКУ как общее правило, в частности, установлено, что возмещение убытков владельцам земли и землепользователям осуществляют органы исполнительной власти, органы местного самоуправления, граждане и юридические лица, которые используют земельные участки, а также органы исполнительной власти, органы местного самоуправления, граждане и юридические лица, деятельность которых ограничивает права владельцев и землепользователей.

Заповедным объектам законодательством предоставляются определенные налоговые льготы. Так, в соответствии со ст. 12 Закона Украины «О плате за землю» (в редакции от 19.09. 1996) заповедники, национальные естественные парки, заказники (кроме охотничьих), региональные ландшафтные парки, ботанические сады, дендрологические и зоологические парки, достопримечательности природы, заповедные урочища и парки – достопримечательности садово-паркового искусства освобождаются от земельного налога.

Природно-заповедные объекты создаются при условии, что земли в прежних землепользователей для них изымаются (заповедники, национальные природные парки, ботанические сады, дендрологические парки, зоопарки, парки – памятники садово-паркового искусства).

В случаях, если земли не изымаются, естественно-заповедные объекты объявляются (региональные ландшафтные парки, заказники, памятники природы, заповедные урочища).

По Закону «О природно-заповедном фонде Украины» готовить и подавать ходатайство о создании (объявление) территорий или объектов природно-заповедного фонда могут Минэкоресурс Украины и его органы на местах, научные учреждения, природоохранные общественные объединения или другие заинтересованные предприятия, учреждения, организации и граждане.

Ходатайство подается в Государственные управления экологической безопасности в областях (г. Киев, г. Севастополь). В нем указывается необходимый перечень всей той информации, по которой проводится создание или объявление территории или объекта природно-заповедного фонда определенной категории, а именно:

- географическое положение объекта;
- размещение данного объекта в системе природного районирования Украины (физико-географического, геоботанического районирования и т. п.);
- площадь;
- место нахождения (область, район, местный совет, ближайший населенный пункт);
- форма собственности с указанием всех землепользователей (землевладельцев). Если их несколько, то необходимо указать, какую площадь занимает природно-заповедный объект в каждом из них;
- характер использования с представлением экспликации земельного фонда;
- характеристика государственного лесопользования (данные об учете лесного фонда и его распределение по категориям защиты, данные по расчетной лесосеке и лесовосстановительных работах);
- характеристика флоры и ее особенностей (характеризуются флористическое ядро, основные виды растений (ареал вида, его экологические особенности, состояние популяций и т. д.), общее количество видов растений и растений, занесенных в Международную Красную книгу («красные списки») и Красную книгу Украины, редких и погранично-ареальных видов, видов подлежащих региональной охране и т. п.);
- характеристика растительности, в которой дается соотношение типов растительности, распределение их в рельефе, наличие редких фитоценозов, занесенных в Зеленую книгу Украины и т. п.;
- характеристика фауны и ее особенности (зоогеографическое, фаунистическое ядро и происхождение видов); фаунистические комплексы или поселения отдельных видов животных, обнару-

женные на объекте (состав, биотопное распределение и т. п.); характеристика редких видов фауны (общее количество видов животных, количество видов животных, занесенных в Международную Красную книгу и в Красную книгу Украины, количество видов, подлежащих региональной охране, их общий ареал, особенности биологии и экологии, численность популяций и т. д.);

- научное значение данного объекта (в экологическом, ландшафтном, созологическом, ботаническом, зоологическом, геологическом, почвенном, гидрологическом и других аспектах) и его эстетическая ценность;

- состояние изученности объекта;

- характер использования природных ресурсов;

- категория и статус, по которым предлагается заповедника территории или отдельного природного объекта;

- основные требования к режиму охраны территорий и объектов природно-заповедного фонда.

К ходатайству прилагаются следующие материалы: схематичная карта расположения проектируемой территории или отдельного природного объекта; решение районного совета народных депутатов; вывод Государственных управлений экологической безопасности в областях (г. Киеве, г. Севастополе) и Минприроды Украины; обязательства (согласие) землевладельца или землепользователя.

Для решения вопроса функционирования природно-заповедной территории в будущем (природные и биосферные заповедники, национальные природные парки, региональные ландшафтные парки) необходимо разработать проект, содержащий следующие документы:

- 1) научное обоснование создания объекта;

- 2) технико-экономическое обоснование;

- 3) материалы согласования ходатайств;

- 4) планово-картографический материал;

- 5) ориентировочное функциональное зонирование территории.

В технико-экономическое обоснование создания заповедников и национальных природных парков необходимо включать расчеты возможных размеров прямых убытков землепользователей в связи с включением их земель в состав парка или заповедника и расчеты намеченного сокращения объемов производства, в связи с изъятием природных ресурсов хозяйственного использования.

По Закону «О природно-заповедном фонде Украины» в проекте организации природных заповедников, национальных природных парков, региональных ландшафтных парков предполагается предварительное функциональное зонирование их территории. На территории природных заповедников осуществляется олигофункциональное зонирование, а на территории национальных природных парков и региональных ландшафтных парков – полифункциональное.

В проект создания природного заповедника или национального парка может быть включен отдельный проект отвода земельного участка на территорию, которая должна быть предоставлена им в постоянное пользование. В проекте также должны быть материалы согласования ходатайств с землевладельцами и землепользователями природных ресурсов, с органами местного самоуправления, на землях которых предполагается создать национальный природный парк или заповедник.

При создании природно-заповедного объекта без изъятия земель (заказники, памятники природы, региональные ландшафтные парки, заповедные урочища) также могут разрабатываться соответствующие проекты.

Планово-картографический материал территории, на которой планируется создать природно-заповедный объект, готовится на основе проектов землеустройства и схемы региона (области) и объекта. Масштаб карт подбирают для каждого объекта индивидуально, в зависимости от размера, конфигурации, местоположения и т. п. На картах нужно нанести общие границы объекта, границы земельных участков каждого землепользователя, которые должны войти в природно-заповедный объект. На планах национальных природных парков и биосферных заповедников нужно выделить территории, входящие с изъятием (заповедная зона) и без изъятия у землепользователей. Эти карты согласовываются с землепользователями (землевладельцами), местными советами и заверяются их гербовыми печатями.

Следовательно, структура естественно-заповедного фонда Украины включает 11 категорий заповедных территорий. В целом, каждая из них создается с целью охраны природы, биоразнообразия и красоты ландшафтов для следующих поколений. В то же время каждая категория имеет свои особенности. Для лучшего восприятия и понимания каждую категорию ЕЗФ рассмотрим по ее основному определению и сокращению согласно законодательству Украины.

Биосферные заповедники (БЗ) являются природоохранными, научно-исследовательскими учреждениями международного значения, которые создаются для сохранения в естественном состоянии

самых типичных естественных комплексов биосферы, осуществления фонового экологического мониторинга, исследования окружающей естественной среды, ее изменений под действием антропогенных факторов. БЗ имеют международное значение. Всего в Украине есть четыре биосферных заповедника: «Аскания-Нова», Дунайский, Черноморский, Карпатский.

Природные заповедники (ПЗ) – ландшафты, на которых хранятся, охраняются и изучаются все компоненты экосистем: воздух, почвы, горные породы, естественные воды, растительный и животный мир, достопримечательности природы и культуры. Это территория, изъятая из любого хозяйственного использования и предназначенная для особых форм использования, в первую очередь сохранения информации о нетронутой природе, научных целях, слежке за общим положением естественной среды планеты (глобальный и другие виды мониторинга) и поддержке экологического равновесия в особенно уязвимых местах, которые имеют важное значение для сохранения природы больших регионов.

Национальные естественные парки (НЭП) – это природоохранные, рекреационные, культурно-просветительские, научно-исследовательские учреждения общегосударственного значения, которые создаются с целью сохранения, воссоздания и эффективного использования естественных комплексов и объектов, имеющих особенную природоохранную, оздоровительную, историко-культурную, научную, образовательную и эстетическую ценность.

Региональные ландшафтные парки (РЛП) являются природоохранными рекреационными учреждениями местного или регионального значения, которые создаются с целью сохранения в естественном состоянии типичных или уникальных естественных комплексов и объектов, а также обеспечения условий для организованного отдыха населения.

Заказники (З) – естественные территории (акватории), созданные с целью сохранения и воссоздания естественных комплексов или их отдельных компонентов.

Достопримечательности природы (ДП) – это естественные объекты, которые являются уникальными или типичными, ценными в научном, культурно-просветительном и оздоровительном значении (водопады, пещеры, минеральные источники, места исторических событий, карьеры, ставки и др.).

Заповедные урочища (ЗУ) – это лесные, степные, болотные и другие отделенные целостные ландшафты, которые имеют важное научное, природоохранное и эстетическое значение, имеют своей целью сохранение их в естественном состоянии.

Ботанические сады (БС) создаются с целью сохранения, изучения, акклиматизации, размножения в специально созданных условиях и эффективного хозяйственного использования редких и типичных видов местной и мировой флоры путем создания, пополнения и сохранения ботанических коллекций, ведения научной, учебной и образовательной работы.

Дендрологические парки (ДП) формируются для сохранения и изучения в специально созданных условиях разнообразных видов деревьев, кустарников и их композиций для эффективного научного, культурного, рекреационного и другого использования.

Зоологические парки (ЗП) создаются с целью организации экологической образовательно-воспитательной работы, создания экспозиций редких, экзотических и местных видов животных, сохранения их генофонда, изучения дикой фауны и разработки научных основ ее разведения в неволе.

Парки – достопримечательности садово-паркового искусства (ПДСПИ) – это самые ценные образцы паркового строительства с целью их охраны и использования в эстетических, воспитательных, научных, природоохранных и оздоровительных целях. Например, «Софиевка» в г. Умань, «Александрия» в г. Белая Церковь и др.

Теперь, зная основные определения, можно непосредственно перейти к короткому описанию естественно-заповедных объектов и территорий Украины, в частности в Украинском Полесье.

Исторически естественные объекты особенной охраны на территории современной Украины существовали еще у славян-язычников. В представлении славян все, что окружало их, было живым, одухотворенным, наделенным магической силой. Они считали священными реки, горы, источники, камни, озера, колодцы, леса. В священных рощах самые старые деревья обносили ограждением, за которое могли заходить только жрецы. В них сурово запрещалось вырубать деревья или даже заламывать ветки. Эти объекты особенно тщательным образом охраняли. Их и можно, собственно, считать первыми естественными заповедными объектами. Позже, в XI ст., в период создания и расцвета Киевской Руси заповедные территории киевские князья создавали в местах так называемых княжеских охот [3].

Самый первый заповедник в Украине в близком к современному пониманию этого слова организовал меценат науки, орнитолог, большой любитель природы граф Владимир Дзедушицкий. Резерват «Достопримечательность Пеняцка» был создан с научной и эстетической целью в буковом прале-

се на площади 20 гектаров около с. Пеняки под Бродами. К сожалению, во времена лихолетий мировых войн лес был в значительной мере вырублен. Охранный статус «Достопримечательности Пеняцкой» был возобновлен в феврале в 1997 г.

Самым известным давним заповедником Украины является, конечно, Аскания-Нова, созданная Ф. Е. Фальц-Фейном. Еще в 1883 г. он оградил 8 десятин земли Аскании-Нова, где удерживал степных животных.

По состоянию на 01.01.2013 в состав территорий и объектов естественно-заповедного фонда Украины входили 4 биосферных заповедника, 18 природных заповедников, 41 национальный природный парк, 3042 заказника, 3388 достопримечательностей природы, 69 региональных ландшафтных парков, 808 заповедных урочищ, а также ряд искусственных объектов (ботанических садов, зоологических парков, дендропарков и парков – достопримечательностей садово-паркового искусства) – всего 8028 территорий и объектов общей площадью 3,65 млн га, что представляло собой 6,05 % территории страны, и 1 морской заказник «Филофорное поле Зернова» площадью 402,5 тыс. га. Но это гораздо меньше, чем в странах Европы, где средний заповедный процент составляет 15,3 %. Справочно: в Швейцарии заповедная площадь составляет 18,5 %, Австрии – 25 %, Германии – 24 % территории страны [4].

В целом в Украине действует 644 территорий и объектов ЕЗФ общегосударственного значения: 19 естественных и 4 биосферных заповедника, 47 национальных природных парков, 309 заказников, 132 достопримечательности природы, 18 ботанических садов, 7 зоологических парков, 19 дендрологических парков, 89 парков – достопримечательностей садово-паркового искусства. Их общая фактическая площадь составляет 2144,5 тыс. га (в пределах территории Украины), или 58,7 % всей фактической площади ЕЗФ и 3,5 % площади Украины и 402,5 тыс. га (в пределах акватории Черного моря) [5].

Для сравнения: естественно-заповедный фонд Украины по состоянию на 01.01.2012 имел в своем составе 7855 территорий и объектов общей площадью 3,57 млн га в пределах территории Украины и 402,5 тыс. га в пределах акватории Черного моря. Средний заповедный показатель по Украине (отношение площади ЕЗФ к площади государства) составлял 5,9 % без учета заказника, расположенного в акватории Черного моря). В разных областях Украины заповедный показатель колеблется от 1,5 до 15,6 %, при этом в семи областях Украины он представляет менее 3 %, в четырнадцати областях и Автономной Республике Крым имеет средние значения 4–9 % и только в пяти областях и городах Киеве и Севастополе превышает 10 % [6].

Следовательно, по учетным данным с каждым годом площади естественно-заповедных территорий и объектов Украины (заповедный процент) растут. По закону Украины «Об основных принципах (стратегии) государственной экологической политики Украины» [7] площадь ЕЗФ должна быть увеличена на 2020 г. до 15 %. Это задание предусмотрено решать как расширением площадей уже существующих территорий и объектов ЕЗФ, так и созданием новых, чему должно предшествовать выявление перспективных для сохранения территорий, обследование их и подготовка научных обоснований [8].

Территориальное размещение территорий и объектов ЕЗФ в Украине неравномерно. Эта неравномерность проявляется как в зональном аспекте, так и в провинциальном (меридиональном), то есть разница уровня сохранения проявляется как с севера на юг, так и с востока на запад. В целом, заповедный процент уменьшается с запада на восток и с севера на юг [9].

Основные экологические проблемы Полесья связаны в первую очередь с последствиями Чернобыльской катастрофы, чрезмерным осушением болот и вырубкой лесов [10–16].

На сегодня наивысший заповедный процент достигнут в Хмельницкой области – 14,7 %. Следует, однако, заметить, что в этой области нет ни одного биосферного и естественного заповедника, а высокий процент сохранения обуславливает наибольший в Европе национальный природный парк «Подольские Товтри», площадью 261 316 гектаров. Высоким является процент сохранения в Украинских Карпатах (Ивано-Франковская обл. – 13,1 %, Закарпатская – 11,7 %, Черновицкая – 8,0 %).

Северные области Украины хотя и имеют достаточно высокий потенциал (здесь сохранились достаточные площади с естественной и близкой к ней растительностью), отличаются по заповедному проценту. Как уже упоминалось, наивысшим он является на Волини (8,1 %), немного меньше (7,6 %) в Ровенской области, тогда как на Житомирщине и Киевщине заповедный процент уменьшается от 2,6 до 1,1 % соответственно. В восточной Полесской области Украины (на Черниговщине) этот показатель растет и представляет 4,2 %.

Если учитывать планирование развития ЕЗФ на Украине, то оно должно проводиться централизованно на национальном уровне, с учетом научно обоснованных рекомендаций и планов. В настоящее время проведению эффективной природоохранной политики мешает ведомственная разбросан-

ность учреждений ЕЗФ [17]. Две третьих площади ЕЗФ общегосударственного значения находится в подчинении Госкомлесхоза, Минприроды и НАН Украины (соответственно около 17, 40 и 9 % площади территорий ЕЗФ общегосударственного значения). Значительная часть естественно-заповедных объектов (около 45 % общей площади ЕЗФ) имеют статус объектов местного значения – они подчинены региональным органам исполнительной власти. Учитывая это, планирование, предоставление рекомендаций и организация отчетности проводятся согласно административному разделению территории Украины. Схема физико-географического районирования является оптимальной для расчета имеющегося регионального распределения территорий ЕЗФ и обоснования целесообразности их создания в перспективе.

По имеющимся картографическим учетным данным объектов ЕЗФ Украины [5] в программе ArcMap 10.0 можно проводить расчет части их площади в физико-географических регионах.

Разработанная и заключенная картосхема (рис. 29.1) дает возможность проследить закономерности в распределении ЕЗФ по территории Украины.

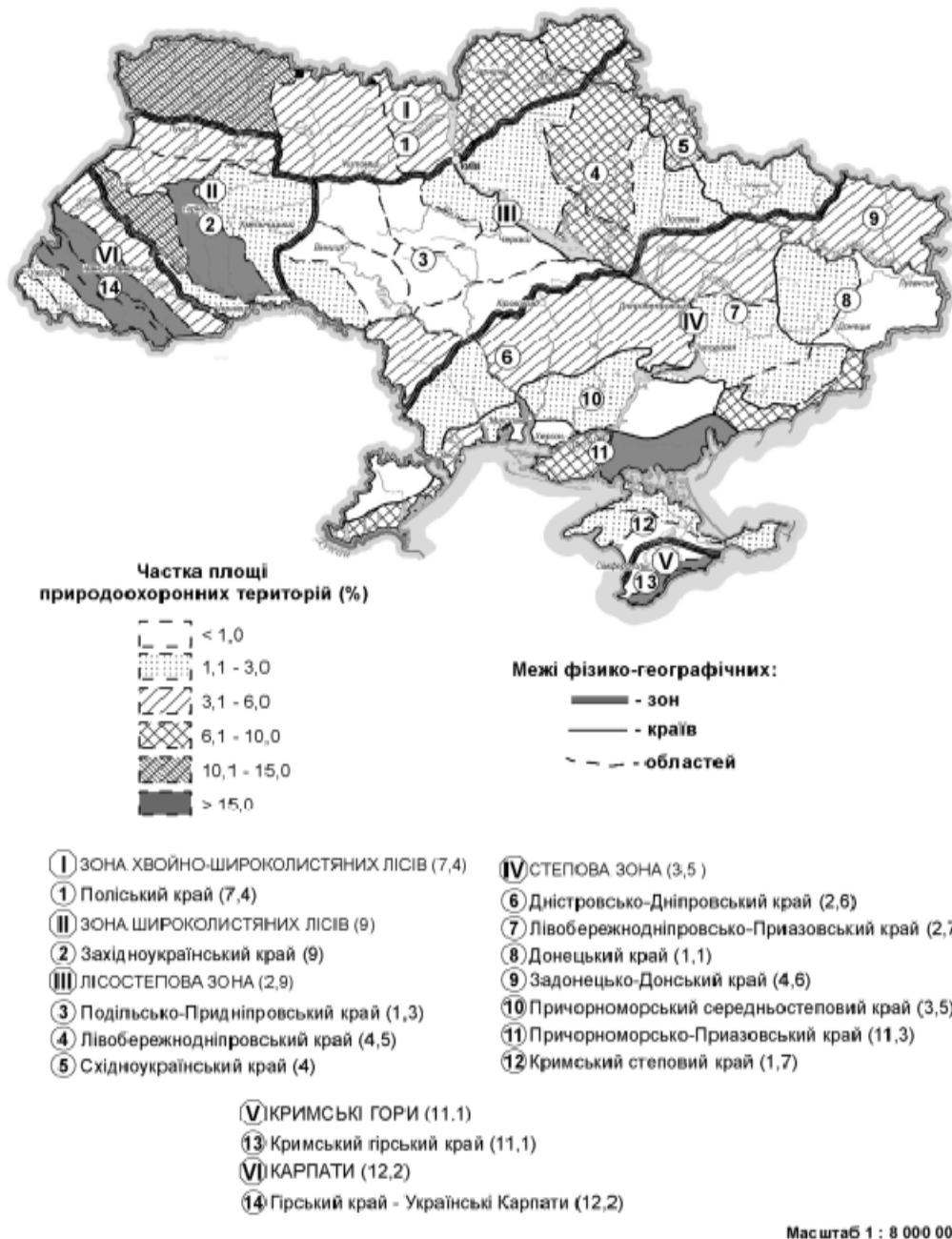


Рис. 29.1. Часть площадей природоохранных территорий в физико-географических регионах Украины по состоянию на 2012 г., %

В соответствии с картосхемой наибольшую часть естественно-заповедных территорий занимают горные регионы с достаточно похожим значением в Крыму и в Карпатах (11,1 и 12,2 % соответственно). На втором месте находятся лесные зоны – широколиственных и хвойно-широколиственных

лесов. У них также заповедный процент достаточно близок – 9 и 7,4 %. Наименьшие заповедные показатели характерны для лесостепной и степной зон – 2,9 и 3,5 %.

В Украинском Полесье, в частности Волынском, заповедный процент колеблется от 10,1 до 15,0 %, в Житомирском и Киевском Полесье – от 3,1 до 6,0 %, в Черниговском Полесье – от 6,1 до 10,0 %.

Все приведенные показатели четко демонстрируют определенную тенденцию, связанную, в первую очередь, с уровнем хозяйственного развития отдельных территорий: регионы с более интенсивным промышленным и сельскохозяйственным развитием имеют меньшую заповедность.

На уровне физико-географических зон и краев ни один из регионов пока что не достиг уровня заповедности в 15 %, но на уровне физико-географических областей ряд регионов Карпат, Подолья, а также юг Крымских гор и Присивашско-Приазовская низинная область характеризуются показателями, которые превышают 15 % и даже 25 %. Очень четко на уровне краев и областей прослеживается «заповедная депрессия» в центральном правобережье Днепра: 6 соседних областей здесь имеют заповедный процент меньше 1 %. Такой же показатель свойствен и для ряда степных областей – это, в частности, юг степного Крыма и соседние предгорный и горный регионы.

Оптимальной результативности анализа можно достичь на уровнях физико-географических зон, краев и областей. Это позволяет учитывать методические погрешности в пределах допустимости.

Первичный картографический анализ показывает общие закономерности развитию ЕЗФ в группах регионов: горных, лесных и степных-лесостепных, что связано с особенностями и уровнем их хозяйственного развития. Самая сложная ситуация наблюдается в малой заповедной части в центральном правобережье Днепра, в средней степи и на юге степного Крыма с прилегающими горными территориями. Именно на эти регионы необходимо обращать особое внимание при централизованном планировании новых естественно-заповедных объектов с целью сохранения ландшафтного разнообразия.

Научно-исследовательская работа в природных заповедниках проводится путем стационарных комплексных исследований и должна быть направлена на разработку научных основ охраны природы, сохранения и воссоздания редких и исчезающих видов растений и животных, осуществление контроля за изменением фонового состояния биосферы и гидросферы. Природные заповедники разрабатывают планы научно-исследовательских работ, их утверждают органы, в ведении которых они находятся, и ведут «Летопись природы».

Летопись природы – основной научный документ заповедника, в котором сконцентрированы главные результаты наблюдений за естественными процессами и явлениями в нем. В фиксируются наблюдения за динамикой разных природных явлений, а также самостоятельная программа научных исследований, в задание которой входит не только сбор и регистрация фактических данных, но и анализ полученных результатов, выяснение закономерностей наблюдаемых естественных процессов и причин, что их вызывают, а также прогнозирование их дальнейшего развития.

Летопись природы складывается на основе первичных наблюдений, в сборе которых участвуют не только научные, но и научно-технические сотрудники, а также инспекторы из охраны природы, которые проводят наблюдение по сокращенной и упрощенной программе, а также те, кто работает временно на его территории (сотрудники других научно-исследовательских учреждений, аспиранты, студенты). Летопись аккумулирует в себе всю информацию о текущем состоянии экосистем и их компонентов. Основные принципы научных исследований в заповедниках – круглогодичность, длительность, непрерывность и комплексность работ, которые проводятся на одних и тех же участках, не нарушенных или слабо нарушенных деятельностью человека.

Основоположником Летописи природы – документа, определяющего характер научной деятельности заповедников – стал профессор Г. О. Кожевников. В Украине работы из Летописи природы проводятся в соответствии с «Программой Летописи природы для заповедников и национальных природных парков Украины» (2002) под общей редакцией Т. Л. Андриенко. Из отдельных разделов используются методические рекомендации, которые содержатся в работе Л. П. Филонова, Ю. Д. Нухимовской «Летопись природы в заповедниках СССР» (1985) [18–20].

Накапливаемый фактический материал должен отвечать следующим требованиям: 1) быть достоверным; 2) массовым (исключение могут составлять данные по редким и исчезающим видам); 3) репрезентативным; 4) хранить многолетнюю преемственность, то есть наблюдения за избранными объектами (явлениями) должны проводиться в течение неопределенно длительного времени.

Летопись природы обязательно должна иметь такую структуру:

1. Организация работы и ведение Летописи природы. В данном разделе должны приводиться сведения об изменении размеров и пределов территории, квартальной сети заповедника, организации охранной зоны, зданиях и других объектах инфраструктуры.

2. Основные разделы Летописи природы (общие сведения, научные полигоны, абиотическая среда, рельеф, почвы, климат, гидрология, растительный мир, флора, растительность, животный мир, инвентаризация фауны, численность фоновых видов животных, экологический мониторинг фоновых и редких видов животных, сохранение видов растений и животных, естественных сред, внесенных в действующие в Украине международные перечни, календарь природы, антропогенное влияние, анализ результатов и перспективы научных исследований).

Необходимо отметить, что результаты исследований большей половины второго раздела могут представляться в Летопись природы из описания литературных источников, а учет естественных процессов и явлений (сдвиги, обвалы, развитие яров; почвы, климатические и метеорологические, гидрологические явления и процессы) должен проводиться и подаваться в Летопись природы постоянно и непрерывно (по дням, месяцам, декаде, за год). Для этого периодически осуществляются обходы территорий и объектов в заповеднике. К климатическим и метеорологическим явлениям и процессам можно отнести: температуру воздуха, количество осадков, относительную влажность воздуха, атмосферные явления, высоту снежного покрова, облачность, ветер, которые пишут на основе данных собственной метеостанции естественного заповедника. В разделе «Гидрология» обязательно приводятся сведения о динамике уровня вод (грунтовых и поверхностных) – естественной сезонной, а также предопределенной стихийными явлениями или деятельностью человека. Ежегодно наблюдаются сроки наступления сезонных гидрологических явлений (первые забереги, первый ледостав, первые полыньи, длительность периода, свободного ото льда, и другие). Также в таком документе, как Летопись природы, должны детально быть исследованы все виды и формы антропогенного влияния на естественные комплексы охранных зон заповедников, так как общей чертой большинства заповедников является наличие в них населенных пунктов, которые выступают в качестве ячеек значительного негативного влияния на их естественные комплексы. Для лучшего и более эффективного ведения Летописи природы природным заповедникам необходимо предоставлять соответствующее финансирование от государства для проведения таких научных исследований.

Общее методическое руководство научными исследованиями в заповедниках осуществляет Национальная академия наук Украины. В научных исследованиях, которые проводятся в природных заповедниках, могут участвовать и другие научно-исследовательские и учебные заведения при согласии дирекции заповедника, отдельные ученые и практики, организуются общие стационары, экспедиции, семинары, конференции, издания научной и популярной литературы [18–20].

Сегодня WWF Дунайско-Карпатская программа вместе с Министерством экологии и природных ресурсов Украины, Государственным музеем естествоведа НАН Украины (г. Львов) и Львовским национальным университетом имени Ивана Франко выдала новую полезную и интересную публикацию «Экспресс-оценка состояния территорий естественно-заповедного фонда Украины и определения приоритетов относительно управления ими» [21]. В ней представлены результаты комплексной экспресс-оценки состояния территорий естественно-заповедного фонда Украины. Впервые в Украине использована стандартизированная мировая методика RAPPAM (Rapid Assessment and Prioritization of Protected Area Management). Она является одной из серии попыток создания инструмента для оценки эффективности управления природоохранными территориями, какой бы отвечал критериям, установленным Мировой комиссией по вопросам природоохранных территорий (WCPA) в течение 1995–2000 гг. Используя ее, специалисты оценили 2 биосферных заповедника, 16 природных заповедников, 18 национальных природных парков и 1 региональный ландшафтный парк (рис. 29.2). Также с помощью данной методики представлена карта распределения выбранных действующих объектов ЕЗФ Украины по административным единицам (рис. 29.3). Определены основные приоритеты управления и развития территорий естественно-заповедного фонда Украины.

Рассмотрев кратко естественно-заповедные территории и объекты Украины, можно перейти к естественно-заповедным территориям и объектам Украинского Полесья.

29.2. Территориальное распределение природно-заповедных объектов Припятского Полесья и их характеристика

Полесье охватывает 19 % территории Украины. Это заболоченные равнины, которые находятся главным образом в пределах мешаных лесов. Леса Полесья представляют свыше 40 % лесного фонда государства. По отличиям естественных условий и ресурсов зону смешанных лесов разделяют на ряд физико-географических областей: Западное Полесье (Волыньское), Житомирское, Киевское, Черниговское и Новгород-Северское Полесья. Наиболее общие признаки, по которым различают названные области, заключаются в том, что с запада на восток уменьшается количество осадков, абсолютная относительная влажность воздуха и почв, снижается заболоченность территории, лесистость, растет

континентальность климата, падает удельный вес лугов и пастбищ, увеличиваются площади пахотных земель, повышается качество почв [22].



Рис. 29.2. Карта объектов ЕЗФ Украины

РОЗПОДІЛ ВИБРАНИХ ДІЮЧИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ (ПЗФ) УКРАЇНИ
ЗА АДМІНІСТРАТИВНИМИ ОДИНИЦЯМИ

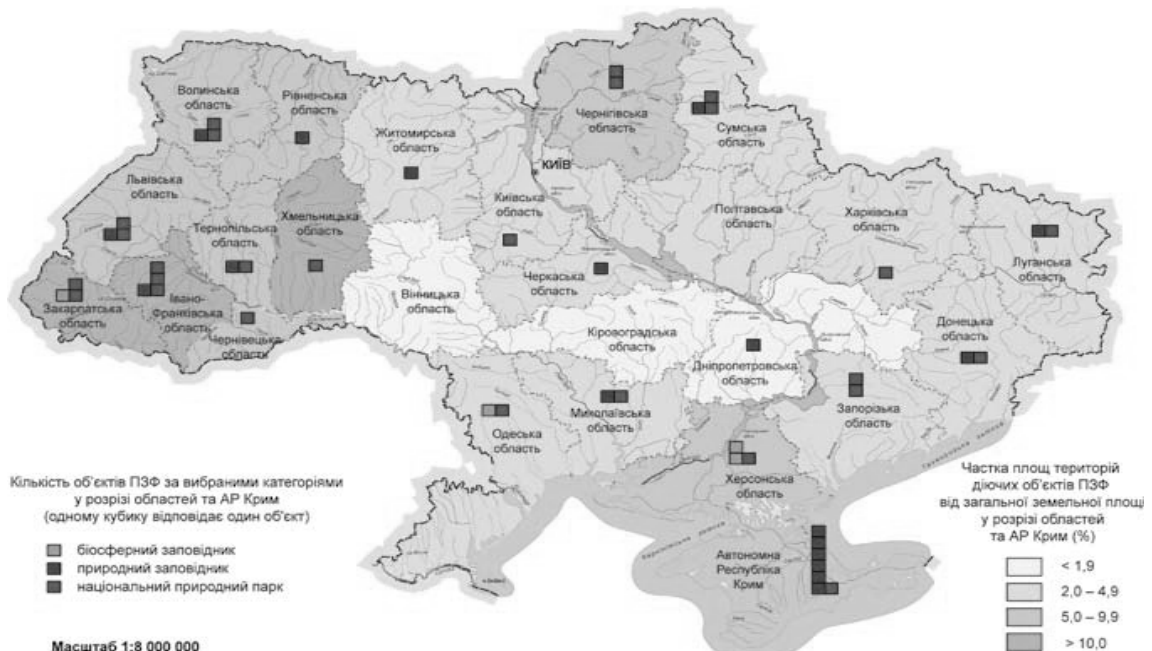


Рис. 29.3. Карта распределения выбранных действующих объектов ЕЗФ Украины по административным единицам

С целью охраны природы Полесья в 1968 г. в западно-северной части Житомирской области в бассейне реки Уборть создан Полесский государственный природный заповедник, площадь которого составляет 2010 гектаров; на Черниговщине создан Деснянско-Старогутский национальный парк [23].

Зона смешанных хвойно-широколистных лесов занимает северную часть Украины. Она является частью зоны смешанных лесов Восточноевропейской равнины, в пределах которой выделяется

Полесская провинция, которая расположена на территориях Украины, России и Беларуси. Южный предел зоны проходит вблизи Равы-Русской – Владимира-Волынского – Луцка – Житомира – Киева – Нежина – Кроливец – Глухова.

Волыньское Полесье расположено в западной части зоны смешанных лесов в междуречье Западного Буга и Случа. Занимает большую часть Волынской и юго-восточную часть Ровенской областей. Оно является наиболее увлажненным, засаженным лесом и заболоченным из физико-географических областей Украинского Полесья.

Под лесами находится свыше 45 % площади Волыньского Полесья, под заводами лугово-болотного ландшафта – 10 %. Значительные площади мелиорируются. Здесь создан Шацкий природный национальный парк, заказники Почаевский, находятся озеро Нечимне, Переброды и др.

Ровенский природный заповедник (РПЗ), общей площадью 42,3 тыс. га – наибольший в Украине и состоит из четырех массивов, расположенных на территории Владимирецкого, Дубровицкого, Рокитневского, Сарненского районов. В состав заповедника входят красивейшие озера Украинского Полесья – Сомине и Белое и 4 водно-болотных угодий, одно из которых международного значения «Торфово-болотный массив «Переброды».

С целью сохранения ценных естественных территорий и историко-культурных объектов на территории Острожского и Здолбуновского района создан первый в области Национальный природный парк «Дерманско-Острожский», который занимает узкую часть Малого Полесья, зажатую между Мизоцким кряжем и Кременецкой возвышенностью.

Состояние сохранения видов раритетов флоры и фауны оценивается как удовлетворительное. В дальнейшем необходимо проведение научных исследований с целью инвентаризации редких видов, учета их численности и разработка соответствующих природоохранных мероприятий [24].

Согласно данным литературы [4] среди мероприятий по формированию региональной экосети Волыньского Полесья основными являются:

- создание Национального природного парка «Дерманско-Острожский» (площадь 5448,3 гектара) и двух заказников (на площади 6115,3 гектара);
- завершен первый этап разработки научного обоснования создания Национального природного парка «Нобельский»;
- начато исследование территории, перспективной для создания Национального природного парка «Хренники» (6355 гектаров);
- внесены предложения и разработана экспликация земель проектируемого регионального ландшафтного парка «Надслучанский» (общей площадью 992,7 гектара);
- обосновано создание трех ботанических заказников и одной достопримечательности природы местного значения; вынесены в натуру пределы пяти объектов ЕЗФ общей площадью 647 гектаров;
- осуществлены мероприятия по лесовосстановлению, лесоразведению на землях лесохозяйственного назначения на площади 26055,1 гектара и созданы защитные насаждения на непригодных для сельского хозяйства землях на площади 5070,3 гектар;
- определены площади нарушенных и загрязненных земель и разработаны мероприятия относительно проведения консервирования деградированных земель (6,2 тыс. га), а также рекультивации нарушенных земель (0,97 тыс. га);
- осуществлены мероприятия относительно охраны водно-болотных угодий международного значения «Сырая Погоня» и перспективных для включения к перечню «Коза-Березина», «Сомине» и «Переброды»;
- проведены мониторинг и ценотические исследования, в частности гидрологического режима, состава и инвентаризации флоры и фауны, видов животных, занесенных в Красную книгу Украины и международные охранные списки.

В Житомирском Полесье основной задачей Проекта развития экосети Житомирской области является дальнейшая детализация схемы для ее практического воплощения. Это нуждается в переходе от обзорно-топографических карт масштаба 1 : 100 000 к топографическим картам большого масштаба (1 : 10 000), желательно на базе ГИС-технологии в векторном формате, землеустроительных планов и осуществления оценки реальной естественно-экономической ситуации по отдельным ее элементам и административным единицам Житомирской области с определением реальных пределов и площади, землепользователя/землевладельца каждого структурного элемента экосети.

В ходе формирования региональной схемы экосети за период с 2006 по 2010 год осуществлено:

- лесовосстановление, лесоразведение на землях лесного фонда (28408 гектаров);
- создан природный заповедник «Древлянский» (площадью 30872,84 гектара), 28 заказников местного значения общей площадью 52665,6 гектара, 1 достопримечательность природы местного значения;

– осуществлены обследование и разработка обоснований новых территорий и объектов ЕЗФ (общая площадь свыше 7 тыс. га);

– проведено обследование и описание фиторазнообразия перспективных структурных элементов экосетей;

– разработаны рекомендации относительно дальнейшего сохранения водно-болотных угодий международного значения «Полесские болота», гидрологических заказников общегосударственного и местного значения, а также других водно-болотных естественных комплексов на территории области.

В Киевском Полесье основными мероприятиями относительно формирования региональной экосети было создание двух национальных природных парков: «Белоозерский» (на границе с Черкасской областью, площадь 3658,22 гектара в пределах Киевской области) и «Залесье» (на границе с Черниговской областью, площадь 13548,5 гектара в пределах Киевщины), общезоологического заказника общегосударственного значения «Чернобыльский специальный» (48 770 гектаров), 17 заказников местного значения (общей площадью 5888,8 гектара), 8 достопримечательностей природы местного значения (210,1 гектара), 2 парка – достопримечательности садово-паркового искусства (63,7 гектара), 1 РЛП, 1 заповедное урочище (58,9 гектара); расширен дендрологический парк общегосударственного значения «Александрия» на 108,8 га.

В Черниговском Полесье в составе региональной экосети выделяют такие основные элементы: 5 ключевых территорий (из них 4 – национального значения, 1 – регионального значения), 5 соединительных территорий (из них 1 – Всевропейского значения, 2 – национального значения, 1 – регионального значения). Общая площадь структурных элементов экосети, включенных в состав региональной схемы формирования экосети Черниговской области (5 ключевых территорий площадью 256,6 тыс. га, 5 соединительных территорий площадью 919 тыс. га, 1 обновительная территория площадью 19,6 тыс. га) составляет 1195,2 тыс. га. В рамках развития региональной экосети области осуществлены мероприятия:

– создан Национальный естественный парк «Мезинский» (площадь 31035,2 гектара) и «Залесье» (площадь 14836 гектаров), 2 заказника местного значения, 1 дендропарк местного значения;

– обосновано создание гидрологического заказника общегосударственного значения «Богдановский»;

– проведены комплексные исследования фиторазнообразия структурных элементов региональной экосети;

– осуществлены разработки (в 2007 г.) по созданию Деснянского биосферного резервата как участка российско-украинского трансграничного резервата в бассейне р. Десна, общая площадь которого в пределах Новгород-Северского района Черниговской области представляет 10 тыс. га;

– проведены научно-исследовательские работы для изучения разнообразия раритета животного и растительного мира области с целью уточнения и дополнения списков регионально редких видов животных и растений Черниговщины.

Общегосударственная программа формирования национальной экологической сети Украины на 2000–2015 годы (далее – Программа) утверждена Законом Украины от 21.09.2000 № 1989-III.

В основу формирования мероприятий Программы были положены рекомендации Всевропейской стратегии сохранения биологического и ландшафтного разнообразия (1995) относительно формирования Всевропейской экосети как единой пространственной системы.

Основной целью Программы является увеличение площади земель страны с естественными ландшафтами до уровня, достаточного для сохранения их многообразия, близкого к присущему им естественному состоянию и формированию их территориально единой системы, построенной в соответствии с обеспечением возможности естественных путей миграции и распространения видов растений и животных, которая бы обеспечивала сохранение естественных экосистем, видов растительного и животного мира и их популяций. При этом национальная экосеть должна отвечать требованиям относительно ее функционирования во Всевропейской экосети и выполнять ведущие функции относительно сохранения биоразнообразия. Кроме того, Программа должна способствовать сбалансированному и неизнурительному использованию биоресурсов в хозяйственной деятельности [5].

В рамках выполнения данной Программы в Украине должно быть создано 29 национальных природных парков, 7 биосферных заповедников, расширены пределы 3 естественных и 3 биосферных заповедников, 5 национальных природных парков. В целом площадь естественно-заповедного фонда Украины должна расширяться больше чем вдвое и достичь 10 % от площади государства.

Формирование экологической сети предусматривает изменения в структуре земельного фонда Украины путем отнесения части земель к категориям, подлежащих особой охране для обеспечения целостности экологической сети на основании научного обоснования и экономической целесообразности.

Программой предусмотрено осуществление таких основных мероприятий:

- расширение и оптимизацию сети объектов естественно-заповедного фонда;
- формирование трансграничных природоохранных территорий;
- создание защитных лесных насаждений, полезащитных лесных полос, залужение земель;
- рекультивация и ренатурализация земель;
- обеспечение охраны водно-болотных угодий;
- обеспечение сохранения популяций видов растений и животных;
- осуществление специальных мероприятий для обеспечения миграции животных;
- создание условий для воссоздания многообразия видов растений и животных;
- осуществление мероприятий относительно предотвращения негативного влияния на естественные комплексы экологической экосети.

Основными направлениями работы в областях в соответствии с Программой являются:

- разработка региональных программ и схем формирования экосети и интеграция положений программ в планы экономического и социального развития регионов;
- работы относительно выявления естественных территорий, перспективных для сохранения био- и ландшафтного разнообразия, их обследование и подготовка научных обоснований относительно создания новых объектов естественно-заповедного фонда и включения в экосети;
- расширение существующих и создание новых территорий и объектов естественно-заповедного фонда;
- создание лесов и других лесонасаждений;
- установление водоохраных зон и прибрежных защитных полос вдоль водных объектов;
- залужение деградированных земель, выведение земель из интенсивного использования, возобновления естественного состояния (ренатурализация) территорий, которые испытали антропогенное влияние;
- инвентаризация флоры и фауны перспективных территорий для развития экосети;
- формирование перечня первоочередных мер относительно формирования региональной экосети на следующий год с предсказуемыми объемами финансирования за счет местных средств;
- проведение тематических конференций с участием заинтересованных сторон, общественности и т. п.;
- информирование общественности относительно целей и заданий развития экосети через средства массовой информации [5].

Установление водоохраных зон и прибрежных защитных полос вдоль водных объектов хорошо отражено в научной работе [25]. В ней рассмотрены теоретические и прикладные принципы установления водоохраных зон и прибрежных защитных полос рек Украинского Полесья, изложены методологические основы проектирования водоохраных мероприятий и требования к ведению хозяйственной деятельности в водоохраных зонах, организации рекреации, экономического обоснования и оценки эффективности инженерно-биотехнических мероприятий упорядочивания водоохраных зон рек.

Следовательно, при формировании областной экологической сети, включая в нее реки, необходимо запомнить, что каждая река имеет свои размеры и пределы водоохраных зон и прибрежных защитных полос, которые определяются проектом на основе нормативно-технической документации [1, 25]. Водоохранная зона имеет внутренний и внешний пределы. Внутренний – совпадает с минимальным уровнем воды в водном объекте. Внешний – привязывается к имеющимся контурам сельскохозяйственных угодий, путей, лесополос, пределов заводей, сверхпойменных террас, бровок склонов, балок и яров и определяется наиболее удаленной от водного объекта линией: затопления при максимальном паводковом (паводковом) уровне воды, которое повторяется один раз в десять лет; берегоразрушения, меандрирования; временного и постоянного подтопления земель; эрозийной активности; береговых склонов и сильноэродированных земель.

Внешний предел водоохранной зоны на землях сельских населенных пунктов, землях сельскохозяйственного назначения, лесного фонда, на территориях водохозяйственных, лесохозяйственных, рыбохозяйственных предприятий, а также на землях других владельцев и пользователей определяется с учетом: зоны санитарной охраны источников питьевого водоснабжения; расчетной зоны переработки берегов; лесных насаждений, которые в наибольшей степени способствуют охране вод с внешним пределом не меньше как 1000 м от уреза меженного уровня воды; всех земель отвода на существующих мелиоративных системах, но не менее как 200 м от бровки каналов или дамб.

Прибрежную защитную полосу устанавливают по обоим берегам реки и вокруг водоемов по длине меженного уреза воды. Ширина полосы зависит от длины реки и площади водоема: для малых рек (к ним принадлежат реки с площадью водосбора до 2 тыс. км²), ручьев, водоемов и прудов пло-

площадью до 3 гектаров она представляет 25 м, для средних рек (площадь водосбора от 2 до 50 тыс. км²) и водоемов площадью свыше 3 гектаров – 50 м и для больших рек, водохранилищ и озер – 100 м. Если крутизна склона реки превышает 3°, то ширину защитной полосы удваивают. Ширина водоохранной зоны может определяться в зависимости от вида угодий, которые прилегают к водному объекту и крутизне прибрежных склонов, и связываться с длиной реки: для ручьев и рек длиной до 10 км она составит 15 м, от 10 до 50 км – 100 м, от 50 до 100 км – 200 м, больше 100 км – 300 м; для рыбохозяйственных водоемов – 500 м от предела затопления при максимальном стоянии паводковых вод [1, 25]. При отсутствии разрушения берега или его эрозийной активности и при узкой полосе подтопления ширина водоохранной зоны устанавливается следующая: для малых рек – не менее как 250 м; для средних – не менее как 500 м; для больших – не менее как 1000 м (по расчету, при котором учитываются пределы населенных пунктов, другая застройка на время разработки проекта, но не менее чем 10 м от бровки склона берега согласно условиям эксплуатации реки). Поскольку леса выполняют значительную водоохранную функцию, пределы водоохранных зон у них не устанавливаются. Предела водоохранных зон и прибрежных защитных полос закрепляются водоохранными знаками.

Кроме того, при формировании экосети могут использоваться такие земли: сельскохозяйственные земли, которые не используются в сельскохозяйственном производстве, пашня, перелог, многолетние насаждения, сенокосы, пастбища, лесные земли, кустарники, застроенные земли, открытые заболоченные земли, сухие открытые земли с особым растительным покровом, открытые земли без растительного покрова или с незначительным растительным покровом, пляжи, яры, естественные водотоки, искусственные водотоки, озера, лиманы, ставки, водохранилища.

По экологическим паспортам и докладам о состоянии окружающей естественной среды в областях на рисунках 29.4–29.17 представлены общеизвестные естественно-заповедные территории и объекты Украинского Полесья.



Рис. 29.4. Региональный ландшафтный парк «Надслучанский»



Рис. 29.5. Березневский дендрологический парк общегосударственного значения



Рис. 29.6. Ровенский природный заповедник

Житомирское Полесье находится к востоку от Волынского, занимая большую часть Житомирской и северо-восточную часть Ровенской областей. Поскольку его территория расположена на Украинском щите, она является более поднятой сравнительно с Волынским Полесьем.

Среди других физико-географических областей Житомирское Полесье является наименее заболоченным – болота составляют около 3 % ее территории. Большие площади занимают песчаные равнины с сосновыми и дубово-сосновыми лесами. На территории Житомирского Полесья находятся Полесский заповедник, заказники Городоцкий, Дедово озеро, Поякивский и др.



Рис. 29.7. Полесский природный заповедник (р. Перга)



Рис. 24.8. Заказник «Игорев брод»



Рис. 29.9. Природный заповедник «Древлянский»

По состоянию на 01.01.2014 в состав естественно-заповедного фонда Житомирской области входит 221 территория и объект общей площадью 136,58 тыс. га, из них общегосударственного значения – 20 объектов площадью 57,94 тыс. га, местного значения – 201 объект площадью 78,64 тыс. га. Процент заповедности – 4,5 %. Естественно-заповедный фонд области имеет такую структуру:

- природные заповедники – 2, площадь – 50 976,84 гектара;
- заказники общегосударственного значения – 10, площадь – 6757 гектаров;
- заказники местного значения – 145, площадь – 78 304,66 гектара;
- достопримечательности природы общегосударственного значения – 2, площадь – 51 гектар;

- достопримечательности природы местного значения – 35, площадь – 93,69 гектара;
- ботанические сады общегосударственного значения – 1, площадь – 35,4 гектара;
- дендрологические парки местного значения – 3, площадь – 14,9 гектара;
- парки – достопримечательности садово-паркового искусства общегосударственного значения – 5, площадь – 119,8 гектара;
- парки – достопримечательности садово-паркового искусства местного значения – 18, площадь – 228,67 гектара.



Рис. 29.10. Заказник «Бовсуновский»



Рис. 29.11. Заказник «Каменное Село»

В Житомирской области проводилась значительная работа относительно создания новых заповедных территорий и объектов.

Киевское Полесье находится к востоку от Житомирского и охватывает северную часть Киевской и восточную часть Житомирской областей. Его восточным пределом является г. Днепр с Киевским водохранилищем. Область расположена на склоне Украинского щита, фундамент которого погружен на глубину 300–400 м. В ландшафтной структуре территории основными являются естественные комплексы песчаных и речных песчаных равнин, на которых развились дерново-подзолистые почвы, сосновые и дубово-сосновые леса.

В Киевском Полесье проводят облесение песков, противоэрозийные мероприятия, регулирование водно-воздушного режима почв. Здесь находятся Днепровско-Тетеривское заповедное лесохозяйственное хозяйство, Ильинский заказник и другие природоохранные объекты и территории.

К востоку от Киевского лежит Черниговское Полесье, которое охватывает часть Днепровско-Донецкой западины. Его восточный предел проходит там, где Днепровско-Донецкая западина переходит в склон Воронежского кристаллического массива. Черниговское Полесье – это низинная слабоволнистая равнина. Лесистость территории около 25 %. Наибольшие лесные массивы хранятся на

междуречье Днестра и Десны, Снова и Десны. Преобладают сосновые и дубово-сосновые леса. В ландшафтной структуре Черниговского Полесья главную роль играют естественные комплексы моренно-песчаных и песчаных равнин с дерново-подзолистыми почвами и боровыми лесами.



Рис. 29.12. Заказник «Словечанский кряж»



Рис. 29.13. Ботаническая достопримечательность природы – вековой дуб

В Черниговском Полесье находятся заказник Каморетский, Сосницкий и Болото Мох, а также достопримечательности природы – Святое Озеро, болото Галльский Мох и урочище Тулыне.

Новгород-Северское Полесье охватывает восточную часть Черниговской и северо-западную часть Сумской областей. По физико-географическим условиям оно отличается от Черниговского Полесья, поскольку лежит на склоне Воронежского кристаллического массива, перекрытого пермскими, юрскими, меловыми, палеогеном и антропогеновым отложениями.

Лесостепные ландшафты (занимают свыше 15 % представленных здесь очень расчленяющих лесных равнин, размещенных небольшими участками, преимущественно на правом берегу Десны. Типичны здесь сложные урочища свежих и сырых глубоких балок с крутыми склонами с грабово-дубовыми и кленово-липово-дубовыми лесами, кое-где с суборями.

На пойменной местности (около 5 %) – хорошо развитые злаково-разнотравные луга и влаготравно-осоковые группировки, черноольховые леса и осоково-болотная растительность. В пределах области – заказник государственного значения Большой Бор.



Рис. 29.14. Ботанический заказник местного значения «Урочище «Гора Козинская»



Рис. 29.15. Ботаническая достопримечательность природы местного значения «Дубы»

Общегосударственная программа формирования национальной экосети предусматривает подготовку заявок относительно признания ценностей естественных территорий Украины, в первую очередь в пределах ее естественно-заповедного фонда, на международном уровне, создание национального перечня объектов естественного наследства. Должны быть подготовлены представления на международное признание новых биосферных заповедников, внесение предложений в Перечень водно-болотных угодий международного значения и Мировой сети биосферных резерватов, Изумрудной сети Европы и для награждения Европейским дипломом для природоохранных территорий [26].

Изумрудная сеть является сетью территорий специального интереса относительно их сохранения, определенных Бернской конвенцией, и представляет аналог сети Natura 2000, существующей в Европейском союзе, в странах, которые не являются его членами. Основным требованием к объектам Изумрудной сети является наличие видов, перечисленных в Бернской конвенции и резолюциях 4 и 6 Постоянного комитета конвенции. Предварительно было предложено включить в перечень потенциальных объектов.

В структуре национальной экосети естественный регион Полесья в то же время выполняет функции широтного естественного коридора, который обеспечивает естественные связи зонального характера.



Рис. 29.16. Региональный ландшафтный парк «Межреченский»



Рис. 29.17. Ичнянский национальный естественный парк

Схема экосети Украинского Полесья (рис. 29.18) включает 16 ядер и 25 коридоров и разработана по результатам выполнения проекта на заказ Минприроды «Научная обработка описания и схемы Полесского естественного коридора» (2006), которые осуществили ученые Института ботаники имени М. Г. Холодного НАН Украины. Северная ветка проходит вблизи границы с Беларусью. Южная ветка, которая проходит в южной части Украинского Полесья, на востоке поднимается на север и сливается с северной. Кроме того, эти две ветки соединены шестью меридиональными коридорами.

Ядра экосети занимают около 847 тыс. га, или 8,5 % общей площади региона. Средняя площадь ядра – 53 тыс. га. Некоторые ядра отвечают имеющимся естественно-заповедным территориям, но часто являются больше. К ядрам включены также территории проектируемых национальных природных парков. Самое большое из ядер, Чернобыльское, являет собой территорию, из которой отселены люди после аварии на Чернобыльской АЭС.

Формирование Полесского экологического коридора продолжалось в рамках выполнения международного проекта «Создания трансграничного биосферного резервата «Западное Полесье» и экосети Полесья, финансирование которого осуществляли ЮНЕСКО и Японский трастовый фонд JFIT в 2006–2008 гг.

Результатами проекта является создание принципов функционирования трансграничного биорезервата «Западное Полесье» (Украина – Польша), подготовка схемы экосети Полесья с учетом ес-

тественных ядер прилегающих территорий, разработки предложений и подходов к созданию трансграничного биорезервата «Прадолина Припяти» (Украина – Беларусь). Схема экосети включает 16 ядер и 25 экокоридора национального уровня. Общая площадь ядер составляет приблизительно 847 тыс. га (8,5 % площади региона). К ядрам отнесены преимущественно объекты ЕЗФ наивысшего ранга: природные заповедники «Полесский», «Древлянский», «Ровенский», «Черемский», национальные естественные парки «Деснянско-Старогутский», «Мезинский», «Киверцевский», «Припять-Стоход», «Шацкий». Экокоридоры государственного значения занимают 15 % Украинского Полесья. Формирование трансграничной экосети Полесья направлено на комплексное природопользование, обеспечение экообразования и организацию экотуризма.

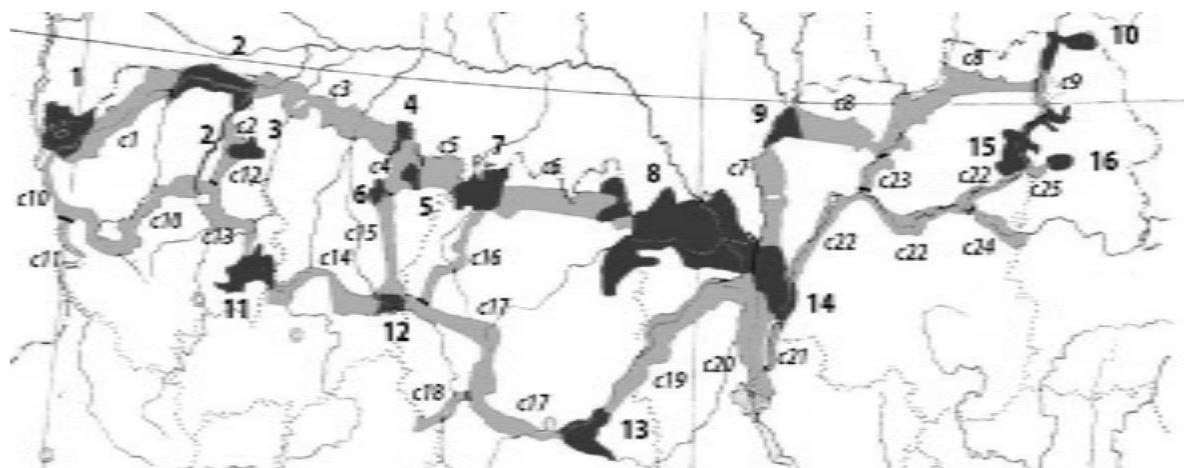


Рис. 29.18. Схема экосети Украинского Полесья (общегосударственный уровень) [4]

Условные обозначения: Ядра (ключевые территории): 1. Шацкое. 2. Припять-Стоходское. 3. Белоозерско-Черемское. 4. Перебродское. 5. Сиропогонское. 6. Соминское. 7. Убортское. 8. Чернобыльское. 9. Репкинское. 10. Деснянско-Старогутское. 11. Цуманское. 12. Надслучанское. 13. Коростышевское. 14. Межреченское. 15. Мезинско-Шосткинское. 16. Верхнееманское.

Коридоры (соединительные территории) – с1. Шацко-Любешевский. с2. Любешевско-Черемский. с3. Любешевско-Перебродский. с4. Перебродско-Соминский. с5. Сиропогонско-Убортский. с6. Убортско-Вильчанский. с7. Межреченско-Репкинский (часть Днепровского коридора). с8. Репкинско-Новгородсеверский. с9. Шосткинско-Свизский. с10. Шацко-Ковельско-Стоходский. с11. Мосырско-Устилуужский. с12. Черемско-Градский. с13. Стоходско-Цуманский. с14. Цуманско-Надслучанский. с15. Соминско-Надслучанский. с16. Городницко-Перганский. с17. Надслучанско-Коростышевский. с18. Довбиско-Малеванский. с19. Коростышевско-Днепровский. с20.

Общая площадь прогнозируемых составляющих экосети Полесья показана в таблице 29.1. В таблице 29.2 представлено формирование экосети Полесья, точнее, составляющие ее структурных элементов согласно литературным данным [27–31].

Таблица 29.1

Общая площадь прогнозируемых составляющих экосети Полесья

Составляющие экосети, тыс. га						В целом / в % от площади области
Сенокосы- ти и паст- бища	Леса и лесо- покрытые площади	Открытые и заболоченные земли	Радиоактивно загрязненные земли, изъятые из хозяйственного использования	Открытые земли, без растительно- го покрова или он является не- значительным	Воды	
Волынская экосеть						
160,1	695,1	116,7	-	15,0	45,4	1032,3/51
Ровенская экосеть						
258,9	802,9	105,0	7,6	33,2	43,3	1250,9/62,3
Житомирская экосеть						
316,1	1117,5	100,2	33,9	37,4	48,9	1654/55,45
Киевская экосеть						
253,97	1207,47	73,92	83,3	91,0	235,93	1945,59/69,2
Черниговская экосеть						
592,7	738,3	130,2	-	28,8	68,0	1558/47,8
В целом по Полесью						
1581,77	4561,27	526,02	124,8	205,4	441,53	7440,79

Для Украины могут быть предложены и другие дополнительные показатели стабильного развития, например, уровень экологической стойкости естественно-заповедной сети, что определяют через коэффициент инсуляризованности, и другие.

При формировании экосети *оценка ЕЗФ* является необходимым условием. Количественная и качественная оценка естественно-заповедных объектов дает возможность проанализировать их современное состояние, определить, насколько они выполняют свои природоохранные функции, а также выяснить, могут ли данные объекты входить в состав экосетей в качестве естественных ядер или биокоридоров. Оценка сети естественно-заповедного фонда проводится с помощью определения комплекса критериев и разных показателей [32].

Таблица 4.2

Составляющие структурных элементов экологической сети Полесья согласно [27–31]

Единицы административно-территориального устройства региона	Общая площадь, тыс. га	Общая площадь экосети, тыс. га	Составляющие структурных элементов экологической сети, тыс. га											
			объекты ЕЗФ	водно-болотные угодья	открытые заболоченные земли	водоохранные зоны	прибрежные защитные полосы	леса и другие непокрытые площади	курортные и лечебно-оздоровительные территории	рекреационные территории	земли консервации	открытые земли без растительного покрова или с незначительным растительным покровом	пастбища, сенокосы	радиоактивно загрязненные земли, которые не используются в хозяйстве
Ровенская область	2005,1	1401,7	181,5	12,7	105,0	0	0	803,8	0	0	0,4	33,0	257,7	7,6
Волинская область	2014,4	128,1	237	54,8	115,9	-	29,5	697,7	-	1	0,2	14,8	363,7	-
Житомирская область	2982,7	1836,1	136,5	30,3	101,0	163,5	55,4	1094,3	0,2	0,5	3,9	37,5	315,1	34,4
Киевская область	2812,1	1258,8	1112918,6147	-	73,92	6,36	49,22	1207,47	0,5	2,5	2,218	91	53,97	83,3
Черниговская область	3190,3	1800,4	244,4	-	130,2	-	62,0	738,1	0,1	2,0	2,7	28,2	592,7	-
Всего	13004,6	6425,1	1113718,014	97,8	526,02	169,86	196,12	4541,37	0,8	6,0	9,418	204,5	1783,17	125,3

Украинское Полесье является одним из коммуникационных элементов экологической сети, а именно широтный естественный коридор, который обеспечивает естественные связи зоны смешанных лесов. Этот регион занимает южную часть Полесской низменности. Для него характерны низинные ландшафты с преобладанием водно-ледниковых, моренных, алювиальных и торфяных отложений. Как уже было сказано, схема экосети Украинского Полесья включает 16 каркасных ядер и 25 биокоридоров [10, 11, 12, 4]. Ядрами на территории могут быть долины и лесные массивы, элементы водосборов, долин больших рек, дендрологические насаждения и т. п. Они были детально исследованы в работах Остапка, Глухова, Блэкберна (2009). На их основе можно сформировать графы биоцентрично-сетевой замкнутости, где данные ядра служат биоцентрами, и между ними образуются (по правилу сохранения энергии) биокоридоры. В работе [33] авторами доказано, что неравномерность распределения каркасных ядер антропогенного происхождения, изменение характеристик биокоридоров ведет к нарушению связи и целостности структуры экосистем, особенно естественно-заповедных территорий и объектов, которые являются существенными при создании экосети Полесского края.

Зона смешанных лесов имеет значительное ландшафтное и биотическое разнообразие, которое является основанием для расширения сети естественно-заповедного фонда. Весомыми показателями для оценки перспективных составляющих национальной и региональных экосетей являются количе-

ственные показатели. В частности, процент заповедности (часть площадей ЕЗФ от площадей административных единиц) и индекс инсуляризованности (расчленение естественно-заповедных объектов).

Были изучены структурные особенности ЕЗФ Полесского физико-географического края в разрезе административных областей [16, 34]. В Полесский физико-географический край включались Львовская, Хмельницкая, Сумская области, так как их граничные северные части заходят в Украинское Полесье. Структура сети заповедных территорий и объектов Полесского физико-географического края приведена в таблице 29.3.

Среди ключевых естественно-заповедных территорий Украинского Полесья стоит назвать природные заповедники: «Черемский», «Ровенский», «Полесский» и «Древлянский»; национальные естественные парки: «Шацкий», «Цуманская пуша», «Припять-Стоход», «Малое Полесье», «Дерманско-Острожский», «Залесье», «Мезинский» и «Десняно-Старогутский»; региональные ландшафтные парки: «Малеванка», «Припять-Стоход», «Надслучанский», «Дерманско-Мостовский» и «Межреченский» [14, 35, 36].

На 01.01.2014 площадь естественно-заповедных территорий и объектов Полесского края составляла около 996 728 гектаров. Эффективной консервативной охраной охвачено в заповедниках 9,49 %, а в национальных естественных парках 19,59 % площади зоны смешанных лесов. Часть природных заповедников больше в Житомирской и Ровенской административных областях, а национальных природных парков – в Волынской области. Основные показатели структуры сети территорий и объектов естественно-заповедного фонда Полесского физико-географического края (в разрезе административных областей) приведены в таблице 29.3.

Таблица 29.3

Структура сети территорий и объектов естественно-заповедного фонда Полесского физико-географического края (в разрезе административных областей)

№ п/п	Название административных областей	Площадь Полесского края, тыс. км ²	ЕЗФ Полесского края						
			Площадь, га	в т. ч. полифункциональных заповедных территорий					
				Природные заповедники		Национальные естественные парки		Региональные ландшафтные парки	
				площадь, га	% от площади ЕЗФ	площадь, га	% от площади ЕЗФ	площадь, га	% от площади ЕЗФ
11	Волынская	≈ 16,5	348078,5	2975,7	0,29	121767,8	12,00	–	–
22	Львовская	≈ 5,86	2499,21	–	–	–	–	–	–
33	Хмельницкая	≈ 1,72	26591,4	–	–	5998,7	0,59	16915,3	1,67
44	Ровенская	≈ 15,5	178150	42289	4,17	5448,3	0,54	58708	5,79
55	Житомирская	≈ 23,7	126928,8	50976,84	5,03	–	–	–	–
66	Киевская	≈ 10,93	78246,7	–	–	13548,5	1,36	–	–
77	Черниговская	≈ 22,5	212648	–	–	32322,7	3,19	78753,95	7,7
88	Сумская	≈ 4,05	23585,4	–	–	16215,1	1,60	–	–
В целом по региону			996728	96241,54	9,49	195301,1	19,59	154377,3	15,48

Согласно физико-географическому районированию, Полесский край разделяется на 6 областей: Волынское Полесье, Малое Полесье, Житомирское Полесье, Киевское Полесье, Черниговское Полесье и Новгород-Северское Полесье, каждая из которых отличается структурой видов ландшафтов [16].

Провести комплексную оценку естественно-заповедного фонда помогают количественные общие и специализированные показатели [15]. К общим показателям оценки значимости сети ЕЗФ относят:

1. Общее количество естественно-заповедных территорий и объектов определенной территории ($N_{заг}$).
2. Общая площадь ЕЗФ определенной территории, ($S_{ЕЗФ}$), га.
3. Общая площадь исследуемой территории, ($S_{заг}$), га
4. Процент заповедности территории, то есть отношение площади естественно-заповедных объектов определенной территории к ее общей площади

$$\% = \frac{S_{ЕЗФ}}{S_{заг}} \cdot 100 \quad (29.1)$$

5. Степень инсуляризованности (расчленения) естественно-заповедных территорий состоит из двух компонентов [15]: I_t определяется как отношение площади (S_n) относительно неустойчивых естественно-заповедных территорий (площадь которых меньше 50 гектаров) к общей площади ЕЗФ ($S_{ЕЗФ}$)

$$I_t = \frac{S_n}{S_{ЕЗФ}} \quad (29.2)$$

Компонент I_n определяется как отношение количества неустойчивых естественно-заповедных объектов (N_n) к общему количеству естественно-заповедных объектов в данном регионе ($N_{заг}$)

$$I_n = \frac{N_n}{N_{заг}} \quad (29.3)$$

В целом индекс инсуляризованности территории будет равняться

$$I = \frac{\left(\frac{S_n}{S_{ЕЗФ}} + \frac{N_n}{N_{заг}} \right)}{2} \quad (29.4)$$

Чем выше значение I , тем более весомую роль в сети ЕЗФ играют мелкие участки, которые не имеют экологической стабильности, их роль в сохранении генофонда незначительна.

6. Равномерность распределения естественно-заповедного фонда по определенной территории. Она оценивается по балльной шкале [37]: 1 балл – неравномерное распределение; 2 балла – относительно равномерное распределение; 3 балла – равномерное распределение.

7. Ландшафтная репрезентативность, то есть наличие в сети естественно-заповедных территорий основных элементов ландшафта определенной территории. Оценивается по пятибалльной шкале: 1 балл – низкая, 2 балла – удовлетворительная, 3 балла – достаточная, 4 балла – высокая, 5 баллов – очень высокая [37].

8. Характеристика качественного состава естественно-заповедного фонда определенной территории. Оценка проводится по количеству и общей площади естественно-заповедных объектов по каждой из 11 категорий ЕЗФ. Результаты оценки естественно-заповедной сети по общим показателям представлены в таблице 29.5.

Оценка значимости естественно-заповедного фонда административных районов Полесского края (табл. 29.3, 29.4) показала, что наивысший заповедный коэффициент принадлежит Хмельницкой области (15,5 %), а самый низкий – Львовской (0,43 %). Это объясняется отсутствием в Малополесской части Львовщины больших полифункциональных заповедных объектов (национальных природных парков, региональных ландшафтных парков, природных заповедников) и, наоборот, наличием на достаточно небольшой лесной территории Хмельницкой области двух больших ключевых ядер – регионального ландшафтного парка «Малеванка» и национального природного парка «Малое Полесье» [36, 38, 39]. Достаточно большой заповедный процент имеют Волынская, Ровенская, Черниговская и Житомирская административные области.

Индекс инсуляризованности показывает, что на территории административных областей в пределах Полесского края экологически нестабильные заповедные объекты (мелкие, с площадью менее 50 гектаров) занимают почти половину общего ЕЗФ.

Естественно-заповедный фонд на территории Полесского края распределен относительно равномерно (2 балла), а репрезентативность в естественно-заповедной сети разнообразных, типичных для Украинского Полесья ландшафтов, оценивается как высокая.

Естественно-заповедный фонд Украинского Полесья представлен практически всеми категориями территорий и объектов, кроме биосферных заповедников. Как видно из таблицы 29.4, качественный состав (количество категорий естественно-заповедного фонда) представлен лучше всего в Ровенской, а слабее всего – во Львовской области.

Оценка значимости сети ЕЗФ по общим показателям для территории Полесского края в разрезе административных областей приведена в таблице 29.5 [23]. В пределах Полесской части Львовщины сеть естественного фонда оценивается как удовлетворительная (2 балла), Ровенщины, Житомирщины, Сумщины и Киевщины – как достаточная (3 балла), а Хмельниччины и Черниговщины – высокая (4 балла). В целом для региона Украинского Полесья значимость сети ЕЗФ по количественным общим показателям – достаточная (3 балла).

Анализируя функциональную структуру территорий и объектов естественно-заповедного фонда Украинского Полесья, стоит отметить, что во Львовской области в пределах данного региона отсутствуют территории полифункционального назначения (природные заповедники, национальные естественные парки, региональные ландшафтные парки). Создание этих объектов не только на Львовщине, но и в других областях способствовало бы сохранению типичных и уникальных комплексов, позволило бы организовать систему экологического мониторинга.

Таблица 29.4

Количественные показатели естественно-заповедного фонда Полесского физико-географического края

№ п/п	Название административных областей	Площадь ЕЗФ, $S_{\text{эф}}$, га	Процент заповедности, % _{эф}	Общее количество естественно-заповедных объектов, $N_{\text{заг}}$	Количество мелких естественно-заповедных объектов $N_{\text{мо}}$	Площадь мелких $S_{\text{мо}}$, га	Индекс инсуляризованности I	Количество категорий ЕЗФ
11	Волынская	348078,5	21	349	203	2144,26	0,30	6
22	Львовская	2499,21	0,43	31	25	384,71	0,48	4
33	Хмельницкая	26591,4	15,46	74	51	663,38	0,32	7
44	Ровенская	178150	11,45	223	130	1266,4	0,58	8
55	Житомирская	126928,8	5,36	176	78	856,66	0,22	6
66	Киевская	78246,7	7,16	86	57	416,47	0,33	5
77	Черниговская	212648	10,63	502	235	2794,74	0,30	8
88	Сумская	23585,4	6,8	43	39	289,73	0,46	7
В целом по региону		996728	9,89	1484	818	9311,14	0,3	8

Таблица 29.5

Оценка значимости сети ПЗФ Украинского Полесья по общим показателям [4]

№ п/п	Административный район	Оценка естественно-заповедной сети	
		в баллах	описание
1	Волынская	4	высокая
2	Львовская	2	удовлетворительная
3	Хмельницкая	4	высокая
4	Ровенская	3,7	достаточная
5	Житомирская	3,3	достаточная
6	Киевская	3,3	достаточная
7	Черниговская	4	высокая
8	Сумская	3,3	достаточная
9	В целом по региону	3,5	достаточная

Следовательно, для того, чтобы экологическая сеть Украинского Полесья могла выполнять свою созологичную функцию, необходимо осуществлять дальнейшую оптимизацию естественно-заповедной сети. Естественно-заповедный фонд должен быть максимально экологически репрезентативным, то есть отображать экологические, биогеографические и ландшафтные особенности естественной среды определенного региона. В целом для региона Украинского Полесья значимость сети ЕЗФ по количественным общим показателям является достаточной.

Охрана окружающей естественной среды, рациональное использование природных ресурсов, их воссоздание, обеспечение экологической безопасности жизнедеятельности человека – неотъемлемое условие экономического и социального развития Украины. А это возможно только при условии рационального природопользования, ненарушения экологического равновесия на Земле, повышения роли естественно-заповедных территорий как важной составляющей развития государства и построения ее экологической сети. Поэтому современная стратегия охраны природы заключается именно в обеспечении стойкого экологического равновесия как отдельных регионов, так и страны в целом [32].

Идея устойчивого развития была провозглашена конференцией ООН в Рио-де-Жанейро. Для Украины принципы, провозглашенные там, являются важными и актуальными. Их главная методоло-

гическая предпосылка – приоритет проблем социально-экономического прогресса и качества окружающей среды. Эти две составляющие усиливают и дополняют друг друга. Для обеспечения устойчивого развития государства необходимым является создание здоровой естественной жизненной среды для человека, сохранения и приумножения биоразнообразия.

Принимая во внимание принцип экосистемного единства природы МСОП, Программа ЮНЕСКО «Человек и биосфера», Программа ООН относительно окружающей среды (UNEP) и другие международные природоохранные организации еще во второй половине прошлого века затронули вопрос о расширении разных форм экологического сотрудничества в трансграничных регионах. Одной из приоритетных форм такого сотрудничества является территориальная охрана природы путем создания трансграничных заповедных объектов – национальных природных и ландшафтных парков, биосферных заповедников (резерватов) и т. п.

На потребность экологического сотрудничества в трансграничных регионах обращалось внимание также на международном саммите по охране окружающей среды в Рио-де-Жанейро (1992), в Йоханнесбурге (2002) и на других форумах. Весомое экологическое значение относительно потребности формирования международных заповедных территорий имеют международные конвенции, принятые в разный период. Так, в рамочной Конвенции о биологическом разнообразии (1990), действующей в Украине с 1994 года, странам рекомендуется создавать в трансграничных регионах систему природоохранных территорий для сохранения генофонда растительного и животного мира. В Конвенции о сохранении мигрирующих видов диких животных (Бонн, 1979) ставится вопрос о возобновлении биотопов, важных для предостережения исчезновения мигрирующих видов фауны. В ней акцентируется также внимание на сохранении естественной среды, необходимой для существования мигрирующих птиц. В Рамсарской конвенции (1971), касающейся охраны водно-болотных угодий, которые имеют международное значение, рекомендуется взять под охрану трансграничные водно-болотные ландшафты. Данная конвенция особенно важна для Украины, поскольку водно-болотные экосистемы в дельте Дуная, в районе Шацких озер, в бассейне Тисы имеют и международное значение. На потребность сохранения ценных в биогеографическом плане территорий на нашем континенте указано и в Бернской конвенции об охране флоры, фауны и естественной среды (1979), в которой, в частности, рекомендуется создание Изумрудной сети «территорий специального сохранения».

Поэтому завершается подготовка материалов относительно создания биосферного резервата «Западное Полесье» на границе Украины и Польши, украинская и польская части которой с названиями Шацкий биосферный резерват и Биосферный резерват «Западное Полесье» в 2002 г. уже включены в состав Мировой сети биосферных резерватов. Район Шацкого биосферного резервата (в составе Шацкого национального природного парка) является комплексом 22 озер, больше всего из которых озеро Свитязь, смешанных лесов (занимают около 40 % общей площади), лугов и болот. Здесь растет 825 видов сосудистых растений, из них 33 – из Красной книги Украины – альдрованда пузырчатая, гудайера ползучая и другие. В составе фауны 44 виды млекопитающих, 238 – птиц, 28 – рыб. Шацкий национальный природный парк – основа украинского участка потенциального украинско-польского заповедника «Западное Полесье». Перспективным является создание на р. Десна украинско-российского биосферного заповедника с условным названием «Брянско-Старогутские леса».

Вывод. Для будущего стабильного развития естественно-заповедной сети государства в целом и Украинского Полесья в частности необходимо, чтобы учитывались следующие показатели:

1. Общая площадь естественно-заповедных территорий в абсолютном и относительном количествах («заповедный процент»), что представляет экологический каркас государства.
2. Качественный (категорийный) состав естественно-заповедных (полифункциональных) территорий.
3. Наличие планов перспективного развития заповедной сети государства.
4. Наличие экологической сети межгосударственных естественно-заповедных территорий, которые в Европе соединяют заповедные сети разных стран, создают основу для общих исследований.

В целом, не принимая во внимание значительных темпов роста числа и площади территорий и объектов ЕЗФ Украины за последние годы, проблема недостаточного заповедного процента как государства в целом (6,05 %), так и ее отдельных регионов остается актуальной. На ее решение направлена разработка перспективной сети ЕЗФ Украины и развитие национальной экосети Украины. Кроме этого, Украина успешно формирует сеть полифункциональных значительных по площади территорий, в первую очередь национальных и региональных ландшафтных парков. Также увеличивается сеть местных, региональных ландшафтных парков. Продолжает формироваться сеть межгосударственных естественно-заповедных территорий, которые очень актуальны для Украины, ибо немало ее естественно-заповедных территорий продолжают на территориях граничащих с ней государств.

Следовательно, естественно-заповедный фонд – в первую очередь это научные полигоны, которые по праву называют научными лабораториями. Именно естественно-заповедные объекты должны служить установлению направлений изменения окружающей среды под воздействием антропогенной деятельности, прогнозированию таких изменений в дальнейшем, разработке путей оптимизации сохранения, возобновления и использования естественных богатств нашего государства.

Литература

1. Про природні ресурси й екологію : збірник законів України. – Харків: ПП «Ігвіні», 2005. – 496 с.
2. Гавриленко О. П. Екогеографія України : навч. посіб. – Київ: Знання, 2008. – 646 с.
3. Грищенко Ю. М., Якимчук А. Ю. Природно-заповідні території та об'єкти лісового фонду (організація, охорона, управління) : навч. посібник. – Рівне: Волинські обереги, 2007. – 144 с.
4. Національна доповідь про стан формування національної екологічної мережі України за 2006–2010 роки. – Херсон: Грінь Д.С., 2012. – 200 с.
5. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2012 році. – Київ: Міністерство екології та природних ресурсів, 2013. – 415 с.
6. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2011 році. – Київ: Міністерство екології та природних ресурсів, 2012. – 258 с.
7. Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України» від 21 грудня 2010 року № 2818-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>.
8. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році. – Київ: Центр екологічної освіти та інформації, 2011. – 254 с.
9. Масляк П. О., Шищенко П. Г. Географія України: пробний підручник для 8–9 класів середньої школи. – Київ: Здіак-Еко, 1996. – 432 с.
10. Андрієнко Т. Л., Онищенко М. Л. Поліський природний коридор // Жива Україна. – 2006. – № 5–6. – С. 1–2.
11. Андрієнко Т. Л., Онищенко В. А., Лукаш О. І. Екологічна мережа Українського Полісся // Жива Україна. – 1998. – № 11–12.
12. Андрієнко Т. Л., Онищенко В. А., Клестов М. Л. Екологічна мережа Українського Полісся та її біорізноманіття // Створення транскордонного біосферного резервату та регіональної екологічної мережі в Поліссі : зб. наук. ст. – Київ, 2008. – С. 122–153.
13. Грищенко Ю. М. Методика оцінки мережі природно-заповідного фонду // Науковий вісник НСІ. – 2008. – № 2. – С. 33–36.
14. Грищенко Ю., Яковишина М. Регіональні проблеми створення природно-заповідних та екологічних мереж у Рівненській області // Наукові записки Рівнен. обл. краєзн. Музею : матеріали наук. конф. (25–26.10.2006). – Рівне: Волин. обереги, 2006. – Вип. 4. – С. 262–266.
15. Злобін Ю. А., Панченко С. М., Скляр В. Г. Оцінка природно-заповідного фонду Сумської області // Заповідна справа на межі тисячоліть (сучасний стан, проблеми і стратегія розвитку) : матеріали всеукраїнської загальнотеоретичної та науково-практичної конференції, присвяченої виконанню державної Програми перспективного розвитку заповідної справи в Україні «Заповідники». – Канів, 1999 – С. 51–54.
16. Удосконалена схема фізико-географічного районування України / О. М. Маринич [та ін.] // Український географічний журнал. – 2003. – № 1. – С. 16–20.
17. Іваненко Є. І. Розміщення природно-заповідного фонду України: підхід, стан, проблеми // Український географічний журнал. – 2013. – № 3. – С. 64–69.
18. Програма Літопису природи для заповідників на національних природних парків / Т. Л. Андрієнко [та ін.]. – Київ, 2002. – 102 с.
19. Летопись природы (Карадагского природного заповедника). Т. XXV. 2008 год / под ред. А. Л. Морозовой. – Симферополь: Н. Оріанда, 2010. – 320 с.
20. Филонов К. П., Нухимовская Ю. Д. Летопись природы в заповедниках СССР. – М.: Наука, 1985. – 143 с.
21. Експрес-оцінка стану територій природно-заповідного фонду України та визначення пріоритетів щодо управління ними / Б. Г. Проць [та ін.]. – Львів: Гриф Фонд, 2010. – 92 с.
22. Коротун І. М., Коротун Л. К., Коротун С. І. Природні умови та ресурси України : навч. посібник. – Рівне: УДАВГ, 1997. – 175 с.
23. Давиденко В. М. Заповідна справа : навч. посібник для студентів екологічних, біологічних, природничих, лісівничих, агрономічних, зооінженерних факультетів вищих навчальних закладів III, IV рівнів акредитації. – Миколаїв: МФ НаУКМА, 2001. – 140 с.
24. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2013 році // Департамент екології та природних ресурсів Рівненської облдержадміністрації. – Рівне, 2013. – 236 с.
25. Косяк Д. С. Оптимізація водоохоронних зон річок Українського Полісся : дис. ... канд. геогр. наук. – Київ, 2010. – 215 с.
26. Заповідна справа в Україні : навч. посібник / за ред. М. Д. Гродзинського, М. П. Стеценка. – Київ, 2003. – 306 с.

27. Екологічний паспорт Рівненської області // Міністерство екології та природних ресурсів України. – Київ, 2013. – 90 с.
28. Екологічний паспорт Волинської області // Міністерство екології та природних ресурсів України. – Київ, 2013. – 97 с.
29. Екологічний паспорт Житомирської області // Міністерство екології та природних ресурсів України. – Київ, 2013. – 134 с.
30. Екологічний паспорт Київської області // Міністерство екології та природних ресурсів України. – Київ, 2013. – 123 с.
31. Екологічний паспорт Чернігівської області // Міністерство екології та природних ресурсів України. – Київ, 2013. – 120 с.
32. Яковичина М. С., Косяк Д. С. Оцінка значущості територій та об'єктів природно-заповідного фонду Українського Полісся // Природа Полісся: дослідження та охорона : матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 15-річчю Рівненського природного заповідника та 10-річчю Рамсарського угіддя «Торфово-болотний масив Переброди» (Сарни, 3–5 липня 2014 р.). – Рівне: Овід, 2014. – С. 105–110.
33. Косяк Д. С., Корчевська О. М. Методика визначення футпринту та його застосування на об'єктах ПЗФ. – Рівне: НУВГП, 2013. – С. 3–4.
34. Мудрак О. В., Мудрак Г. В. Природно-заповідний фонд екологічної мережі Поділля в структурі адміністративно-територіального поділу // II-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology–2009) : зб. наук. ст. (Вінниця, 23–26 вересня 2009 р.). – Вінниця: ФОП Данилюк, 2009. – С. 231–235.
35. Скляр В. Г., Скляр Ю. Л. Розбудова структурних елементів екомережі Поліської частини Сумської області: актуальні питання та практичні підходи // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2013. – Вып. 8. – С. 173–182.
36. Худоба В. Аналіз репрезентативності мережі Великих заповідних об'єктів Західного Волино-Поділля // Вісник Львів. ун-ту. Серія геогр. – 2011. – Вип 39. – С. 364–370.
37. Міждержавні природно-заповідні території України / під заг. ред. Т. Л. Андрієнко. – К.: Міжвідомча комплексна лабораторія наукових основ заповідної справи НАН України та Мінекобезпеки України. – 1998. – 132 с.
38. Петрова Л. М., Петров С. В. Лісові об'єкти природно-заповідного фонду Малого Полісся: структура та репрезентативність // Науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.12. – С. 18–26.
39. Юглічек Л. С., Виговська Т. В. Ресурси формування регіональної екомережі Хмельниччини // Університетські наукові записки. – 2012. – № 2 (42). – С. 246–255.

Глава 30. ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЛЕСЬЯ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

30.1. Современное состояние и перспективы развития гидроэнергетики Украины

Основой электроэнергетики страны является ОЭС Украины, которая благодаря системообразующим и региональным распределительным линиям электропередачи сочетает в единый технологический комплекс производителей и потребителей электроэнергии, централизованно поставляет электроэнергию внутренним потребителям, обеспечивает ее экспорт и транзит.

Общая установленная мощность электрогенерирующих станций Украины на конец 2013 г. составила 54,5 ГВт, из которых 51 % приходится на тепловые электростанции (ТЭС), 25 % – атомные электростанции (АЭС), 10 % – гидроэлектростанции (ГЭС) и гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС), 12 % – теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), блок-станции и другие объекты, около 2 % – возобновляемая энергетика (СЭС, ВЭС). При этом с учетом законсервированных блоков и блоков, которые находятся на реконструкции, установленная мощность готовых к эксплуатации блоков составляет 50 ГВт (47 ГВт с учетом ограничений электросетей на выдачу мощности АЭС). Общая структура генерирующих мощностей ОЭС Украины приведена на рисунке 30.1.

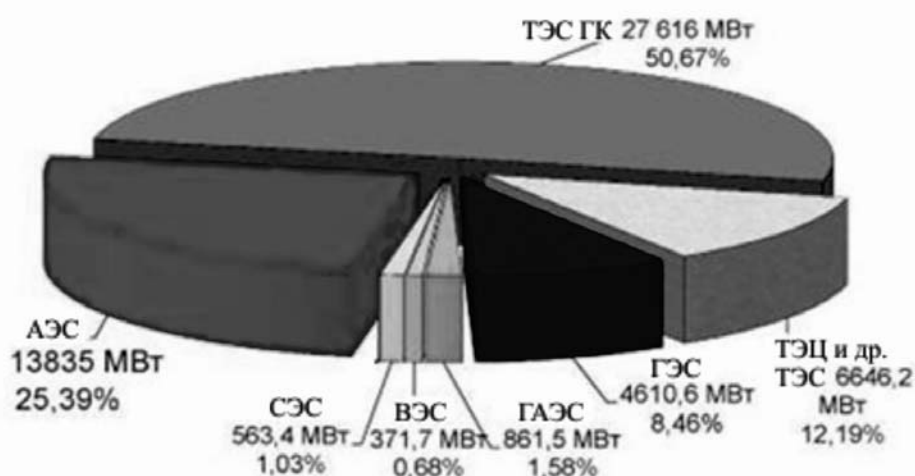


Рис. 30.1. Установленная мощность генерирующего оборудования ОЭС Украины по состоянию на 31 декабря 2013 г.

Установленная мощность ГЭС и ГАЭС в ОЭС Украины в 2013 г. составляет около 5500 МВт. Большинство этих станций мощностью более 4922 МВт (101 гидроагрегат) принадлежит ПАО «Укр-гидроэнерго», годовая выработка электроэнергии которых превышает 10 млрд кВт·ч.

Оператором основных гидроэнергетических мощностей является ПАО «Укр-гидроэнерго» гидрогенерирующая компания Украины, в состав которой входят 9 станций на реках Днепр и Днестр. Гидроэнергетические мощности размещаются на ГЭС Днепровского (3940 МВт), Днестровского (744 МВт) каскадов, а также на действующих малых ГЭС (до 100 МВт). Кроме того, эксплуатируются Киевская ГАЭС (235 МВт), два агрегата Ташлыкской ГАЭС (604 МВт) и первая очередь Днестровской ГАЭС (648 МВт) [1].

Общий гидроэнергетический потенциал Украины составляет более 44 млрд кВт·ч. (в том числе малых ГЭС примерно 3,0 млрд кВт·ч.). Сегодня экономически эффективный потенциал составляет около 1,75 млрд кВт·ч., из них уже используется около 11 млрд кВт·ч. (более 60 %). Таким образом, неиспользованный эффективный потенциал составляет около 6,5 млрд кВт·ч. Всего по ОЭС Украины на ГЭС и ГАЭС планируется построить (реконструировать) гидроагрегаты общей мощностью 3380 МВт, стоимость работ на которых оценивается в сумме 72,1 млрд грн., из них:

- на ГЭС – 804 МВт на сумму 44,1 млрд грн.;
- на ГАЭС – 2576 МВт на сумму 28,0 млрд грн.

Увеличение мощности ГЭС планируется достичь за счет реконструкции действующих электростанций (Каневской, Кременчугской, Днепродзержинской, Днепровской ГЭС – всего 146 МВт), Терребле-Рикской ГЭС (30 МВт), а также нового строительства Каховской ГЭС-2 (270 МВт), Верхнеднепровских ГЭС (324 МВт) и малых ГЭС (64 МВт, 54 объекта). Увеличение мощности ГАЭС планируется достичь за счет достройки I и II очереди Днестровской ГАЭС (972 МВт) и Ташлыкской ГАЭС (906 МВт), а также строительства Каневской ГАЭС (1000 МВт) [2, 15].

Кроме того, интенсивная эксплуатация в течение десятков лет днепровских ГЭС имеет свои последствия. Физически и морально устаревшее оборудование обладает низким (по сравнению с современным) коэффициентом полезного действия (КПД), не обеспечивает поддержку необходимых параметров регулирования, оказывает значительное влияние на окружающую среду. Поэтому увеличение потенциала Днепровского каскада ГЭС возможно и необходимо за счет преимущественно реабилитации существующего и установки нового, с большей производительностью, гидро- и электрооборудования.

ПАО «Укргидроэнерго» с 1996 г. активно сотрудничает с международными финансовыми организациями (МФО) с целью привлечения средств для реконструкции гидроэлектростанций. Благодаря реализации проектов предполагается продление срока эксплуатации ГЭС на 30–40 лет, а мощность ГЭС увеличится на более 250 МВт, на 3,7–4,5 % вырастет коэффициент полезного действия гидроагрегатов, повысится эффективность выработки электроэнергии и ее качество, а также существенно возрастет безопасность эксплуатации объектов [3].

В течение 1995–2005 гг. осуществлен 1-й этап реконструкции ГЭС Днепровского каскада (с привлечением кредита Всемирного банка и гранта правительства Швейцарии). Было модернизировано 16 гидроагрегатов за кредитные и 10 гидроагрегатов на средства компании. Реализация первого этапа реконструкции ГЭС доказала высокую экономическую эффективность. Увеличение мощностей составило 89,5 МВт.

С 2006 г. ведутся работы в рамках 2-го этапа реконструкции, которые также софинансируются за счет МФО (кредит МБРР 166 млн дол. США, ЕБРР 200 млн евро и ЕИБ 200 млн евро). В рамках второй очереди реконструкции (2006–2017 гг.) предполагалось выполнить модернизацию еще 64 гидроагрегатов. В настоящее время уже проведена реконструкция ГЭС первой очереди Днепровского каскада и 19 гидроагрегатов второй очереди [3].

В результате реализации данного проекта ожидается улучшение оперативной стабильности и надежности электроснабжения путем:

- реабилитации гидроэлектростанций с помощью восстановления 46 гидроагрегатов и соответствующего оборудования на 9 гидроэлектростанциях;
- восстановление и модернизации, а также установки новых систем мониторинга безопасности гидросооружений, восстановления дренажных сооружений и затворов водосливов на шести плотинах р. Днепр и на одной плотине р. Днестр;
- институционального развития компании ПАО «Укргидроэнерго» посредством создания информационной системы управления (ИСУ) в масштабах всей компании.

Начиная с 2009 г. Кабинетом министров Украины усилено внимание к развитию в Украине возобновляемых источников энергии, в том числе малой гидроэнергетики. Был принят Закон Украины «О внесении изменений в Закон Украины "Об электроэнергетике" относительно стимулирования использования альтернативных источников энергии» и об установлении «зеленого» тарифа. Последние новеллы законодательства стимулируют развитие прежде всего малой гидроэнергетики за счет введения «зеленого» тарифа для малых и микроГЭС [4]. В частности, в Закон «Об электроэнергетике» внесены изменения, которые определяют:

- новую классификацию малых ГЭС из-за введения понятий «микрогидроэлектростанция» (МГЭС мощностью до 200 кВт), «мини-гидроэлектростанция» (МГЭС мощностью 200–1000 кВт) и «малая гидроэлектростанция» (МГЭС мощностью от 1000 до 10000 кВт);
- вводятся соответствующие для каждого класса коэффициенты, утвержденные Национальной комиссией регулирования электроэнергетики Украины (НКРЭ) в установленном порядке размера «зеленого» тарифа 2,0; 1,6 и 1,2 соответственно (до принятия данного закона этот коэффициент равен 0,8 для всех МГЭС);
- для всех категорий МГЭС снято требование о соблюдении размера местной составляющей, то есть норм стоимости составных частей украинского происхождения, использованных при создании объекта электроэнергетики (это действительно дает дополнительные возможности для привлечения инвесторов);
- отдельные положения закона также определяют правовые основы работы МГЭС на оптовом рынке электрической энергии и дают государственные гарантии по закупке электрической энергии, произведенной микро-, мини и малыми ГЭС.

Всего предусмотрено четыре возможности продажи электрической энергии, произведенной на объектах электроэнергетики, использующих альтернативные источники энергии (кроме доменного и коксующегося газов, а с использованием гидроэнергии, произведенной лишь малыми гидроэлектростанциями) путем реализации:

- по «зеленому» тарифу непосредственно оптовом рынке электрической энергии;
- по «зеленому» тарифу по прямым договорам непосредственно потребителям;
- произведенной электроэнергии по договорным ценам непосредственно потребителям;
- произведенной электроэнергии по договорным ценам энергоснабжающим компаниям, которые осуществляют хозяйственную деятельность по поставке электрической энергии по регулируемому тарифу.

В соответствии с Законом Украины «Об электроэнергетике» величины «зеленого» тарифа для субъектов хозяйствования, которые производят электрическую энергию на объектах электроэнергетики с использованием альтернативных источников энергии, устанавливаются ежемесячно в зависимости от официального курса НБУ национальной валюты к евро на дату установления розничных тарифов для потребителей.

На конец 2013 г. НКРЭ установила «зеленые» тарифы для 124 субъектов хозяйствования, из которых 35 субъектов эксплуатируют МГЭС. При этом 2 предприятия эксплуатируют как МГЭС, так и СЭС.

С момента введения стимулов малая гидроэнергетика обеспечила значительный вклад в рост установленной мощности и общий объем производства электроэнергии объектами возобновляемой энергетики (рис. 30.2).

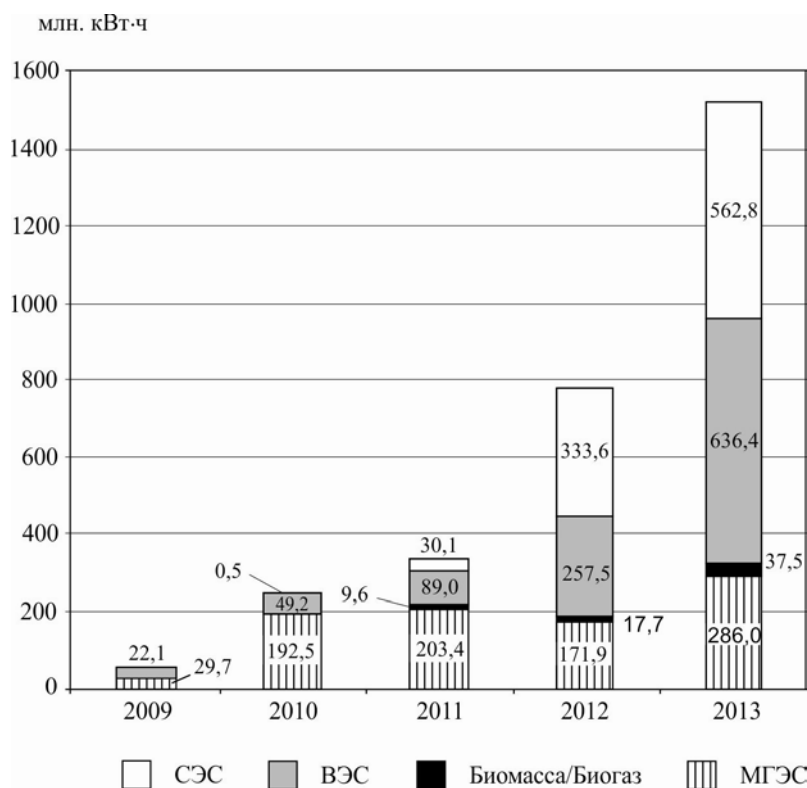


Рис. 30.2. Динамика отпуща электроэнергии объектами энергетики, работающих по «зеленому» тарифу в 2009-2013 гг.

Из приведенной информации можно сделать вывод о том, что законодательная база для купли-продажи электрической энергии, произведенной на МГЭС в Украине, создана, но нуждается в совершенствовании на уровне вторичного законодательства и регуляторных актов НКРЭ.

Таблица 30.1

Прогнозируемые показатели развития малой гидроэнергетики [5]

Показатели	Единица измерения	Уровень развития							
		2001	2004	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Мощность, всего:	МВт	99	105	107	133	373	703	950	1040
- реконструкция;	МВт	-	6	2	24	40	51	15	-
- новое строительство	МВт	-	0,2	-	20	230	320	240	90
Выработка электроэнергии	млн. кВт·ч.	325	335	335	426	1199	2258	3046	3338
Замещение органического топлива	тыс. т. у.т./год	121	125	125	149	414	772	1035	1135

С целью организационного обеспечения дальнейшего развития малой гидроэнергетики, по мнению специалистов-гидроэнергетиков, целесообразно разработать и ввести в действие ряд документов, которые упорядочили бы выделение земельных участков и предоставление разрешений на строительство объектов малой гидроэнергетики; разрешений на специальное водопользование; вопрос юридического оформления права собственности и пользования на земельные участки из земель государственной и коммунальной собственности.

Необходимы также разработка и утверждение нормативно-технической базы проектирования МГЭС и их эксплуатации, учета природоохранных требований в процессе отвода земель для размещения объектов энергетики, разработка нормативно-правовых актов по подключению малых ГЭС к электрической сети энергокомпаний (облэнерго), установок параллельной работы МГЭС с электрическими сетями низкого (220, 380 В) и среднего (6, 10, 35 кВ) напряжения.

Нужна также разработка «Схемы имеющегося гидроэнергетического потенциала Украины и возможного сооружения гидроузлов и объектов малой гидроэнергетики», решение вопроса развития сетевой инфраструктуры для обеспечения присоединения объектов малой гидроэнергетики в ОЭС Украины, урегулирование вопросов ответственности владельцев за восстановление и безопасность гидросооружений малых ГЭС и сохранение водохозяйственного назначения водохранилища, укрепление берегов водных объектов в пределах населенных пунктов. Следует отметить, что в последнее время часть указанных задач уже решена.

С целью законодательного урегулирования вопросов присоединения потребителей к электрическим сетям Верховной Радой Украины был принят Закон «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Украины относительно платы за присоединение к сетям субъектов естественных монополий» № 5021-VI, который вступил в силу с 1 января 2013 г.

Закон о присоединении предусматривает отдельный порядок присоединения к электрическим сетям в зависимости от типа электроустановок заказчиков, их мощности и расстояния, на котором они расположены от электрических сетей электропередающих организаций. В частности, введено понятие «стандартное» присоединение, под которым понимается максимально упрощенная процедура присоединения электроустановок заказчика (кроме электроустановок, предназначенных для производства электрической энергии) к действующим сетям энергоснабжающей организации на расстоянии, не превышающее 300 метров по прямой линии от места обеспечения мощности к месту присоединения, которое дифференцируется по степени мощности.

НКРЭ в течение 2013 г. были разработаны и приняты следующие основные нормативные документы, регулирующие процедуру присоединения электроустановок к электрическим сетям:

- правила присоединения электроустановок к электрическим сетям (постановление НКРЭ от 17.01.2013 № 32);

- методика расчета платы за присоединение электроустановок к электрическим сетям (постановление НКРЭ от 12.02.2013 № 115).

Кроме того, разработаны следующие типовые формы в виде приложений к Правилам присоединения электроустановок к электрическим сетям (постановление НКРЭ от 17.01.2013 № 32):

- типовой договор о присоединении к электрическим сетям;
- типовая форма технических условий стандартного присоединения к электрическим сетям электроустановок;
- типовая форма технических условий присоединения, которое не является стандартным, к электрическим сетям электроустановок.

30.2. Реконструкция и развитие ГЭС

По данным института «Укрсельэнергопроект», в 1948 г. в Украине действовало 3337 гидроустановок, из них – 2922 водяных мельницы и, по разным данным, от 600 до 800 сельскохозяйственных малых ГЭС. В последующие 15–20 лет было построено еще около 200 малых гидроэлектростанций. Таким образом, в 1960-е годы в Украине действовало около 1000 малых ГЭС. К тому же генеральной схемой развития электрификации в Украине была рассчитана возможность строительства еще 2 600 малых ГЭС суммарной мощностью 1261 МВт.

К началу 1990-х годов в результате роста концентрации производства электроэнергии на тепловых и атомных электростанциях, проходившей в условиях снижения экологических требований, заниженной стоимости топлива и других факторов, в Украине осталось только 49 действующих малых гидроэлектростанций. В таких условиях их преимущества не могли быть оценены всесторонне ни количественно, ни качественно. Сегодня же, согласно опросу, проведенному ПАО «Укрэнерго» совместно с Ассоциацией «Укрэнерго», на октябрь 2008 г. в Украине работало 72 ма-

лых ГЭС и 7 микроустановок общей установленной мощностью 110,74 МВт и среднегодовой выработкой электроэнергии около 400 млн кВт·ч, что составляет лишь около 5 % технически достижимого гидроэнергетического потенциала страны, который оценивается в 8,3 млрд кВт·ч электроэнергии. Напомним, что сейчас в Украине законодательно признано, что к объектам малой гидроэнергетики относятся те ГЭС и ГАЭС, мощность которых не превышает 10 МВт [6].

За 2014 г. в Украине введены в эксплуатацию еще 2 малых ГЭС – Лоташовская МГЭС мощностью 315 кВт в Черкасской области и Яблунецкая МГЭС мощностью 1000 кВт в Черновицкой области. В 2010 г. планируется начало строительства около 10 малых ГЭС в Карпатском регионе Украины. Таким образом, за последние 15 лет в Украине возобновлена работа 25 малых ГЭС. Преимущественно эта работа была проведена в Винницкой, Черкасской, Хмельницкой, Тернопольской и Житомирской областях. Сегодня здесь расположены 48 действующих малых ГЭС, то есть 64 % от общего количества станций, тогда как технический гидропотенциал малых рек в этих областях составляет всего 14 % от общего. В то же время в Закарпатской, Львовской, Ивано-Франковской и Черновицкой областях, которые имеют потенциал в 5,03 млрд кВт·ч электроэнергии, что составляет 61 % общего потенциала, работают всего 7 малых ГЭС с годовой выработкой 150 млн кВт·ч. Потенциал горных рек в этих областях задействован энергетиками только на 3 %. По данным Ассоциации «Укрэнерго» при благоприятных инвестиционных условиях в Украине есть возможность получить дополнительно около 2000 МВт установленной маневровой мощности на возрожденных и вновь построенных малых гидроэлектростанциях и одновременно повысить безопасность населения путем регулирования стоков малых рек. Как видно из приведенного, возможности для инвестирования в малую гидроэнергетику Украины очень большие.



Рис. 30.3. Хринницкая МГЭС на р. Стырь, после реконструкции в 2002 г.

Возрождение малой гидроэнергетики в Украине сегодня нужно рассматривать в двух аспектах:

- во-первых, в аспекте общего развития гидроэнергетики, обусловленного «Энергетической стратегией Украины на период до 2030 г.», утвержденной в 2005 г.;

- во-вторых, как составную часть общей программы развития альтернативных и возобновляемых источников энергии, которая должна быть обновлена в ближайшее время, согласно «Концепции программы развития производства и использования нетрадиционных и возобновляемых (альтернативных) источников энергии», которая была разработана в 2007 г. специалистами Министерства топлива и энергетики Украины.

К сожалению эти два программных документа отличаются не только по году издания, но и по базовым показателям развития производства электроэнергии из различных источников, в том числе с малых рек Украины. Так, если «Энергетическая стратегия ...» предусматривает в 2030 г. достижения выработки электроэнергии на малых ГЭС в объеме 4,3 млрд кВт·ч., что эквивалентно экономии 1,3 млн у. т. в год и составляет 51,8 % всего потенциала малых рек Украины, то отраслевая «Концепция...» предусматривает до 2030 г. полное освоение этого потенциала. К таким же выводам пришла и нидерландская компания КЕМА, которая работала в Украине по поручению Европейского банка ре-

конструкции и развития над принципами развития возобновляемой энергетики Украины в рамках технической помощи Министерству топлива и энергетики и Национальному агентству Украины по вопросам обеспечения эффективного использования энергетических ресурсов. Безусловно, эти стратегические показатели должны быть идентичными в обоих документах. Другими словами – стратегический взгляд на развитие малой гидроэнергетики должен быть единым и понятным для всех.

Но, несмотря на эти различия, есть, как уже говорилось, и весьма существенные положительные моменты: на сегодня уже возможно утверждать, что в Украине создана новая нормативно-законодательная база развития малой гидроэнергетики, которая базируется на следующих принятых в последние годы стимулирующих законах и регламентах:

- Закон Украины «О внесении изменений в некоторые законы Украины относительно установления «зеленого тарифа»;
- Закон Украины «О внесении изменений в Закон Украины «Об электроэнергетике» относительно стимулирования использования альтернативных источников энергии»;
- утвержденный НКРЭ «Порядок установления, пересмотра и прекращения действия «зеленого тарифа» для субъектов хозяйственной деятельности»;
- Постановление Кабинета министров Украины «Об особенностях присоединения к электрическим сетям объектов электроэнергетики, производящих электроэнергию с использованием альтернативных источников»;
- Указ Президента Украины «О дополнительных мерах по повышению уровня безопасности энергетических объектов и развития гидроэнергетики Украины».

Несомненно, наличие этой базы станет основой для дальнейшего развития малой гидроэнергетики. Но сделаны только первые шаги. Так, утвержденный и уже реально действующий «зеленый» тариф на электрическую энергию, вырабатываемую в том числе и малыми ГЭС, привлекает потенциальных инвесторов. Но в то же время отсутствием единого концептуального и стратегического взгляда на темпы возрождения малой гидроэнергетики и программ ее развития не ограничивается и перечень проблемных вопросов, которые могут этих инвесторов сдерживать. К, возможно, и не полному перечню этих вопросов следует отнести:

- законодательно существующий запрет на приватизацию объектов малой гидроэнергетики;
- отсутствие методики обоснования цен и процедуры выдачи разрешений на специальное водопользование для нужд малой гидроэнергетики;
- отсутствие упрощенного механизма выделения земель под строительство и реконструкцию малых ГЭС и согласования соответствующих документов;
- неурюченность вопросов строительства и наличие значительного количества разрешительных документов на строительство новых МГЭС;
- отсутствие реального механизма финансирования работ по присоединению МГЭС к действующим электрическим сетям согласно постановлению Кабинета министров Украины;
- отсутствие льготного уровня налогообложения для субъектов предпринимательской деятельности, инвестирующих денежные средства в малую гидроэнергетику, на период окупаемости инвестиций;
- отсутствие готовых к реализации пилотных проектов строительства новых МГЭС и соответственно типизации проектных решений, что позволило бы максимально использовать однотипное отечественное оборудование и снижало бы размер капиталовложений;
- существование таможенных пошлин на ввоз импортного оборудования для малых ГЭС, которое не производится в Украине;
- отсутствие льготного кредитования для нужд проектирования, изготовления отечественного оборудования, финансирования строительства и реконструкции малых ГЭС.

Как видно из перечня, все это проблемы, которые можно и нужно решать в ближайшее время.

Весьма существенным для развития малой гидроэнергетики должно быть и определение государственной структуры, которая взяла бы на себя управление отраслью и координацию работ по ее возрождению. Исторически так сложилось, что ранее ПАО «Укргидроэнерго» и его предшественники занимались исключительно гидроэнергетикой большой и не имели никакого отношения к малой гидроэнергетике. Нет на балансе предприятия малых ГЭС и сегодня. В то же время с 74 действующих малых ГЭС – государственные, приватизация и сдача в аренду которых, кстати, в Украине законодательно запрещена, как известно, относятся только 25 (34 %), при этом 5 из них находятся на балансе Госводхоза и 20 принадлежат соответствующим облэнерго (Винница-5, Закарпатье-3, Киев-2, Кировоград-4, Николаев-2, Сумы-2, Тернополь-2). А среди 128 известных ныне недействующих МГЭС (это те станции, о которых есть сведения в облгосадминистрациях и они вошли в перечень по мате-

риалам последнего опроса) вообще только 2 (1,6 %) принадлежат государственной структуре – Госводхозу Украины [6].

Техническое состояние действующих МГЭС Украины сегодня характеризуется:

- значительным износом гидросилового, гидромеханического и электротехнического оборудования;
- наличием повреждений в сооружениях напорного фронта;
- заиливанием водоемов, вызывающим снижение эффективности использования водных ресурсов рек;
- ростом объемов воды, которая изымается из водоемов на энергетические нужды;
- размывами креплений водосливных и береговых участков нижних бьефов большинства станций.

В состав многих МГЭС входят водохранилища комплексного назначения, которые используются для нужд рыбного хозяйства, водоснабжения, ирригации, рекреации.

Большинство недействующих малых ГЭС находятся в запущенном состоянии. Их водоемы чаще всего не имеют ответственного хозяина. Гидросооружения находятся в аварийном состоянии или разрушены. Деривационные каналы заросли лесом, засыпаны или застроены. Плотины используются только как мостовые переходы для транспортных связей между берегами. Здания МГЭС разрушены или используются для различных хозяйственных нужд (склады, конторы и т. д.) Отсутствуют службы эксплуатации гидросооружений и регулирования стока в паводковые периоды. Гидромеханическое и электрическое оборудование разукомплектовано или демонтировано.

Таким образом, гидроузлы продолжают использоваться в условиях отсутствия надлежащего контроля за их состоянием, что создает угрозу возникновения техногенных аварий на плотинах. Кроме того, заброшенные и разрушенные объекты загрязняют ландшафт и водотоки.

Вместе с тем некоторые из них находятся в хорошем состоянии. Это, как правило, наиболее крупные МГЭС, принадлежащие государственным структурам (Теребле-Рикская, Касперовская и другие), а также частным предприятиям ЗЕА «Новосвіт», ООО «Энергоинвест» и ООО «Укртрансрейл», которые входят в Ассоциацию «Укрэнерго» (Снятынская, Корсунь-Шевченковская, Гальжбиевская, Чорторийская и другие), работа большинства из которых восстановлена в последние 5 лет. Следует отметить, что основное оборудование восстановленных объектов малой гидроэнергетики также не новое, оно было отремонтировано с использованием комплектующих деталей. Поэтому стоимость таких реконструкций МГЭС была на грани 1000–1500 у. е. за 1 кВт мощности станции в зависимости от ее общей мощности. Понятно, что чем мощнее МГЭС, тем дешевле обходился 1 кВт ее возрождения. Сегодня возможности такой реконструкции уже практически исчерпаны полностью, прежде всего потому что, все недействующие МГЭС не имеют вовсе как основного, так и вспомогательного оборудования, то есть потенциальным инвесторам придется покупать и ставить в строй только новое оборудование. Зарубежные специалисты оценивают капиталовложения в строительство новой МГЭС мощностью до 1 МВт на уровне 7000–9000 у. е. за 1 кВт. Расчеты показывают, что этот уровень может быть несколько ниже – от 5000 до 7000 у. е. и только при мощности до 10 МВт он может быть на уровне до 2000 у. е., а таких станций среди недействующих нет и в помине. Другое дело, если речь идет о совершенно новом строительстве в створах Карпатского региона, которые ранее не разрабатывались, – там достичь таких мощностей вполне возможно. Сроки же окупаемости малых ГЭС, даже в условиях уже действующего «зеленого» тарифа на производимую ими электроэнергию, будут достигать 5–7 лет.

С 2000 г. в Украине начался процесс восстановления малых гидроэлектростанций частными инвесторами (рис. 30.4). На сегодня работает 90 МГЭС общей мощностью около 80 МВт, причем большинство объектов малой гидроэнергетики было восстановлено в последние четыре года [6].

Активизации развития МГЭС в последние годы способствовало введенное в Украине с 2009 г. стимулирующее законодательство, в частности введение стимулирующих «зеленых тарифов» на закупку электроэнергии от производителей чистой энергии, в частности малых ГЭС. Данный стимулирующий механизм введен государством для того, чтобы значительно повысить интерес частных инвесторов к восстановлению объектов малой гидроэнергетики.

Внедрение малой гидроэнергетики позволит не только замещать органическое топливо, но и способствовать решению проблемы защиты прилегающих территорий от наводнений. Применение МГЭС повысит маневренные свойства электросистемы Украины с целью обеспечения полноценной параллельной работы с энергообъединениями стран Европы. Сегодня существуют планы различных субъектов хозяйствования по строительству ГЭС на участке верхнего Днестра, низконапорных ГЭС на Тисе и каскад деривационных высоконапорных ГЭС в верховьях Тисы и на ее притоках. В частно-

сти, на Закарпатье возможно строительство около 300 малых ГЭС, около 20 – на Львовщине и от 50 до 150 – в Ивано-Франковской и Черновицкой областях [3].

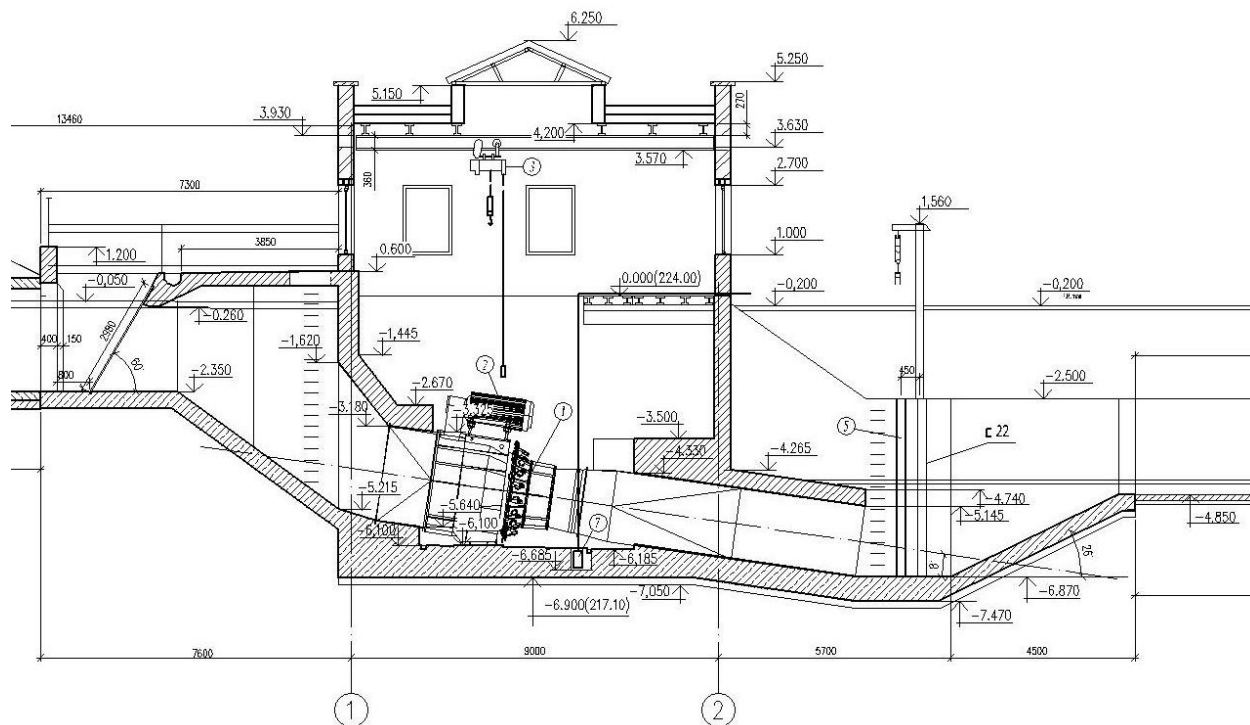


Рис. 30.4. Чорторыйская МГЭС на р. Случ с гидроагрегатом «WTW» (Польша)

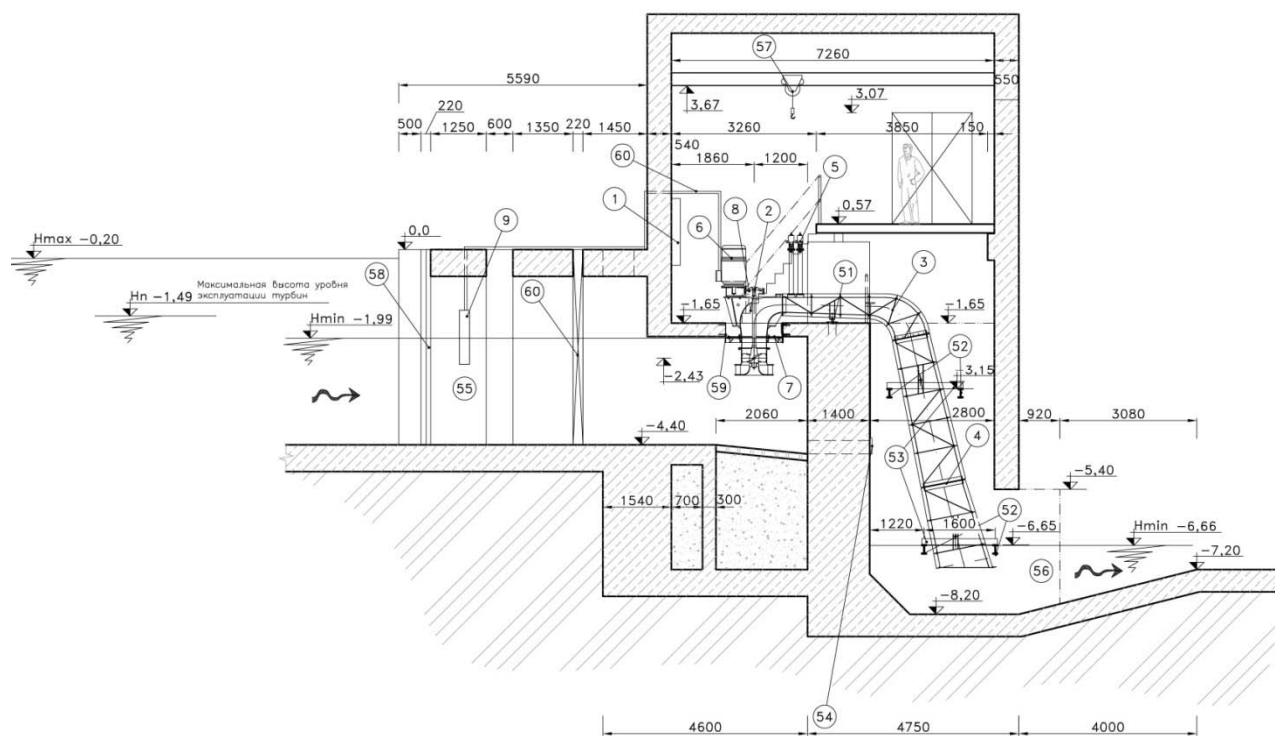


Рис. 30.5. Новошицкая МГЭС после реконструкции с гидроагрегатом «Mavel» (Чехия)

Обеспечение развития малой гидроэнергетики в Украине требует системного подхода к организации работ и их стимулирования в масштабе всей страны по вопросам разработки, технического обслуживания и проектно-сметной документации, организации производства гидроэнергетического оборудования, строительства малых ГЭС и ввода их в эксплуатацию.

30.3. Развитие гидроэнергетики Беларуси

Гидроэнергетический потенциал Республики Беларусь составляет около 850 МВт, в том числе технический – 520 МВт, экономически целесообразный – 250 МВт [7]. Топография основных водото-

ков характеризуется низкими прибрежными территориями и предопределяет использование низконапорных энергетических установок. В этих условиях концепцию энергетической безопасности республики и повышение энергетической независимости диктуют необходимость разработки и строительства гидроэлектростанций, единичная мощность которых определяется использованием водотока без создания емких регулирующих водохранилищ. Регулирование водотока при строительстве ГЭС должно быть в пределах зон возможных затоплений при прохождении паводков до 3 % обеспеченности [8]. Это обстоятельство позволяет использовать гидропотенциал водотока в так называемом точном режиме регулирования, при котором не происходит существенного изъятия земельных ресурсов под создание водохранилищ.

В настоящее время в Республике Беларусь находится в эксплуатации 41 ГЭС суммарной мощностью 16,1 МВт, что составляет около 3 % от технически доступного потенциала. Около 60 % мощности всех ГЭС приходится на долю 22 ГЭС суммарной мощностью 9,4 МВт, находящихся в хозяйственном ведении РУП-облэнерго, входящих в состав ГПО «Белэнерго». Мощность Осиповичской ГЭС составляет 2,175 МВт (введена в эксплуатацию в 1953 г.). Выработка электроэнергии на ГЭС ГПО «Белэнерго» составила в 2008 г. 24,8 млн кВт·ч, в 2009 г. – 29,6 млн кВт·ч. Суммарная выработка электроэнергии всеми ГЭС республики составила в 2008 г. 39 млн кВт·ч, а в 2009 г. – 44 млн кВт·ч.

В Беларуси планируется строительство и реконструкция 33 ГЭС общей мощностью 102,1 МВт и суммарной годовой выработкой электроэнергии около 463 млн кВт·ч, в том числе:

- 20 микро-ГЭС суммарной мощностью 0,75 МВт и выработкой электроэнергии 3,8 млн кВт·ч;
- 9 малых и мини-ГЭС суммарной мощностью 2,34 МВт и выработкой электроэнергии – 8,7 млн кВт·ч;
- 4 крупных ГЭС суммарной мощностью 99 МВт и выработкой электроэнергии – 450 млн кВт·ч.

Дальнейшее увеличение выработки электроэнергии ГЭС будет осуществляться в 2016–2019 гг. с поэтапным вводом на Днепре и Западной Двине крупных ГЭС, которые будут находиться в хозяйственном ведении ГПО «Белэнерго»:

- Бешенковичская ГЭС (30 МВт) – 2016 год;
- Оршанская ГЭС (5,7 МВт) – 2017 год;
- Речицкая ГЭС (4,6 МВт) – 2018 год;
- Верхнедвинская ГЭС (20 МВт) – 2018 год;
- Шкловская ГЭС (4,9 МВт) – 2018 год;
- Могилевская ГЭС (5,1 МВт) – 2019 год.

Расчетная годовая выработка электроэнергии указанными станциями составляет 351,5 млн кВт·ч. С вводом их в эксплуатацию годовая выработка электроэнергии ГЭС в республике к 2020 г. будет составлять порядка 860 млн кВт·ч.

Согласно решениям Правительства Беларуси были определены первоочередные гидроэлектростанции, в состав которых вошли Гродненская (на р. Неман) и Полоцкая ГЭС (на р. Западная Двина).

Гродненская ГЭС – крупнейшая гидроэлектростанция в Беларуси, расположенная недалеко от г. Гродно на реке Неман, была введена в эксплуатацию в 2012 г. Установленная мощность – 17 МВт. Имеет пять генераторов, каждый из которых способен работать с мощностью в 3,4 МВт. Мощность генераторов задается в зависимости от уровня воды и колеблется в течение года. Характерной особенностью гидроузла Гродненской ГЭС является то, что при его эксплуатации практически полностью сохраняется расходный режим реки, так как станция работает только на бытовом стоке (без регулирования расхода воды в реке) с постоянным уровнем воды в водохранилище.

Основное гидросиловое оборудование на Гродненской ГЭС, так же как и на Полоцкой ГЭС, поставляется чешской фирмой MAVEL [13].

На балансе РУП «Гродноэнерго» находится 7 мини-гидроэлектростанций, из них в Волковысских электрических сетях четыре:

- ГЭС «Волпа»;
- ГЭС «Гезгалы»;
- ГЭС «Новоселки»;
- ГЭС «Зельва».

В Ошмянских электрических сетях две:

- ГЭС «Рачуны»;
- ГЭС «Яново».

На балансе Гродненских электрических сетей находится ГЭС «Немново».



Рис. 30.6. Гродненская ГЭС на р. Неман

Большой весенний паводок 2010 г. проверил надежность гидротехнических сооружений. Благодаря слаженной и профессиональной работе дежурного персонала, технических служб все прошло без особых осложнений. Паводок 2011 г. был намного меньше предыдущего. Это обусловлено тем, что он прошел практически в 3 этапа (январь, февраль, март). Благодаря опыту, приобретенному при прохождении предшествующих паводков, напряженности не возникло.

Установленная мощность Полоцкой ГЭС, на которой будет смонтировано 5 гидроагрегатов, составит 21,75 МВт. Производство электроэнергии составит 112 млн кВт·ч, что позволит обеспечить экологически чистой электроэнергией около 100 тыс. человек. Реализация проекта сэкономит более 30 тыс. т у. т. в год. Строительство началось в 2011 г. Создание водохранилища, необходимого для работы ГЭС, позволит развивать туризм, судоходство, увеличивать рыбные запасы, а впоследствии, после завершения строительства каскада, водным путем соединить два привлекательных для туристов города – Витебск и Полоцк.

30.4. Научно-техническая база развития гидроэнергетики

Отечественными машиностроительными предприятиями может быть изготовлено оборудование как для реконструкции и восстановления гидроэлектростанций, так и строительства малых гидроэлектростанций. В Украине также имеется необходимая проектировочная база для развития гидроэнергетики.

ПАО «Укрэнергопроект» с 1927 г. является одной из ведущих компаний в области проектирования объектов гидроэнергетики. По проектам ПАО «Укрэнергопроект» построены ГЭС Днепровского и Днестровского каскадов, ведется строительство и реконструкция станций Днестровского каскада, строятся Ташлыкская ГАЭС. Компания проектирует строительство Каневской ГАЭС, построен ряд малых ГЭС, выполнены проектные проработки по станциям на верхнем Днестре, Тисе и других реках, строятся и проектируются объекты за рубежом, в том числе в Молдове, России, Мексике, Вьетнаме, Лаосе, Ираке, Афганистане, Венесуэле, Грузии и др. ПАО «Укрэнергопроект» может обеспечить в полном объеме проектирование в Украине перспективных ГАЭС, малых и средних ГЭС.

К основным направлениям деятельности ПАО «Укрэнергопроект» в области гидроэнергетики относятся [10]:

- проектирование, авторский надзор, техническое сопровождение строительства гидроузлов с ГЭС и водохранилищ комплексного назначения, ГАЭС, гидротехнических сооружений АЭС и ТЭС, проектирование реконструкции ГЭС, систем автоматического контроля состояния и обеспечения безопасности сооружений и технологического оборудования;
- разработка схем комплексного использования водных ресурсов;
- комплексная экспертиза гидроэнергетических объектов.

При проектировании гидротехнических объектов ПАО «Укрэнергопроект» на всех стадиях уделяет большое внимание природоохранным вопросам. Совместно со специализированными институтами в проектах разрабатывается раздел оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), который в установленном порядке проходит Государственную экологическую экспертизу и обсуждение с об-

щественностью. Наиболее полный комплекс природоохранных мероприятий по всем факторам влияния на окружающую среду был разработан на Ташлыкской, Днестровской ГАЭС, а также реконструкции Днепровского каскада ГЭС.

В Украине построена необходимая технологическая база для развития гидроэнергетики. Украинская компания ОАО «Запорожгидросталь» выполняет проектирование гидромеханического оборудования ГЭС и ГАЭС. Имеется также ряд небольших фирм, которые занимаются проектированием малых и мини-ГЭС (мощность которых менее 1 МВт). В Украине есть строительные, монтажные и пусконаладочные фирмы, которые могут обеспечить практически в полном объеме строительство гидроэнергетических объектов. Такие известные фирмы, как ОАО «Спецгидроэнергомонтаж», «Электромонтаж», ОАО «ЛьвовОРГРЭС» и другие, выполняют на высоком техническом уровне монтажные и пусконаладочные работы на ГЭС и ГАЭС в Украине, а также во многих странах мира.

Предприятия энергомашиностроительного комплекса Украины могут практически в полном объеме обеспечить поставки технологического оборудования для действующих ГАЭС и ГЭС, которые находятся на стадии реконструкции, а также и новых ГЭС. Такие предприятия, как ОАО «Электротяжмаш», «Турбоатом», «Трансформатор», «Новокаматорский машиностроительный завод», «Запорожский крановый завод», «Новокаховский завод металлоконструкций» и другие, поставляют высококачественное оборудование для ГЭС и ГАЭС в Украине, а также для многих других стран. Турбины и генераторы для малых ГЭС могут также производиться украинскими фирмами. Конструкция одного из вариантов гидроагрегата МГЭС представлена на рисунке 30.7.

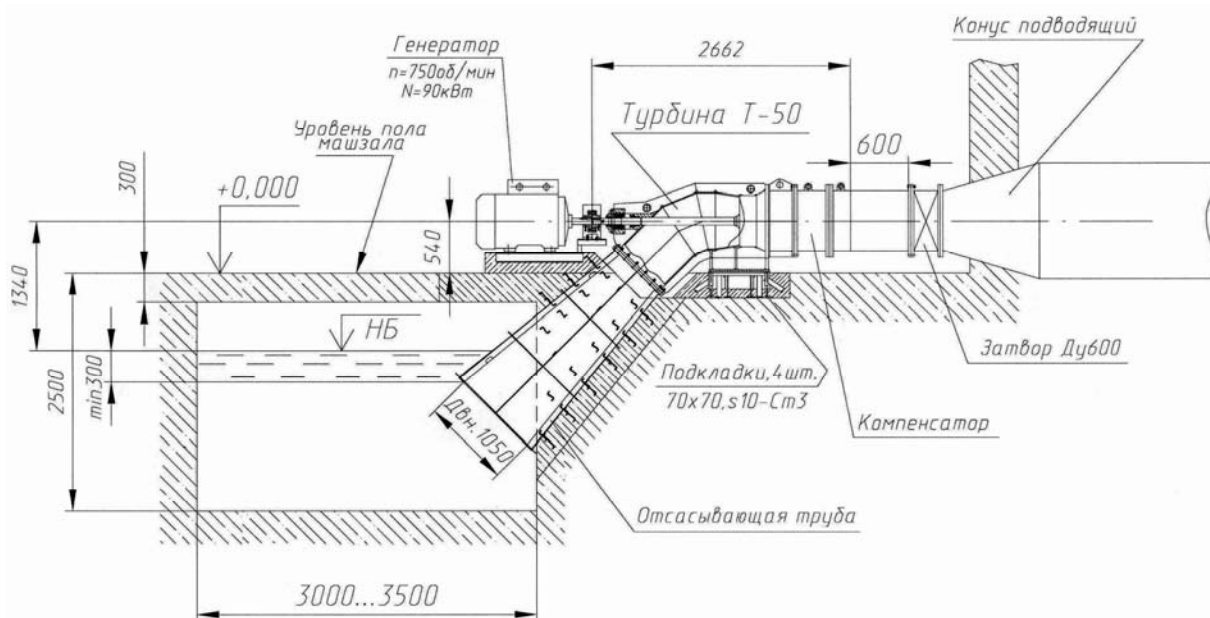


Рис. 30.7. Гидроагрегат ООО «Минигидро» (Украина)

С учетом периода эксплуатации гидротехнических сооружений и оборудования сегодня важное значение приобретает реконструкция существующих ГЭС и ГАЭС с целью:

- дальнейшего совершенствования технологического процесса на основе модернизации оборудования, использование современных технологий, материалов;
- повышения мощности выработки существующим оборудованием и снижением их эксплуатационных затрат;
- обеспечения современных требований по критерию безопасности гидротехнических сооружений и окружающей среды;
- продления срока службы гидротехнических сооружений.

Совершенствованию технической базы гидроэнергетики будет и впредь уделяться внимание со стороны государства. Государственной программой развития внутреннего производства [10] определено одним из основных направлений развитие энергетического машиностроения. В частности, предусмотрено создание условий для развития производства гидроэнергетических машин и оборудования для гидроэлектростанций (в том числе для малой гидроэнергетики), энергетического оборудования для развития возобновляемой энергетики, повышения надежности энергетических машин и оборудования, их экономичности, экологических характеристик, управляемости и т. п.

Последние законодательные инициативы по стимулированию развития и реконструкции энергетических объектов в части введения стимулирующего тарифообразования и предоставления нало-

говых льгот для субъектов хозяйствования подтверждают серьезность намерений государства. Что же касается оборудования для возрождения и строительства малых ГЭС, то здесь сложилась такая ситуация: серийное многономенклатурное оборудование (гидротурбины, генераторы) производится только за рубежом. И стоимость его, конечно, тоже европейская. Украинские предприятия, в том числе члены Ассоциации «Укрэнерго» ОАО «Турбоатом» и ГП «Завод Электротяжмаш», производят единичные типы оборудования для малых ГЭС и, разумеется, могут как расширить его номенклатуру, так и поставить его производство на поток.

30.5. Экологические риски от деятельности гидроэнергетики

Днепр не только обеспечивает водой потребителей в пределах своего бассейна, но и является источником водоснабжения крупных промышленных центров юга и юго-востока Украины. Водами реки пользуются более 30 млн человек. Только в Украине днепровской водой обеспечиваются 50 крупных городов, около 10 000 промышленных предприятий, 2200 сельских и более 1000 коммунальных хозяйств, 50 крупных оросительных систем.

Для регулирования стока в бассейне Днепра созданы водохранилища ГЭС, среди которых – Днепровский каскад с 6 большими водохранилищами, суммарной площадью водного зеркала около 7,0 тыс. кв. км, общим объемом 44 куб. км. Наряду с положительными сторонами создания водохранилищ надо отметить и проблемы экологического характера, вызванные их существованием.

При создании водохранилищ нарушается динамическое равновесие и начинается переформирование берегов, размыв, оползание или аккумуляция разрушительных отложений. Протяженность береговой линии водохранилищ на Днепре составляет 3079 км, из них 1110,9 км – это абразионно-эрозионные берега, нуждающиеся в закреплении. На отдельных участках интенсивность переработки берегов довольно значительна и достигает нескольких метров в год. При этом изменяется режим, а иногда и общее направление движения подземных вод, возникают новые водоносные горизонты, которые до подпора были сухими. В зонах водохранилищ идут процессы подтопления и затопления земель. На незащищенных массивах в зонах влияния водохранилищ Днепра площади подтопленных земель составляют 90 тыс. га, а на незащищенном мелководье около 133 тыс. га. С этими процессами связаны такие явления, как трансформация земель, деградация растительного и животного мира, заиление и заболачивание.

Большой вред наносит и гидробиологическое загрязнение водоемов, которое является следствием поступления в водную среду вместе со смывыми минеральными удобрениями различных биогенных элементов (азот, фосфор). Они обуславливают развитие водной растительности, микроорганизмов и так называемое цветение воды.

По данным научно-исследовательских учреждений, от эрозии почвы ежегодно теряют столько питательных элементов, сколько их содержится в 1 500 000 тонн минеральных удобрений (в пересчете на 100 % питательных веществ). Это означает, что вместе с продуктами эрозии ежегодно вымывается из почвы 1 млн т азота, 350 тыс. т фосфора и 150 тыс. т калия. При этом 10–30 % из них попадает в водоемы, из которых осуществляется забор воды на питьевое водоснабжение.

В государстве гидротехнические защитные сооружения Днепровского каскада гидроэлектростанций создают наибольшую гидродинамическую опасность. Меженные уровни р. Днепр в створах плотин подняты следующим образом: 16 м – Каховское водохранилище, 35,4 м – Днепровское, 12,6 м – Днепродзержинское, 17,0 м – Кременчугское, 10,5 м – Каневское, 11,5 м – Киевское водохранилище, что создает при возможных прорывах дамб серьезную угрозу для населения.

Общая длина защитных дамб на Днепровских водохранилищах составляет 3,5 тыс. км. Создано 1,2 тыс. км берегоукреплений, которые защищают территорию площадью 198 тыс. га. Максимальная ширина зоны влияния водохранилищ составляет от 1,3 до 25 км. В основном все гидротехнические защитные дамбы – это дамбы глухого типа с регулирующими сооружениями или без них. Также в составе комплекса водозащитных сооружений насчитывается более 600 насосных и компрессорных станций для перекачки излишков воды.

Комплекс защитных гидротехнических сооружений, насосных и компрессорных станций на Днепровских водохранилищах в среднем эксплуатируется более 50 лет в сложных гидрологических условиях с большими нагрузками и требует значительных усилий и средств для поддержания его в надлежащем техническом состоянии. В части развития малой гидроэнергетики существуют не менее сложные экологические проблемы. Целесообразность и возможность массового строительства МГЭС в Карпатском регионе должны оцениваться с учетом приоритетов развития туризма.

Украинские экологи предостерегают от чрезмерного увлечения развитием малой гидроэнергетики в целом и ошибок при проектировании в каждом конкретном случае. Угроза заключается в про-

пуске всей воды малых рек через технологическое оборудование, что несет риск рыбе в горных реках, а также заболачивание местности на равнинных реках. Больше всего критических замечаний у защитников природы возникает к построению рыбоходов, плотин и противопаводковых установок, которые не всегда соответствуют стандартам и лучшим примерам практики.

Примерный перечень возможных проблем и мер снижения негативного воздействия на примере проекта строительства двух малых ГЭС на реке Белый Черемош в Ивано-Франковской области приведен в таблице 30.2 [3].

Таблица 30.2

Проблема	Возможное влияние	Мероприятия по уменьшению негативного влияния
Наличие воды и поддержания экологически необходимого стока и санитарного пропуск в течение года	Влияние на объем воды в реке	- проведение специальных измерений уровня воды и использования результатов в рабочем проекте; - поддержка малого экологического стока воды в реке на постоянной основе; - мониторинг уровня воды в реке в течение года для проверки соблюдения минимального уровня воды
Качество воды	Влияние на качество воды	- контроль эрозии и отложений во время строительства; - обеспечение того, чтобы качество воды вверх и вниз по течению от объекта не ухудшилось; - мониторинг состояния водных экосистем в пределах влияния проекта
Виды, находящиеся под охраной (ихтиофауна, наземная фауна) и чувствительная среда существования	Влияние на численность и состав рыб, влияние на наземную фауну и чувствительную среду существования	- проведение экологических исследований и оценки воздействия проекта до начала строительства; - разработка и внедрение эффективной защиты рыбы и проходных каналов (таких как рыбоходы) в рамках проекта; - мониторинг экосистемы при эксплуатации объектов и применения мер снижения негативного влияния в случае необходимости
Туризм	Влияние на туризм и отдых	- выявление рекреационного использования реки вокруг объекта и соответствующее планирование строительства и эксплуатации с минимизацией негативного воздействия; - обеспечение доступа к воде в начальном виде для рекреационного использования реки, там, где это технически возможно
Общая строительная деятельность	Влияние строительства основных и вспомогательных объектов (плотины, генератора, деривационного тоннеля, линии электропередачи): выкапывание земли, пыль, шум, выбросы транспорта и др.	- подготовка и внедрение плана по проведению строительных работ с целью уменьшения негативного влияния общего строительства, в том числе шума, атмосферных выбросов, утилизации отходов, транспортной нагрузки на дороги; - постоянный мониторинг соответствия национальным экологическим стандартам и требованиям ЕБРР; - соблюдение соответствующих норм подрядчиками
Чрезвычайные ситуации: наводнения, эрозия земли и землетрясения	Влияние проекта на величину и предотвращение наводнения, оползней и других возможных чрезвычайных природных явлений	- планирование и внедрение технологий с уменьшением эффектов, вызванных оползнями и эрозией, которые могут возникнуть в результате изменения в землепользовании при проектной деятельности; - разработка надлежащих планов действий в чрезвычайных ситуациях и содержание высокого уровня готовности сотрудников к чрезвычайным ситуациям

30.6. Мониторинг состояния гидротехнических сооружений ГЭС

Широкое использование гидропотенциала создает и специфические вызовы. Повреждение гидротехнических сооружений, затопления и подтопления территорий являются потенциальными угрозами населению и субъектам экономики. Данный аспект эксплуатации гидроэнергетики требует принятия соответствующих организационных и технических мероприятий обеспечения безопасности населения, инфраструктуры и предприятий от чрезвычайных ситуаций.

Гидротехнические сооружения гидроэлектростанций относятся к наиболее ответственным инженерным сооружениям с повышенной экономической, социальной и экологической значимостью.

Инженерные решения в проектах гидротехнических сооружений являются специфическими и уникальными. В связи с этим в течение всего периода эксплуатации необходимо обеспечить надежную систему защиты и предупреждения повреждений ГТС в соответствии с отраслевыми нормативными документами.

Важным элементом государственной системы защиты инфраструктуры гидроэнергетики является система гражданской защиты, предупреждения и ликвидации последствий возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера. Введены законодательные требования по организации защиты и предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций.

Среди основных законодательных актов следует отметить Закон «Об объектах повышенной опасности», который направлен на защиту жизни и здоровья людей и окружающей среды от вредного воздействия аварий на этих объектах путем предотвращения их возникновения, ограничения (локализации) развития и ликвидации последствий. Законом определяются требования по учету «объектов повышенной опасности», на которых потенциально существуют реальные угрозы возникновения чрезвычайной ситуации техногенного и природного характера, вводится порядок реагирования на такие чрезвычайные ситуации, устанавливаются требования к субъектам по разработке «декларации безопасности» хозяйствования, плана локализации и ликвидации аварий для каждого объекта повышенной опасности, который они эксплуатируют или планируют эксплуатировать.

Кодекс гражданской защиты предусматривает создание аварийно-спасательных формирований, специализированных служб и других формирований гражданской защиты, предназначенных для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций. Под «аварией» Кодекс понимает опасное событие техногенного характера, повлекшее поражение населения, которое создает угрозу жизни, приводит к разрушениям, нарушению производственного процесса или оказывает вредное воздействие на окружающую среду. Отдельно Кодексом определяется, что с целью своевременного выявления угроз возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях Днепровского и Днестровского каскадов и в зонах их возможного затопления создаются и функционируют автоматизированные системы раннего выявления чрезвычайных ситуаций и специальные системы оповещения.

Систематический контроль за гидротехническими сооружениями является одним из главных средств оценки состояния и условий их работы. Во исполнение законодательства в Украине создана система обеспечения постоянного контроля за соблюдением действующих требований к состоянию и эксплуатации сооружений. Задача контроля возложена на центральный орган исполнительной власти по государственному энергетическому надзору (ранее – Государственная инспекция по эксплуатации электростанций и сетей) в соответствии с действующими отраслевыми руководящими документами.

Автоматизированная система контроля состояния сооружений «Титан», разработанная специалистами АО «Банкомсвязь» [11], предназначена для автоматического измерения параметров, характеризующих состояние сооружений (мостов, тоннелей, плотин, высотных зданий и т. п.), обработки и визуализации результатов этих измерений. Необходимость совершенствования систем оперативного контроля за состоянием зданий и сооружений продиктована различными особенностями проектных решений, сложными инженерно-геологическими и гидрологическими условиями строительства и эксплуатации, а также повышенными современными требованиями к безопасности.

Состояние сооружений оценивается в период возведения и эксплуатации на основе результатов визуальных наблюдений и измерений, полученных с помощью контрольно-измерительной аппаратуры. Современный уровень компьютерных технологий позволяет создавать и, при необходимости, развивать удобные в эксплуатации информационно-диагностические системы мониторинга и оценки безопасности, отвечающие нынешним требованиям. Надзор за безопасностью гидротехнических сооружений осуществляется в соответствии с «Положением об отраслевой системе надзора за безопасностью гидротехнических сооружений электростанций», правилами «Технической эксплуатации электрических станций и сетей» и разработанной программой надзора за сооружениями.

В организационном отношении контроль и надзор осуществляют по следующим направлениям.

1. Регулярный первичный контроль гидротехнических сооружений производит персонал ГЭС.
2. Специальные наблюдения и исследования гидротехнических сооружений, которые проводятся в отдельные периоды привлеченными организациями для уточнения состояния отдельных узлов и сооружений и для выяснения причин неблагоприятных явлений.
3. Периодические проверки правильности и полноты технического обслуживания ГТС техническими инспекциями руководящих органов.
4. Проверка объектов и территорий по их готовности к пропуску ледохода и весеннего паводка (последняя в январе-феврале 2009 г.).

5. Аналитические работы по накопленным за период наблюдений данным.

6. Обследование сооружений специально созданной Межведомственной комиссией через каждые 5 лет.

Проверка состояния гидротехнических сооружений проводится 1 раз в пять лет специально созданной Межведомственной комиссией с привлечением специалистов центральных и местных органов исполнительной власти, а именно: Министерства топлива и энергетики, Министерства охраны окружающей природной среды, Министерства регионального развития и строительства, Министерства внутренних дел, Службы безопасности Украины, Государственного комитета водного хозяйства, Национальной академии наук Украины, специализированных проектных организаций и соответствующих местных органов исполнительной власти и органов местного самоуправления.

При обследовании гидротехнических сооружений проверяются:

- оснащенность гидротехнических сооружений средствами измерений;
- организация надзора за гидротехническими сооружениями;
- состояние гидротехнических сооружений и их механического оборудования;
- выполнение мероприятий по ремонту гидротехнических сооружений;
- состояние технической документации;
- охрана гидротехнических сооружений;
- выполнение рекомендаций по актам предыдущих обследований.

Учитывая аварию, что состоялась 17.08.2009 на Саяно-Шушенской ГЭС, в ПАО «Укрэнерго» разработаны дополнительные меры, направленные на обеспечение безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений и оборудования гидроэлектростанций.

В соответствии с приказом Министерства топлива и энергетики Украины от 04.11.2009 № 584 «Об обследовании гидротехнических сооружений и оборудования гидроэлектростанций» была назначена межведомственная комиссия, которая в ноябре 2009 г. выполнила обследование гидротехнических сооружений Киевской ГАЭС, Киевской, Каневской, Кременчугской, Днепродзержинской, Днепровской, Каховской и Днестровских ГЭС-1, ГЭС-2 и ГАЭС и проверку организации надзора за ними.

В результате рассмотрения имеющихся материалов по контролю за работой и состоянием гидротехнических сооружений и гидромеханического оборудования ГЭС и ГАЭС, их визуального обследования с учетом длительного безаварийного периода эксплуатации комиссия пришла к выводу, что «гидротехнические сооружения и оборудование всех ГЭС и ГАЭС ПАО «Укрэнерго» находятся в работоспособном состоянии, отвечают требованиям проекта и могут выполнять свое функциональное назначение в проектных режимах».

Литература

1. ПАТ «Укргідроенерго» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uge.gov.ua>.
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Схвалено Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145-р. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/145-2006-%D1%80>.
3. Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку гідроенергетики України. Аналітична доповідь / О. М. Суходоля [та ін]. – Київ : НІСД, 2014. – 54 с.
4. Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії. Закон України от 20.11.2012 № 5485-VI. – Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5485-17>.
5. Рябенко О. А., Лутаєв В. В. Сучасні тенденції в будівництві малих ГЕС в Україні // Гідроенергетика України. – 2012. – № 2. – С. 45–49.
6. Карамушка О. М. Мала гідроенергетика України. Стратегія та поточні проблеми розвитку. Погляд асоціації «Укргідроенерго» // Гідроенергетика України. – 2012. – № 4. – С. 52–55.
7. Об утверждении государственной программы строительства в 2011–2015 годах гидроэлектростанций в Республике Беларусь : постановление Совета министров Республики Беларусь от 17 декабря 2010 г. № 1838.
8. Герасимович Н. М., Попенко А. Б. Развитие гидроэнергетики республики Беларусь. Гродненская и Полоцкая ГЭС // Гідроенергетика України. – 2012. – № 1. – С. 39–41.
9. Державна програма розвитку внутрішнього виробництва. Постанова Кабінету Міністрів України від 12 вересня 2011 р. № 1130. – Режим доступа: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1130-2011-%D0%BF/page>.
10. ПАТ «Укргідропроект» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uhp.kharkov.ua>.
11. АО «Банкомсвязь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bkc.com.ua/>
12. «WTW Poland». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wtw-poland.com>.
13. «Mavel». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mavel.cz>.
14. Рассовский В. Л., Литвиненко Ю. В., Кучер С. В. Новітні проекти ПАТ «Укргідроенерго» в оновленій енергетичній стратегії // Гідроенергетика України. – 2012. – № 4. – С. 44–46.
15. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Схвалено Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 1071.

Глава 31. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ПОЛЕСЬЯ В МЕЛИОРАТИВНОМ, ПРОМЫШЛЕННОМ И ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

31.1. Бетон для конструкций мелиоративных сооружений

Мелиорация Полесья нуждалась в выполнении значительного количества бетонных работ и изготовления специальных железобетонных конструкций – труб, лотков, стоек для крепления лотков и фундаментов под них, плит крепления откосов земляных плотин, колец колодцев. Для их производства применяется гидротехнический бетон с повышенными техническими требованиями, в том числе и к долговечности. Тонкостенные конструкции с применением гидротехнического бетона широко применяют в водохозяйственном и транспортном строительстве, берегоукрепительных работах и т. п.

Гидротехнический бетон в тонкостенных конструкциях не требует температурного регулирования для обеспечения трещиностойкости, однако подвергается воздействию значительного количества эксплуатационных факторов, которые могут быть еще более жесткими, чем в массивных сооружениях. Например, бетонные облицовки каналов могут одновременно подвергаться воздействию около 30 видов нагрузок и возможных их комбинаций: гидростатическому и гидродинамическому давлению, попеременному водонасыщению и высушиванию, замораживанию и оттаиванию, нагреванию и охлаждению, разрушающему действию потока воды и насосов, подвижного льда, напряжениям и деформации в результате усадки и оседания сооружений, пучению грунта и др. В не менее жестких условиях находятся железобетонные конструкции транспортных сооружений – действие постоянных, статически и динамически меняющихся нагрузок, климатических и различных факторов и др. Учесть все нагрузки и воздействия при выборе качественных параметров бетона тонкостенных конструкций гидротехнических сооружений достаточно сложно.

Тонкостенные конструкции обычно подвергаются проектным воздействиям в значительно более раннем возрасте, чем массивные, которые воспринимают рабочие нагрузки в возрасте не менее 180 суток. Классы бетона по прочностным показателям для тонкостенных железобетонных конструкций назначают, как правило, в возрасте 28 суток после их расчета на прочность и трещиностойкость с учетом необходимых нормативных и расчетных сопротивлений, требований по морозостойкости, водонепроницаемости и других эксплуатационных воздействий. Классы бетона для тонкостенных конструкций соответствуют значениям гарантированной прочности бетона, МПа, с обеспеченностью 0,95, в то время как для массивных сооружений допускается применение бетона с обеспеченностью гарантированной прочности 0,9.

Для большинства сборных элементов, предназначенных для водохозяйственного строительства, в проектах предусмотрен бетон классов по прочности на сжатие В15...В25 с марками по морозостойкости и водонепроницаемости не менее F150 и W6 соответственно.

Для сборных железобетонных элементов отпускную прочность бетона принимают не менее 70 % прочности для заданного класса бетона. При этом для некоторых конструкций, таких как сваи, шпунты, конструкции мостов и др., при соответствующем обосновании допускается значение нормируемой отпускной прочности, равное 100 % от проектной прочности бетона. Для железобетонных лотков, плит облицовки каналов в холодный период года нормированная отпускная прочность бетона должна быть не менее 80 % от проектной, для труб, элементов подземных каналов и коллекторов – не менее 90 %. В холодный период года включают период, начинающийся на один месяц раньше месяца со средней температурой воздуха 0 °С и ниже. В районах со среднемесячной температурой воздуха наиболее теплого месяца ниже плюс 10 °С за холодный период допускается принимать весь год.

Для предварительно напряженных железобетонных элементов, которые рассчитываются на воздействие многократно повторяющейся нагрузки, и стержневых конструкций применяют бетон класса не ниже В15. При применении в предварительно напряженных конструкциях высокопрочной арматурной проволоки применяется бетон с классом прочности не ниже В20, а для элементов, которые погружают в почву забиванием или вибрированием, бетон класса не менее В30.

В тех случаях, когда эксплуатационные качества конструкций определяются работой растянутого бетона, в проектах нормируются наряду с классами бетона по прочности на сжатие классы по прочности на осевое растяжение и растяжение при изгибе. С возможными напряжениями и прочностными характеристиками бетона связаны размеры сечения конструкций. Например, при назначении толщины облицовки каналов необходимо учитывать возникающий в нем изгибающий момент от собственного веса бетона и массы воды в канале (табл. 31.1).

Для каналов с пропускной способностью до 5 м³/с рекомендуется бетонная облицовка с проектной прочностью 20 МПа, 5...100 м³/с – 25 МПа, 100...1000 м³/с – 30...40 МПа. Для тонкостенных конструкций гидротехнических сооружений назначение марки бетона по водонепроницаемости в

зависимости от величины напорного градиента является не всегда достаточно обоснованным. Например, при толщине бетонной облицовки 0,08 м даже для каналов с глубиной воды 1 м, учитывая высокий напорный градиент (более 12), необходим бетон марки W12. Анализ большого количества проектов каналов с бетонной облицовкой показал, что чаще всего применяют марки бетона по водонепроницаемости W4...W6. Назначение чрезмерно высоких марок бетона облицовок по водонепроницаемости часто приводит к необходимости существенного перерасхода цемента. При этом не исчезают основные потери воды в результате фильтрации, если учесть то, что через бетон облицовки фильтруется не более 15...20 % общего объема потерь воды. Основные потери воды в каналах происходят из-за ее фильтрации сквозь швы и трещины в бетоне.

Таблица 31.1

Характеристика бетона в зависимости от толщины облицовки каналов и величины изгибающего момента

Изгибающий момент, Н·м	Толщина облицовки, м	Рекомендованные классы бетона по прочности	
		на сжатие	на растяжение при изгибе
1400	0,08	B12	$B_{тв} 2,4$
2200	0,1	B15	$B_{тв} 2,4$
3700	0,12	B20	$B_{тв} 2,8$
500	0,14	B20	$B_{тв} 2,8$
7500	0,16	B22,5	$B_{тв} 3,2$
9500	0,18	B22,5 B25	$B_{тв} 3,6$
12000	0,20	B25 B30	$B_{тв} 4,0$

Более точной фильтрационной характеристикой бетона по сравнению с его маркой по водонепроницаемости является коэффициент фильтрации (K_f). Одной и той же марке бетона по водонепроницаемости отвечает достаточно большая область значений коэффициента фильтрации. Нами выполнены расчеты, которые дали возможность получить номограмму (рис. 31.1), связывающую напор воды, потери воды из канала, толщину облицовки с коэффициентом фильтрации. Например, для облицовки канала толщиной 0,1 м при напоре 2 м и фильтрационных потерях 0,003 л / (сут· м²) необходим бетон с коэффициентом фильтрации $K_f = 2,5 \cdot 10^{-10}$ см/с. Такому коэффициенту фильтрации соответствует бетон с маркой по водонепроницаемости W6 в возрасте 28 суток. Эта методика включена институтом НИИГиМ в «Руководство по проектированию противофильтрационного бетона для строительства облицовок канала бетоноукладочными комплексами». Расчеты, выполненные по этой методике, показали, что для облицовок каналов глубиной 3...7 м необходимо применять бетон марок W4...W6, при большей глубине – W8...W12.

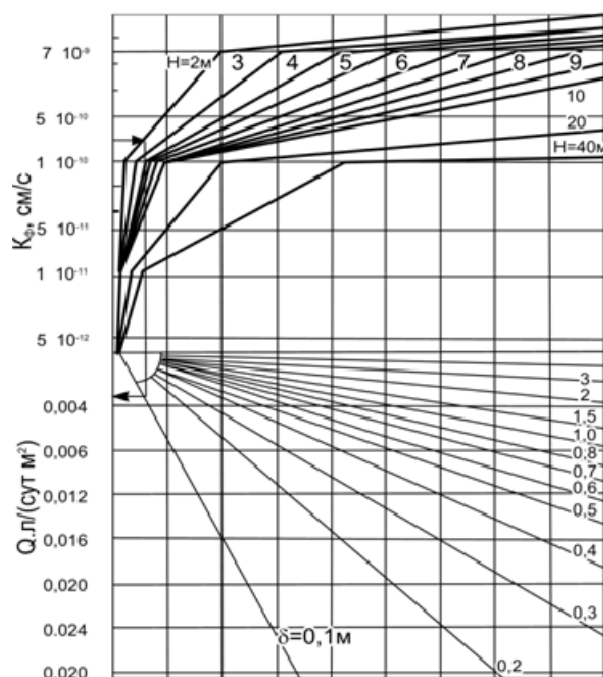


Рис. 31.1. Номограмма для расчета коэффициента фильтрации (K_f) бетонных облицовок:
над осью абсцисс – кривые напоров H , под осью – толщина облицовки (δ);
 Q – фильтрационный расход воды сквозь бетон облицовки

Марка бетона по водонепроницаемости назначается также с учетом агрессивности водной среды, а для железобетонных изделий – с учетом группы арматурной стали.

Одной из главных причин разрушения конструкций с применением гидротехнического бетона является возможное циклическое воздействие замораживания и оттаивания. Рекомендуемая методика определения марки бетона по морозостойкости, как отмечено ранее, является несовершенной и должна корректироваться с учетом результатов эксплуатации реальных сооружений в конкретных условиях. Это особенно важно для сооружений с применением тонкостенных конструкций. Например, опыт эксплуатации сборных и монолитных облицовок каналов с маркой бетона по морозостойкости F50 в регионах с соответствующим числом циклов замораживания и оттаивания показал, что многие из них разрушились уже через 2...7 лет.

Исследования показали, что для нормативного срока эксплуатации лотков 30 лет необходимо было обеспечить морозостойкость бетона не менее F300. В отличие от массивных сооружений тонкостенные бетонные конструкции обычно полностью насыщаются водой и обладают незначительной тепловой инерцией, они быстро принимают температуру наружного воздуха и фактически реагируют на значительно большее число циклов замораживания и оттаивания. Работу таких конструкций в значительной степени определяют растягивающие напряжения, способствующие значительному снижению морозостойкости.

Сегодня, как упоминалось ранее, отсутствует достаточно полная расчетная методология назначения морозостойкости бетона, полностью учитывающая структурные особенности и условия его эксплуатации. Попытки имитационного моделирования для расчета продолжительности безремонтной эксплуатации бетона в зависимости от марки по морозостойкости, даже принимая во внимание многие дополнительные факторы, нельзя считать успешным.

В общем виде марку бетона по морозостойкости можно определить по формуле:

$$F = K_1 \frac{Tn}{K_2}, \quad (31.1)$$

где T – нормативный срок лет; n – количество циклов перехода температуры через ноль градусов в области эксплуатации; K_1 – коэффициент, учитывающий соотношение степени влияния на бетон (уровень повреждений) в стандартном цикле испытаний и в условиях эксплуатации конструкции ($K_1 \approx 0.1...1.0$); K_2 – коэффициент, учитывающий влияние «самозалечивания» структуры бетона во время операции.

Различные методы прогнозирования морозостойкости бетона основаны на зависимости ее от параметров, характеризующих его структуру, степени деструктивных изменений при замораживании – оттаивании, а также уравнений регрессии, связывающих морозостойкость с другими свойствами и составом бетонных смесей.

Существует корреляционная связь между морозостойкостью и содержанием льда в бетоне. Например, предложен критерий морозостойкости (KM), линейно связанный с критическим количеством циклов:

$$KM = \frac{P_0 - P_p + I_t}{I_{-10}}, \quad (31.2)$$

где открытая пористость $P_0 = P_{\text{общ}} - P_p$ ($P_{\text{общ}}$ – общая пористость; P_p – условно-замкнутая (резервная) пористость); I_t и I_{-10} – объемное содержание льда при температуре замораживания образцов t °C и при -10 °C.

Уравнение, связывающее величины F и KM, полученное Т. И. Розенберг и А. В. Кунцевичем, имеет вид:

$$F = 2,04KM - 25. \quad (31.3)$$

Предложен также другой параметр морозостойкости (C), связанный с содержанием льда в бетоне I_{-10} :

$$C = I_{-10}(B/C)^{1/3}. \quad (31.4)$$

Зависимость морозостойкости бетона F от параметра C предложена в виде уравнения:

$$F - F_0 = I/(C - C_0), \quad (31.5)$$

где F_0 и C_0 – некоторые граничные значения параметров F и C.

Основные свойства гидротехнического бетона – прочность, морозостойкость и водонепроницаемость взаимозависимы. В таблице 31.2 в качестве примера приведены значения указанных свойств, полученные нами при испытании бетона нормального твердения в возрасте 28 сут. с использованием среднеалюминатного ($C_3A = 6...8$ %) портландцемента М500, содержащего 20 % доменного

гранулированного шлака, гранитный щебень 5...20 мм и среднезернистый кварцевый песок. Пластификаторы и воздухововлекающие добавки не использовали.

Таблица 31.2

Соотношения проектных свойств бетона в возрасте 28 сут.

Осадка конуса, см	Класс бетона по прочности на сжатие, (B)	Марки бетона	
		по морозостойкости, (F)	по водонепроницаемости, (W)
2...4	15	50...75	2
10...12	15	50	2
2...4	25	100...150	2...4
10...12	25	75...100	2...4
2...4	30	200...250	6...8
10...12	30	100...150	6...8
2...4	40	250...300	10...12
10...12	40	200...250	10...12

Неучет возможного соотношения свойств бетона при заданном составе и технологических режимах приводит к перерасходу необходимого количества цемента и неоптимальности принятых конструктивных решений. Регулирование соотношения свойств в необходимом направлении достигается правильным выбором вида исходных материалов и введением в бетонные смеси различных добавок (пластифицирующих, воздухововлекающих, кольматирующих и др.).

Бетоны с морозостойкостью F100 и выше для гидротехнических сооружений целесообразно производить с обязательным применением воздухововлекающих или газообразующих добавок. Бетонные смеси марок по удобоукладываемости ПЗ...П5 для производства сборных железобетонных конструкций и изделий, и марок по удобоукладываемости П4 и П5 для монолитных и сборно-монолитных конструкций должны готовиться с обязательным применением пластифицирующих добавок.

Требования к вещественному и химико-минералогическому составу цемента и его свойствам назначаются с учетом технологических особенностей изготовления конструкций и условий их эксплуатации. При нормировании морозостойкости и повышенной агрессивности среды целесообразно применение низкоалюминатных портландцементов, не содержащих минеральных добавок или содержащих до 15...20 % доменного гранулированного шлака. Эффективно применение сульфатостойких, пластифицированных и гидрофобных цементов.

Для тонкостенных конструкций распространено применение мелкозернистых бетонов. В мелкозернистых бетонах максимальную крупность заполнителя ограничивают 10 мм. Распространенной разновидностью этого вида бетона является песчаный бетон, не содержащий крупного заполнителя. Мелкозернистые бетоны характеризуются повышенным расходом цемента. Существенное снижение расхода цемента достигается при введении эффективных пластифицирующих добавок и особенно суперпластификаторов.

Введение суперпластификаторов позволяет существенно снизить В/Ц без изменения подвижности, что приводит соответственно к увеличению класса мелкозернистых бетонов по прочности. Наибольший пластифицирующий эффект достигается в «жирных» смесях на крупных песках, хотя и при применении мелких и очень мелких песков он может быть весьма значителен. Применение суперпластификаторов позволяет получать высокопрочные мелкозернистые бетоны.

Для мелкозернистых бетонов характерно повышенное отношение прочности на растяжение и изгиб в прочности на сжатие (рис. 31.2). При равной прочности на сжатие прочность при изгибе для мелкозернистых бетонов на 10...15 % выше, чем в обычных. Для производства сборных конструкций, подвергнутых тепловой обработке, применяют цементы 1-й и 2-й групп по эффективности при пропаривании.

Зависимость прочности цементных растворов и бетонов на цементах различного минералогического состава от времени тепловой обработки (τ) в час при температуре изотермической выдержки 80 °С можно выразить формулой:

$$R_g = A(\lg \tau - \lg \tau_0), \quad (31.6)$$

где A – параметр, характеризующий особенности данного цемента при пропаривании и условия испытаний, МПа; τ – время тепловой обработки, час, включающее период изотермической выдержки n и часть периодов разогрева и охлаждения, в течение которых температура образцов превышает 60 °С, в среднем $\tau = n + 3$; τ_0 – индукционный период твердения, то есть период начала образования прочной структуры.

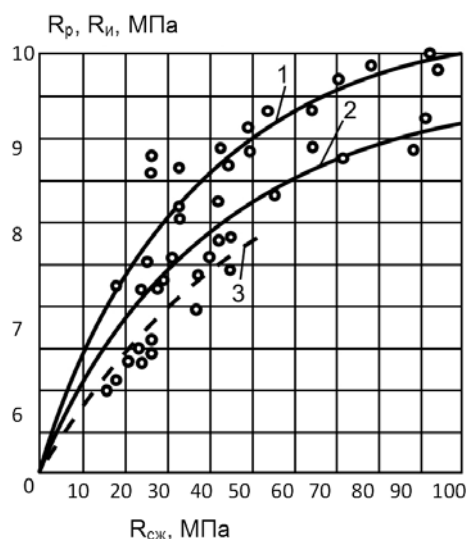


Рис. 31.2. Зависимость прочности бетона при изгибе ($R_{и}$) и растяжении (R_p) от прочности при сжатии ($R_{сж}$):

1 – $R_{и}$ песчаного бетона; 2 – $R_{и}$ обычного бетона; 3 – R_p песчаного бетона

Параметры уравнения (31.6) для цементов различного минералогического состава приведены в таблице 31.3.

Таблица 31.3

Параметры уравнения (6)

Группа цементов	Номер цементов	Минералогическая характеристика цемента	A, МПа	τ_0 , час.	Пределы линейности функции в час
I - низкоалюминатные	1	$C_3A=2...3\%$; $C_3S=60\%$	12,5	0,6	20...25
	2	$C_3A=2...3\%$; $C_3S=50\%$	9,5	0,45	20
II - среднеалюминатные	3	$C_3A=8\%$; $C_3S=60...65\%$	10,0	0,15	9...10
	4	$C_3A=8\%$; $C_3S=50\%$	9,5	0,2	9...10
III - высокоалюминатные	5	$C_3A=11...12\%$; $C_3S=55\%$	8,5	0,15	9
	6	$C_3A=11...12\%$; $C_3S=40...50\%$	7,0	0,18	7...8

Как видно из таблицы 31.3, при равном количестве C_3A прочностная характеристика цементов, применяемых в условиях пропаривания, повышается с увеличением содержания C_3S в клинкере. При равном количестве алита она растет при снижении содержания C_3A , чем больше C_3A , тем короче индукционный период. Максимальную скорость твердения и набор прочности в пропариваемых бетонах имеют цементы I группы, минимальную – III группы.

Оптимальная продолжительность изотермической выдержки бетона при 80...90 ° C на цементе всех групп, при превышении которой прирост прочности становится минимальным, составляет 4...12 ч.

Ниже приведены рекомендуемые оптимальные режимы тепловой обработки бетонов (подъем температуры – изотермическая выдержка, охлаждение в год.) на цементе различных минералогических групп:

I группа –	3+12+2
II группа –	3+6+2
III группа –	3+4+2
Рядовые шлакопортландцементы	3+14+2
Быстротвердеющие шлакопортландцементы	3+8+2

Большинство цементов (кроме цементов III группы) при пропаривании по оптимальным режимам обеспечивают достаточно интенсивное нарастание прочности до 28 суток.

Наряду с требованиями к цементу в технических условиях, регламентирующих получение конкретных конструкций, могут устанавливаться и специфические требования к заполнителям. Например, для изготовления бетонных и железобетонных труб применяют крупные заполнители с содержанием пылевидных и глинистых частиц не более 1 %, зерен пластинчатой (лещадной) и игольчатой формы не более 25 %. Щебень из природного камня для бетона напорных и низконапорных труб применяют марки не ниже 1000, а щебень из гравия – марки по дробимости не ниже 1200. Для бетона безнапорных труб щебень из изверженных пород должен иметь марку не ниже 800, из осадочных и метаморфических – не ниже 600, щебень из гравия – марку по дробимости – не ниже 800. В песке содержание пылевидных и глинистых частиц допускается не более 2 % для бетона напорных труб и

3 % – безнапорных и низконапорных труб. Мощным средством для управления свойствами гидротехнического бетона как для массивных, так и для тонкостенных конструкций различного назначения являются добавки-модификаторы.

В гидротехническом строительстве есть положительный опыт применения *легких* бетонов с использованием пористых заполнителей. Характерной чертой легких бетонов (особенно на пористых песках) является повышенная прочность при растяжении. Этому способствует поверхность заполнителей, которая имеет хорошее сцепление с цементным камнем. Отношение прочности на растяжение к прочности на сжатие для тяжелых бетонов составляет 0,05...0,1, для легких – 0,06...0,17. Предельная растяжимость легких бетонов в зависимости от особенностей заполнителей колеблется в диапазоне 0,03...0,4 мм/м и может в 4...5 раз превышать значение этой характеристики для тяжелых бетонов.

Общая усадка легких бетонов на 15...30 % выше усадки тяжелых бетонов. Усадочные деформации снижаются при применении качественных заполнителей, уменьшении расхода цемента и водосохранения. При введении воздухововлекающих добавок морозостойкость легких бетонов можно довести до F300 и более. Водонепроницаемость легких бетонов обычно не ниже, а для ряда составов может быть выше, чем тяжелых.

Для выполнения облицовок осушительных каналов, дренажей и фильтров применяют разновидность легкого бетона – *крупнопористый* бетон, получаемый при отсутствии в составе бетонной смеси песка и ограниченном расходе цемента, достаточном лишь для склеивания зерен крупного заполнителя. Для получения крупнопористого бетона применяют как легкие пористые заполнители, так и обычные тяжелые гравий или щебень.

Средняя плотность крупнопористого бетона может изменяться от 400 до 2000 кг/м³, его прочность зависит как от количества, так и прочности цементного камня. Последняя определяется в основном активностью цемента и водоцементным отношением (рис. 31.3).

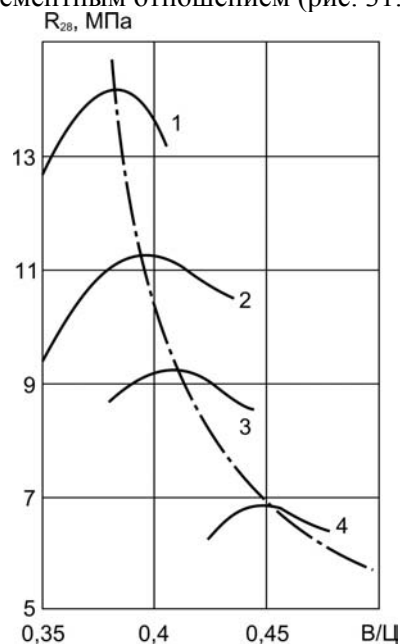


Рис. 31.3. Зависимость прочности крупнопористого бетона от водоцементного отношения:

1 – состав бетона (цемент: гравий по объему) 1:6; 2 – то же, 1:7; 3 – то же, 1:8; 4 – то же 1:10

При использовании гравия, как правило, возрастают прочность и однородность свойств крупнопористого бетона, а применение щебня, учитывая его большую пустотность, дает возможность получить более легкий бетон. Прочность крупнопористого бетона при сжатии соответствует классам В3,5 ... В7,5 при большей, чем у соответствующих плотных бетонов, прочности на растяжение (рис. 31.4). Для бетона данного вида характерна незначительная усадка, если учесть относительно невысокое содержание цементного камня.

Регулируя крупность и зерновой состав заполнителя, коэффициент фильтрации можно изменять в пределах 0,2...0,25 см/с. Морозостойкость крупнопористых бетонов при использовании различных заполнителей составляет 50...100 циклов.

Для тонкостенных конструкций гидротехнических сооружений с повышенными требованиями к физико-механическим характеристикам эффективно применение бетонополимеров, полимерцементных и полимерных бетонов, фибробетонов. К *бетонополимерам* относят бетоны, пропитанные полимерными веществами или мономерами с последующей их полимеризацией. Бетонополимеры

входят в группу «П-бетонов», объединяющую различные виды бетонов, в которых используются полимеры как в качестве добавки, так и в качестве основных компонентов.

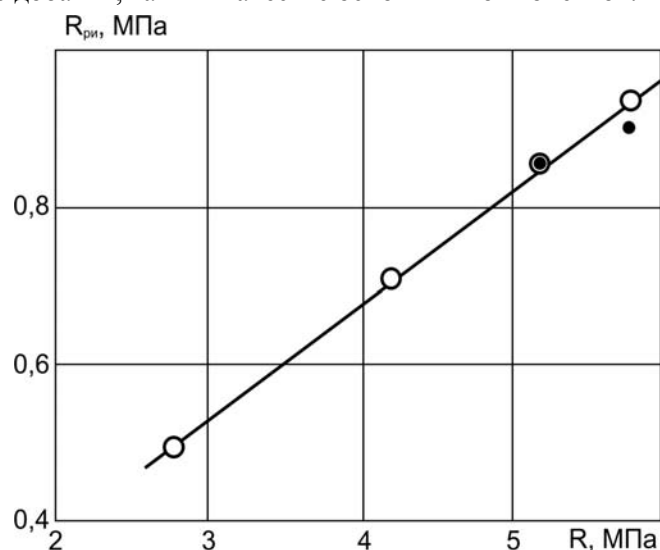


Рис. 31.4. Зависимость прочности на растяжение при изгибе крупнопористого бетона от прочности при сжатии

Бетонополимеры классифицируют в зависимости от вида пропитывающего материала: мономеров (стирола, метилметакрилата и др.), вязких органических материалов (битумов, парафина и др.), полимерных веществ. К бетонополимерам по технологии и ряду свойств близки бетоны, пропитанные серой и жидким стеклом.

Бетонополимеры получают путем пропитки предварительно высушенного бетона. Наиболее распространен конвективный способ сушки бетона в струе нагретого воздуха, при котором влага испаряется в результате разницы парциальных давлений водяного пара на поверхности бетона и в среде теплоносителя. Такой способ сушки может вызвать напряжения, связанные с температурными и влажностными градиентами, появление трещин. Возможно применение радиационной, контактной и высокочастотной сушки бетона. Для более полного удаления влаги из предварительно высушенных изделий их подвергают вакуумированию в специальных контейнерах. Монолитный бетон вакуумируют с помощью вакуум-щитов. Остаточное давление при вакуумировании, как правило, не превышает 0,13 МПа и зависит от типа вакуум-насосов. Пропитка бетона мономерами возможна при вакуумировании, повышенном или нормальном давлении (рис. 31.5). В последнем случае необходимая продолжительность пропитки длится несколько часов, в то время как избыточное давление 0,1...1 МПа позволяет сократить ее до 1...2 ч.

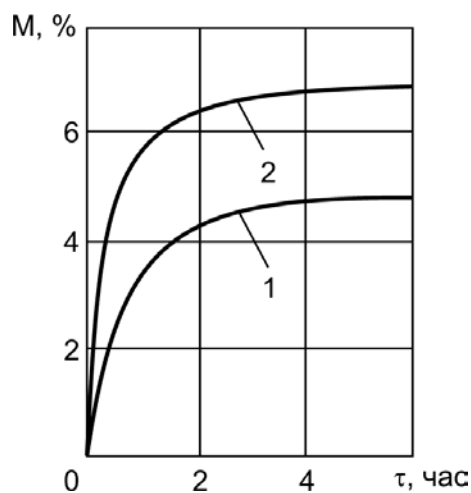


Рис. 31.5. Кинетика пропитки бетона мономером (M):

1 – капиллярная пропитка при нормальном давлении; 2 – пропитка с вакуумированием

При пропитке бетона изменяется его структура, в первую очередь существенно уменьшается открытая капиллярная пористость, уплотняется контактная зона цементного камня с заполнителями. В результате уменьшается водопоглощение и существенно растет прочность, улучшаются другие

физико-механические свойства (рис. 31.6). При этом бетоны более низкой прочности характеризуются более высоким коэффициентом упрочнения ($K_{упр}$).

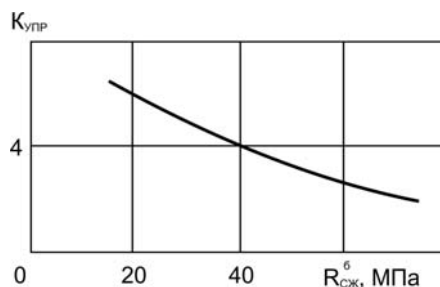


Рис. 31.6. Влияние прочности бетона на коэффициент упрочнения бетонополимера ($K_{упр}$)

Пористость плотного бетона колеблется в пределах 6–20 %, объем пор диаметром более 1 мкм может достигать 2...3 %. Снижение пористости бетона на 10 % повышает его прочность примерно в 2 раза.

Особенности пористой структуры материала обуславливают выбор пропитывающих составов и режимов обработки. Менее вязкие составы могут проникнуть в более тонкие поры и капилляры, однако с их помощью трудно обеспечить омоноличивание крупных пор и дефектов.

В таблицах 31.4, 31.5 приведено сравнение свойств исходного бетона и бетона при пропитке метилметакрилатом с последующей полимеризацией.

Таблица 31.4

Свойства бетона и бетонополимера

Показатель	Исходный бетон	Бетонополимер
Предел прочности, МПа:		
при сжатии	30...50	100... 200
растяжении	2...3	6...19
изгибе	5...6	14...28
Модуль упругости при сжатии, МПа	$2,5 \cdot 10^4 \dots 3,5 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^4 \dots 5 \cdot 10^4$
Предельная деформация при сжатии	0,001	0,002
Прочность сцепления с арматурой, МПа	1...2	10...18
Динамическая прочность при растяжении ($\tau=10^3$ МПа с)	7	30
Деформация усадки	$50 \cdot 10^{-5}$	$0 \dots 5 \cdot 10^{-5}$
Деформация ползучести	$(40 \dots 60) \cdot 10^{-5}$	$(6 \dots 8) \cdot 10^{-5}$
Электрическое сопротивление, Ом	10^5	10^{14}
Водопоглощение, %	3...5	1
Морозостойкость, циклы	200	5000
Коррозионная стойкость к сульфатам и кислотам	Недостаточная	Высокая

Ползучесть и усадка бетонополимера в несколько раз меньше, чем исходного бетона. Водопоглощение при полной пропитке уменьшается в 5...6 раз и достигает менее 1 % по массе. Пропитка бетона практически полностью исключает разрушающее воздействие на структуру бетона давления льда и гидравлического давления воды, что приводит к соответствующему повышению устойчивости материала в условиях попеременного замораживания и оттаивания. Пропитанный полимерами бетон не проявляет признаков разрушения в сульфатных, магниезиальных, солевых и щелочных средах, имеет значительно более высокую кислотостойкость.

Таблица 31.5

Влияние вида полимера на прочность бетонополимера

Вид полимера	Расход полимера, %	Прочность, МПа				Модуль упругости, МПа 10^4	
		при сжатии		при растяжении		Р	Т
		Р	Т	Р	Т		
Контрольный без полимера	–	36,52		2,9		2,42	
Полиметилметакрилат	4,6...6	140	126	11,3	10,5	4,37	4,3
Полистирол	4,2...6	97	61	7,6	5	4,37	3,6
Акрилонитрил	3,2...6	100	75	7,2	6	4,1	2,92
Хлорстирол	4,9...6,9	111	100	7,8	8,3	3,88	2,88

Примечание. Р – радиационная полимеризация; Т – термokatалитическая полимеризация.

Заполнение пор бетона полимерами приводит к существенному улучшению износостойкости при стирании, кавитационной стойкости, сопротивления динамическим нагрузкам.

Бетонополимеры – перспективные материалы для получения высокопрочных и долговечных изделий и конструкций – труб, колонн, плит водосбросов, элементов мостов, тоннелей, деталей градирен, морских сооружений.

Полимерцементными называются бетоны, модифицированные полимерными добавками. Первый патент на применение полимерцемента был получен Крессоном в 1923 г.

В качестве полимерных добавок в цементных системах применяют:

– эластомеры – синтетические каучуки (бутадиенстирольный, хлоропреновый, дивинилстирольный);

– термопласты (поливинилацетат, сополимеры винилацетата, поливинилхлоропрен и др.);

– реактопласты (эпоксидные, фурановые, полиэфирные и др.);

– водорастворимые смолы (диэтиленгликоль, мочевиноформальдегиды, ацетонформальдегиды).

Дисперсии эластомеров и термопластов в полимерцементную смесь вводят обычно в количестве 10...20 % от массы цемента, водорастворимые смолы – 1...3 %. Для предотвращения коагуляции эластомеров при смешивании их с цементом необходимо введение стабилизаторов (гидрофильных коллоидов, электролитов). Водорастворимые смолы применяют без или с отвердителем и вводят в воду затворения.

Вододиспергирующие и водорастворимые полимеры, как правило, обладают пластифицирующим и воздухововлекающим действием. Модифицированные цементные смеси отличаются от обычных повышенной водоудерживающей способностью, которая увеличивается с ростом полимерцементного отношения. Большой водоудерживающей способности полимерцементных смесей способствуют гидрофильность и коллоидные свойства полимеров. Это дает возможность значительно улучшить удобоукладываемость, предотвращать высыхание, достигать хорошего сцепления с пористыми основаниями.

Подвижность полимерцементных смесей растет как с увеличением полимерводоцементного, так и полимерцементного отношения. В большинстве модифицированных составов наблюдается значительное воздухововлечение при действии ПАВ, имеющихся в полимерных добавках в виде эмульгаторов и стабилизаторов.

Схватывание цемента в бетонах, модифицированных полимерной добавкой, обычно замедляется по мере увеличения полимерцементного отношения, особенно при наличии в полимерах добавок ПАВ, которые замедляют процессы гидратации.

Повышение прочности цементных бетонов на растяжение и их деформативность – один из основных результатов введения полимерных добавок. При введении добавок поливинилацетата (ПВА) и латексов возможно увеличение прочности при изгибе в 2...3 раза. Наблюдается также рост предельной растяжимости и сцепления с поверхностью старого бетона и арматуры. Так, введение ПВА в качестве добавки к растворам повышает растяжимость до 2 раз. Однако этот эффект ощущается лишь в воздушно-сухих условиях твердения. В отличие от ПВА добавки водорастворимых смол положительно влияют на растяжимость как при сухих, так и при водных условиях твердения, хотя величина этого эффекта и менее значительна.

Прочность при сдвиге, характеризующая клеящую способность при введении полимерных добавок, увеличивается в 3...8 раз. Существенным также является увеличение ударной прочности, устойчивости к истиранию, водонепроницаемости и коррозионной стойкости.

Поливинилацетатцементный бетон, хранившийся в условиях 50%-ной влажности при полимерцементном отношении П/Ц=0,05, имеет в 3 раза большую устойчивость к истиранию, чем обычный бетон. При П/Ц=0,1 и П/Ц = 0,2 этот показатель соответственно возрастает в 12 и 20 раз.

Для полимерцементных материалов характерна повышенная усадка. При полимерцементном отношении 0,15 для бетона с добавкой ПВА усадка примерно на 25 % выше усадки обычного бетона. Величина усадки зависит прежде всего от содержания воды в полимерной дисперсии, в меньшей степени от вида полимера.

При хранении в воде образцы из бетона с добавкой ПВА набухают в несколько раз сильнее обычных цементных бетонов. В отличие от полимерных дисперсий добавки водорастворимых смол приводят к заметному снижению деформаций усадки и набухания. При повышенных дозах полимеров, особенно в условиях увлажнения и повышения температуры, существенно возрастает ползучесть. Снижение пористости и заполнения пор полимерами, а также вовлеченным воздухом приводит к повышению морозостойкости бетонов.

К эффективным бетонам для защитных облицовок и других конструкций, которые обладают высокой коррозионной, износо- и кавитационной стойкостью, относятся *полимерные* бетоны, вяжу-

щими в которых служат синтетические полимеры. Для рассматриваемой группы материалов, отличающихся от других пластмасс высоким содержанием минеральных наполнителей и заполнителей, в качестве связующих применяют преимущественно термореактивные полимеры – карбамидные, полиэфирные, фурановые, полиуретановые, эпоксидные. В значительно меньшей степени применяют термопластичные полимеры – инден-кумароновые, акрилатные, перхлорвиниловый. Наиболее широкое применение получили фурановые, полиэфирные и карбамидные смолы.

Твердение полимербетонов на основе термореактивных смол осуществляется при обычной температуре, а иногда с подогревом и, как правило, при введении отвердителей. Наиболее распространены в качестве связующих для полимербетонов фурановые смолы. К ним относят продукты конденсации фурфурола и фурфурилового спирта с фенолами и кетонами. Фурановые смолы в отличие от других полимерных вяжущих отличаются значительно меньшей стоимостью.

Накопленный положительный опыт применения фурфуролацетонового мономера (ФА) – жидкости с температурой кипения 160...240 °С, которая нерастворима в воде, но растворима в кетонах, сложных эфирах и т. д. Отверждение мономера ФА и других фурановых смол (ФАМ, 2ФА, 4ФА, и др.) происходит при наличии сульфокислот, сульфохлоридов и др.

Обязательным требованием к заполнителям на основе фурановых смол является их длительная устойчивость в кислой среде, если учесть наличие в полимербетоне кислого отвердителя. Использование заполнителей, реагирующих с кислотами (известняки, доломиты, асбест и др.), недопустимо. Для полимербетонов на полиэфирных и эпоксидных смолах основность заполнителя не имеет решающего значения.

Существенное влияние на свойства полимербетонов наряду с заполнителем осуществляют дисперсные минеральные наполнители. Они способны к сравнительно интенсивному адсорбционному и адгезионному взаимодействию с синтетическими полимерами, что открывает возможности регулирования свойств полимербетонов. Прочность полимербетонов на сжатие на основе фурановых, полиэфирных и эпоксидных смол колеблется в интервале 50...125, на изгиб 15...40 и растяжение 8...16 МПа. Применяют два способа отверждения полимербетонов: на холоде, то есть при обычных температурах, и при подогреве до 40...80 °С. В первом случае материал достигает необходимой прочности через несколько дней, во втором – уже через несколько часов после укладки. В интервале температур до 100 °С предел прочности и модуль упругости уменьшаются пропорционально повышению температуры. Сопrotивление истиранию полимербетонов зависимости от вида полимерных вяжущих изменяется от 0,001 до 0,04 г/см² (табл. 31.6).

Таблица 31.6

Истираемость различных материалов

Материал, его состав	Прочность, МПа при		$\frac{R_p}{R_{сж}}$	Истираемость, г/см ²
	сжатию $R_{сж}$	растяжении R_p		
Чугунбетон (цемент:песок:чугунные опилки:вода) 1:1,5:0,3	50	6,06	0,122	0,10
Сталобетон* 1:2:0,3:0,37	33	3,88	0,107	0,24
Полимербетон**	70	14	0,20	0,16
Дуб, бук, клен после пропитки антисептиком	–	–	–	0,37
Базальт	–	–	–	0,064
Гранит	–	–	–	0,03
Сталь (Ст. 3)	–	–	–	0,023

Примечание: * В сталобетон вводили стальную стружку.

** Состав полимербетона: эпоксидная смола ЭД-6 (0,14 мас. ч), андезитовая мука (1 мас. ч), полиэтиленполиамин (10 % массы смолы), дибутилфталат (20 % массы смолы).

Для полимербетонов на основе мономера ФА и кварцевого песка сопротивление истиранию в 2...5 раз выше, а при применении гранитного щебня в 20...25 раз, чем для цементного бетона. Ударная и кавитационная прочность полимербетонов также в несколько раз выше, чем в цементных.

Существенно повысить удельную прочность бетона, особенно при растяжении и изгибе, трещиностойкость, стойкость к ударным и вибрационным воздействиям можно благодаря его дисперсному армированию короткими отрезками (фиброй) различных волокон.

Применение *фибробетона* позволяет:

– реализовать эффективные конструктивные решения, например тонкостенные конструкции без стержневой или сетчатой распределительной арматуры;

– снизить трудоемкость арматурных работ и повысить степень механизации и автоматизации производства армированных конструкций;

– применить новые, более продуктивные способы формирования армированных конструкций, например, пневмонабрызг, роликовое формование и др.

Наиболее распространен фибробетон на портландцементе, армированный стальным волокном, – *сталефибробетон*. Стальное волокно обычно представляет собой отрезки проволоки, в том числе из отработанных канатов. Фибра может иметь различное поперечное сечение – круглое, овальное и другое диаметром от 0,2 до 1,6 мм и длину от 10 до 160 мм. Поверхность фибры может быть профилированной, травленной и, как исключение, гладкой. Расход фибры, вводимой в бетон, в большинстве случаев колеблется от 0,5 до 2 % по объему. Введение в бетон стальной фибры в количестве 1...1,5 % по объему увеличивает его прочность на растяжение до 100 %, прочность на изгиб на 150...200 %, прочность на сжатие на 10...25 %. За счет более высокой трещиностойкости сталефибробетон имеет повышенную в 1,5...2 раза морозо-, жаро-, огнестойкость, водонепроницаемость. Важными показателями сталефибробетона являются повышенная износостойкость, ударная и динамическая устойчивость. Так, износостойкость сталефибробетона увеличивается на 30..50 %, а сопротивление удару в 10...12 раз.

Наряду с сталефибробетоном в строительстве применяют *стеклофибробетон* (стеклоцемент), который дает возможность дополнительно существенно снизить массу конструкций, увеличить их прочность при растяжении и изгибе. Стеклофибробетон получают при добавлении в цементное тесто или цементно-песчаный раствор лугостойкого волокна в количестве до 5 % по массе. Прочность на растяжение и изгиб армированного стеклом раствора превышает прочность неармированного раствора в 2...3 раза даже после 10 лет хранения на воздухе. Максимальная деформация предельного растягивающего усилия в стеклоармированном растворе в 10 раз больше, чем в неармированном.

Армирующими материалами стеклофибробетона служат тросы и жгуты из тонких стеклянных нитей, сетки из бесщелочного стекловолокна. Применяют также волокно, полученное вытягиванием из базальтового расплава, и волокна из пропилена и других синтетических полимеров.

31.2. Минерально-ресурсная база строительной индустрии Полесья

Ровенское Полесье богато месторождениями ценного минерального сырья, пригодного, в частности, для производства эффективных строительных материалов. В области сосредоточено значительное количество карьеров и промышленных предприятий строительной индустрии. Кроме того, северная часть области покрыта лесами, поэтому регион является сырьевой базой и для деревообрабатывающей промышленности. Однако производственная деятельность промышленных предприятий приводит к образованию значительного количества техногенных отходов. Для их хранения заняты значительные площади, которые могли бы быть использованы для сельскохозяйственного производства. Накопленные отвалы загрязняют окружающую среду, ухудшают экологическую обстановку.

В то же время значительная часть образованных отходов вполне может быть использована для производства современных строительных материалов, в частности природных каменных материалов, вяжущих веществ, отделочных материалов и изделий из древесины, керамических изделий. Использование техногенных отходов позволяет не только решить проблему их утилизации, но и может существенно снизить ресурсо- и энергоемкость производства новых строительных изделий. Кафедра технологии строительных изделий и материаловедения Национального университета водного хозяйства и природопользования на протяжении многих лет работает над проблемой ресурсо- и энергосбережения при производстве эффективных строительных материалов из местного сырья и техногенных продуктов. Охарактеризуем кратко сырьевую базу региона, которая может быть использована для производства строительных материалов и изделий.

Территория Ровенского Полесья находится на границе Украинского кристаллического щита и Волынского-Подольской плиты. В северной части региона значительную площадь занимают участки, подвергшиеся воздействию древнего ледника. Эти факторы и обуславливают сырьевую ресурсную базу строительной индустрии региона. В частности, в местах выхода на поверхность или неглубокого залегания Украинского щита есть большие залежи твердых кристаллических пород – гранитов, базальтов, лабрадоритов и др. На северо-востоке области на доступной для открытой разработки глубине разведаны 8 месторождений облицовочного камня с общими запасами 16,5 млн м³. Практическое значение имеют декоративные розовые и голубовато-серые граниты Клесовского и Осмалинского месторождений, которые в настоящее время разрабатываются и частично используются для изготовления облицовочных и дорожных изделий. Разработку этих гранитов можно значительно расширить, а также увеличить добычу темного декоративного камня – выровских диоритов, диабазов и габброидов.

дов. Однако в основном гранит измельчается на щебень с образованием значительного количества отсевов дробления, которые накапливаются в отвалах на значительных площадях.

В центральной и северной частях Ровенской, в районе г. Костополь и пгт. Рафаловка сосредоточены большие запасы столбчатых базальтов. В пределах области разведано 6 месторождений базальтов с запасами около 45 млн м³, из которых 4 разрабатывают с объемом возможной годовой добычи около 800 тыс. м³. Базальт перерабатывают на бутовый камень и щебень, применяют в производстве дорожно-строительных изделий и в качестве сырья для производства минеральной ваты (базальтовая крошка). Мировая практика, как показали отечественные исследования, позволяет более рационально использовать базальты в виде сырья для изготовления высококачественных теплоизоляционных материалов, каменного литья. Изделия из базальтового волокна долговечны, термо- и кислотостойки, имеют низкую плотность.

Сопутствующей породой при добыче базальтов являются базальтовые туфы, которые, кроме ценных адсорбционных свойств могут служить сырьем в цементной и керамической промышленности. Однако сегодня базальтовые туфы в строительной отрасли не используются.

Всего в области детально разведано 35 месторождений строительного камня, в настоящее время разрабатывается 19. Остаточные разведанные запасы (500 млн м³) строительного камня обеспечивают дальнейшее развитие данного производства. В центральной части и на юге области сосредоточены значительные запасы мела, который используется для производства вяжущих веществ (известь, цемент). Обогащенный каолин Дерманькивского месторождения начали использовать для производства эффективной добавки к бетону – метакаолина. Имеются также значительные запасы кварцевого песка и кирпично-черепичного сырья. Впрочем, последние в большинстве случаев не отличаются высокими керамико-технологическими свойствами, что позволяет изготавливать только полнотелый кирпич.

31.3. Использование отходов и побочных продуктов промышленности нерудных материалов

31.3.1. Заполнители из отсевов камендробления. Основная масса отходов нерудных материалов пригодна для переработки на щебень, песок и каменную муку. Эксплуатационные расходы на получение заполнителей из отходов, например щебня, в 2...2,5 раза ниже, чем в специализированных карьерах. При разработке современной технологической схемы производства заполнителей бетонов и растворов предусматривается ряд дополнительных операций по сортировке, очистке и, при необходимости, измельчению отходов.

Отходы очищаются сухими или мокрыми способами. Сухие способы основаны на измельчении примесей ударом или стиранием в среде холодных или горячих газов и последующим их отделением от каменного материала грохочением, пневматическими методами и т. д.

Мокрые способы (рис. 31.7) предусматривают отделение примесей мокрым грохочением на конечных стадиях производства. Мокрое просеивание рационально для удаления легко отделимых примесей. При этом при помощи специальных классификаторов с отходов можно выделить чистые фракции песка.

Промывание отходов измельчения с загрязнением выше 10 % в обычных мойках корытного типа малоэффективно. Эффективным методом промывки является виброакустический метод, основанный на максимальной концентрации энергии для дезинтеграции глинистых пород при совмещении низкочастотного вибрационного и акустического воздействия. В качестве источника виброакустического воздействия используют низкочастотные гидроакустические приборы. Например, при средней загрязненности исходного сырья 12,45 % виброакустическая установка уменьшает загрязненность продукции до 0,6 %. В то же время при загрязнении сырья 2,7 % корытная мойка позволяет уменьшить загрязнение продукции только до 0,76 %. Использование виброакустических установок дает возможность перерабатывать отходы с загрязненностью до 40 % и более.

Разработаны и успешно апробированы в промышленности промывочные машины струйного типа и вибровакуумообезвоживающие устройства. Последние за счет вакуум-отсоса, дополняющего обычное виброобезвоживание, снижают конечную влажность продукта до 11...13 %, что позволяет его транспортировку конвейерным транспортом.

Основными потребителями отсевов дробления в настоящее время являются дорожно-строительные организации, использующие отсеvy в асфальтобетонных смесях в качестве мелкого заполнителя. Пылевидная составляющая отсевов из основных изверженных пород позволяет частично заменить минеральный порошок из карбонатных пород.

Поскольку большая часть отсевов имеет модуль крупности 3,2...3,6, они используются как «укрупняющая» добавка к мелким пескам в цементных бетонах различного назначения. Используя

отсевы, удается подбирать оптимальные составы бетонов и растворов, которые обеспечивают заданные строительно-технические свойства при минимальной стоимости.

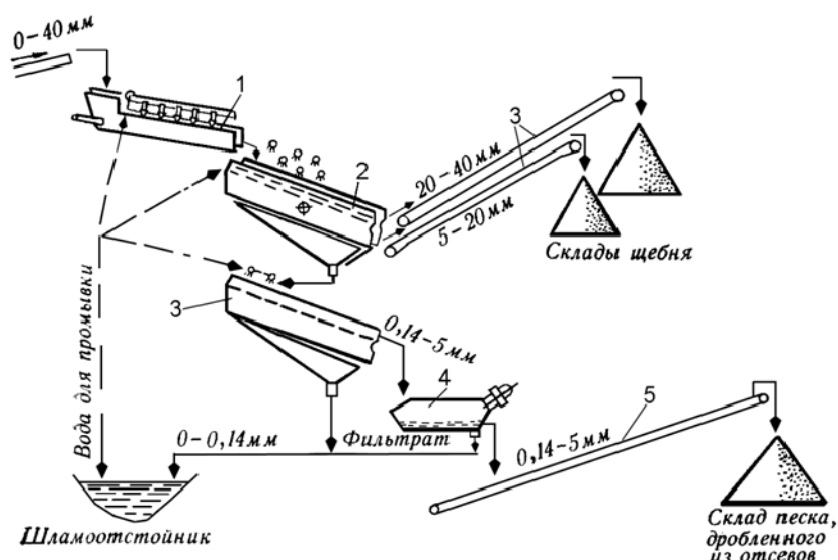


Рис. 31.7. Схема переработки отсевов дробления:

1 – машина для промывания; 2, 3 – грохоты; 4 – вибровакuumообезжоживатель; 5 – конвейеры

Отсевы дробления значительно отличаются по форме и характеру поверхности зерен, минеральному и зерновому составу (по сравнению с природными песками) и имеют более высокие значения водопотребности и пустотности, что затрудняет их использование в бетонах.

В строительной индустрии используют чаще естественный песок для производства бетонов и растворов, асфальтобетонов и т. п. Объемы потребления песка составляют почти 45 % от объемов потребленного щебня. Песчаные карьеры негативно влияют на окружающую среду, и в первую очередь на водоемы – заплавы рек, озера.

Альтернативой естественным пескам могут быть искусственные пески из отсевов дробления, обогащенные мокрым способом в спиральных классификаторах. Недостатками технологий обогащения отсевов, используемых на большинстве карьеров, являются сезонность работ, высокая энерго- и водопотребность, необходимость в шламохранилищах и пластинчатая форма частиц песка.

Реализована на практике технология сухой воздушной классификации отсевов с использованием каскадно-гравитационных классификаторов. В них применен способ разделения в воздушном потоке мелкозернистых и песчаных материалов по крупности и плотности частиц за счет взаимодействия двух противоположно направленных сил: гравитации, действующей на частицы исходного материала, и восходящего воздушного потока. На таких аппаратах можно классифицировать сыпучие материалы максимальной крупностью до 10 мм и влажностью до 6 % с разделением на 2–3 класса, то есть с получением 2–3 продуктов.

Водопотребность песка из отсевов изменяется в пределах 9...18 % и зависит от зернового состава, формы зерен, содержания пылевидных и глинистых частиц.

Пустотность отсевов дробления, состоящих преимущественно из крупных фракций, изменяется в пределах 40...50 %, то есть значительно превышает пустотность песков (35...40 %). Снижение пустотности отсевов может быть достигнуто при совместном использовании в качестве мелкого заполнителя бетона отсевов и мелких (или очень мелких) песков.

Сравнительные испытания бетонов на прочность при изгибе и растяжении, водонепроницаемость и морозостойкость показали, что свойства бетонов с использованием обогащенных отсевов дробления изверженных пород практически те же, что и в бетонах на природных песках. Перспективно использовать некоторые фракции песка из отсевов в ячеистых бетонах.

Отсевы переработки изверженных и метаморфических пород нередко имеют декоративные свойства. Такие материалы используют для получения декоративных растворов и бетонов.

Перспективным направлением в использовании отсевов дробления являются сухие строительные смеси. При их изготовлении наибольшая потребность во фракциях 0,63...1,25 мм, 0,315...0,63 мм, 0,16...0,315 мм. Введение таких наполнителей улучшает ряд показателей сухих смесей. Установлено, что 18...25 % отсевов дробления изверженных пород составляют фракции менее 0,16 мм с высокой удельной поверхностью, которые не требуют дополнительного помола.

Отсевы дробления могут найти применение в качестве компонентов шихты также при производстве строительной керамики и огнеупоров. Продукты переработки отсевов узких классов крупности используют для заполнения водоочистительных фильтров, при изготовлении электрокерамических изделий и др.

31.3.2. Использование отходов обработки горных пород. Направления использования отходов, получаемых при добыче и обработке облицовочного материала из природного камня, зависят от их крупности, физико-механических и технологических свойств.

Отходы, образующиеся при добыче блоков из гранита и других высокопрочных пород, используют для получения декоративного щебня и песка. Для переработки отходов в нерудные материалы можно использовать передвижные дробильно-сортировочные установки, выпускаемые промышленностью.

Установлена эффективность выпуска мозаичных плит на основе отходов камнеобработки. Плиты изготавливают в металлических формах с мелких обломков камня на цементном растворе. При достижении 50...70 % марочной прочности их шлифуют и полируют.

Реализована промышленная технология изготовления искусственных блоков на основе каменной крошки с последующим их распиливанием на отдельные плиты толщиной 20...30 мм. Декоративный эффект достигается использованием в качестве вяжущего белого портландцемента с наполнителем из каменной муки. Бетонная смесь заливается в блок-формы и уплотняется на виброплощадке. Для ускорения процесса затвердевания блоки пропаривают по обычным режимам до достижения ими 70...80 % марочной прочности, после чего их распиливают на плиты и подвергают механической обработке (шлифовке). Качество мозаичных плит зависит от гранулометрического состава заполнителя.

Отходы производства камнедробильных заводов, перерабатывающих базальты и другие излившиеся горные породы, можно использовать для получения глазури и других плавящихся материалов. С использованием стеклокристаллических базальтовых отходов разработана технология производства глазури для фасадной строительной керамики, кислотостойких керамических изделий и электрофарфора. Базальтовые глазури могут заменять глазури на основе многокомпонентных шихт, включающие ряд дефицитных материалов: полевые шпаты, каолин, буру, соду, соединения бария, стронция, циркония.

31.3.3. Вяжущие материалы. При определенном химико-минералогическом составе отходы дробления горных пород могут быть использованы для получения различных вяжущих материалов. Отсев базальтов, получаемых при производстве щебня, можно применять как железосодержащую корректирующую добавку при обжиге клинкера. Содержание оксидов железа в базальтах составляет 15...17 %. Поэтому его количество, вводимое в сырьевую смесь, в 2–3 раза больше, чем пиритных огарков. При этом в шихте уменьшается значительное количество глинистого компонента, что благоприятно влияет на энергоемкость технологического процесса, так как при сухом способе не требуется высокой тонкости помола сырьевой смеси, а при мокром – на 1,5...2,5 % уменьшается влажность шлама.

Введение базальта во вращающуюся печь выполняется в виде крупки при одновременной подаче молотой сырьевой смеси с повышенным коэффициентом насыщения, а также в составе двухкомпонентной немолотой смеси взамен части молотого сырья, что позволяет повысить производительность печи на 29...30 %. Возможность обжига немолотых двух- и трехкомпонентных сырьевых смесей с базальтом доказана исследованиями, проводившимися на Днепродзержинском и Здолбуновском цементных заводах.

Температура обжига клинкера при замене глинистого компонента базальтовой породой снижается примерно на 70 °С, соответственно на 10 % уменьшается расход топлива. Клинкер из базальто-содержащей сырьевой смеси характеризуется высоким содержанием алюмоферритов кальция, придает цементам ряд ценных свойств, таких как повышенная розмолоспособность, устойчивость против сульфатной агрессии, пониженное тепловыделение и повышенная прочность при изгибе.

Испытания исследуемых цементов показали, что они удовлетворяют требованиям к тампонажным цементам как для горячих, так и для холодных скважин. Для них характерны незначительные деформации усадки и набухания, устойчивость к воздействию попеременного увлажнения и высыхания.

С сырьевых смесей с базальтом можно получить и белитовые цементы, отличающиеся пониженной температурой обжига (1250...1300 °С). Дополнительная активация таких вяжущих происходит при введении в сырьевую смесь фосфогипса. При этом устраняется основной недостаток белитовых вяжущих – низкая прочность в ранние сроки твердения. Низкообжиговые сульфобелитовые цементы получают с марочной прочностью до 50 МПа.

К вяжущим *контактно* твердения, для получения которых могут быть использованы отходы горно-добывающей отрасли промышленности, относятся вяжущие контактно-конденсационного твердения, петроцементы, геополимеры. Все эти вяжущие материалы пока не нашли широкого применения, но являются перспективными, поскольку их технология характеризуется невысокими энергетическими затратами, достаточно проста и предполагает способность твердеть и образовывать искусственный камень значительного количества дисперсных минеральных материалов.

Твердение вяжущих *контактно-конденсационного* твердения рассматривается с позиций теории конденсации, в основу которой положена идея о том, что дисперсные вещества вследствие своей энергетической нестабильности имеют конденсационные свойства, которые уменьшаются по мере уменьшения свободной энергии этих веществ. Контактно-конденсационное твердение как проявление перехода дисперсной системы в камнеподобное состояние характеризуется рядом особенностей. Оно реализуется только в тех случаях, когда структура вещества является нестабильной и находится в аморфном или субмикроструктурном состоянии. Необходимым условием контактного твердения является достаточная степень сближения микрочастиц, что достигается прессованием. Характерными признаками контактов между дисперсными микрочастицами являются их водостойкость и восстанавливаемость после разрушения при повторном сближении.

Способностью к контактно-конденсационному твердению отличается группа силикатных и алюмосиликатных веществ как природного, так и искусственного происхождения, продукты их гидратации и дегидратации, взаимодействия гидроксидов щелочных и щелочно-земельных металлов с гранитом, базальтом, перлитом и др. Давление прессования при контактно-конденсационном твердении может изменяться в широких пределах – от 20 до 1000 МПа и более. Прочностные характеристики контактно-конденсационных вяжущих находятся в диапазоне 40...60 МПа, а при больших значениях давления прессования могут быть и более высокими.

С использованием минеральных отходов разработаны технологии производства кирпича, плиток, элементов дорожного покрытия и других изделий.

Ряд тонкомолотых горных пород способен твердеть в прессованном состоянии, особенно при введении добавок-активаторов (щелочей, шлаков, сульфатов и др.), такие композиции называют *петроцементами*, или *геоцементами*.

В опытах В. М. Юнга была показана возможность твердения предварительно увлажненных порошков таких горных пород, как серпентинит, магнетит, кварцит, роговая обманка и др. Породы измельчали практически до полного прохождения через сито 4900 отв./см². В возрасте 28 суток образцы имели прочность около 10 МПа, а при использовании добавок извести и гипса – до 15 МПа. Твердение дисперсных силикатных пород, в том числе с добавками, В. М. Юнг объяснял их способностью к образованию тонких поверхностных пленок гелеобразной гидратированной массы. На способность к твердению измельченных минеральных материалов положительно влияют процессы механоактивации, вызывающие увеличение значения поверхностной энергии за счет разрыва межатомных связей и образование новых поверхностей.

В таблице 31.7 приведены данные, полученные в Национальном университете водного хозяйства и природопользования при исследовании прочности сульфатно-активированных прессованных порошков гранита.

Таблица 31.7

Зависимость прочности сульфато-активированных гранитных порошков от содержания добавки гипса

Содержание добавки, %	Предел прочности при сжатии, МПа							
	Вид добавки							
	Фосфогипс				Гипсовый камень			
	2 часа	1 сутки	7 суток	28 суток	2 часа	1 сутки	7 суток	28 суток
0	3,4	4,6	5,9	6,2	-	-	-	-
2,5	8,7	12,2	15,5	15,8	8,2	13,8	15,8	15,7
5	11,2	16,3	26,0	26,5	11,3	16,9	26,4	26,5
10	13,8	22,1	32,5	34,9	13,2	22,0	29,7	32,0
20	14,6	22,9	38,0	40,7	13,7	24,3	37,1	38,2
30	16,3	23,8	40,3	41,5	16,0	25,0	39,1	39,3

Примечание: давление прессования – 100 МПа.

Возможность контактного и контактно-конденсационного твердения диспергированного минерального сырья открывает перспективы получения новых строительных материалов по энергосберегающим технологиям

31.3.4. Базальтовый туф как сырье для производства строительных материалов. Вдоль западного склона Украинского кристаллического щита через Хмельницкую, Ровенскую и Волынскую области прослеживается полоса залегания вулканических туфов, выходящих на дневную поверхность в базальтовых карьерах Ровенской области. Эти туфы состоят из минералов ряда монтмориллонит-нонтронит, сапонитов и цеолитов и получили название базальтовых. Они могут найти применение во многих отраслях хозяйства. В частности, выполненные ранее исследования доказали пригодность таких туфов для производства строительной керамики, что для бедного на качественное керамическое сырье Ровенского региона очень важно.

Кирпич на основе базальтовых туфов имеет высокую прочность и декоративные качества, относительно низкое водопоглощение и может использоваться как облицовка. Наиболее приемлемыми в качестве керамического сырья являются туфы Полицкого и Берестовецкого месторождений. Изготовление лицевого кирпича и плитки из туфа возможно полусухим способом при относительно низких энергозатратах.

Однако химический и минералогический состав базальтовых туфов даже одного месторождения заметно отличается, что приводит к нестабильности свойств керамики. Основными ее недостатками являются значительная огневая усадка и низкая трещиностойкость, обусловленные высоким содержанием стекловидной фазы. Одним из путей преодоления указанных недостатков можно назвать добавление к туфам отощителей (отсевы дробления горных пород, песок, каменная пыль) в количестве 10...30 %. При этом усадка изделий существенно снижается.

Значительное снижение усадки наблюдается при добавлении к туфу молотого известняка в количестве до 15 %. Однако при этом снижается прочность и возможно образование «дутиков». Добавка к туфу глины или суглинка в количестве до 25 % улучшает формовочные свойства массы и не приводит к значительному уменьшению прочности.

Возможно также применение не двойных, а тройных систем с использованием базальтового туфа, то есть системы «базальтовый туф – глина – отощитель». Такая система выбрана потому, что глина должна выполнять роль связки в смеси каменных материалов (туф – отощитель). При обжиге она также может создавать дополнительный кристаллический каркас. Отощитель препятствует образованию при обжиге жидкой фазы, разбавляя ее.

Анализ результатов исследований, выполненных на кафедре ТБВиМ, позволяет сделать следующие выводы:

- добавление к базальтовому туфу типичной монтмориллонитовой глины в количестве до 20–40 % незначительно снижает прочность керамики как при наличии, так и при отсутствии отощителя. Усадка изделий также уменьшается при содержании глины до 25 %, далее может несколько возрасти;
- добавление базальтовой пыли существенно снижает как усадку, так и прочность образцов;
- образцы, содержащие туф, глину и пыль, не имеют трещин, в то время как образцы из туфа и пыли обычно содержат мелкие трещины;
- оптимальным составом шихты, который обеспечивает достаточную прочность и минимальную усадку, является содержание глины 20...25 %, каменной пыли – 10...15 % при температуре обжига 1000 °С;
- для производства полнотелого кирпича, когда даже несколько повышенная усадка, как правило, не приводит к появлению трещин, можно рекомендовать двухкомпонентную шихту состава «базальтовый туф – глина (суглинок)» в соотношении (80...85): (15...20). Учитывая близость к Берестовецкому карьере Лисопильского кирпичного завода, можно рекомендовать совместное использование базальтового туфа и местного умеренно пластичного суглинка.

31.4. Материалы и изделия на основе отходов переработки древесины и другого растительного сырья

31.4.1. Общая характеристика отходов древесины. Кондиционная древесина становится все более дефицитным материалом в строительстве. Использование отходов заготовки и переработки древесины является важнейшим источником удовлетворения потребностей строительства в эффективных строительных материалах. Анализ потребления древесины показывает, что ее заготовка и переработка сопровождаются огромными потерями. До 50 % всей перерабатываемой древесины составляют отходы, большая часть которых сжигается или вывозится в отвалы. Утилизация отходов древесины, с одной стороны, позволяет удовлетворить потребности строительства во многих конструктив-

ных, отделочных и теплоизоляционных материалах, которые по техническим свойствам в ряде случаев превосходят пиломатериалы, а с другой – существенно сократить объемы вырубki леса.

Отходы древесины образуются на всех стадиях ее заготовки и переработки. Отрасли промышленности по заготовке, обработке и переработке древесины можно разделить на три группы: лесозаготовительная, первичная и вторичная обработка и переработка древесины.

К первой группе относится заготовка лесных материалов в круглом виде, которые используют без дальнейшей обработки в строительстве.

Ко второй группе относятся производства, для которых сырьем является круглая древесина. Продукцией первичной обработки и переработки древесины являются пиломатериалы, древесная масса, целлюлоза, а также продукты лесохимической переработки древесины.

К третьей группе относятся производства, для которых сырьем служат пиломатериалы, шпон; производства столярных изделий, фанеры, паркетных изделий, клееных деревянных конструкций, спичечной соломки, мебели, древесных плит, бумаги и др.

Основной сырьевой базой отходов для производства строительных материалов и изделий выступает лесопильно-деревообрабатывающая отрасль, в которой образуется большое количество отходов древесины, например при производстве столярных изделий и мебели.

По назначению отходы древесины подразделяют на три группы:

– отходы, относящиеся к вторичному сырью, так как они могут полностью или частично заменить первичные сырьевые материалы, используемые в деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной и лесохимической отрасли;

– отходы, пригодные к применению в строительстве непосредственно или после дополнительной обработки и переработки;

– отходы, используемые в качестве топлива.

Для производства строительных материалов и изделий применяют преимущественно опилки, стружку и кусковые отходы, последние пригодны как непосредственно для изготовления клееных строительных изделий, так и после их переработки на щепу, стружку, мелочь, волокнистую массу и т. п.

Опилки – один из наиболее массовых отходов древесины, который образуется при лесопилении и деревообработке. Опилки используют при гидролизе на заводах по производству спирта и дрожжей; как порообразующую добавку при производстве керамического кирпича, в качестве мелкого заполнителя при изготовлении тирсобетона и гипсотирсовых плит и блоков. Фракционный состав опилок зависит от вида древесины и способа получения и составляет 0,2...10 мм. Частицы крупностью менее 0,2 мм относятся к древесной муке. Средняя насыпная плотность зависит от вида древесины и составляет 175...225 кг/м³, пористость – 71...75 % (табл. 31.8).

Таблица 31.8

Свойства древесных опилок в зависимости от фракционного состава

Фракционный состав, %, частиц крупностью, мм			Насыпная плотность в сухом состоянии, кг/м ³	Пористость, % от объема
20...10	10...5	5...2,5		
-	100	-	194,0	74,7
40	40	20	175,7	72,0
25	25	50	217,0	71,9
35	35	30	226,5	70,8

Способ получения опилок влияет на их зерновой состав и физические свойства. Так, при распиливании стволов на лесопильной раме получают опилки крупностью до 7 мм почти кубической формы, при обработке древесины на круглопильных станках – опилки волокнистой структуры размером 1...2 мм. Опилки, полученные при распиливании на лесопильной раме, имеют большие размеры поперек волокна, что приводит к снижению прочности изделий.

Технологическая щепка – это продукт первичного измельчения кусковых отходов и неделовой древесины на дисковых или барабанных рубильных машинах для дальнейшей переработки на мелочь, стружку и волокнистую массу.

Требования к щепе определяются возможными сферами ее применения. Обычно нормируют размеры трески, содержание гнили и трухлявости, коры и минеральных примесей. При изготовлении волокнистой массы для нормальной работы размольных машин желательно, чтобы куски щепы были примерно одинаковые, для изготовления древесно-волокнистых плит длина щепы составляет вдоль волокна 20...25 мм, ширина поперек волокна – 15...30 мм и толщина – 3...5 мм; для изготовления пресованных древесно-стружечных плит (ДСП) оптимальная длина щепы составляет 40 мм, а при экструзийном методе формования – 20 мм, оптимальная толщина щепы в обоих случаях – 30 мм; содержание коры при производстве древесно-волокнистых плит (ДВП) не должно превышать 15 мас.%, а

ДСП – 12 мас.%. Содержание гнили (трухи) независимо от способа изготовления допускается до 5 мас.%, А для некоторых изделий вообще не допускается; содержание минеральных примесей – 0,3...1 мас.%.
Характер переработки щепы зависит от вида материала или изделия. Для изготовления арболита применяют мелочь и стружку, для изготовления ДСП – стружку, ДВП – волокнистую массу.

Мелочь должна иметь коэффициент формы (отношение длины к ширине) в пределах 5...10, толщину – 3...5 мм, максимальную длину до 25 мм. Такая форма и размеры мелочи позволяют приблизить значение деформаций древесины вследствие изменения влажности вдоль и поперек волокон и уменьшить их негативное влияние на процессы структурообразования и прочность арболита.

Стружка для изготовления арболита должна иметь толщину 0,1...1 мм и длину 2...20 мм, для внешних слоев ДСП – 0,1...0,2 и 10...20 мм, для средних слоев – 0,4 и 40...60 мм соответственно. Стружку можно получить непосредственно из отходов лесопиления без предварительной переработки их на щепу.

Древесина перед переработкой на стружку подлежит специальной подготовке, включающей сортировку и выделение отдельных пород, гидротермическую обработку, окорку, удаление гнили и трухи. Гидротермическая обработка древесины происходит в автоклавах при давлении водяного пара 0,25...0,3 МПа или иногда может быть предусмотрена обработка в воде с температурой 70...85 °С. Такой вид обработки уменьшает шероховатость стружки и выход мелких фракций. Древесина, которая поступает для переработки на стружку, должна иметь влажность в пределах 30...40 %

Для производства строительных материалов и изделий применяют отходы как хвойных, так и лиственных пород древесины, причем предпочитают хвойные породы как имеющие меньшее содержание водорастворимых вредных дубильных и смолистых веществ, полисахаридов, негативно влияющих на долговечность цементных изделий.

Для уменьшения количества таких веществ в отходах древесины содержание примесей коры должно быть минимальным, полезно выдерживать древесину на складах в течение 4...6 месяцев. Для снижения воздействия «цементного яда» древесину пропитывают (минерализуют) растворами хлорида кальция, сульфата алюминия, жидким стеклом.

Разработаны технологии получения строительных материалов из коры и одубины – отхода производства дубильных экстрактов.

Дубильные экстракты используются в кожевенной промышленности, для обработки и «облагораживания» натуральной кожи.

Исследования подтвердили возможность организации производства арболита на фракции одубины 2,5...10 мм. Полученный на этих отходах арболит имеет среднюю плотность около 650 кг/м³ и прочность 1,5...2 МПа.

Количество коры на стволах деревьев различных пород в процентах к объему стволов составляет: для сосны 11...17 %, ели – 9...16, березы – 13...15, осины – 11...18, дуба – 16...23, лиственницы – 22...24, кедра – 11...16, пихты – 11...15 %.

Механические свойства коры зависят от влажности и меняются в значительных пределах. Так, при увеличении влажности коры сосны от 20 до 70 % сопротивление растяжению вдоль волокон снижается в 2,3 раза, поперек волокон – в 6,7 раза, сопротивление срезу поперек волокон – в 2,1 раза, вдоль волокон – в 3,8 раза.

Химический состав коры резко отличается от состава древесины. Это различие объясняется их разным анатомическим строением. Кора содержит значительно больше экстрактивных веществ, чем древесина.

Определенным источником сырья для изготовления строительных материалов являются отходы сельского хозяйства растительного происхождения – стебли подсолнечника, кукурузы, костра льна.

Костра – отход первичной переработки стеблей конопли и льна после их обработки в коноплетрепальных машинах, которые отделяют волокно от измельченной части одревеневших стеблей. Длина костры составляет 10...70 мм, ширина – до 3 мм; толщина – 0,2...0,3 мм; средняя плотность – 100...120 кг/м³.

Поскольку лубяные культуры вымачивают перед переработкой на заводах, костра не содержит экстрактивных веществ, и поэтому ее не нужно предварительно обрабатывать минерализаторами.

31.4.2. Материалы на основе древесных отходов без применения вяжущих веществ. Строительные материалы на основе некоторых отходов древесины могут быть изготовлены без применения специальных вяжущих или с незначительным их добавлением. В таких материалах частицы древесины связываются в результате сближения и переплетения волокон, их когезии и физико-химических

связей, возникающих при прессовании, термической обработке и некоторых специальных видах обработки, например пьезотермической.

Кроме того, из отходов лесопиления и деревообработки (без применения специальных вяжущих веществ) изготавливают различные столярные изделия для устройства перегородок и стен в каркасных домах, накатов перекрытий по балкам, а также для устройства временных производственных зданий (рейковые плиты, щиты). С кусковых отходов от лесопиления и деревообработки изготавливают также торцевые щиты для устройства полов в сельскохозяйственных сооружениях, складах, мастерских, кровельную плитку и гонт.

Рейковые плиты изготавливают обычно длиной 2200 мм, шириной 800 мм, толщиной 57 и 100 мм путем прессования отходов древесины и обвязки их оцинкованной проволокой.

Плиты имеют достаточную поперечную жесткость, высокие теплоизоляционные свойства и транспартабельность. Их применяют для устройства стен в каркасных зданиях, перегородок, накатов, перекрытий по балкам, а также при строительстве временных производственных зданий.

Рейковые щиты изготавливают длиной 600...1000 мм, шириной 40...140 мм и толщиной не менее 45 мм. Обрезки сначала высушивают в камерах при температуре 40...90 °С в течение 7...8 суток до влажности 8 %. Затем их укладывают друг к другу так, чтобы ширина щита составила 250...270 мм, зажимают специальными струбцинами. Щиты скрепляют деревянными нагелями, которые забивают в отверстия диаметром 12 мм, расположенных равномерно по длине щита. Собранный таким образом щит обрабатывается на строгальном станке к заданной толщине, с торцевых сторон выбираются четверти для лучшей стыковки щитов. Готовые щиты укладывают по лагам и крепят гвоздями.

Кровельная дрань изготавливается на специальных станках (трескоскубальных) длиной от 400 до 1000 мм, шириной от 90 до 130 мм и толщиной 3...5 мм из увлажненной древесины – ели, сосны, лиственницы

Штукатурная дрань может быть пиленой, шпоновой. Независимо от вида драни ее изготавливают длиной от 1000 до 2500 мм. Ширина пиленой драни может быть 25...40 мм, шпоновой – 14...30 мм, толщина пиленой составляет 5...7 мм, для других видов – 2...5 мм. Для изготовления драни используют мелкотоварную древесину, а также крупноразмерные отходы ели, сосны, осины, кедра, лиственницы с влажностью не менее 30 мас.%. Для нарезки применяют специальные станки.

Кровельная плитка и гонт. Эти изделия изготавливают клиновидной формы, причем для плиток характерно продольное расположение волокон древесины, а для гонта – поперечное. Их изготавливают из короткоразмерных брусков, а также отходов комлевой части дерева.

Технологический процесс изготовления этих изделий состоит из следующих операций: поперечный и продольный распил на плитку или гонт на станках, сушка готовых изделий в камерах или в естественных условиях, сортировка, пропитка, покраска и упаковка.

31.4.3. Материалы на основе минеральных вяжущих веществ. Древесные отходы без предварительной переработки (опилки, стружка) или после измельчения (треска, мелочь и др.) могут быть использованы в качестве заполнителей в строительных материалах на основе минеральных вяжущих веществ.

В последние десятилетия строительные материалы с использованием отходов древесины и минеральных вяжущих веществ (арболит, фирболит, цементно-стружечные плиты) находят все большее применение в строительстве. Комплексное использование древесины не только способствует решению экологических проблем, но и обеспечивает получение качественных строительных материалов, отличающихся невысокой средней плотностью ($\rho_0 = 300...800 \text{ кг/м}^3$) и довольно низким коэффициентом теплопроводности ($\lambda = 0,093...0,23 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$), негорючестью, биостойкостью, легко подвергаются различным видам обработки.

В зависимости от состава исходной смеси, степени уплотнения, а также от вида и формы заполнителя возможно получение строительных материалов конгломератного строения с существенно отличающимися свойствами. Пропиткой древесных заполнителей минерализаторами и последующим смешиванием их с минеральными вяжущими обеспечивается биостойкость и трудногоримость материалов на их основе. Недостатками материалов на древесных заполнителях является высокое водопоглощение и сравнительно низкая водостойкость.

В композиции с древесными заполнителями могут применяться все виды минеральных вяжущих веществ, основным среди которых остается портландцемент. При применении древесных и других растительных наполнителей эффективно применение быстротвердеющего портландцемента с преобладанием алита как основного минерала цементного клинкера.

Использование быстротвердеющих цементов позволяет получить достаточную прочность материалов до начала активного выделения вредных веществ древесины. Наряду с применением высоко-

коалитовых цементов есть положительный опыт использования быстротвердеющих белитошламовых цементов, не содержащих алит. Основным компонентом этих вяжущих является белит, который в меньшей степени подвергается воздействию экстрактивных веществ, содержащихся в заполнителях растительного происхождения. Это вяжущее получают путем совместного помола обожженного при 650...700 °С тгак называемого белого шлама – отхода металлургического производства и 12...15 % гипса. С успехом могут быть также использованы алинитовый цемент и вяжущее ВНВ (вяжущее низкой водопотребности).

В отличие от цемента, высокопрочный гипс обеспечивает более быстрое затвердевание, а также получение материалов с меньшей плотностью и большей прочностью при одинаковом расходе вяжущих. Производство деревонаполненных материалов на основе высокопрочного гипса значительно проще, чем на основе цемента. В связи с тем, что высокопрочный гипс при взаимодействии с водой образует нейтральную среду, которая в отличие от щелочной не способствует выделению из древесины сахаров, негативно влияющих на твердение цемента, нет необходимости минерализовать измельченную древесину.

К числу лучших вяжущих для строительных изделий на заполнителях растительного происхождения относятся магнезиальные вяжущие вещества (едкий магнезит и каустический доломит), которые замешиваются водными растворами хлористого магния и других солей. Производство этих вяжущих, однако, весьма ограничено, в основном, в связи с дефицитом солевых замеситель.

Главными представителями группы материалов на древесных заполнителях и минеральных вяжущих являются арболит, фибролит и тирсобетоны.

Арболит – это легкий бетон на заполнителях растительного происхождения, предварительно обработанных раствором минерализатора. Этот материал применяется в промышленном, гражданском и сельскохозяйственном строительстве в виде панелей и блоков для возведения стен и перегородок, теплоизоляционных и звукоизоляционных плит и т. п. Арболитовые конструкции эксплуатируют при относительной влажности воздуха помещений не более 60 %, при большей влажности необходимо устройство пароизоляционного слоя. Нежелательными для арболита являются влияния агрессивных сред и температуры свыше 50 °С и ниже –40 °С. В зависимости от средней плотности в высушенном до постоянной массы состоянии арболит делится на теплоизоляционный (со средней плотностью до 500 кг/м³) и конструкционный (500...850 кг/м³) (табл. 31.9).

Таблица 31.9

Физико-технические свойства арболита

Показатели	Заполнитель – мелочь из отходов:		
	лесопиления	лесозаготовки	конопли и льна
Средняя плотность, кг/м ³	400...800	500...750	500...700
Предел прочности при сжатии, МПа	0,5...3,5	0,5...3,5	0,5...2,5
Предел прочности при изгибе, МПа	0,7...1,0	0,7...1,0	0,2...0,3
Модуль упругости, МПа	200...400	200...400	150...300
Морозостойкость, не менее, циклов	25...50	25...50	15...25
Отпускная влажность, не более, %	25	25	25
Водопоглощение, %	40...85	40...85	30...120
Усадка, %	0,4...0,5	0,4...0,5	0,4...0,5
Сорбционное увлажнение (при относительной влажности 40...90 %)	4,5...8	4,5...12	6...14
Коэффициент теплопроводности (при влажности 12...15 %), Вт/(м·°С)	0,081...0,162	0,081...0,2	0,069...0,116
Коэффициент паропроницаемости, кг/(м·с·Па)	0,034...0,14	0,034...0,14	0,034...0,14
Коэффициент теплоусвоения, Вт/(м·°С)	3,17...4,52	3,17...4,52	3,17...4,52
Биостойкость	5 группа		
Огнестойкость	Трудногораемый (огнестойкость – 0,75...1,5 час.)		
Коэффициент звукопоглощения (при частоте звука от 125...2000 Гц)	0,17...0,6	0,17...0,6	0,17...0,5

Теплопроводность арболита зависит от средней плотности и вида заполнителя. Арболит, полученный на основе измельченной древесины со средней плотностью 400...850 кг/м³, имеет коэффициент теплопроводности 0,08...0,17 Вт/(м·°С), а на основе измельченных стеблей костры льна и конопли – 0,07...0,12Вт/(м·°С).

Для изготовления конструкций из арболита применяют следующие материалы: вяжущие (портландцемент и его разновидности, высокопрочный гипс, гипсоцементнопуццолановое вяжущее), запо-

лнители (отходы древесины или отходы растительного происхождения), химические добавки (хлорид кальция, жидкое стекло, силикат-глыбу, оксид кальция, сульфат алюминия и другие), стальную арматуру и материалы для антикоррозионной обработки арматуры и закладных деталей.

Заполнители получают измельчением следующих пород древесины: ели, сосны, кедра. Разрешается применять березу, ольху, липу, тополь, осину и другие породы древесины, а также их смеси после соответствующих лабораторных испытаний. Возможно добавлять также порообразующие добавки, используемые при производстве ячеистых и поризованных легких бетонов и другие комплексные добавки после проведения необходимых исследований.

Прочность арболита в первую очередь определяется качеством древесного заполнителя (рис. 31.8). Кроме того, на прочность влияют плотность, расход цемента, В / Ц, применяемые добавки, однородность структуры.

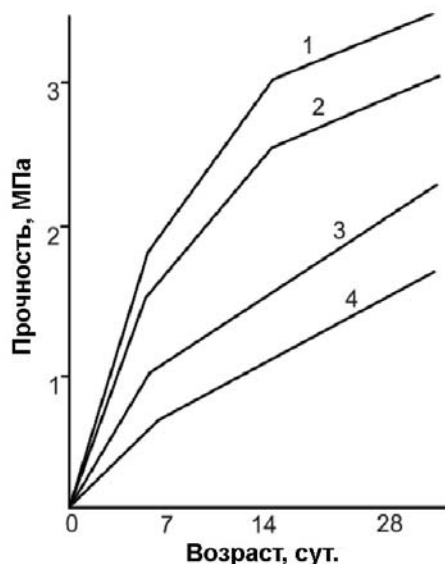


Рис. 31.8. Зависимость прочности арболита от породы древесины для заполнителя:
1 – из ели; 2 – сосны; 3 – березы; 4 – осины

Сравнительно невысокие прочностные характеристики арболита объясняются химической активностью заполнителя и его склонностью к значительным влажностным деформациям. Химическую активность заполнителя определяет количество сахаров, содержащихся в экстрактивных веществах.

Уменьшить химическую и физическую активность заполнителя можно введением химических и минеральных добавок, что способствует повышению его прочностных характеристик.

Предел прочности арболита зависит от влажности, особенно в диапазоне от 0 до 25 %. Максимальную прочность материал приобретает при влажности 16...17 %. Деформация при кратковременной нагрузке (показатель сжимаемости) в арболите примерно в 8...10 раз больше, чем в легких бетонах на минеральных пористых заполнителях.

Арболит имеет достаточно большое водопоглощение. Однако преимуществом этого материала является легкая отдача поглощенной воды, то есть быстрое высыхание. Морозостойкость арболитовых изделий назначается в зависимости от режима их эксплуатации и климатических условий района строительства; во всех случаях она принимается не менее F25.

Прочность сцепления арболита со стальной арматурой зависит от прочности, вида поверхности стержней и защитной обмазки и составляет 0,1...0,4 МПа, в то же время величина сцепления фактурного слоя из цементно-песчаного раствора состава 1:3 составляет 1,5...1,6 МПа. Деформация арболита при кратковременной нагрузке примерно в 8...10 раз больше, чем у бетонов на основе минеральных заполнителей. Показатель сжимаемости арболита составляет $7,5 \cdot 10^{-3}$, коэффициент Пуассона – 0,15...0,2.

Сорбционное увлажнение арболита зависит от средней плотности, вида заполнителя, химических добавок и при относительной влажности воздуха 40...90 % составляет 4,0...12 %. По биостойкости арболит относится к 5-й группе биостойких материалов, при средней плотности более 400 кг/м^3 он относится к категории трудносгораемых. Долговечность ограждающих конструкций из арболита составляет не менее 20 лет.

Внешняя поверхность ограждающих конструкций из арболита независимо от влажностного режима эксплуатации помещений должна иметь защитный отделочный слой, а внутренняя поверхность предусматривает устройство фактурного слоя цементно-песчаного раствора толщиной до 2 см.

Арболит имеет более высокие теплозащитные и звукоизоляционные показатели по сравнению с бетонами, полученными на основе минеральных пористых заполнителей.

Состав арболита определяют расчетно-экспериментальными методами. Расход цемента, органического заполнителя и воды зависит от класса арболита по прочности на сжатие. Для теплоизоляционного арболита классов В0,35...В1 расход цемента М400 составляет 250...390 кг/м³, а конструктивно-теплоизоляционного классов В2 и В3,5 – 390...430 кг/м³. Минимальный расход цемента достигается при использовании мелочи из отходов лесопиления и деревообработки хвойных пород, а максимальный – из отходов лесозаготовок смешанных пород и костры. Расход хлорида кальция и жидкого стекла не превышает 8...9 кг/м³, сульфата алюминия – 15...20 кг/м³.

Согласно требованиям технологии изготовления арболита древесно-цементное отношение в составе смеси (при В/Ц = 0,6...0,7) принимают обычно в пределах 1,1...1,3. Ориентировочные расходы компонентов на 1 м³ арболита приведены в таблице 31.10.

Таблица 31.10

Ориентировочные составы арболита

Компонент	Расход компонентов на 1 м ³ в зависимости от класса бетона, кг					
	В0,35	В0,75	В1	В2	В2,5	В3,5
Портландцемент М400	<u>250</u> ¹⁾	<u>260</u>	<u>270</u>	<u>340</u>	<u>370</u>	<u>400</u>
	300	320	390	390	400	430
Мелочь сухая	<u>140</u>	<u>170</u>	<u>180</u>	<u>230</u>	<u>250</u>	<u>280</u>
	190	200	210	250	270	310
Костра льна	230	320	360	440	-	-
Хлорид кальция ²⁾	6	7	7,5	8	8,5	9
Вода, л	<u>270</u>	<u>280</u>	<u>310</u>	<u>390</u>	<u>410</u>	<u>430</u>
	320	330	360	420	460	490

Примечания: ¹⁾ в числителе приведены расходы компонентов для древесины хвойных пород, в знаменателе – для древесины смешанных пород;

²⁾ вместо хлорида кальция можно применять другие виды добавок.

Технология изготовления арболита предусматривает те же операции, что и при изготовлении изделий из легкого бетона на пористых заполнителях. В то же время использование заполнителей из дерева как специфического материала вносит определенные особенности в технологический процесс. Технологическая схема изготовления изделий и конструкций из арболита включает: измельчение и подготовку заполнителя по гранулометрическому составу, минерализацию (обработку растворами минеральных солей), дозирования компонентов бетонной смеси и ее перемешивание, укладку смеси в форму и уплотнение, тепловую обработку и вызревание отформованных изделий, транспортировку готовых изделий на склад.

Получают арболитовую смесь практически на том же оборудовании, что и легкий бетон на пористых минеральных заполнителях. Большое влияние на качество смеси имеют точность дозирования и способ введения воды и химических добавок. Неравномерная влажность заполнителей из дерева обуславливает необходимость замачивания в холодной (или горячей) воде, иногда в растворе химических добавок в течение 7...10 минут перед подачей в смеситель. При такой технологии не удастся точно дозировать воду, равномерно распределить ее по объему смеси, а также полностью нейтрализовать действие экстрактивных веществ. Для устранения этого недостатка предложено совместное введение воды и растворов химических добавок непосредственно в смеситель путем дозирования через перфорированные трубки-распылители, позволяет более точно дозировать и равномерно распределять воду и добавки по всему объему смеси.

Из-за низких гравитационных и упругих свойств арболитовой смеси для нее неэффективно применять общепринятые виды уплотнения, в том числе вибрационное формование, как для смесей на минеральных заполнителях. Прессование приводит к распрессовыванию и нарушению целостности структуры бетона. Эти особенности обусловлены свойствами заполнителя, быстро поглощающего воду при перемешивании, вследствие чего смесь становится малоподвижной даже при значительных затратах воды, поэтому при изготовлении арболитовой смеси необходимо назначать значение В/Ц в пределах 1,1...1,3.

В последнее время были предложены различные технологии формования арболитовых смесей, предусматривающие уплотнение в горизонтальных формах ручными и механическими трамбовками, силовой вибропрокат, вибропрессование, виброформование с пригрузом, послойное уплотнение, циклическое прессование и т.п. Для улучшения реологических свойств арболитовой смеси можно добавлять техническую пену, что позволяет формировать изделия на стандартных вибростолах.

Древесина – анизотропный материал, поэтому древесная мелочь должна иметь игольчатую форму с коэффициентом формы (отношение наибольшего размера к наименьшему), равным 5..10, и толщину 3..5 мм. Размеры крошки по длине не должны превышать 25 мм. Такая форма частиц приводит к приближению значений влажностных деформаций древесины вдоль и поперек волокон.

При относительной влажности среды более 60 % арматуру располагают в защитном слое бетона. Рекомендуется также защищать стальную арматуру специальными покрытиями по аналогии ячеистого бетона.

Завершающим этапом технологического процесса является тепловая обработка изделий к набору отпускной прочности. Пропаривание арболита по обычным для бетонов режимам приводит к потере прочности, что объясняется возникновением внутренних напряжений за счет объемных деформаций заполнителя, которые разрушают структуру цементного камня, одновременно возрастает выделение моносахаридов, способствует «отравлению» цементного камня. Лучшие результаты тепловой обработки достигаются при мягких режимах, аналогичных для древесины при ее сушке: температуре 50..60 °С и относительной влажности 70..80 %. При таком режиме арболит приобретает расплывчатую прочность через 18..20 ч. Она не превышает 25..40 % марочной, а влажность остается в пределах 30..35 %. Для дальнейшего набора прочности и снижения влажности изделия дополнительно выдерживают на закрытом складе в течение 7 дней при температуре 16..18 °С.

Арболит относится к эффективным стеновым материалам. Благодаря крупнопористой структуре он имеет ценные свойства – способность поддерживать осушительный режим в помещениях, на его поверхностях не конденсируется влага и не повышается влагосодержание в стенах.

Арболитовые изделия нашли широкое применение в строительстве. Это стеновые панели, крупные и мелкие стеновые блоки, плиты перекрытия, усиленные железобетонными брусками или несущей основой (многослойные), плиты перегородок, тепло- и звукоизоляционные плиты, объемные пространственные конструкции. Номенклатура стеновых панелей из арболита включает изделия толщиной 200, 250, 300 и 350 мм, длиной 1500, 1800, 3000, 4500, 6000 мм и высотой 600, 900, 1200 мм. Панели однослойные на комнату выпускают размерами: 478×2520×300 мм; 480×2780×200 мм; 3900×2880×200 мм; 418×2580×200 мм. Панели имеют защитные слои из цементно-песчаного раствора марки 100 толщиной 20 мм.

Необходимо отметить что наибольшее применение в строительстве получили мелкогазовые и крупные стеновые блоки, а меньше всего используются стеновые панели размером на комнату.

Крупные стеновые блоки имеют размеры: 2290×1180×α мм; 2290×580×α мм, где α – толщина внешних блоков, которая составляет 240 и 280 мм, а внутренних – 200 мм. Для стеновых блоков применяют арболит классов В2 и В3,5, они покрываются с обеих сторон цементно-песчаным раствором марки 100 (для внешней поверхности) и марки 50 (для внутренней поверхности) толщиной 10 мм.

Мелкогазовые стеновые блоки выпускают следующих размеров: 600×300×α мм; 600×150×α мм; 300×300×α мм; 600×100×α мм; 600×200×α мм; 2290×580×α мм; где α – толщина, которая составляет 200 и 250 мм. Средняя плотность арболита равна 600..700 кг/м³, коэффициент теплопроводности – 0,15..0,18 Вт/(м·°С).

При достижении одинакового значения термического сопротивления ограждения применение арболита по сравнению с керамзитобетоном способствует снижению расходов портландцемента на 35..55 кг/м².

Эффектность арболита проявляется в наибольшей степени в тех случаях, когда наряду с теплозащитными свойствами максимально используются и его прочностные свойства, например в промышленных бескаркасных стеновых конструкциях, где он конкурентоспособен с современными легкими и ячеистыми бетонами.

Важнейшим фактором, определяющим высокую технико-экономическую эффективность применения арболита, является значительное уменьшение капитальных вложений для создания сырьевой базы производства конструкций по сравнению с соответствующими затратами для производства легких бетонов на минеральном пористом заполнителе.

Производственный опыт показывает, что при строительстве малоэтажных домов конструкции и изделия из арболита эффективно заменяют кирпич, керамзитобетон, ячеистые бетоны, а по ряду эксплуатационных свойств превосходят их.

Фибролит изготавливают из смеси специально нарезанной древесной стружки (шерсти), вяжущего вещества, химических добавок и воды. Его применяют в качестве теплоизоляционного, конструктивно-теплоизоляционного и звукопоглощающего материала в помещениях с относительной влажностью не более 75 %. Фибролит относится к биостойким и трудногорючим материалам.

В зависимости от средней плотности его выпускают трех марок: 300, 400, 600.

Фибролит отличается высоким звукопоглощением, обусловленным соединенным характером пор, а также хорошими обрабатываемостью, сцеплением со штукатурным слоем и бетоном. Негативными свойствами фибролита являются значительная воздухопроницаемость, большое водопоглощение, низкая водостойкость, склонность во влажном состоянии к поражению грибом. Физико-технические свойства фибролита приведены в таблице 31.11.

Таблица 31.11

Физико-технические свойства фибролита

Показатели	Нормированные значения для плит марок:		
	Ф-300	Ф-400	Ф-500
Средняя плотность в высушенном состоянии, кг/м ³	250-350	351-450	451-500
Влажность, %, не более	20	20	20
Предел прочности при изгибе, МПа, для плит толщиной, мм :			
30	-	1,1	1,3
50	0,6	0,9	1,2
75	0,4	0,7	1,1
100	0,35	0,6	1
Модуль упругости при изгибе, МПа, не менее	-	300	500
Коэффициент теплопроводности при температуре 20±2°С, Вт/(м·°С)	0,07	0,08	0,09
Водопоглощение, мас. % не более	35	40	45
Коэффициент звукопоглощения на частотах 60...8000 Гц, не менее	-	0,08...0,65	0,08...0,65

Фибролит изготавливают в виде плит длиной 2400, 3000 мм, шириной 600, 1200 мм и толщиной 30, 50, 75, 100, 150 мм. Для изготовления фибролита применяют портландцемент марки не ниже 400, стружку из древесины хвойных пород, а также смесь стружки хвойных и лиственных пород.

Технология производства фибролита включает следующие операции: приготовление древесной шерсти; обработку ее минерализатором; перемешивание с портландцементом обработанной шерсти; укладку в форму, прессование плит и термическую обработку. Прессование фибролита ведут пакетным способом: теплоизоляционного – при давлении 0,01...0,1 МПа, конструктивно-теплоизоляционного – при 0,15...0,4 МПа. Плиты твердеют в естественных условиях или в специальных камерах при температуре 60...70 °С и влажности 60...70 %. Средние расходы портландцемента марки М400 на 1 м³ плит зависят от средней плотности и составляют 190...270 кг/м³. При производстве 1 м³ фибролита используется также около 0,4 м³ древесины и 7 кг хлорида кальция.

Для фибролита наряду со средней плотностью, влажностью и теплопроводностью нормируется предел прочности при изгибе, которая в зависимости от плотности и средней толщины плит составляет 0,4...2 МПа.

Прочность фибролита так же, как и для других материалов на основе отходов древесины, зависит от ее вида и применяемых химических добавок-минерализаторов (табл. 31.12).

Таблица 31.12

Прочность фибролита после 1 сут. твердения в зависимости от вида добавки

Химические добавки	Предел прочности при изгибе, МПа, фибролита на основе					
	ели		березы		осины	
	выдержанной	свежесрубленной	выдержанной	свежесрубленной	выдержанной	свежесрубленной
Хлорид кальция	0,58	0,14	0,28	0,1	0,04	0
Сернистый алюминий	0,40	0,36	0,41	0,25	0,34	0,32
Жидкое стекло	0,51	0,32	0,43	0,23	0,48	0,28

При одинаковом термическом сопротивлении конструкций расход цемента при применении фибролитовых теплоизоляционных плит сокращается примерно в 2,5 раза по сравнению с конструкциями, где утеплителем являются блоки из ячеистого бетона. Вместо цемента для фибролита (так же, как и арболита) могут применяться и другие вяжущие вещества, в том числе строительный и высокопрочный гипс. Фибролит достаточно долговечен, если он конструктивно защищен от прямых климатических воздействий, для большинства случаев защиту выполняют нанесением слоя цементной штукатурки или бетонной смеси.

Цементно-стружечные плиты – композиционный материал, обладающий высокой прочностью, водо- и биостойкостью, относится к трудносгораемым, нетоксичным, легкообрабатываемым

материалам. Сырьем для производства плит является тонкомерная древесина хвойных и лиственных пород. Плиты выпускают двух марок: ЦСП-1 и ЦСП-2. Размеры плит, мм: по длине – 3200, 3600, по ширине – 1200 и 1250 и по толщине – от 8 до 40; другие показатели приведены в таблице 31.13.

Таблица 31.13

Физические и физико-механические показатели цементно-стружечных плит

Показатели	Марка плит	
	ЦСП-1	ЦСП-2
Средняя плотность, кг/м ³	1200	1400
Предел прочности, МПа:		
при изгибе	15	14
при сжатии	15	14
Модуль упругости, МПа:		
при изгибе	2500	2500
при сжатии	2500	2500
Розбухание по толщине после 24 ч выдержки в воде, %, не более	2	2
Водопоглощение за 24 ч, %, не более	16	16
Влажность, %, не более	9	10
Твердость, МПа, не менее	45	65
Удельное сопротивление выдергиванию шурупов из пласта, Н/м	4...7	4...7
Морозостойкость (снижение прочности при изгибе после 50 циклов), %, не более	10	10
Теплопроводность, Вт/(м °С)	0,33	0,44
Поглощение звука при толщине 18 мм, дБ	35	35
Паропроницаемость, мг/(м·час·Па)	0,23	0,23

Плиты имеют высокую прочность, атмосферостойкость, не загораются, не разрушаются термитами и дереворазрушающими грибами, хорошо склеиваются с древесиной, пластмассами и металлами, легко обрабатываются, покрываются красками. Их применяют для наружной обшивки панелей жилых домов, для устройства полов, изготовления дверей, а также как опалубку для укладки бетонной смеси.

Исследования показали возможность частичной замены специально нарезанной стружки мягкими отходами лесопильно-деревообрабатывающих предприятий (стружка, опилки поперечной распиловки и другие). Опилки мягких пород древесины в количестве до 30 % древесных частиц не снижают прочностные показатели и среднюю плотность плит. Существенно повысить адгезионную прочность древесно-цементного камня, а также снизить склонность цементно-стружечных плит к влажностным деформациям позволяют добавки хлоридов кальция и алюминия.

Процесс производства цементно-стружечных плит включает: хранение древесного сырья на складе, нарезание стружки, фракционирование и гомогенизацию стружки, формирование пакетов плит, прессование, твердение и выдержку плит, кондиционирование и конечную обработку (обрезку кромок, шлифовку поверхности плит и нанесение лакокрасочного покрытия).

Древесину выдерживают на складе в течение 1,5–2 месяцев для выравнивания влаги по объему и уменьшению содержания экстрактивных веществ. Для получения стружки длиной 10...30 мм и толщиной 0,2...0,3 мм применяют специальные станки. Полученную стружку разделяют на две фракции: одну используют для формирования среднего слоя плиты, а вторую (для наружного слоя) – дополнительно дробят в молотковой дробилке. Дозировку отдельных компонентов и приготовление цементно-стружечной смеси для устройства внешнего и среднего слоя плиты выполняют в отдельных смесителях. Засыпка смеси на поддоны происходит непрерывно и после прохода рассыпающей машины она уплотняется скоростным цепным конвейером. Заготовки плит складывают в пакеты и уплотняют в прессе под давлением 2,5 МПа. Предварительное твердение плит происходит в тепловых камерах в течение 6...8 час с последующей выдержкой на складе в течение не менее 18 суток. Обрезки кромок плит измельчают и подают в смеситель для повторного перемешивания цементно-стружечной массой для формирования среднего слоя. С целью снятия внутреннего напряжения и установления равновесной влажности плит и атмосферной среды выполняют кондиционирование в проходном канале на веерном перекладывателе.

Конструкции с использованием цементно-стружечных плит рекомендуется применять для жилищного, промышленного и сельскохозяйственного строительства, внешней и внутренней обшивки стеновых панелей, каркасных перегородок, подвесных потолков, санитарно-технических кабин, экранов, ограждений, элементов полов и пр. При эксплуатации конструкций в помещениях с влажным режимом крепить цементно-стружечные плиты к каркасу необходимо с компенсационным зазором.

Тирсобетоны – это материалы на основе минеральных вяжущих веществ и древесных опилок. Разновидностью тирсобетонов является *деревобетон*, которые, кроме песка, в своем составе могут содержать щебень или гравий с фракциями 5...10 мм.

Прочность *деревобетона*, используемого в качестве заполнителя в каркасных домах, составляет 0,6...0,8 МПа; в несущих и самонесущих конструкциях, в одноэтажных домах достаточная прочность 1,0...1,2 МПа. *Деревобетон* прочностью 1,5 МПа и выше может быть использован при строительстве одноэтажных, а также двухэтажных жилых домов. Толщина стен из *деревобетона* должна быть не менее 25...30 см. В отдельных случаях, когда требуется повышенная прочность стен, их толщина может достигать 40 см.

Деревобетон имеет высокие тепло- и звукоизоляционные свойства, хорошо обрабатывается режущими инструментами, поддается отделке красками, керамической плиткой и штукатурным раствором.

Тирсобетоны применяют в монолитном строительстве или для изготовления мелких стеновых блоков для наружных стен при возведении малоэтажных зданий, животноводческих и других сельскохозяйственных сооружений. При изготовлении *тирсобетонных* смесей цемент сначала смешивают с песком, а затем с опилками, обработанными в растворе минерализатора, и водой. Массу готовят в обычных растворосмесителях. Для получения 1 м³ *тирсобетона* классов В1...В2 средней плотностью 1050...1250 кг/м³ расход портландцемента марки М400 составляет около 130 кг, гашеной извести – 105, песка – 600, опилок – 200 кг.

Королит – материал, изготавливаемый на основе минеральных вяжущих веществ и коры. При применении коры в производстве *королита* ее предварительно подсушивают, измельчают и просеивают для удаления пыли. В качестве вяжущих веществ применяют строительный гипс или быстротвердеющие цементы. Приготовление смеси и формование *королита* осуществляют на оборудовании, которое используется для изготовления *арболита*.

Составы смесей, рекомендуемых для получения 1 м³ *гипсового королита* определенной плотности, приведены в таблице 31.14.

Предел прочности при сжатии *гипсового королита* обычно составляет менее 1,7 МПа, теплопроводность лежит в пределах 0,14...0,16 Вт/(м·°С).

Таблица 31.14

Составы *гипсового королита*

Компоненты	Расход исходных компонентов, кг/м ³ для <i>королита</i> плотностью, кг/м ³		
	до 500	до 600	до 700
Дробленая кора	150	170	190
Строительный гипс	160	200	245
Замедлитель схватывания	0,2	0,2	0,3
Антисептик	7	9	10
Вода	180	220	250

Примечание: В качестве антисептика используется 1...1,5%-ный раствор оксифенолата натрия, а замедлителя схватывания гипса – бура или столярный клей.

Стоимость 1 м³ *королита* примерно вдвое ниже стоимости *фибrolита* и *арболита*. Применяют *королит* в качестве утеплителя при устройстве стен и полов.

31.4.4. Материалы на основе органических вяжущих веществ. Применение органических вяжущих веществ намного расширяет возможности утилизации отходов лесопиления и деревообработки. Стоимость органических вяжущих составляет менее 50 % стоимости материалов с древесным заполнителем. Экономически выгодно использовать наиболее дешевые полимерные вяжущие вещества, которые способны прочно склеивать древесные частицы и отвечают следующим требованиям: быть пожаро- и взрывоопасными, нетоксичными, иметь низкую вязкость, не терять своих свойств в течение срока их перевозки и использования. Этим требованиям соответствуют терморезактивные поликонденсационные полимеры, которые под воздействием температуры около 100 °С или отвердителей способны превращаться в твердые, неплавкие и нерастворимые вещества.

Из синтетических полимеров для склеивания древесины используют обычно карбамидные (мочевинно-формальдегидные) смолы. Клеи на основе этих полимеров водо- и термостойкие, а их термическое разложение начинается при температуре около 200 °С. Мочевинно-формальдегидные смолы имеют ряд преимуществ: они быстро твердеют при нагревании; характеризуются светлой окраской и обеспечивают высокую прочность при склеивании древесины. Как отвердители этих смол применяют хлорид или сульфат аммония в количестве 0,5...2 % от массы смолы.

Клееная древесина. Этот вид материалов относится к наиболее эффективным. Клееная древесина может быть слоистой – полученной из шпона (например, фанера, древесно-слоистые пластики), а также массивной с кусковых отходов лесопиления и деревообработки (панели, щиты, брусья, доски) и комбинированной (столярные плиты).

Клееные изделия классифицируют по виду применяемого клея, характеру обработки поверхности и конструктивным особенностям. Прочность склеивания древесины зависит от пористости, соотношения ранней и поздней древесины в годовых слоях, ее влажности, химического состава, угла наклона волокон. Установлено, что прочность склеивания линейно связана с пористостью, она растет по мере увеличения содержания целлюлозы.

Для склеивания по длине коротких досок и обрезков со стороны их склейки обрезают торцы, вырезают зубчатые шипы, затем торцы пропитывают клеем и состыкованные доски вкладывают в пресс, где выдерживают до полного твердения клея в течение 6...18 ч. Перед механической обработкой их выдерживают при нормальной температуре еще 6...12 ч. Кусковые отходы по толщине (ширине) склеивают течение нескольких минут на полуавтоматических установках с прогревом клеевых соединений токами высокой частоты.

Кусковые отходы древесины, по количеству занимающие одно из первых мест, могут быть использованы для производства различных изделий, полученных как с применением клеев, так и без них. На основе этих отходов можно изготавливать клееные панели и щиты, рейковые плиты, щитовой паркет, дверные коробки, торцевые щиты, кровельную и штукатурную дрань, кровельную плитку и гонт.

Преимуществами клееной древесины являются ее низкая и средняя плотность, водостойкость, возможность получения из маломерного материала изделия сложной формы или большие конструкции. В клееных конструкциях ослабляется влияние анизотропии древесины, они характеризуются повышенной гнилостойкостью и низкой воспламеняемостью, не поддаются усушке и короблению. Учитывая продолжительность монтажа и трудозатраты при возведении зданий, а также устойчивость под воздействием агрессивной среды, можно отметить, что клееные деревянные конструкции успешно конкурируют со стальными и железобетонными конструкциями. Их применение эффективно при возведении сельскохозяйственных и промышленных предприятий, выставочных и торговых павильонов, спортивных комплексов, зданий и сооружений сборно-разборного типа.

Клееные деревянные конструкции, как и железобетонные, можно выпускать предварительно напряженными, армируя их стальными стержнями. В армированных конструкциях в виде сплошных или пустотелых балок несущая способность почти в 2 раза выше, чем в сплошных деревянных.

Клееные панели представляют собой древесные щиты, склеенные из отрезков досок. Панели классифицируют по виду применяемого клея, характеру обработки поверхности и конструктивными особенностями.

Панели выпускают следующих размеров (мм): длиной 2500, шириной 300, 600 и толщиной 10, 13, 16, а также длиной 2500 и 5000, шириной 300, 900, 1200 и толщиной 19, 25, 32 и 44. С целью повышения прочности и улучшения внешнего вида панелей необходимо в процессе обработки устранять дефекты древесины (гниль, сучки и т. п.).

Предел прочности панелей при скалывании вдоль волокон по склеенному шву в сухом состоянии должен составлять не менее 6 МПа, а при статическом изгибе зубчато-шипового соединения прочность должна быть не менее 35 % прочности цельной древесины.

Панели применяют для настилки полов, перегородок, кровли, обшивки каркасных зданий, строительного леса и т. п. Панели, облицованные шпоном, бумагой или пленками, могут быть использованы как конструкционно-отделочный материал. Клееные щиты изготавливают из отходов лесопиления различной толщины, длиной от 375 мм и более. Отходы распиливают по ширине 40...44 мм, а затем обтачивают по длине, кратной 750 мм. Короткие бруски обтачивают на длину 375 мм и перед формированием щитов склеивают. Бруски высушивают до 12%-ной влажности. При укладке необходимо обратить внимание на то, чтобы внешняя поверхность щита была без дефектов.

При склеивании бруски обжимают струбцинами и выдерживают в течение 12...24 ч в зависимости от температуры воздуха. Если щиты подвергаются сушке при температуре не более 60 °С, то сроки выдержки не превышают 2...4 ч.

После затвердевания клея щиты распрессовывают и укладывают на прокладки в штабеля для выдержки и охлаждения. Затем изделия строгают до заданной толщины, обрезают по длине и ширине, а дальше выбирают шпунт или гребень в зависимости от способа соединения щитов.

С короткомерных и низкосортных пиломатериалов и отходов изготавливают плиты длиной 2500...5000 мм, шириной 1200 мм и толщиной 19 или 22 мм. Сырье раскраивают на заготовки длиной 2...2,5 м, обрезают их по ширине, сортируют по длине и высушивают в сушильных камерах. Высу-

шенные заготовки строгают, вырезают обнаруженные пороки древесины. Затем с помощью специальных шипорезных станков на них выбирают зубчатые шипы, на которые наносят клей. Заготовки собирают на станках и раскраивают на изделия заданной длины. На одну из кромок заготовок наносят клей, и набранный на цепном конвейере ковер плиты подается в высокочастотный пресс. Применение клееных плит позволяет на 20 % снизить себестоимость полов по сравнению с дощатыми за счет снижения стоимости материалов и трудозатрат.

Щитовой паркет состоит из нижнего щита – основы и верхнего покрытия, наклеенного на основу. Нижний щит изготавливают из хвойных пород древесины, он представляет собой каркасную конструкцию с реечным заполнением. Для получения верхнего покрытия используют более твердые породы древесины (дуб, бук и т. д.).

Бруски рамки основы соединяют между собой прямыми сквозными шипами на клею, а рейки закрепляют торцевыми фальцами в продольных пазах брусков обвязки. Лицевое покрытие состоит из секций, которые собирают из паркетных планок с прямыми ребрами одинакового размера и формы.

Отходы древесины для изготовления паркета сначала высушивают до влажности 8 масс.%, а затем разрезают по длине и ширине. Обработанные заготовки основы склеивают синтетическими смолами, после полного затвердевания смолы щиты обрабатывают на строгальных станках с двух сторон до толщины 20 мм. После этого наносят слой смолы на верхнюю поверхность щита, на которую укладывают предварительно подобранные планки. Набранные щиты склеивают на гидравлических прессах горячего формования. Прессования происходит при удельном давлении 0,5 МПа и температуре 110...130 °С. После прессования щиты обрезают по периметру, лицевое покрытие шпаклюют и после необходимой выдержки шлифуют. Далее по кромке щита выбирают шпунт глубиной 14 мм, который необходим для соединения щитов между собой.

Торцевые щиты изготавливают из кусковых отходов в виде брусков длиной от 200 до 600 мм и толщиной не менее 40 мм. Заготовка шашки начинается с сортировки, когда отбраковывают шашку неправильной формы и пораженную древесину (гнилью, сучками и т. п.), а затем ее высушивают в камерных сушилках до влажности 8 масс. %. Кондиционная шашка поступает для изготовления щитов размерами 500 × 500 или 1000 × 1000 мм, которые собирают на специальных станках. Предварительно шашку обрабатывают горячим битумом в специальной ванне и после этого укладывают сухими гранями отдельными рядами на поверхность станка с перевязкой швов. Поверхность щита выравнивают таким образом, чтобы торец каждой шашки касался рабочей поверхности станка. После обжатия и охлаждения битума щиты снимают и укладывают на ровный настил лицевой стороной вниз. Когда битум полностью остынет, щиты устанавливают на ребро. Готовые щиты поступают на склад, где их укладывают в штабеля высотой до 1,5 м, причем поверхности, обработанные битумом, посыпают негашеной известью.

Торцевые щиты применяют для укладки полов производственных и сельскохозяйственных зданий, складов, мастерских и других сооружений. На бетонное основание сначала укладывают рейки-маяки толщиной 20...25 мм и шириной 100...120 мм, а затем объем между рельсами засыпают песком и укладывают торцевые щиты.

Дверные коробки изготавливают из досок горбыля или кусковых отходов (вместо цельных пиломатериалов), которые после соответствующей обработки склеивают в бруски. Заготовки должны быть высушенными до влажности 15 %, а затем обработаны на станках до одинаковой толщины, поскольку склеивание деталей различной толщины будет приводить к перекосам и недопрессованию изделий по длине. После этого по всей плоскости наносят слой синтетического клея. Через 3...5 мин детали без перекосов укладывают в пакеты. Сверху пакет прижимают бруском. Процесс прессования длится 3 ч, после чего пакеты вынимают из пресса, укладывают на прокладки и выдерживают не менее суток.

Можно изготавливать двери и коробки из коротких брусков, склеиваемых до необходимой длины зубчатыми шипами. Крепление брусков включает следующие операции: торцевание заготовок, раскрой их по ширине, нарезка щитов, нанесение синтетического клея по поверхности, прессование и выдержка в течение 12...18 ч при температуре воздуха +17...20 °С с последующей обработкой по обычной технологии.

Как разновидность клееной древесины можно рассматривать *древесно-слоистые пластики* – материалы из листов шпона, измельченной древесины или опилок, пропитанных полимерами резольного типа и склеенных в процессе термической обработки под давлением.

Древесно-слоистые пластики используют как конструкционный материал; для облицовки внутренних помещений общественных и административных зданий, требующих высококачественной отделки; для изготовления многих строительных конструкций в качестве вспомогательных крепежных и монтажных элементов – прокладок, вкладышей, нагелей, стержней, болтов, а также для конс-

трукций, к которым предъявляют требования повышенной химической стойкости, высокого сопротивления истиранию и стойкости к действию электромагнитного поля.

Древесно-стружечные плиты получают путем горячего прессования стружки со связующим веществом. По способу изготовления различают плиты плоского прессования и экструзионные. Вследствие различных способов изготовления структура плит неодинакова. Для изготовления плит плоского прессования используют гидравлические прессы с нагретыми до температуры 140..150 °С стальными плитами. Прессы периодически загружают стружкой, укладывают ее на поддоны с предыдущим уплотнением, а затем из них вынимают готовые плиты. Такой способ изготовления плит называют периодическим. Плиты плоского прессования имеют одинаковую прочность в продольном и поперечном направлениях по всей плоскости плиты. Изготавливают плиты с ориентированным расположением стружки. Для таких плит прочность в продольном направлении выше, чем в поперечном по плоскости прессования.

Экструзионные плиты изготавливают путем выдавливания стружечной массы через нагретый стальной мунштук с последующей обрезкой выдавленной полосы на части заданных размеров. Вследствие поперечного расположения стружек экструзионные плиты имеют низкую прочность вдоль плоскости плиты и чуть выше поперек плоскости. Для предотвращения разрушения при воздействии транспортных и других нагрузок экструзионные плиты облицовывают шпоном. В результате прочность плит увеличивается в 15...20 раз. Технологический процесс производства плит состоит из следующих операций: сортировка древесины, увлажнение и разрезание ее на заготовки, переработка в стружку, сушка, перемешивание с вяжущим веществом, укладка массы, формование ковра, прессование и обработка плит.

Расход вяжущего вещества зависит от типа плит, расположения слоя и породы древесины. Применение лиственных пород древесины увеличивает расходы вяжущего на 10...20 %. Расход вяжущего для однослойных прессованных плит составляет 10...12 %, для экструзионных – 5...8 %; для внешних слоев многослойных плит – 12...14 %, а внутреннего слоя – 8...10 %.

Перемешивание измельченной древесины с полимерным вяжущим веществом происходит в специальном смесителе, из которого масса передается ленточным конвейером в формовочную машину для формования ковра. Подпрессовка ковра происходит при обычной температуре, а затем ковер уплотняется горячим прессованием при температуре 150 °С.

Сначала плиты прессуют при давлении 3,0 МПа, а затем давление снижают до 0,6...0,3 МПа.

Древесно-стружечные плиты в строительстве применяют для отделки помещений, устройство ограждений, подстилающих слоев полов и для звукоизоляции. Коэффициент звукопоглощения экструзионных плит, имеющих среднюю плотность 350...500 кг/м³ в диапазоне частот 600...900 Гц, составляет 0,5...0,7. В помещениях с повышенной влажностью применять такие плиты не рекомендуется.

Плиты можно покрывать прозрачной или полупрозрачной цветной поливинилхлоридной пленкой, а также лаками (ламинированные плиты).

Плиты используют в качестве теплоизоляционного материала для трехслойных панелей. Такие конструкции имеют высокую прочность и тепловые свойства, поэтому их применяют при строительстве малоэтажных зданий, а также для устройства сплошных оснований кровли из рулонных гидроизоляционных материалов.

Древесно-волокнистые плиты получают путем горячего прессования древесной волокнистой массы, наполнителей, синтетического связующего и специальных добавок. Сырьем для изготовления волокнистой массы являются треска и мелочь, а также стебли подсолнечника, костра и другие материалы растительного происхождения. В зависимости от средней плотности и удельного давления при прессовании получают сверхтвердые (СТ), твердые (Т), полутвердые (ПТ) и мягкие (М) плиты.

При изготовлении ДВП мокрым способом отходы древесины на рубильных машинах превращают в щепу, которую затем проваривают в 1...2 % растворе едкого натрия. Проваренную и промытую горячей водой щепу размалывают в специальных машинах (дефибраторах) до волокнистого состояния, в котором перемешивают с водой. В смесь добавляют парафиновую эмульсию, антисептики и антипирены, а также полимерные смолы.

Подготовленная смесь поступает для обезвоживания на сетчатый конвейер, формования ковра заданной толщины и разрезания на листы. Листы направляют или в роликовую туннельную сушилку для изготовления изоляционных плит, или в пресс горячего прессования для изготовления твердых и сверхтвердых плит. Прессование происходит при температуре 150...165 °С и давлении 1...1,5 МПа.

В зависимости от назначения плиты делят на мягкие и жесткие. Мягкие плиты в зависимости от средней плотности выпускают марок: М-1; М-2; М-3. Твердые плиты по прочности и виду лицевой поверхности подразделяют на марки: Т – твердые плиты без лицевой поверхности; ТС – с лицевым

слоем из тонкодисперсной древесной массы; ТП – с окрашенным слоем; СТ – повышенной прочности без лицевого слоя; СТ-С – повышенной прочности с лицевым слоем из тонкодисперсной древесной массы. Размеры древесно-волоконистых плит составляют: по длине 1220...3660 мм; по ширине 610...2140 мм и по толщине 8...16 мм.

Плиты применяют при устройстве перегородок, облицовке стен, для обшивки потолков, настила полов, а также при изготовлении дверных полотнищ и встроенной мебели.

Облицованные ДВП выпускают следующих типов: тип А – с матовой лицевой поверхностью, окрашенной водоэмульсионной поливинилацетатной краской; тип Б – с зеркально глянцевой лицевой поверхностью или полуматовой, окрашиваемой синтетическими эмалями.

Плиты типа А применяют для облицовки стен и потолков в зданиях с нормально-влажностным режимом эксплуатации; плиты типа В – для облицовки стен кухонь, санитарных узлов жилых домов и в помещениях с особым режимом – в медицинских, торговых заведениях.

К древесно-волоконистым близки по своим свойствам *древесно-шерстные плиты*, изготавливаемые из измельченных кусковых отходов лиственных и хвойных пород по полусухой технологии контактным способом. Отходы измельчают на рубильной машине в щепу, а затем перерабатывают на дефибраторе в древесную шерсть. Древесная масса влажностью 30...40 % подвергается гидротермальной обработке, а затем – горячему прессованию.

По средней плотности и прочности древесно-шерстные плиты делят на изоляционные, изоляционно-отделочные, конструкционно-изоляционные и конструкционные.

Средняя плотность изоляционных и изоляционно-отделочных плит 250...500 кг/м³, конструкционно-изоляционных – 500...700 кг/м³, конструкционных – 700...1000 кг/м³; минимальный предел прочности их при статическом изгибе соответственно равен 5, 10 и 13 МПа.

Разработана технология волоконно-стружечных плит, они так же, как и древесно-волоконистые, могут быть полутвердыми, твердыми и сверхтвердыми с пределом прочности при изгибе не ниже соответственно 10, 20 и 40 МПа. В отличие от древесно-волоконистых плит, волоконно-стружечные меньше подвергаются короблению.

В *королитовых плитах* в качестве заполнителей применяют измельченную кору деревьев хвойных и лиственных пород. Роль органических вяжущих веществ могут выполнять не только терморезактивные полимеры, но и концентраты лигносульфонатов. При применении органических вяжущих веществ в массу, кроме добавок гидрофобизаторов, дополнительно вводят антипирены, обычно в виде насыщенного водного раствора сульфата аммония.

Расход полимерного связующего для королитовых плит составляет около 12 % их массы. Средняя плотность плит – 450...800 кг/м³, предел прочности при сжатии – 0,5...3,5 МПа. Недостатком этого материала является его высокое водопоглощение, достигающее через 24 ч. 70...115 %. Основное назначение королитовых плит – теплоизоляция ограждающих конструкций.

Литература

1. Використання техногенних продуктів у будівництві : навч. посібник / Л. Й. Дворкін, К. К. Пушкарьова, О. Л. Дворкін [та ін.]. – Рівне: НУВГП, 2009. – 340 с.
2. Гідротехнічні та дорожні бетони : навч. посібник / Л. Й. Дворкін, О. Л. Дворкін [та ін.]. – Одеса: Евен, 2012. – 214 с.
3. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Основи бетонознавства : навч. посібник. – Киев: Основа, 2007. – 616 с.
4. Дворкин Л. И., Дворкин О. Л. Строительные материалы из отходов промышленности. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 369 с.
5. Техноекология : навч. посібник / В. М. Удод [та ін.] ; КНУБА, Ін-т телекомунікацій і глобального інформ. простору. – Київ, 2007. – 195 с.

32.1. Методика оптимизационных расчетов водопроводных систем с водозаборными скважинами

Основным источником водоснабжения в зоне Полесья являются подземные воды, расположенные на разных глубинах и в разных породах. Часто вода из подземных источников характеризуется избыточным содержанием соединений железа, марганца, солей жесткости, а поэтому для обеспечения нормативного содержания этих веществ в воде на станциях водоподготовки нужно осуществлять операции обезжелезивания, деманганации и умягчения воды, используя при этом высокоэффективные технологии и простые в обслуживании установки водоочистки.

Как известно [1], к системам водоснабжения выдвигают требования надежного обеспечения всех потребителей водой в нужном количестве, надлежащего качества и под необходимым напором при наименьших затратах на строительство и эксплуатацию водопроводных сооружений. Поэтому при проектировании или реконструкции таких систем нужно решать проблемы, связанные с обеспечением эффективного функционирования предприятий, предоставляющих соответствующие услуги потребителям, высокой надежности работы системы и сооружений, входящих в нее, качественного обслуживания и приемлемых показателей себестоимости воды, которые во многом зависят от эксплуатационных расходов предприятий, и прежде всего от расхода электроэнергии на насосных станциях.

Как показывают исследования, удельный расход электроэнергии на подачу воды в Украине значительно выше, чем в других европейских государствах, по ряду причин. Для большинства действующих водопроводов характерны большой износ основных фондов, эксплуатация устаревшего оборудования, работа насосов вне зоны их рекомендованного применения, то есть с низким КПД и большим энергопотреблением. Особенно много проблем возникает при работе безбашенной водопроводной сети в условиях снижения водоразбора, когда в результате нерационального использования насосных агрегатов наблюдается избыточное давление в трубопроводных линиях, а вследствие большого износа инженерных коммуникаций фиксируется значительное количество аварийных ситуаций и значительные потери транспортируемой потребителям воды. Для устранения этих проблем необходимо реконструировать насосные станции, устанавливая современные насосы с частотными преобразователями и обеспечивая автоматизацию процессов.

С целью оптимизации режимов работы гидравлически взаимодействующих сооружений подачи и распределения воды в соответствии с водопотреблением разработаны методики, позволяющие обеспечивать расчетные показатели подачи и напора воды с минимальным расходом электроэнергии. Точность расчетов зависит от точности полученных исходных данных, поэтому, приступая к вычислениям, всегда надо учитывать возможное изменение характеристик сооружений в процессе эксплуатации системы водоснабжения. Научные исследования, разработанные методики и примеры их использования опубликованы в литературе [1–24].

При расчетах системы подачи воды из водозаборных скважин нужно решить такие задачи:

- определить подачу воды из каждой скважины и снижение в ней статического уровня воды;
- выполнить анализ работы системы при изменении характеристик скважин с неустойчивым движением подземных вод;
- выбрать оптимальный режим совместной работы насосов и скважин, обеспечивающий подачу расчетного расхода воды потребителям при наименьших затратах электроэнергии.

Правильно решить эти задачи можно только на основании выполнения расчетов гидравлического взаимодействия всех сооружений системы. Сложность расчетов зависит от количества скважин, их взаимного расположения и влияния друг на друга, схемы подачи воды и других факторов.

При большом количестве скважин, соединенных между собой общим водоводом, подающим воду в общий резервуар, расчеты можно выполнять только аналитическим методом с помощью персональных компьютеров (ПК) путем итераций. Для этого необходимо знать аналитические характеристики всех сооружений, входящих в данную систему, и зависимости их изменения в процессе эксплуатации: водозаборных скважин, погружных центробежных насосов и водопроводных линий на пути транспортировки воды от всасывающих отверстий насоса до водосборного резервуара.

32.1.1. Аналитические характеристики центробежных насосов. Анализ графиков гидравлических Q - H и энергетических Q - N характеристик центробежных насосов (рис. 32.1) показал, что в зоне рекомендуемого применения (показано волнистыми линиями) для практических целей удобно и целесообразно эти зависимости аппроксимировать уравнениями [3]:

- квадратной параболы (для гидравлической характеристики Q - H):

$$H = H_{\phi} - S_{\phi} Q^2; \quad (32.1)$$

– степенной функции (для энергетической характеристики Q-N):

$$N = A + BQ^\alpha, \quad (32.2)$$

где H_ϕ и S_ϕ , A , B и α – параметры, вычисляемые по формулам:

$$H_\phi = H_1 + S_\phi Q_1^2 = H_2 + S_\phi Q_2^2; \quad (32.3)$$

$$S_\phi = \frac{H_1 - H_2}{Q_2^2 - Q_1^2}; \quad (32.4)$$

H_1 и H_2 – напоры насоса при подаче им расходов воды соответственно Q_1 и Q_2 , которые принимают из характеристики Q-H насоса в зоне его рекомендуемого применения (в зоне наивысшего КПД);

$$A = \frac{N_1 N_t - N_{cp}^2}{N_1 + N_t - 2N_{cp}}, \quad (32.5)$$

где N_{cp} – потребляемая мощность на валу насоса при подаче воды расходом

$$Q_{cp} = \sqrt{Q_1 Q_t}, \quad (32.6)$$

t – число значений Q_i и соответствующих им N_i .

Параметры B и α определяются как корни системы уравнений

$$\left. \begin{aligned} t \ln B + \alpha \sum \ln Q_i &= \sum \ln(N_i - A); \\ \ln B \sum \ln Q_i + \alpha \sum (\ln Q_i)^2 &= \sum \ln Q_i \ln(N_i - A) \end{aligned} \right\} \quad (32.7)$$

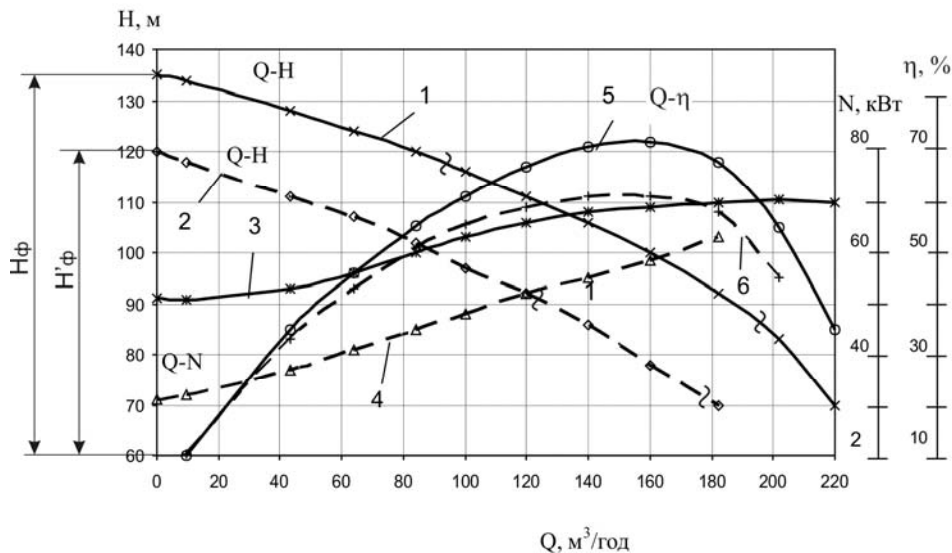


Рис. 32.1. Характеристики нового (сплошными линиями) и изношенного (пунктирными линиями) насоса типа ЭЦВ:

1 и 2 – гидравлические характеристики Q-H; 3 и 4 – энергетические характеристики Q-N; 5 и 6 – энергетические характеристики Q-η насоса

32.1.2. Подача воды из одиночных скважин. Для наиболее простого случая подачи воды из одной скважины в резервуар или башню (рис. 32.2) расчетный расход воды, подаваемый насосом, можно определить по формуле

$$Q = \frac{-1/q + \sqrt{(1/q)^2 + 4(H_\phi - H_r)(S_k + S_b + S_\phi)}}{2(S_k + S_b + S_\phi)}, \text{ л/с}, \quad (32.8)$$

где q – удельный дебит скважины, л/с·м; H_ϕ и S_ϕ – параметры гидравлической характеристики Q-H насоса, соответственно, м и $(\text{с/л})^2\text{м}$; H_r – геометрическая высота водоподъема от статического уровня воды в скважине $Z_{ст}$ до расчетного уровня воды в резервуаре Z_p (рис. 32.2), м; S_k и S_b – гидравлические сопротивления соответственно в коммуникациях насосной установки и водоводе, $(\text{с/л})^2\text{м}$.

Значение S_k учитывает гидравлическое сопротивление движению воды в щели между электродвигателем погружного насоса и эксплуатационной обсадной трубой, а также в водоподъемной трубе скважины и местные гидравлические сопротивления на ней:

$$S_k = \frac{h_{щ}}{Q_n^2} + 1,1A_r \cdot \lambda, \quad (32.9)$$

где $h_{\text{ш}}$ – потери напора в щели между электродвигателем погружного насоса и эксплуатационной обсадной трубой, м; A_T и l – соответственно удельное сопротивление, $(\text{с/л})^2$, и длина водоподъемных труб, м, в скважине; $1,1$ – коэффициент, учитывающий местные сопротивления в водоподъемных трубах; Q_n – расчетный расход воды из скважины, л/с.

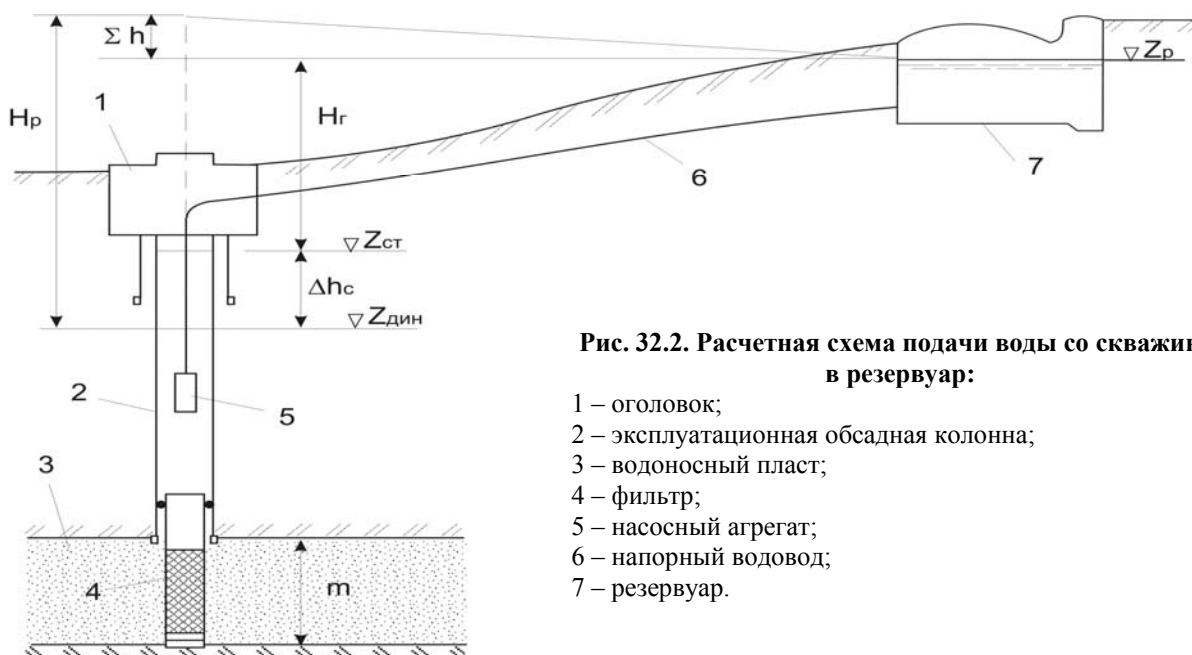


Рис. 32.2. Расчетная схема подачи воды со скважины в резервуар:

- 1 – оголовок;
- 2 – эксплуатационная обсадная колонна;
- 3 – водоносный пласт;
- 4 – фильтр;
- 5 – насосный агрегат;
- 6 – напорный водовод;
- 7 – резервуар.

$$h_{\text{ш}} = \frac{0,04l_e + 0,3(D_k - D_e)}{12,1(D_k + D_e)^2 (D_k - D_e)^3} Q_c^2, \quad \text{м}, \quad (32.10)$$

где l_e – длина электродвигателя, м; D_k – внутренний диаметр эксплуатационной обсадной колонны скважины, м; D_e – диаметр электродвигателя, м; Q_c – расход воды, забираемый из скважины, $\text{м}^3/\text{с}$.

Гидравлическое сопротивление водовода определяется по формуле

$$S_b = A_t \cdot L, \quad (\text{с/л})^2 \text{ м}, \quad (32.11)$$

где A_t – удельное гидравлическое сопротивление водовода, $(\text{с/л})^2$, которое принимают в зависимости от материала, диаметра труб и срока их эксплуатации; L – длина водовода, м.

С помощью формулы (32.8) можно проанализировать работу погружного центробежного насоса при изменениях геометрической высоты водоподъема H_r в течение суток, а также при изменениях гидравлических характеристик всех элементов, входящих в состав системы водоснабжения, в течение определенного срока их эксплуатации.

32.1.3. Подача воды от группы взаимодействующих скважин. Для случаев подачи воды от группы взаимодействующих водозаборных скважин, связанных между собой общей системой трубопроводов, в резервуар или башню (рис. 32.3) при одинаковых условиях совместной работы (забор воды из одинакового водоносного пласта, одинаковые насосы, удельные дебиты скважин, их взаимное влияние друг на друга и гидравлические сопротивления коммуникаций) подача воды из каждой скважины будет одинаковой и определяется по формуле:

$$Q_i = \frac{-1/q\beta + \sqrt{(1/q\beta)^2 + 4(H_\phi - H_r)(S_\phi + S_k + n^2 S_b)}}{2(S_\phi + S_k + n^2 S_b)}, \quad (32.12)$$

где β – коэффициент, учитывающий уменьшение удельного дебита скважины q вследствие откачки воды из других скважин; n – общее количество скважин.

Точнее всего коэффициенты β определяют на основании опытных откачек воды из скважин:

$$\beta = \frac{q'}{q}, \quad (32.13)$$

где q и q' – удельные дебиты скважины, соответственно при отсутствии и наличии взаимного влияния соседних скважин.

На практике встречаются гораздо более сложные схемы подключения водозаборных скважин к сборным водоводам, транспортирующих воду в резервуары чистой воды (РЧВ).

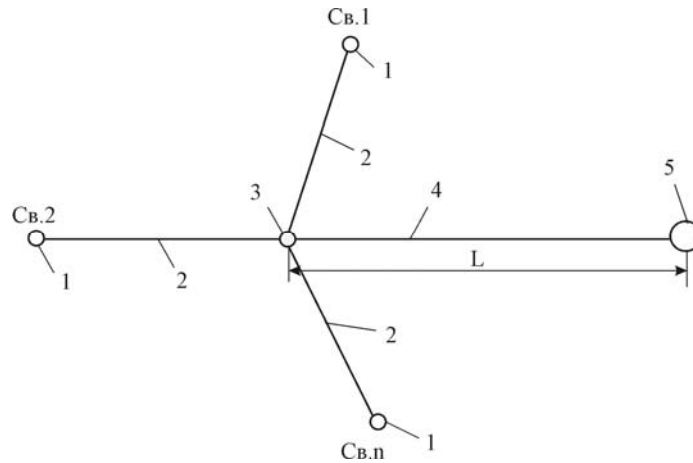


Рис. 32.3. Схема подачи воды в резервуар из n одинаковых скважин:

1 – скважина; 2 – соединительные коммуникации; 3 – узел подключения скважин; 4 – общий водовод; 5 – резервуар

Для таких систем подача воды из каждой скважины определяется по формуле

$$Q_i = P_i \left[\frac{-1/q_i + \sqrt{(1/q_i)^2 + 4(H_{\phi,i} - H_{r,i} - \Sigma h_i)(S_{k,i} + S_{v,i} + S_{\phi,i})}}{2(S_{k,i} + S_{v,i} + S_{\phi,i})} \right], \quad (32.14)$$

где P_i – параметр, указывающий работает ли эта скважина ($P = 1$) в настоящее время в расчетной системе водоснабжения, или она отключена ($P = 0$); Σh_i – сумма потерь напора на общих участках водовода, по которым подается вода как из данной скважины, так и от других скважин данной группы, м. Другие условные обозначения такие же, как и для формулы (32.8).

Поскольку в выражении (32.14) величина Σh_i зависит от расходов воды из других скважин, которые перед расчетами неизвестны, то задача по определению подачи Q_i является неопределенной и ее можно решить только путем итераций (методом постепенного приближения) с использованием ПК. Блок схема выполнения таких расчетов показана на рис. 32.4.

Перед началом вычислений нужны следующие исходные данные:

- расчетная отметка уровня воды в резервуаре $Z_{рчв}$;
- отметки поверхности земли возле скважин $Z_{з,i}$;
- глубина статического $H_{ст,i}$ и динамического $H_{дин,i}$ уровней воды каждой из скважин;
- подача воды из скважин $Q_{п,i}$ по паспортным или опытным данным;
- удельное гидравлическое сопротивление трубопроводов (в зависимости от материала и диаметра) на пути от каждой скважины до общего водовода $A_{т,i}$ и на общих участках транспортировки воды к РЧВ $A_{т,сп,j}$;
- длина трубопроводов от каждой скважины до общего водовода L_i и длина всех участков общего водовода $L_{сп,j}$;
- марки насосов, установленных в скважинах, и соответствующие им значения параметров $H_{\phi,i}$, $S_{\phi,i}$, A_i , B_i и α_i .

Отметки статического $Z_{ст,i}$ и динамического $Z_{дин,i}$ уровней воды определяют по результатам экспериментальных исследований скважин:

$$Z_{ст,i} = Z_{з,i} - H_{ст,i}, \text{ м}; \quad (32.15)$$

$$Z_{дин,i} = Z_{з,i} - H_{дин,i}, \text{ м}, \quad (32.16)$$

где $Z_{з,i}$ – отметка поверхности земли у скважины, м; $H_{ст,i}$ и $H_{дин,i}$ – соответственно глубина статического и динамического уровня, м.

Геометрическую высоту водоподъема находят как разность между расчетным уровнем воды в резервуаре $Z_{рчв}$ и статическим уровнем воды в скважине $Z_{ст,i}$:

$$H_{r,i} = Z_{рчв} - Z_{ст,i}, \text{ м}. \quad (32.17)$$

Удельный дебит скважины определяют по формуле

$$q_i = \frac{Q_i}{3,6\Delta h_{с,i}}, \text{ л/с}\cdot\text{м}, \quad (32.18)$$

где Q_i – расход воды из скважины, м³/ч; $\Delta h_{с,i}$ – снижение статического уровня воды в скважине, м, при откачке из нее расходы воды Q_i :

$$\Delta h_{с,i} = Z_{ст,i} - Z_{дин,i}, \text{ м}. \quad (32.19)$$

Гидравлическое сопротивление коммуникаций насосных установок $S_{к.і}$ нужно рассчитывать по формуле (32.9), а в случае отсутствия нужных данных допускается его определять приближенно, принимая потери напора в коммуникациях в среднем 3–5 м.

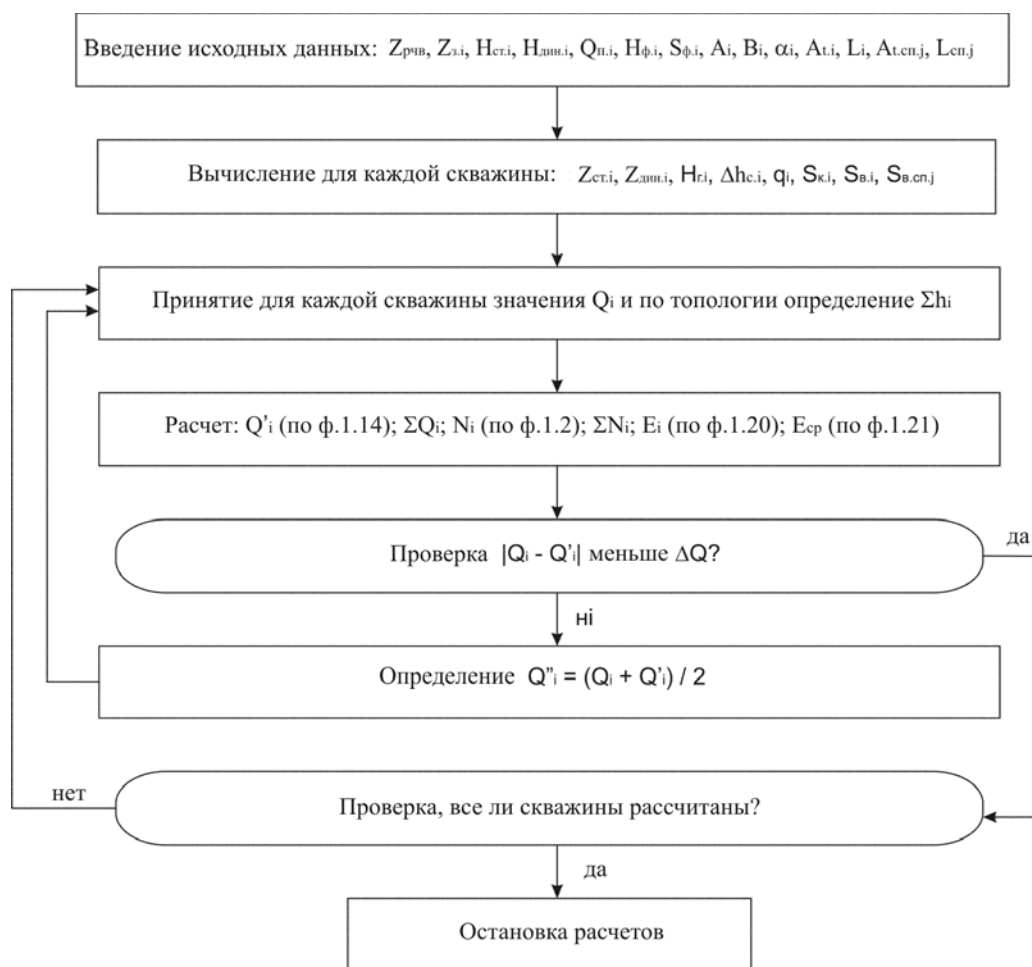


Рис. 32.4. Блок-схема расчетов

Гидравлическое сопротивление трубопровода от скважины до точки ее подключения к общему водоводу $S_{в.і}$ определяют по формуле (32.11).

Каждая скважина имеет различные общие участки напорного водовода, потери напора в которых влияют на подачу воды из нее, определяемой по формуле (32.14). Эти участки зависят от места расположения скважин относительно водосборного резервуара и топологической схемы трассировки трубопроводов, транспортирующих воду от скважин.

Перед расчетом необходимо пронумеровать все общие участки напорного водовода (индекс j) и определить их гидравлические сопротивления $S_{в.сп.і}$ по формуле (32.11), зная удельные гидравлические сопротивления $A_{т.сп.і}$ общих участков и их длину $L_{сп.і}$.

Для первого приближения нужно принять величины предварительно намеченных расходов воды со всех скважин $Q_{п.і}$ из паспортных или опытных данных насосов, установленных в скважинах, и определить суммарные расходы транспортируемой определенными общими участками водовода воды $\Sigma Q_{п.і}$ и соответствующие им потери напора h_j на этих участках.

Для каждой скважины по топологии вычисляют суммарные значения потерь напора Σh_i на общих участках водовода, по которым подается вода от скважины к РЧВ, используя определенные значения h_j на этом пути. После вычисления по формуле (32.14) новых значений подачи воды из каждой скважины и определения суммарной подачи ΣQ_i проверяют, не превышает ли допустимых пределов расхождение новых данных с предварительно принятыми значениями, и в случае необходимости продолжают расчет, принимая в следующих приближениях среднее значение Q_i для каждой скважины.

Удельный расход электроэнергии на подачу из скважин в РЧВ 1 м^3 воды определяют по формуле

$$E_i = \frac{N_i}{Q_i}, \text{ кВт.ч/м}^3, \quad (32.20)$$

где N_i – потребляемая на валу насоса мощность, кВт; Q_i – подача воды насосом, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Средний удельный расход электроэнергии всеми скважинами при расчетной схеме подачи воды из них определяют по формуле

$$E_{\text{cp}} = \frac{\sum N_i}{\sum Q_i}, \text{ кВт.ч/м}^3. \quad (32.21)$$

Исследуя различные возможные варианты работы системы и анализируя полученные показатели удельных расходов электроэнергии, выбирают оптимальный вариант, при котором энергопотребление будет наименьшим.

Разработанная методика позволяет не только анализировать эксплуатационные показатели действующих сооружений, но и моделировать работу системы при выключении или замене любого ее элемента (выключение из работы некоторых скважин, замена насосов на другие марки, изменение трасс трубопроводов, материалов, диаметров и т. д.).

32.2. Оптимизация работы насосной станции второго подъема

В безбашенных водопроводных схемах, когда на сети отсутствуют напорно-регулирующие сооружения, а подача насосов равна водопотреблению, в условиях снижения водоразбора в случае, когда используются нерегулируемые насосы, наблюдаются избыточные давления в трубопроводных линиях, увеличиваются потери воды из них и растет аварийность водопроводных сооружений и оборудования, а также фиксируются значительные расходы электроэнергии.

Для устранения этих проблем необходимо проводить реконструкцию действующих насосных станций, устанавливая современные насосы с частотными преобразователями и обеспечивая автоматизацию процессов управления системой. С целью оптимизации режимов работы регулируемых насосов согласно водопотреблению разработана методика, позволяющая достигать расчетных расходов воды и нужных напоров в сети с минимальным энергопотреблением.

На рисунке 32.5 приведен пример совместной работы насоса и трубопроводной системы в безбашенной водопроводной сети. Рабочей точкой совместной работы сооружений водопроводной системы будет точка А, полученная при пересечении линий 1 и 4 характеристик насоса и трубопроводов.

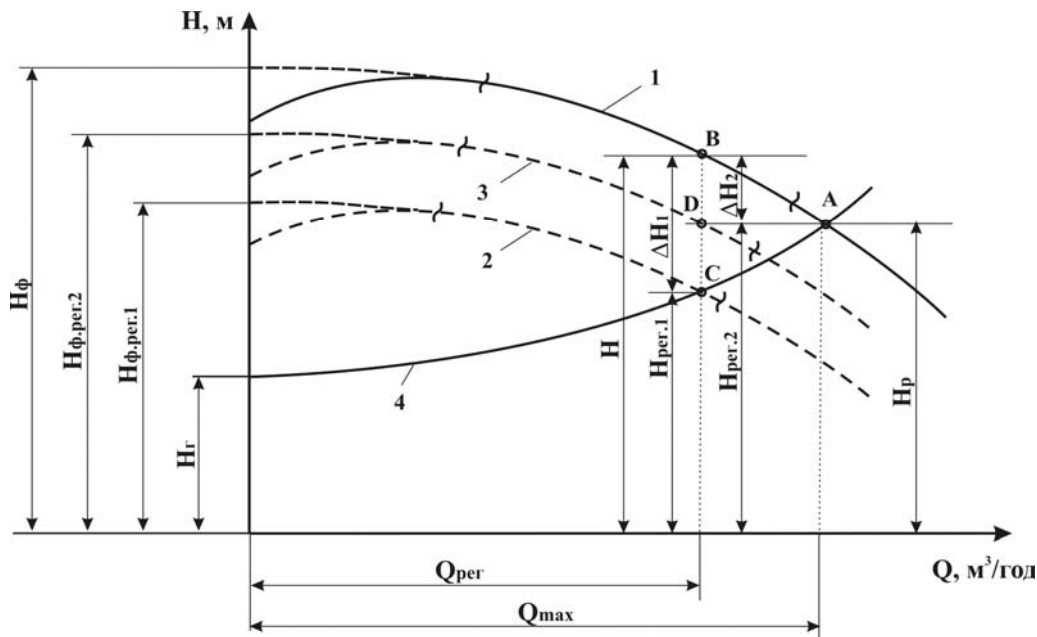


Рис. 32.5. Графики совместной работы гидравлически взаимодействующих сооружений:

1 — характеристика Q-Н нерегулируемого насоса; 2 — то же, регулируемого насоса; 3 — то же, регулируемого насоса при $H_p = \text{const}$; 4 — трубопроводной системы

Используя значения аналитических характеристик H_ϕ и S_ϕ из графика 1, которые определяются соответственно по формулам (32.3) и (32.4), напор насоса H , м, при изменении расхода Q можно определить из уравнения

$$H = H_\phi - S_\phi Q^2. \quad (32.22)$$

График 4 строят, зная величину обобщенного гидравлического сопротивления водопроводной системы S_y (коммуникаций насосной станции, водоводов и сетей) и геометрическую высоту водоподъема H_r от отметки уровня воды в резервуаре до пьезометрической отметки требуемого свободного напора в диктующей точке сети.

Требуемый напор насоса, м, для обеспечения в диктующей точке сети расчетного давления при изменении водопотребления Q определяют по формуле

$$H = H_r + S_y Q^2. \quad (32.23)$$

Максимальная подача насоса при расчетном напоре H_p , необходимом для поддержания требуемого свободного напора в диктующей точке во время наибольшего водопотребления из сети, составит Q_{\max} (рис. 32.5). При уменьшении водоразбора до величины $Q_{\text{пер}}$ нерегулируемый насос создаст в системе избыточный напор величиной ΔH_1 , а рабочая точка сместится в положение В. В этом случае, кроме увеличения утечек и возрастания угрозы создания аварийных ситуаций на сети и водоводах, на насосной станции наблюдаются значительные перерасходы электроэнергии, что увеличивает эксплуатационные расходы коммунального предприятия.

Как известно, потребляемую на валу нерегулируемого насоса мощность, кВт, можно определить по формуле

$$N = \frac{QH}{102\eta}, \quad (32.24)$$

где Q ; H и η – соответственно подача, л/с, напор, м, и КПД, в долях единицы, данного насоса.

Для устранения избыточных напоров в системе водоснабжения при уменьшении водопотребления применяют регулирование частоты вращения рабочих колес насосов, которое осуществляют при помощи установленных на насосных станциях частотных преобразователей тока.

В случае регулирования исследуемый насос (рис. 32.5) при подаче воды $Q_{\text{пер}}$ создаст в системе напор $H_{\text{пер.1}}$, гидравлическая характеристика насоса Q - H будет занимать положение 2, а рабочей станет точка С. При этом в диктующей точке сети будет обеспечен требуемый свободный напор при значительно меньшем энергопотреблении.

Частоту вращения рабочего колеса регулируемого насоса, мин^{-1} , можно определить по формуле

$$n_{\text{пер}} = n \sqrt{\frac{H_{\phi, \text{пер}}}{H_{\phi}}} = n \sqrt{\frac{H_{\phi} - \Delta H}{H_{\phi}}}, \quad (32.25)$$

где n – частота вращения рабочего колеса насоса по каталогу (нерегулируемого), мин^{-1} ; H_{ϕ} и $H_{\phi, \text{пер}}$ – аналитическая напорная характеристика соответственно нерегулируемого и регулируемого насоса при нулевой подаче, м; ΔH – избыточный напор насоса, м.

Подача и напор регулируемого и нерегулируемого насоса связаны зависимостями

$$Q_{\text{пер}} = Q \left(\frac{n_{\text{пер}}}{n} \right); \quad (32.26)$$

$$H_{\text{пер}} = H \left(\frac{n_{\text{пер}}}{n} \right)^2. \quad (32.27)$$

При известном значении подачи величиной $Q_{\text{пер}}$, равной водопотреблению из сети, потребляемая на валу регулируемого насоса мощность, кВт, определяется по формуле

$$N_{\text{пер}} = N \left(\frac{n_{\text{пер}}}{n} \right)^2 = N \left(\frac{H_{\phi} - \Delta H}{H_{\phi}} \right). \quad (32.28)$$

Однако водопотребление в течение суток все время меняется, и регулировать насосы по подаче очень сложно, поэтому на насосных станциях, как правило, регулирование насосов осуществляют, принимая постоянным значение расчетного напора ($H_p = \text{const}$), определенного для Q_{\max} . В этом случае при подаче $Q_{\text{пер}}$ и напоре $H_p = H_{\text{пер.2}}$ характеристика насоса (рис. 32.5) займет положение 3, рабочей будет точка D, избыточный напор снизится на величину ΔH_2 , а потребляемая на валу насоса мощность будет определяться по формуле

$$N_{\text{пер}} = N \left(\frac{n_{\text{пер}}}{n} \right) = N \sqrt{\frac{H_{\phi} - \Delta H}{H_{\phi}}}. \quad (32.29)$$

Следует отметить, что установка частотно-регулируемого электропривода является достаточно дорогостоящим мероприятием, поэтому для экономии средств при реконструкции насосной станции часто устанавливают один электропривод на группу из 2–3 насосов [3]. Однако практика эксплуатации показывает, что в этом случае могут возникать кавитационные процессы, повышаются динамические нагрузки на подшипники и валы насосов, уменьшается КПД и в итоге снижается энергоэффективность работы системы. Исследования ряда авторов [3–5] показали, что при такой схеме нередко насос с частотным регулированием оказывается в недопустимой рабочей области, в результате чего фиксируются неравномерные дополнительные шумы, вибрация, вызывающая преждевременный

износ деталей насоса и выход его из строя. Такие процессы особенно характерны для области низкой производительности насоса в случае, когда напорная характеристика имеет отрицательный наклон. Поэтому частотное преобразование желательно применять для всех насосов группы.

При значительной неравномерности водопотребления в течение суток на насосных станциях целесообразно использовать несколько разнотипных по подаче насосов с частотным регулированием, при установке режимов работы которых необходимо обеспечивать нахождение рабочей точки каждого насоса в его рабочем диапазоне, что способствует бесперебойному функционированию насосных агрегатов с высокими показателями КПД.

Если регулирование разнотипных насосов осуществляется по расчетному напору, то оптимизационные расчеты ведут в такой последовательности.

1. Сначала исследуют гидравлические Q-N и энергетические Q-N характеристики установленных на станции насосов в зоне их рекомендуемого применения и определяют уравнения, описывающие эти графики, с помощью программного обеспечения персонального компьютера. Устанавливают границы, в которых исследуемые насосы будут обеспечивать расчетный напор H_p с высокими показателями КПД.

2. Задают расчетные показатели водопотребления из сети Q_m и вычисляют подачу и потребляемую мощность каждого насоса для случая, когда насосы не регулируются. Постепенно уменьшая частоту вращения n_1 рабочего колеса насоса № 1, определяют его подачу Q_1 и потребляемую мощность N_1 , а по разнице $Q_m - Q_1$ вычисляют подачу Q_2 насоса № 2, а также значения частоты вращения его рабочего колеса n_2 и потребляемой мощности N_2 . Все расчеты целесообразно вести в виде таблиц. Анализируя полученные результаты в зонах рекомендуемого применения одного и второго насосов, определяют наименьшую суммарную потребляемую мощность, а следовательно, и наименьшее потребление электроэнергии.

3. Меняют значение расчетной подачи насосов Q_p , которая зависит от величины водопотребления из сети Q_m , и выполняют аналогичные расчеты, последовательно определяя оптимальные режимы работы насосов в течение суток от минимального до максимального значений водоразбора.

Как показали исследования, регулирование насосов и правильный выбор режимов их работы дает возможность снизить потребление электроэнергии на насосных станциях в среднем на 25–30 %, что значительно уменьшает эксплуатационные расходы коммунальных предприятий.

32.3. Расчет совместной работы сооружений безбашенной водопроводной системы с несколькими насосными станциями

32.3.1. Теоретические сведения. Для случаев, когда несколько насосных станций подают воду в безбашенную водопроводную сеть, должны выполняться два закона физики:

1) закон сохранения материи (сумма расходов воды, которую подают в сеть насосные станции, равна величине расхода воды из сети в данный момент времени):

$$\sum_1^n Q_{i,j} = Q_{m,i} \quad (32.30)$$

где $Q_{i,j}$ – подача воды от j-ой насосной станции в i-ое время суток; n – количество насосных станций, питающих водопроводную сеть; $Q_{m,i}$ – расходы воды из сети в данный момент времени, включая и потери воды (утечки) из нее;

2) закон сохранения энергии – алгебраическая сумма потерь напора в любом замкнутом контуре, связывающим между собой все источники питания сети, равна нулю:

$$\Sigma h = 0. \quad (32.31)$$

С изменением водопотребления из водопроводной сети в течение суток $Q_{m,i}$ подача воды от каждой насосной станции $Q_{i,j}$ автоматически устанавливается таким образом, чтобы выполнялись эти законы. При этом пьезометрическая поверхность в водопроводной сети (напоры в точках сети) меняется в зависимости от напоров, создаваемых насосными станциями в данный момент времени.

Эта поверхность для каждого времени суток должна иметь такое положение, чтобы обеспечивался необходимый свободный напор в диктующей точке сети при наименьшем расходовании электроэнергии, потребляемой всеми насосными станциями, питающими эту сеть:

$$H_{p,d} = H_{в,д}; \quad (32.32)$$

$$\sum_1^n N_{i,j} = \min \quad (32.33)$$

где $H_{p,d}$ и $H_{в,д}$ – соответственно расчетный и требуемый свободный напор в диктующей точке.

Для решения этой задачи на действующих водопроводных системах необходимо правильно подбирать насосы и выбирать оптимальный режим их совместной работы с водопроводной сетью, при котором выполняются условия (32.32) и (32.33).

На практике эти требования выполнить достаточно сложно, поскольку для каждого часа суток нужно знать положение пьезометрической поверхности в водопроводной сети для автоматического выполнения условия (32.32).

Диктующей точкой на сети (рис. 32.6) может быть точка с наибольшей отметкой требуемого пьезометрического напора (самая высокая точка в городе или та, в которой нужна наибольшая величина свободного напора). Такой точкой может быть точка схождения потоков воды от насосных станций (наименьшая отметка пьезометрической поверхности).

Местонахождение диктующей точки определяют на основании проведения манометрической съемки водопроводной сети и сравнения фактических напоров воды в точках сети с требуемыми напорами.

В диктующей точке фактическая пьезометрическая поверхность δ может находиться выше, как на рисунке 32.6, от требуемой пьезометрической отметки на величину ΔH , может быть ниже ее, а в отдельном случае – совпадать с ней.

Величина ΔH определяется по формуле

$$\Delta H = H_{p,d} - H_{в,д}. \quad (32.34)$$

Если $\Delta H = 0$, то выполняется требование (32.32). Если $\Delta H < 0$, то потребители не обеспечиваются требуемым свободным напором, а значит, нужно включать более мощные насосы. Если $\Delta H > 0$, то это приводит к увеличению давления в сети и утечек воды из нее, росту аварийности и перерасходу электроэнергии.

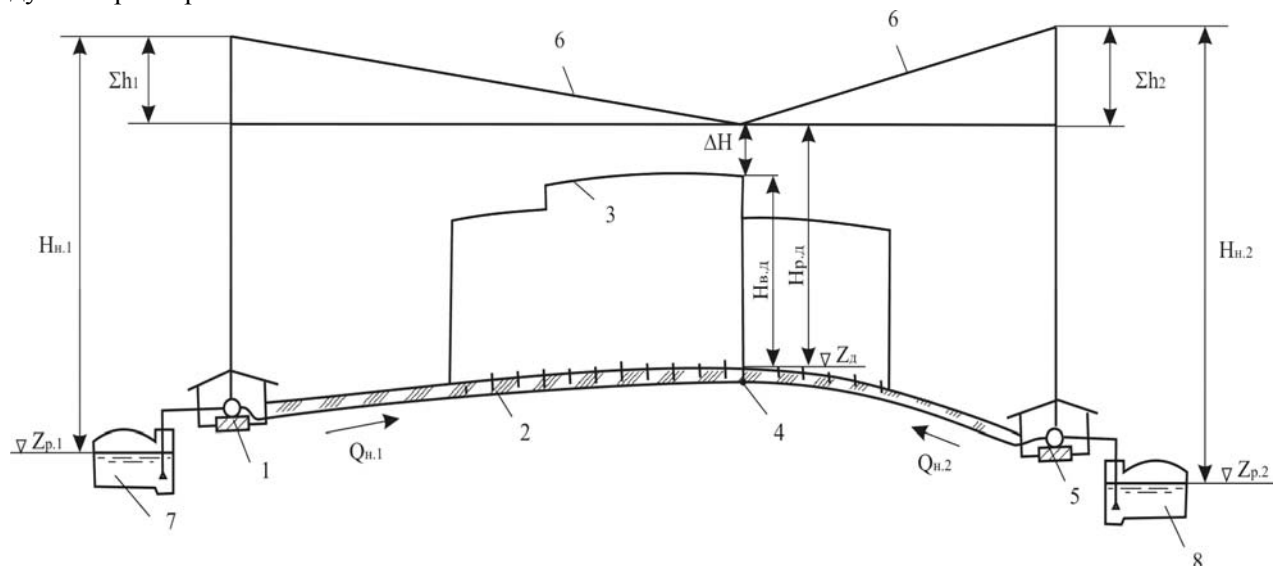


Рис. 32.6. Схематический профиль между двумя насосными станциями, питающими безбашенную водопроводную сеть:

- 1 – НС-1; 2 – водопроводная сеть; 3 – линия требуемых свободных напоров в сети; 4 – диктующая точка; 5 – НС-2; 6 – линия фактической пьезометрической поверхности в сети; 7 и 8 – РЧВ, соответственно у НС-1 и НС-2

32.3.2. Разработка математической модели гидравлической системы и методика расчета совместной работы водопроводных сооружений. Для выполнения условий (32.32) и (32.33) нужно установить для каждой насосной станции зависимости

$$H_{тр,i,j} = f(Q_{i,j}), \quad (32.35)$$

где $H_{тр,i,j}$ – требуемый напор j -ой насосной станции в i -ый час суток при подаче ею расхода воды $Q_{i,j}$.

Для насосных станций, показанных на рисунке 32.6, эти напоры определяются по формулам

$$H_{тр,1} = H_{н,1} - \Delta H = Z_{д} + H_{в,д} + \Sigma h_1 - Z_{п,1}; \quad (32.36)$$

$$H_{тр,2} = H_{н,2} - \Delta H = Z_{д} + H_{в,д} + \Sigma h_2 - Z_{п,2}, \quad (32.37)$$

где $H_{н,1}$ и $H_{н,2}$ – напоры, которые создают соответственно НС-1 и НС-2 при подаче ими расходов $Q_{н,1}$ и $Q_{н,2}$; ΔH – величина избыточного напора в диктующей точке; $Z_{д}$ и $H_{в,д}$ – соответственно отметка поверхности земли и величина требуемого свободного напора в диктующей точке; Σh_1 и Σh_2 – сумма потерь напора в трубопроводах от диктующей точки до соответственно НС-1 и НС-2; $Z_{п,1}$ и $Z_{п,2}$ – отметка уровня воды соответственно в РЧВ-1 и РЧВ-2.

Выражения (32.36) и (32.37) можно записать еще и так:

$$H_{\text{тр.1}} = H_{0.1} + \Sigma h_1 = H_{0.1} + \Sigma S_1 Q_1^\beta; \quad (32.38)$$

$$H_{\text{тр.2}} = H_{0.2} + \Sigma h_2 = H_{0.2} + \Sigma S_2 Q_2^\beta; \quad (32.39)$$

$H_{0.1}$ и $H_{0.2}$ – напоры у НС-1 и НС-2, когда они отключены от подачи воды; ΣS_1 и ΣS_2 – гидравлические сопротивления на пути транспортировки воды к диктующей точке соответственно от НС-1 и НС-2 расходами соответственно Q_1 и Q_2 ; β – показатель степени при Q , который принимается в зависимости от скорости движения воды в трубах (при ламинарном режиме – 1, при турбулентном – 2, а в переходной зоне – 1,85).

Для действующих водопроводных систем зависимости (32.35) следует определять на основании экспериментальных исследований, исходя из опыта эксплуатации насосных станций и выполнения условия (32.38).

Распределение расходов воды между насосными станциями для выполнения условия (32.30) происходит автоматически в зависимости от мощности насосных станций, места их расположения и гидравлических характеристик водопроводных линий, транспортирующих воду от этих станций.

Анализируя величины $Q_{i,j}$ и соответствующие им значения $H_{\text{тр.}i,j}$, строят для каждой насосной станции графики уравнения (32.35), что позволит оптимизировать работу центробежных насосов.

Для устранения избыточного напора насоса, то есть достижения в диктующей точке сети значения $\Delta H = 0$, насос необходимо регулировать изменением частоты вращения его рабочего колеса до величины $n_{\text{пер}}$.

Обозначим

$$n_{\text{пер}} / n = K. \quad (32.40)$$

При изменении частоты вращения подача, напор и потребляемая мощность насоса изменяются по таким зависимостям:

$$Q_{\text{пер}} / Q = K; \quad H_{\text{пер}} / H = K^2; \quad N_{\text{пер}} / N = K^3, \quad (32.41)$$

где Q , H и N – подача, напор и потребляемая на валу насоса мощность нерегулируемого насоса; $Q_{\text{пер}}$, $H_{\text{пер}}$ и $N_{\text{пер}}$ – то же, при его регулировании.

При регулировании работы насоса параметры аналитических характеристик Q - H и Q - N центробежных насосов, которые описываются уравнениями (32.1) и (32.2), определяются [3] по формулам:

$$S_{\text{ф.пер}} = S_{\text{ф}}; \quad (32.42)$$

$$H_{\text{ф.пер}} = H_{\text{ф}} K^2; \quad (32.43)$$

$$A_{\text{пер}} = A K^3; \quad (32.44)$$

$$B_{\text{пер}} = B K^{3-\alpha}; \quad (32.45)$$

$$\alpha_{\text{пер}} = \alpha. \quad (32.46)$$

Необходимую частоту вращения регулируемого насоса можно определить двумя способами:

а) если известна величина избыточного напора в диктующей точке сети ΔH_i :

$$n_{\text{пер.}i} = K_i n = n \sqrt{\frac{H_{\text{ф}} - \Delta H_i}{H_{\text{ф}}}}, \text{ мин.}^{-1}, \quad (32.47)$$

где n – номинальная частота вращения рабочего колеса насоса, мин.^{-1} ; $H_{\text{ф}}$ – параметр аналитической характеристики Q - H нерегулируемого насоса;

б) если известны требуемые величины расхода и напора регулируемого насоса:

$$n_{\text{пер.}i} = K_i n = n \sqrt{\frac{H_{\text{тр.}i} + S_{\text{ф}} Q_i^2}{H_{\text{ф}}}}, \text{ мин.}^{-1}, \quad (32.48)$$

где $H_{\text{тр.}i}$ – требуемый напор регулируемого насоса для обеспечения $\Delta H = 0$ при подаче им расчетного расхода воды величиной Q_i в данное время.

При параллельной работе однотипных насосов параметры аналитической характеристики Q - H и Q - N группы из m таких насосов определяются [3] по формулам:

$$S_{\text{ф.гр}} = \frac{S_{\text{ф.1}}}{m^2}; \quad (32.49)$$

$$H_{\text{ф.гр}} = H_{\text{ф.1}}; \quad (32.50)$$

$$A_{\text{гр}} = mA_1; \quad (32.51)$$

$$B_{\text{гр}} = m^{1-\alpha} B_1; \quad (32.52)$$

$$\alpha_{\text{гр}} = \alpha_1, \quad (32.53)$$

в которых индексами 1 и гр обозначены параметры соответственно одного и группы из m одинаковых насосов.

Для случая, когда из двух одновременно работающих одинаковых насосов один регулируется изменением частоты вращения рабочего колеса, для достижения расчетной подачи воды двумя насосами величины Q_i и создания ими расчетного напора $H_{тр.i}$, при котором величина избыточного напора в диктующей точке будет равна нулю ($\Delta H = 0$), расчетная частота вращения регулируемого насоса в данный (i -ый) момент суток определяется по формуле

$$n_{пер.i} = K_i n = n \sqrt{\frac{H_{тр.i} + S_\phi \left(Q_i - \sqrt{\frac{H_\phi - H_{тр.i}}{S_\phi}} \right)^2}{H_\phi}}, \text{ мин}^{-1}, \quad (32.54)$$

а потребляемая на валу насоса мощность вычисляется по зависимости

$$N_i = A + B \left(\frac{H_\phi - H_{тр.i}}{S_\phi} \right)^{0,5\alpha} + AK_i^3 + BK_i^{3-\alpha} \left(Q_i - \sqrt{\frac{H_\phi - H_{тр.i}}{S_\phi}} \right)^\alpha, \text{ кВт}. \quad (32.55)$$

Для случая, когда из двух одновременно работающих одинаковых насосов регулируются изменением частоты вращения рабочего колеса оба насоса, то значения $n_{пер.i}$ и N_i определяются по следующим формулам:

$$n_{пер.i} = K_i n = n \sqrt{\frac{H_{тр.i} + 0,25S_\phi Q_i^2}{H_\phi}}, \text{ мин}^{-1}, \quad (32.56)$$

$$N_i = 2 \left[AK_i^3 + BK_i^{3-\alpha} (0,5Q_i)^\alpha \right], \text{ кВт}. \quad (32.57)$$

Для выполнения оптимизационных расчетов насосов и действующей водопроводной сети необходимо выполнить следующие операции:

- 1) распределить нагрузку между источниками питания водопроводной сети, то есть наметить подачу воды от каждой насосной станции при выполнении условия (32.30);
- 2) подобрать насосы для каждой насосной станции и наметить график их работы при обеспечении необходимых расходов воды и напоров в водопроводной сети;
- 3) манометрами-самописцами определить местонахождение диктующей точки на водопроводной сети и значения избыточных напоров в ней ΔH_i для каждого часа суток расчетного водопотребления;
- 4) для каждой насосной станции установить зависимость (32.35), нанести ее на графики Q - H работающих насосов и определить насосы для их регулирования;
- 5) по приведенной методике рассчитать для каждого часа суток расход электроэнергии, потребляемой каждым насосом и всеми насосными станциями;
- 6) скорректировать распределение нагрузки между насосными станциями с учетом пропускной способности отдельных участков водопроводной сети и подключения к ней новых водопотребителей;
- 7) проанализировать несколько вариантов подачи воды от насосных станций и режимов их совместной работы с водопроводной сетью, выбрать из них самый выгодный, при котором общий расход потребляемой электроэнергии будет наименьшим:

$$\Sigma N_{i,j} = \min. \quad (32.58)$$

32.3.3. Распределение нагрузки между насосными станциями по часам суток и определение требуемых напоров насосов. Оптимизация распределения нагрузки между насосными станциями, питающими безбашенную водопроводную сеть, нужна для минимизации расхода электроэнергии на подачу потребителям расчетных расходов воды под необходимым свободным напором, то есть когда выполняются требования, описанные уравнениями (32.30)-(32.33) и (32.58). Эту задачу можно решить путем итераций, то есть постепенного приближения к ее оптимальному решению ($\Sigma N = \min$) при наложении ограничения, что суточная подача каждой насосной станции не может превышать максимальную производительность данного водозабора:

$$Q_{доб.j} \leq Q_{вод.мах.j}, \quad (32.59)$$

где $Q_{вод.мах.j}$ – максимальный расход воды, который можно получить от скважин на водозаборе, $\text{м}^3/\text{сут}$.

На практике такое распределение выполняют путем измерения на каждой насосной станции расходов воды $Q_{i,j}$ и электроэнергии $N_{i,j}$, а также напоров на насосных станциях и в диктующих точках сети, определяя избыточные или недостаточные напоры воды в них по формуле (32.34). Работа выполняется до достижения условия (32.58). Надо отметить, что такие работы являются очень сложными и трудоемкими, поскольку в процессе эксплуатации системы водоснабжения меняются водопотребление из сети и гидравлические параметры сооружений. Поэтому для поиска оптимальных решений целесообразно проводить математическое моделирование процессов совместной работы насосных станций и водопроводной сети, выполнять на ПК расчеты таких систем и путем рассмотрения различных вариантов питания водопроводной сети находить среди них наиболее выгодный.

Для каждой насосной станции строят функциональную зависимость (32.35) требуемого напора $H_{тр.ij}$ от величины намеченной подачи воды из нее в водопроводную сеть, пользуясь выражениями (32.36) или (32.37).

32.4. Расчет установок для обезжелезивания и умягчения подземных вод

Наиболее распространенными компонентами, содержащимися в подземных водах и требующими корректировки, являются соединения железа, марганца, а также соли жесткости. Железосодержащие подземные воды, в которых также почти всегда содержится марганец, распространены по всей территории Украины. Концентрация железа в них составляет $0,5-20 \text{ мг/дм}^3$ и более, марганца – $0,2-4 \text{ мг/дм}^3$. Среднее содержание железа $3-5 \text{ мг/дм}^3$ находится почти в 50 % эксплуатационных запасов воды из подземных источников [25]. Подземные воды с повышенной жесткостью, которая иногда превышает 20 мг-экв/дм^3 , характерны для южных и юго-восточных регионов Украины.

Повышенное содержание железа в воде хозяйственно-питьевых водопроводов влияет на ее вкус, может вызвать порчу одежды во время стирки из-за бурого цвета воды, образует осадок в трубах, препятствующий потоку и наносящий ущерб водопроводной арматуре. Кроме того, при употреблении такой воды в печени человека накапливаются коллоиды из гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$, на поверхности которых сорбируются ионы тяжелых металлов и радионуклиды, приводящие к тяжелым заболеваниям. Согласно существующим нормативам [26] содержание в воде железа не должно превышать $0,2 \text{ мг/дм}^3$, марганца – $0,05 \text{ мг/дм}^3$.

Жесткость воды обусловлена присутствием в ней ионов кальция и магния. Пользование водой повышенной жесткости приводит к перерасходу моющих средств, усиленному износу одежды во время стирки, усложняет варку овощей, мяса и т. п. Согласно существующим нормативам жесткость питьевой воды не должна превышать 7 мг-экв/дм^3 .

При совместном обезжелезивании и умягчении подземной воды может применяться реагентный метод очистки путем подачи раствора извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [27]. Данная установка (рис. 32.7) работает следующим образом: исходная вода из скважины 1 поступает в аэрационный бак 2, откуда насосом 6 подается в тонкослойный отстойник 7 и скорый песчаный фильтр 8, где освобождается от осадка.

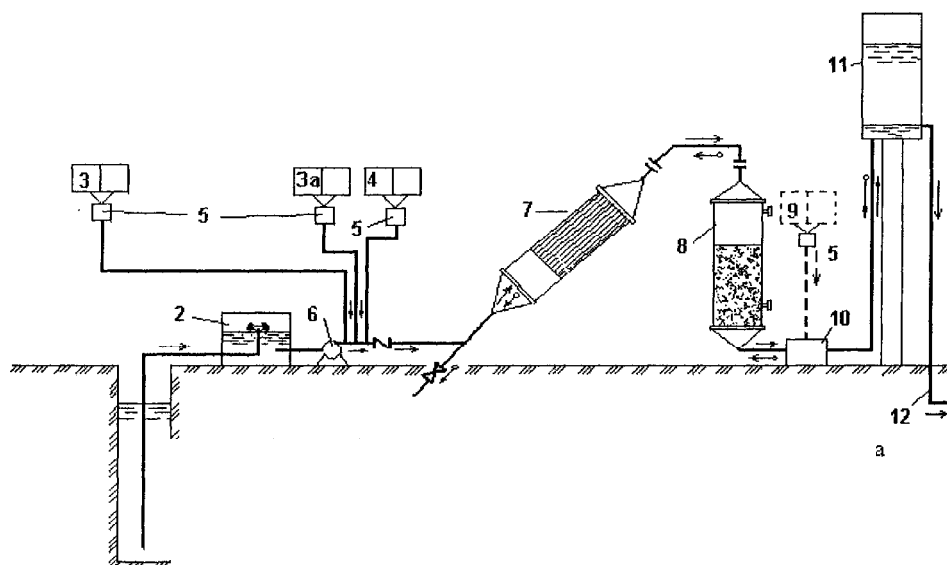


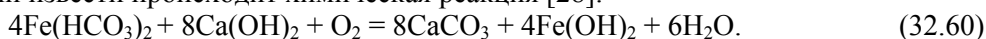
Рис. 32.7. Существующая технологическая схема для обезжелезивания и умягчения воды реагентным методом:

- 1 – водозаборная скважина, 2 – аэрационный бак; 3 – блок щелочных реагентов, 3а – блок флокулянтов, 4 – блок коагулянтов; 5 – дозаторы; 6 – насос исходной воды; 7 – тонкослойный отстойник; 8 – скорый фильтр; 9 – блок обеззараживания воды хлором; 10 – блок обеззараживания воды бактерицидными лампами; 11 – водонапорная башня; 12 – подача воды потребителям

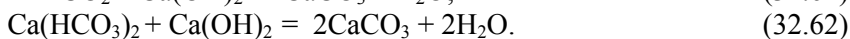
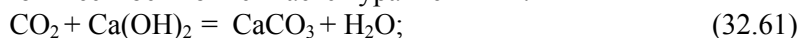
Перед отстойником в трубопровод подается раствор извести от блока щелочных реагентов 3, а в случае необходимости – растворы флокулянтов и коагулянтов соответственно от блоков 3а и 4. Осветленная и обеззараженная вода отводится по трубопроводу 12 потребителям. Для обеззараживания воды в нее дозатором 5 вводится раствор жидкого хлора от блока 9 или применяются бактерицидные лампы в блоке обеззараживания воды 10. Для промывки фильтра воду подают в обратном направлении от водонапорной башни 11, а осадок с промывной водой сбрасывают в канализацию. После промывки сооружений фильтроцикл повторяют.

Обезжелезивание воды реагентным методом заключается в переводе растворимых форм железа $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ в малорастворимые.

При использовании извести происходит химическая реакция [28]:



На удаление 1 мг двухвалентного железа расходуется 2,64 мг извести и 0,14 мг кислорода. Химизм процесса при снижении карбонатной жесткости описывается уравнениями:



По этому методу остаточная жесткость может быть доведена до 0,5-1 мг-экв/дм³ [27].

Доза извести определяется по формуле:

$$D_{\text{в}} = 28 \left(\frac{\text{CO}_2}{22} + \text{Ж}_{\text{к}} + 0,5 \right), \text{ мг/дм}^3, \quad (32.63)$$

где CO_2 – концентрация в воде свободного углекислого газа, мг/дм³; $\text{Ж}_{\text{к}}$ – карбонатная жесткость воды, мг-экв/дм³; 0,5 – избыток извести для обеспечения большей полноты реакции, мг-экв/дм³.

Недостатками такой технологии являются большая стоимость установки, сложность ее эксплуатации, а также значительные эксплуатационные расходы извести и электроэнергии на промывку водоочистных сооружений.

В ИВПиМ НААН разработана новая установка для обезжелезивания и умягчения воды [29], которая работает следующим образом (рис. 32.8). Исходная вода от источника водоснабжения по трубопроводу 1 поступает в водовоздушный бак 2 через аэратор 5. Мелкие капли падают вниз и обогащают воду кислородом воздуха, поступающего через воздухопропускные окна 7. Имобилизованные на волокнистой загрузке 3 специфические железобактерии *Gallionella ferruginea* интенсивно переводят двухвалентное железо Fe^{2+} в трехвалентную форму, а полученный гидроксид железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ накапливают в компактной форме [1, 30]:

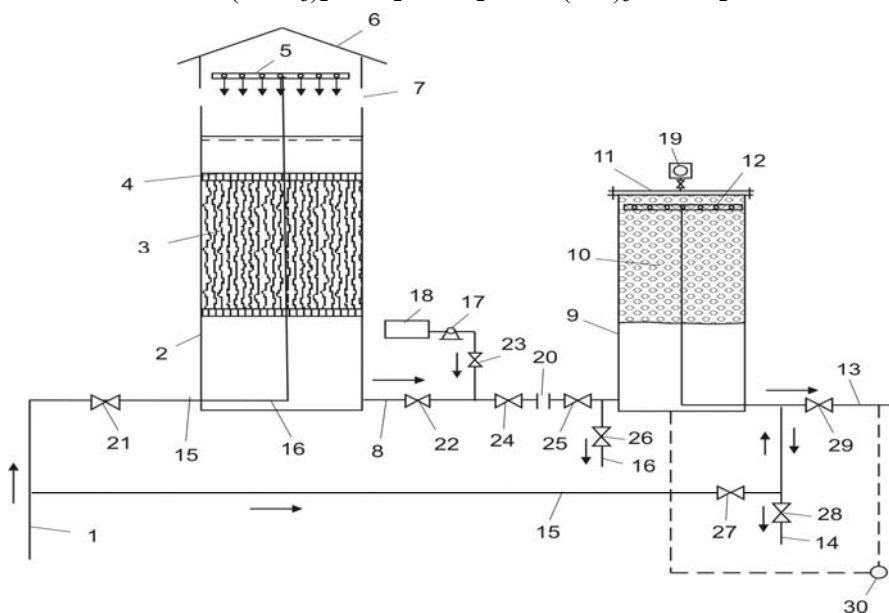
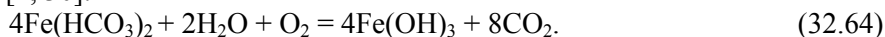


Рис. 32.8. Технологическая схема установки конструкции ИВПиМ НААН для обезжелезивания и умягчения подземных вод:

- 1 – подача исходной воды; 2 – водовоздушный бак; 3 – волокнистая загрузка; 4 – колосниковые решетки; 5 – аэратор; 6 – крыша; 7 – воздухопропускные окна; 8 – подача обработанной воды; 9 – напорный осветлительный фильтр; 10 – пенополистирольная фильтрующая загрузка; 11 – герметичная крышка; 12 – колпачковый дренаж; 13 – труба для подачи воды потребителям; 14 – сброс первого фильтрата; 15 – подача воды на промывку фильтра; 16 – сброс промывной воды и опорожнение фильтра; 17 – насос-дозатор; 18 – бак с известковым раствором; 19 – вантуз; 20 – шайбовый смеситель; 21–29 – задвижки; 30 – дифманометр

Образовавшиеся хлопья с водой по трубопроводу 8 поступают в осветлительный фильтр 9 с плавающей пенополистирольной фильтрующей загрузкой 10. В этот же трубопровод насос-дозатор 17 из бака 18 подает расчетный расход известкового раствора для связывания ионов жесткости в малорастворимые соединения CaCO_3 согласно химической реакции (32.62) после перемешивания его в шайбовом смесителе 20. В осветлительном фильтре 9 при восходящем фильтровании воды возникают благоприятные условия для ее глубокого обезжелезивания и умягчения. Фильтрованную воду со-

бирают верхним колпачковым дренажем 12 и отводят по трубе 13 потребителям. После промывки фильтра сначала сбрасывают первый фильтрат по трубе 14 в канализацию, а затем подают очищенную воду по трубопроводу 13. Контроль над потерями напора в фильтре осуществляют дифманометром 30. При достижении его предельной величины фильтры промывают. Для этого закрывают задвижки 21–25, 28, 29 и открывают задвижки 26, 27. Вода, двигаясь в обратном направлении под значительным напором, расширяет пенополистирольную загрузку 10 и вымывает из нее загрязнения, которые трубопроводом 16 сбрасываются в канализацию. После промывки фильтра закрывают задвижки 26 и 27, сначала открывают задвижки 21–25, а затем последовательно открывают задвижки 28, 29 и фильтроцикл повторяют.

Преимущество предлагаемой установки заключается в обеспечении высокой эффективности очистки воды от соединений железа и солей жесткости, надежности работы и уменьшении себестоимости очищенной воды. Экономическая эффективность достигается благодаря разделению процессов обезжелезивания и умягчения, применению биологических методов для перевода железа с двухвалентной формы в трехвалентную и использованию известкового раствора только для устранения солей жесткости.

Водовоздушный бак 2 (рис. 32.8) предназначен для следующих технологических операций:

- 1) насыщения воды кислородом для осуществления химической реакции по уравнению (32.64);
- 2) биохимического окисления двухвалентного железа с переводом его в трехвалентную форму малорастворимого гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ с помощью железобактерий, иммобилизованных на волокнистой загрузке 3;
- 3) удаления из воды газов для предотвращения подфильтровой кольматации пенополистирольной фильтрующей загрузки 10 в контактном осветлительном фильтре 9;
- 4) обеспечения постоянной скорости фильтрования воды при возрастании потерь напора на фильтре.

При использовании упрощенной аэрации для обогащения воды кислородом, которая происходит в водовоздушном баке при падении капель с высоты 0,5 м, концентрация в воде растворенного кислорода достигает 5 мг/дм^3 . Для окисления 1 мг железа необходимо 0,143 мг кислорода. Разбрызгивание осуществляют, используя дырчатые лотки или трубы с отверстиями, через которые вода вытекает со скоростью $V_{\text{отв}} = 1,5\text{--}2 \text{ м/с}$.

Количество отверстий на аэраторе 5 (рис. 32.8) определяется по формуле

$$n = \frac{4V_{\text{отв}}}{Q\pi d_{\text{отв}}^2}, \text{ шт.}, \quad (32.65)$$

где Q – расчетный расход воды на водоочистой установке, $\text{м}^3/\text{с}$; $d = 0,010\text{--}0,012 \text{ м}$ – диаметр отверстий.

Исследования [1, 30] показали, что для биологического обезжелезивания подземных вод необходимо выполнять следующие условия:

- насыщение исходной воды кислородом осуществлять в точном соответствии со стехиометрическим количеством, необходимым для окисления Fe^{2+} : $[\text{O}_2] = 0,143 [\text{Fe}^{2+}]$;
- создать благоприятную среду для закрепления в фильтрующей загрузке железобактерий, что эффективно осуществляется на волокнах из капроновых нитей 3, закрепленных между колосниковой решеткой 4;
- длину волокнистой загрузки можно принимать $l_b = 1\text{--}1,2 \text{ м}$ с размещением жгутов друг от друга на расстоянии 5–10 см [1].

Поскольку водовоздушный бак выполняет роль воздухоотделителя, то для удаления из него газов должны выполняться условия [1]:

- скорость нисходящего движения воды должна быть не более $V_6 \leq 90 \text{ м/ч}$, а время пребывания воды в нем $t_6 \geq 1 \text{ мин}$. Таким образом, диаметр водовоздушного бака должен быть

$$d_6 \geq 0,11\sqrt{Q_p} \text{ м}; \quad (32.66)$$

- глубина наименьшего уровня воды в нем (после промывки фильтра)

$$H_{\text{мин}} \geq 90 \text{ м/год} \frac{1}{60} \text{ год} \geq 1,5 \text{ м}, \quad (32.67)$$

где Q_p – расчетная подача исходной воды, $\text{м}^3/\text{ч}$.

На контактном осветлительном фильтре 9 происходит глубокое очищение воды при ее восходящем движении через пенополистирольную загрузку. В подфильтровом пространстве этого фильтра накапливается осадок из хлопьев $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и CaCO_3 , который дополнительно участвует в очистке воды, как в осветлителе с зависшим осадком. В нем интенсифицируется процесс кристаллизации карбоната кальция при умягчении воды реагентным методом.

В подфильтровом пространстве осуществляются два технологических процесса:

- 1) флокулирование микрохлопьев в крупные агрегированные хлопья;
- 2) выпадение этих хлопьев в осадок из осветляемой воды.

Для отделения хлопьев от воды нужно, чтобы скорость их осаждения в неподвижной воде была больше скорости движения воды в подфильтровой зоне.

Как известно [1], при числах Рейнольдса падающей шарообразной частицы $Re < 2$ (малые частицы с небольшой скоростью выпадения) в неподвижной воде скорость ее свободного падения определяется формулой Стокса:

$$V_{\text{п}} = \frac{1}{18} \frac{\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{в}}}{\mu} g d_{\text{п}}^2, \text{ мм/с}, \quad (32.68)$$

где $\rho_{\text{п}}$ и $\rho_{\text{в}}$ – плотность соответственно хлопьев и воды, кг/дм^3 ; μ – коэффициент динамической вязкости воды, $\text{г/см}\cdot\text{с}$; g – ускорение силы тяжести ($9,81 \text{ м/с}^2$); $d_{\text{п}}$ – диаметр хлопьев, мм.

Скорость восходящего движения воды в контактном осветлительном фильтре определяют по формуле

$$V_{\text{висх}} = V_{\text{ф}}/3,6, \text{ мм/с}, \quad (32.69)$$

где $V_{\text{ф}}$ – скорость фильтрования воды, м/ч.

Когда $V_{\text{п}} > V_{\text{висх}}$, то хлопья выпадают в осадок. Значит, для того, чтобы происходил процесс осаждения хлопьев в подфильтровом пространстве контактного осветлительного фильтра, необходимо выполнение условия:

$$D_{\text{п}} \geq \sqrt{\frac{SV_{\text{ф}}\mu}{g(\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{в}})}}, \text{ мм}. \quad (32.70)$$

Скорость восходящего фильтрования воды через пенополистирольную загрузку при обезжелезивании воды биологическим методом принимают [1] в пределах $V_{\text{ф}} = 12\text{--}15 \text{ м/ч}$. При одновременном обезжелезивании и умягчении воды принимаем $V_{\text{ф}} = 12 \text{ м/ч}$, а диаметр фильтра определяем по формуле

$$D_{\text{ф}} = 0,33\sqrt{Q_{\text{р}}}, \text{ м}. \quad (32.71)$$

Толщину фильтрующей загрузки (рис. 32.8) можно принимать 1,0 м, а высоту подфильтрового пространства – 0,5 м.

Диаметр гранул пенополистирольной загрузки принимают $d = 2\text{--}5 \text{ мм}$; эквивалентный диаметр $d_{\text{екв}} = 3,2 \text{ мм}$ [1]. В контактном осветлительном фильтре основные процессы по удалению примесей из воды осуществляются в его подфильтровом пространстве благодаря накоплению активного ила, который прижимается гидродинамическим потоком восходящего движения жидкости к нижней поверхности плавающей фильтрующей загрузки и в котором проходят процессы сжатого осаждения взвешенных веществ, удаляемых из воды.

При расчетах важной характеристикой является удельная грязеемкость фильтра – количество осадка, задержанного в нем от начала фильтрования воды до данного момента времени, приходящегося на 1 м^2 площади фильтра. Эффективность очистки воды на фильтре зависит от его удельной грязеемкости: сначала она растет, достигает максимума при $G_{\text{б.опт}}$, а дальше начинает уменьшаться [1]. При минимальной $G_{\text{б.мин}}$ и максимальной $G_{\text{б.мах}}$ удельных грязеемкостях фильтра фильтрованная вода соответствует нормативным показателям (предельному количеству примесей), а при $G_{\text{б.опт}}$ вода имеет наилучшее качество. При обезжелезивании и умягчении подземных вод максимальная удельная грязеемкость фильтра определяется по формуле

$$G_{\text{б.мах}} = 0,001 V_{\text{ф}} T_{\text{ф.мах}} [(C_{\text{в}} - C_{\text{ф.ср}}) K_{\text{п.1}} + (Ж_{\text{в}} - Ж_{\text{ф.ср}}) K_{\text{п.2}}], \text{ кг/м}^2, \quad (32.72)$$

где $V_{\text{ф}}$ – скорость фильтрования воды, м/ч; $T_{\text{ф.мах}}$ – максимальная (предельная) продолжительность фильтрования воды, ч, после которой наблюдалось ухудшение показателей качества фильтрованной воды больше предельных значений (железа и жесткости); $C_{\text{в}}$ и $C_{\text{ф.ср}}$ – среднее содержание железа соответственно в исходной и фильтрованной воде, мг/дм^3 (при этом $C_{\text{ф.мах}} = 0,2 \text{ мг/дм}^3$); $Ж_{\text{в}}$ и $Ж_{\text{ф.ср}}$ – средняя жесткость исходной и фильтрованной воды, мг-экв/дм^3 ($Ж_{\text{ф.мах}} = 7 \text{ мг-экв/дм}^3$); $K_{\text{п.1}}$ – переводной коэффициент, учитывающий соотношение молекулярной массы гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ к атомной массе двухвалентного железа:

$$K_{\text{п.1}} = \frac{M[\text{Fe}(\text{OH})_3]}{A\text{Fe}^{2+}} = \frac{107}{56} = 1,91, \quad (32.73)$$

$K_{\text{п.2}}$ – переводной коэффициент, учитывающий соотношение молекулярной массы углекислого кальция CaCO_3 к эквивалентной массе кальциевой жесткости

$$K_{\text{п.2}} = \frac{M[\text{CaCO}_3]}{E\text{Ca}} = \frac{100}{20,04} = 4,99. \quad (32.74)$$

Как показали наши исследования, для фильтра с гранулами $d_e = 3,2$ мм, толщиной $l = 1,0$ мм при скорости фильтрования $V_\phi = 11,0$ м/ч максимальная удельная грязеемкость составляет $G_{б,макс} = 12,95$ кг/м². Продолжительность фильтроцикла для такого фильтра при обезжелезивании и умягчении воды можно определять по формуле

$$T_{\phi,макс} = \frac{12,95}{0,011(1,91\Delta C_{Fe} + 4,99\Delta J_{Ca})}, \text{ год}, \quad (32.75)$$

где ΔC_{Fe} и ΔJ_{Ca} – величины снижения до нормативных показателей содержания в фильтрованной воде соответственно железа и кальциевой жесткости.

Необходимая доза извести в расчете на СаО определяется [31] по формуле

$$D_b = 28 \left[\frac{(CO_2)}{22} + \frac{(HCO_3^-)}{61} + 0,5 \right] \frac{100}{K_b}, \text{ мг/дм}^3, \quad (32.76)$$

где D_b – доза технической извести, мг/дм³; (CO_2) – содержание в исходной воде свободного углекислого газа, мг/дм³; (HCO_3^-) – концентрация в исходной воде бикарбонатных ионов, мг/дм³; K_b – содержание СаО в применяемой извести, % (обычно 50 %).

Емкость бака для приготовления известкового молока (поз. 18, рис. 32.8) определяют по формуле

$$W_p = \frac{Q \cdot t \cdot D_b}{10000P_p}, \text{ м}^3, \quad (32.77)$$

где Q – расчетный расход воды, м³/ч; t – время, которое идет на приготовление известкового молока, ч ($t = 12$ ч); D_b – доза технической извести, мг/дм³; P_p – содержание технической извести в растворе, % ($P_p = 5\%$).

Подача известкового молока осуществляется насосом-дозатором расходом

$$Q_{н.д} = \frac{Q \cdot D_b}{10000P_p} = \frac{W_p}{t}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (32.78)$$

Перемешивание известкового молока с основной массой обрабатываемой воды осуществляется в смесителе (поз. 20 на рис. 32.8). При промывке фильтра в нем необходимо оставлять часть осадков в подфильтровом пространстве в соответствии минимальной удельной грязеемкостью фильтра $G_{б,мин}$, при которой для данной скорости фильтрования воды качество очищенной воды будет соответствовать нормативным показателям уже в начале фильтроцикла. Как показали наши исследования, при содержании в исходной воде железа до 8 мг/дм³ минимальная удельная грязеемкость фильтра указанной конструкции при $V_\phi = 11$ м/ч составляет $G_{б,мин} = 1,6$ кг/м². Она достигается при установлении соответствующих значений интенсивности и продолжительности промывки фильтра.

32.5. Пути улучшения эффективности работы предприятий водоснабжения

Мировой и отечественный опыт свидетельствует о том, что вместе с реконструкцией технологического оборудования и систем, заменой инженерных сетей в современных условиях ключевым аспектом повышения эффективности работы предприятий является автоматизация технологических процессов и разработка электронной модели системы водоснабжения. Для этого целесообразно использовать специализированные программы передачи и обработки данных, а также геоинформационную систему (ГИС) – современную компьютерную технологию, а точнее, систему сбора, хранения, анализа и графической визуализации географических данных спутниковых снимков и связанной с ними информации о необходимых объектах, которая является оптимальной для осуществления инвентаризации элементов водопроводных сетей и сооружений.

Создание ГИС водопроводных сетей является довольно длительным и сложным процессом, связанным со значительными трудозатратами, однако его реализация позволяет разработать детализированную гидравлическую модель системы водоснабжения, с помощью которой можно анализировать состояние водопроводных линий, изучать аварийность участков, оптимизировать схемы сетей, реализовывать программы по снижению давления, разрабатывать мероприятия по оптимизации режимов работы сооружений, моделировать работу системы в чрезвычайных ситуациях и т.д.

Качественный инженерный анализ возможен лишь при условии использования достоверных данных, поэтому для получения необходимой информации и обеспечения эффективной работы водопроводной системы на предприятиях водоснабжения рекомендуют проводить следующие мероприятия.

1. Определить несколько диктующих точек в характерных местах на водопроводной сети и установить на них датчики давления с передачей данных в режиме реального времени в центральную диспетчерскую службу.

2. На водозаборных сооружениях и трубопроводах подачи воды в город установить ультразвуковые расходомеры, показатели которых заложить в гидравлическую модель расчета «насосы – сеть».

3. Руководствуясь информацией о материале, диаметрах и сроках эксплуатации водопроводных линий, а также статистическими данными аварийности сетей, определить наиболее изношенные и аварийные участки трубопроводов, провести их замену или санацию для устранения утечек.

4. Проверить техническое состояние и проанализировать работу водозаборных сооружений, исследовать гидравлические и энергетические характеристики скважинных насосов при заборе подземных вод и в случае необходимости осуществить модернизацию, установив новые качественные и энергоэффективные насосы и оборудование, заливные муфты, шкафы управления, устройства плавного пуска и т. д. Оптимизировать совместную работу системы «скважины – насосы – водоводы – резервуары», исследовать возможность и целесообразность применения многозонных тарифов на электроэнергию.

5. Выполнить анализ работы водоочистных сооружений и при необходимости осуществить реконструкцию станций, используя новые надежные и эффективные технологии очистки и обеззараживания воды с применением современных методов, фильтрующих материалов и конструкций установок.

6. Провести реконструкцию насосных станций второго подъема и станций подкачки, предусмотреть регулирование насосов преобразователями частоты в безбашенных системах, что исключает необходимость дросселирования при изменении подачи, обеспечивает стабильное давление в сети, значительно уменьшает вероятность аварийных ситуаций и нештатных потерь и снижает расход электроэнергии на 20–30 %.

7. Установить датчики давления на вводах в многоквартирные жилые дома, что позволяет путем калибровки значений гидравлических сопротивлений на каждом участке водопроводной сети достигать высокой точности гидравлической модели системы водоснабжения.

8. Проанализировать работу сети с использованием разработанной гидравлической модели, определить участки с избыточными свободными напорами и установить на них регуляторы давления, которые дают возможность снизить аварийность сетей и устранить избыточные напоры при обеспечении всех потребителей водой в полном объеме.

9. Провести комплексный анализ повреждений на водопроводных сетях для эффективного планирования предупредительного ремонта. При этом необходимо владеть информацией о виде и месте повреждений, диаметрах и материалах трубопроводов, способах устранения утечек. Накопленные статистические данные позволят оценивать состояние труб, выявлять аварийные участки, производить сортировку по материалу трубопровода и виду повреждений и т. д.

10. Принимая единый классификатор для объектов системы водопровода и канализации, каждому колодцу и задвижке присвоить уникальный буквенно-цифровой код, который нужно хранить в ГИС. Это позволит эффективно использовать оборудование и составлять планы капитального и текущего ремонтов на предприятии.

Итак, благодаря реализации перечисленных мероприятий, разработке ГИС водопровода и создания качественной гидравлической модели работы системы водоснабжения, с помощью квалифицированного персонала можно улучшить все звенья в цепи на пути движения воды от источника до потребителя, оптимизировать совместную работу гидравлически взаимосвязанных сооружений, устранить избыточные напоры и уменьшить утечки, значительно снизить расход электроэнергии на насосных станциях, контролировать работу водопроводной системы в режиме реального времени, моментально фиксировать места аварий на сети, моделировать различные нештатные ситуации, осуществлять эффективное планирование ремонтных работ и т. д. Предложенные меры предусматривают большие капитальные и трудовые затраты, но позволяют обеспечить эффективную работу предприятий водоснабжения, облегчить обслуживание сооружений и управление системой благодаря автоматизации процессов, снизить энергопотребление и эксплуатационные затраты на предприятиях в последующие годы их функционирования при обеспечении высокого качества потребительских услуг.

Литература

1. Хоружий П. Д., Хомутецька Т. П., Хоружий В. П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання – Київ: Аграрна наука, 2008. – 534 с.
2. Хомутецька Т. П. Дослідження і оптимізація роботи водопровідних систем з водозабірними свердловинами // Меліорація і водне господарство. – Вип. 100. – Київ: ІВПіМ НААН, 2013. – С. 185–197.
3. Хоружий П. Д. Расчет гидравлического взаимодействия водопроводных сооружений. – Львов: Вища школа, изд-во при Львов. ун-те, 1983. – 152 с.
4. Особенности частотного регулирования параллельно работающих насосов / А. М. Никитин [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – № 4. – С. 42–44.

5. Багаев Ю. Г., Карпов Н. В., Усачев А. П. Параллельная работа насоса с частотно-регулируемым электроприводом // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – № 4. – С. 38–41.
6. Лезнов Б. С., Воробьев С. В. Работа центробежных насосов с переменной частотой вращения // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – № 9. – С. 48–56. – № 11. – С. 44–49.
7. Хомуцька Т. П. Визначення оптимальних робочих параметрів заглибних електронасосів при відкачуванні води із свердловин // Науковий вісник будівництва: зб. наук. праць. Вип. 58 / під ред. Д. Ф. Гончаренка. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – С. 155–160.
8. Хомуцька Т. П. Методика розрахунку і оптимізації сумісної роботи насосів, водопровідних мереж і напірно-регулюючих резервуарів // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури: наук. видання. – 2010. – Вип. 40. – С. 359–369.
9. Хомуцька Т. П. Регулювання і автоматизація відцентрових насосів при їх сумісній роботі з водонапірними спорудами // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук-техн. зб. – Вип. 15. – Київ.: КНУБА, 2010. – С. 35–44.
10. Хоружий П. Д., Хомуцька Т. П. Врахування зміни гідравлічних характеристик споруд при розрахунках подачі води із свердловин // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук-техн. зб. – Вип. 18. – Київ: КНУБА, 2012. – С. 22–29.
11. Хомуцька Т. П. Дослідження і розрахунок показників роботи свердловин в безнапірних водоносних пластах // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук-техн. зб. – Вип. 16. – Київ: КНУБА, 2011. – С. 41–50.
12. Тугай А. М., Хомуцька Т. П. Теоретичні дослідження впливу зміни гідравлічних характеристик свердловини на показники її роботи // Вісник НУВГП: зб. наук. праць. – Вип. 3 (51). – Рівне, 2010. – С. 56–63.
13. Хомуцька Т. П. Методика оптимізації роботи насосних станцій і безбаштової водопровідної мережі (на прикладі Чернігівського водопроводу) // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури: наук. видання. – 2012. – Вип. 48. – С. 215–229.
14. Хомуцька Т. П. Методика розрахунку водопровідних систем з гідропневматичними насосними установками // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури: наук. видання. – 2011. – Вип. 42. – С. 276–284.
15. Тугай А. М., Хомуцька Т. П. Оптимізація роботи систем із взаємодіючими водозабірними свердловинами // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук-техн. зб. – Вип. 21. – Київ: КНУБА, 2013. – С. 7–13.
16. Хомуцька Т. П. Оптимізація роботи водопровідних систем з водозабірними свердловинами // Науковий вісник будівництва : зб. наук. праць. – Вип. 71. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2013. – С. 361–366.
17. Хомуцька Т. П. Дослідження і оптимізація роботи водопровідних систем з водозабірними свердловинами // Меліорація і водне господарство. – Вип. 100. – Київ: ІВПіМ НААН, 2013. – С. 185–197.
18. Хомуцька Т. П., Сизоненко Г. А. Енергоощадне водопостачання: проблеми і рішення (на прикладі Чернігівського водопроводу) // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук-техн. зб. – Вип. 23. – Київ: КНУБА, 2014. – С. 53–59.
19. Хомуцька Т. П., Сизоненко Г. А. Дослідження доцільності застосування багатозонних тарифів на електроенергію у водопостачанні // Меліорація і водне господарство. – Вип. 101. – Київ: ІВПіМ НААН, 2014. – С. 112–123.
20. Хомуцькая Т. П. Энергосберегающие технологии в системах подачи и распределения воды // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. – Рязань, 2013. – № 10. – С. 246–252.
21. Шкінь О. М., Хоружий П. Д., Хомуцька Т. П. Шляхи енергозбереження в системах господарсько-питного водопостачання на прикладі Чернігівського водопроводу // Водне господарство України. – 2013. – № 2 (104). – С. 18–22.
22. Хоружий П. Д., Рубан О. В., Хомуцька Т. П. Оптимізація сумісної роботи водозабірних свердловин, насосів і напірно-регулюючих резервуарів // Сучасні проблеми охорони довкілля, раціонального використання ресурсів у водному господарстві : матеріали міжнар. наук.-пр. конф. – Київ: «Знання» України, 2010. – С. 13–17.
23. Хомуцька Т. П. Дослідження впливу різних факторів на подачу води із свердловин в напірних водоносних пластах // Водне господарство України. – 2011. – № 1. – С. 32–35.
24. Хомуцька Т. П. Оптимізація сумісної роботи споруд в системах з водозабірними свердловинами // Водне господарство України. – 2010. – № 3. – С. 48–52.
25. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води: підручник. – Київ: Вища школа, 2005. – 671 с.
26. ДСанПіН 2.2.4–171–10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. – МОЗУ 12.05.2010, № 400. – МІОУ 01.07.2010, № 452/17747.
27. Николадзе Г. И. Технология очистки природных вод: учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1987. – 479 с.
28. Тугай А. М., Орлов В. О. Водопостачання: підручник. – Київ: Знання, 2009. – 735 с.
29. Патент на корисну модель №85009. Установа для знезалізнення і зм'якшення води / С. Р. Стасюк, Т. П. Хомуцька, П. Д. Хоружий. – Бюл. № 21. – 2013.
30. Хоружий П. Д., Хомуцька Т. П., Хоружий В. П. Исследование процессов и разработка технологии обезжелезивания воды с помощью железобактерий // Химия и технология воды. – 2003. – 25, № 5. – С. 465–475.
31. Клячко В. А., Апельцин И. А. Очистка природных вод. – М.: Стройиздат, 1971. – 578 с.

Глава 33. РЕКРЕАЦИОННО-ТУРИСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ

33.1. Географические факторы влияния на развитие рекреационно-туристического комплекса Ровенской области

В последние десятилетия в нашей стране большое внимание уделяется проблеме развития разных форм туризма, что связано с растущей потребностью населения в получении туристических услуг. Активное развитие туристического бизнеса на локальном, региональном, национальном и международном уровнях предусмотрено Государственной программой развития туризма на 2002–2010 гг. и концепцией стратегии устойчивого социально-экономического развития Украины [1, 12].

Рекреационно-туристический комплекс – это интеграция трех групп отраслей: санаторно-курортной, туристско-экскурсионной и спортивно-оздоровительной в функционально-территориальном аспекте. Они обеспечивают производство рекреационно-туристического продукта, который представлен как соответствующая инфраструктура или сеть размещенных на территориях разного уровня рекреационно-туристических организаций [19, 32, 39].

В условиях напряженной экологической ситуации на территории всей Украины усиливается внимание к рекреации или возобновлению здоровья и работоспособности путем отдыха вне постоянного места жительства, оздоровления и туризма. Соответственно растет и актуальность проблемы комплексного учета, оценки и максимально рационального и полного использования рекреационных ресурсов [19].

Развитие рекреационно-туристического комплекса обеспечит создание дополнительных рабочих мест, улучшения инвестиционного климата, активизацию предпринимательской деятельности. Однако в сфере локального и регионального природопользования существует огромное количество нерешенных проблем, которые замедляют развитие рекреационной деятельности.

При оценке естественных условий территории с точки зрения их пригодности для целей рекреации учитывается большое количество аспектов. Основными среди них являются: функциональный, медико-биологический, психолого-эстетический, технологический, экономико-географический и экологический. В рамках нашего исследования при анализе туристического потенциала Ровенского региона особое внимание уделяется географической оценке состояния окружающей среды и возможности ее рекреационного использования. В соответствии с этим выделены следующие факторы, которые влияют на развитие индустрии туризма (рис. 33.1):

- природно-климатические (мягкий климат со сравнительно непродолжительным зимним периодом, теплое лето, которое заключается в отсутствии ярко выраженной сезонности туристического бизнеса; наличие разнообразных и привлекательных для туристов рекреационных ресурсов, в том числе уникальных, таких, которые имеют государственное значение, и малоосвоенных, пригодных для организации экологических и экстремальных видов туризма);

- экономико-географические (компактность и достаточное освоение территории: средняя плотность населения, плотность дорожной сети и комфортность транспортных услуг);

- социальные (осознание населением необходимости здорового образа жизни и восприятия туризма как наиболее эффективного способа возобновления и поддержки здоровья, роста заинтересованности к Полесскому региону);

- инфраструктурные (формирование современной туристической инфраструктуры и рост квалификации ее работников, повышение культуры обслуживания отдыхающих).

В то же время существуют сдерживающие факторы, то есть препятствующие оптимизации туристической деятельности в Ровенской области [18]. Среди них можно выделить следующие:

- экологические (относительно низкая стойкость ландшафтов к рекреационной нагрузке, степень загрязнения радионуклидами, необходимость охраны уникальной экосистемы Полесья и ограничения массового доступа туристов на территории, которые особенно охраняются);

- инфраструктурные (низкая комфортность жилья – малое количество гостиниц среднего и высокого класса; в некоторых местах слабое развитие коммунальных услуг и средств связи, особенно в северной части региона);

- институционные (наличие административно-чиновничьих барьеров, нерешенность некоторых организационно-правовых вопросов, слабое обеспечение безопасности туристов);

- социально-экономические (низкая платежеспособность ограничивает возможность путешествовать, побуждает большинство жителей области проводить свой отпуск дома или на даче).

Следует отметить не всегда достаточно активное продвижение регионального турпродукта на внешние рынки. В ряде случаев преобладает стереотип: Ровенская область – малоприспособлена для жизнедеятельности человека (неблагоприятное экологическое состояние).

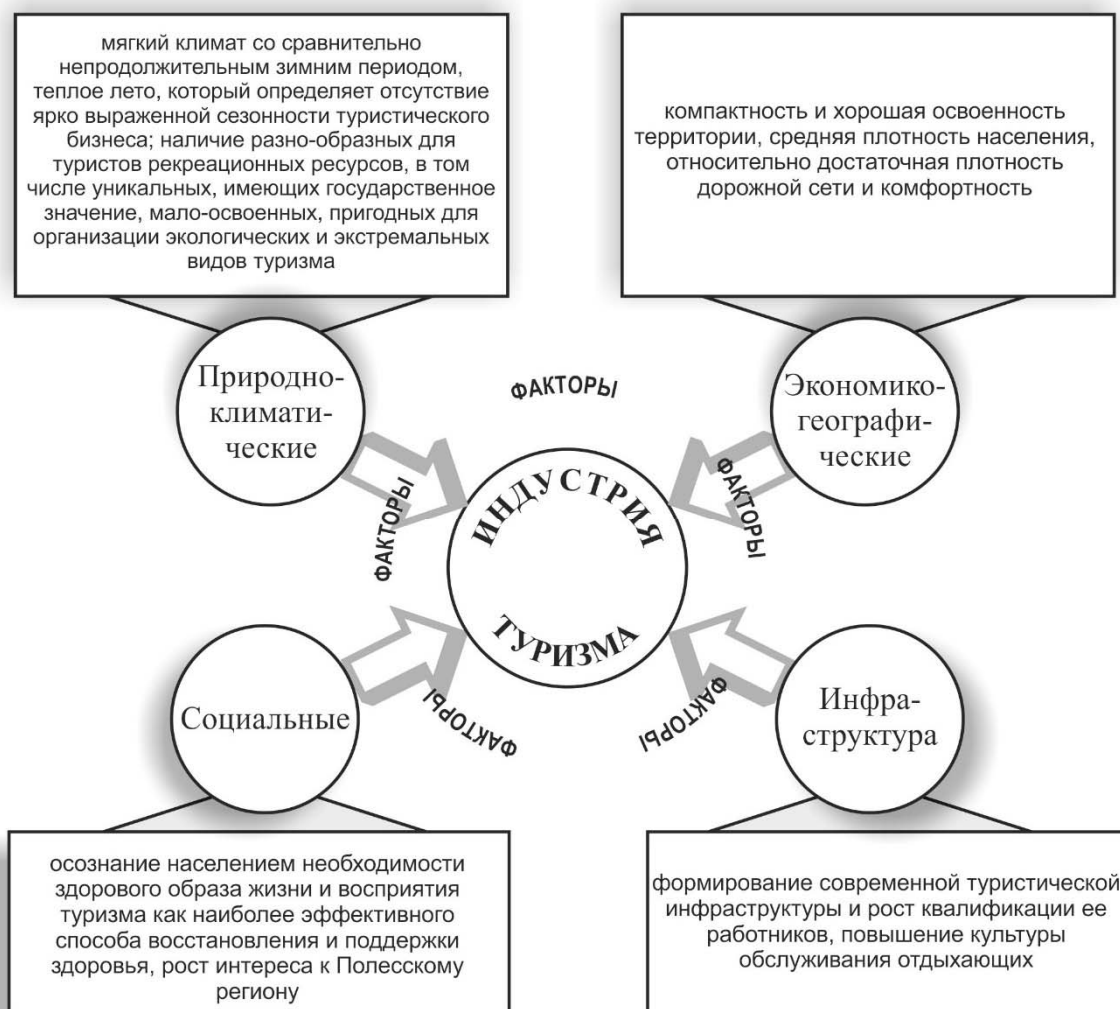


Рис. 33.1. Географические факторы влияния на развитие индустрии туризма

Ровенская область обладает специфическими параметрами рекреационного потенциала – свойств и элементов естественной среды и историко-культурных объектов. Проведение комплексной оценки предусматривает дальнейший анализ функциональной структуры рекреационного потенциала территории, что позволяет определить наиболее рациональные направления использования рекреационных ресурсов Ровенщины, теоретически обосновать и разработать практические рекомендации относительно совершенствования механизма управления рекреационно-туристическим комплексом, повышения эффективности функционирования рынка рекреационно-туристического продукта на государственном и региональном уровнях.

33.2. Индекс конкурентоспособности туризма: составляющие и структура

Организаторы Всемирного экономического форума в Давосе регулярно, начиная с 2007 года, публикуют Индекс конкурентоспособности в туризме (The Travel & Tourism Competitiveness Index), который убедительно свидетельствует о важности туризма для мировой экономики в целом.

Развитая туристическая индустрия способствует занятости, повышает национальный доход и улучшает платежный баланс. Таким образом, сектор является важной движущей силой экономического роста и процветания, особенно в странах, которые развиваются, играет важную роль в борьбе с бедностью [16]. Это – аксиома для всех правительств, которые серьезно относятся к вопросам экономического развития своих стран.

В 2007–2009 гг. это исследование публиковалось ежегодно, потом было принято решение готовить рейтинг конкурентоспособности раз в два года. Структура индекса убедительно говорит о том, что создавать конкурентоспособный на мировом рынке туристский продукт можно лишь в случае комплексной работы страны на туризм. Это исследование является важнейшим материалом для анализа государством и бизнесом своих позиций в туризме. В большей части стран мира (к сожалению, Украины это не касается [48]) индекс конкурентоспособности был рабочей книгой для органов вла-

сти, которые отвечают за развитие туризма, поскольку он: а) давал исчерпывающую сравнительную информацию о сильных и слабых конкурентных позициях страны; б) позволял определять наиболее важные направления действий для государства и бизнеса, создавать условия для диалога и поиска наиболее оптимальных форм сотрудничества с целью улучшения позиции на мировом туристическом рынке.

Полный ИКТ вычисляется как средняя арифметическая взвешенная из трех подиндексов: а) законодательной базы туризма; б) условий бизнеса и инфраструктуры туризма; в) человеческих, культурных и естественных ресурсов туризма. Подиндексы рассчитываются как средние арифметические величины 14 блоков [20, 46], которые состоят из следующих индикаторов с оценкой показателей по шкале от 1 до 7 (рис. 33.2).

Подиндекс А. «Законодательно-регулирующая (правовая) база туризма» состоит из 5 блоков фактических количественных и аналитически-качественных показателей:

1. *Политические нормы и правила* – распространение иностранной собственности (процент от общего капитала территории), права собственности, влияние законов на прямые иностранные инвестиции (величина ПП на душу населения); визовый режим (число стран, для граждан которых нужны визы, в процентах от числа членов ООН), открытость двустороннего воздушного сообщения (число стран-партнеров в процентах числа членов Международной организации гражданской авиации); прозрачность правительственной политики, средняя длительность процедуры оформления нового предприятия, стоимость запуска бизнеса (как процент от ВВП и ВПР на душу населения).

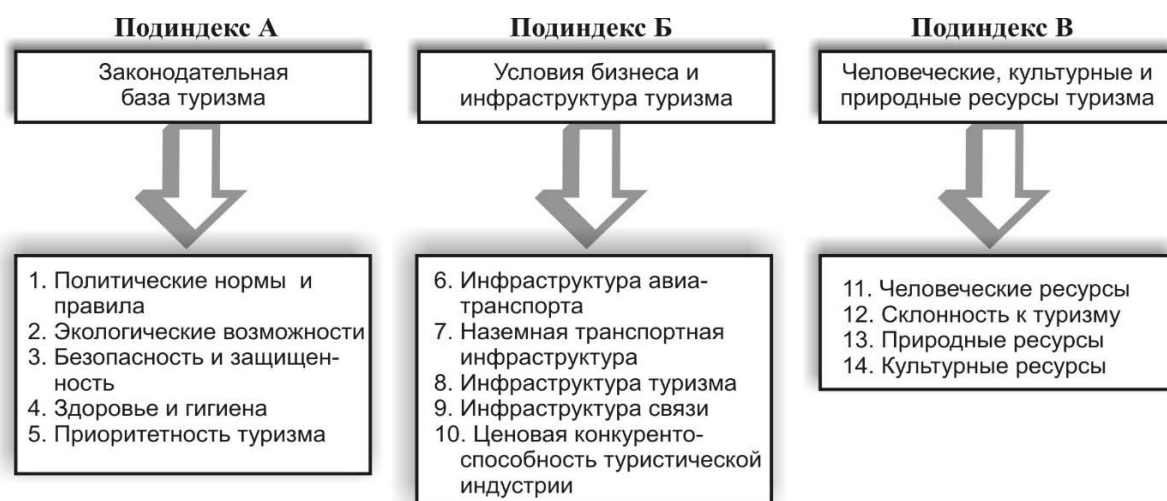


Рис. 33.2. Схема составляющих индекса конкурентоспособности туризма [46]

2. *Экологические возможности* – строгость экологической регуляции, осуществления экологической регуляции, возможности развития туристической индустрии; выбросы углекислоты (на душу населения в тоннах); концентрация твердых частей в городах с населением больше 100 тысяч человек (микрограмм на кубометр выбросов), количества видов фауны и флоры, которым угрожает исчезновение (процент от всего числа видов); ратификация экологических договоров (процент от 25 международных экологических договоров).

3. *Безопасность и защищенность* – расходы на предотвращение преступлений, насилия и терроризма (долларов на душу населения); надежность государственных (муниципальных) охранительных структур; дорожно-транспортные события (число погибших в авариях на 100 тысяч населения).

4. *Здоровье и гигиена* – обеспеченность врачами (число врачей на 1000 жителей); доступ к качественной медицинской помощи (процент от общей численности населения); доступ к безопасной питьевой воде (процент от общей численности населения), обеспеченность больницами (число больничных коек на 10000 жителей).

5. *Приоритетность туризма* – государственная приоритетность туристской индустрии; расходы правительства на туризм (процент от полных правительственных расходов); эффективность маркетинга и рекламы для привлечения туристов; участие страны в 12 главных туристических ярмарках.

Подиндекс Б. «Деловое окружение и инфраструктура» состоит из 5 блоков:

6. *Инфраструктура авиатранспорта* – качество инфраструктуры авиатранспорта; пропускная способность авиалиний в километрах места, число полетов на 1000 населения; плотность аэропортов (число аэропортов на миллион населения); развитие местных авиалиний (число авиалиний с планируемыми полетами за городом); сеть международных авиалиний (фактические данные).

7. *Наземная транспортная инфраструктура* – качество автомобильных дорог; качество железнодорожной инфраструктуры, качество портовой инфраструктуры; качество местной транспортной сети, плотность дорожной сети (километраж дорог на 100 км² территории).

8. *Инфраструктура туризма* – количество мест в гостиницах на 100 жителей, развитие автомобильного проката (присутствие семи главных компаний автомобильного проката), число автоматизированных банкоматов, которые принимают кредитные карточки VISA, в расчете на миллион населения.

9. *Инфраструктура связи* – степень использования сети Internet в бизнесе, количество пользователей сети Internet на 100 жителей; число стационарных телефонных подключений на 100 жителей; абонентов многоканального Internet, со скоростью 256 килобит за секунду или быстрее на 100 жителей; абонентов мобильной связи (на 100 лиц).

10. *Ценовая конкурентоспособность туристской индустрии* – относительная стоимость доступа к международным службам авиатранспорта (цены на билеты и загрузка аэропортов); паритет покупательной способности (отношение паритета покупательной способности к официальному обменному курсу); уровень и эффективность налогообложения; уровень цен на топливо (розничные цены на дизельное топливо); уровень цен в гостиницах (средняя цена в американских долларах для первоклассных гостиниц).

Подиндекс В. «Человеческие, культурные и естественные ресурсы туризма» включает 4 блока:

11. *Человеческие ресурсы* – охватывание начальным образованием (процент детей соответствующего возраста, которые посещают школу); охватывание населения средним образованием (по отношению к численности жителей соответствующего возраста); качество системы образования; местные возможности проведения специальных исследований и предоставления образовательных услуг; период учебы производственного персонала (среднее число лет учебы); пригодность и компетентность кадров; практика найма и освобождений; легкость найма иностранной рабочей силы; распространение ВИЧ (процент от взрослых в возрасте 15–49 лет), практическое влияние ВИЧ/СПИД; средняя продолжительность жизни от момента рождения).

12. *Склонность к туризму* – открытость туризма (расходы и выручка от туризма в процентах от ВВП), отношение населения к иностранным посетителям; распространенность деловых поездок (командировок).

13. *Природные ресурсы* – число естественных объектов мирового значения, размер территории (процент от всего суходола), которая охраняется, качество естественной среды; общеизвестные виды фауны (общее число известных видов фауны).

14. *Культурные ресурсы* – число культурных объектов мирового значения; спортивные стадионы (число мест на один миллион населения); среднее число ежегодных международных ярмарок и выставок.

Всемирный Экономический форум за 2007–2011 гг. подготовил и опубликовал четыре больших доклада с анализом и рейтингами туристической конкурентоспособности 133 (2009), 139 (2011) стран мира. На рисунке 33.4 приведен сравнительный анализ туристической привлекательности стран Европы за 2011 год. Оценка ИКТ и место в рейтинге стран Европы изображена на рисунке 33.3.

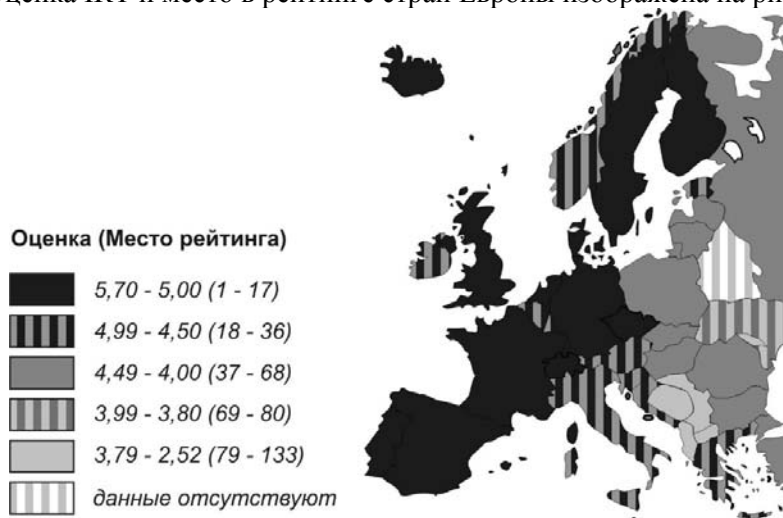


Рис. 33.3. Оценка (место рейтинга) туристической привлекательности стран Европы, по данным Всемирным экономическим форумом (World Economic Forum) по данным [46]

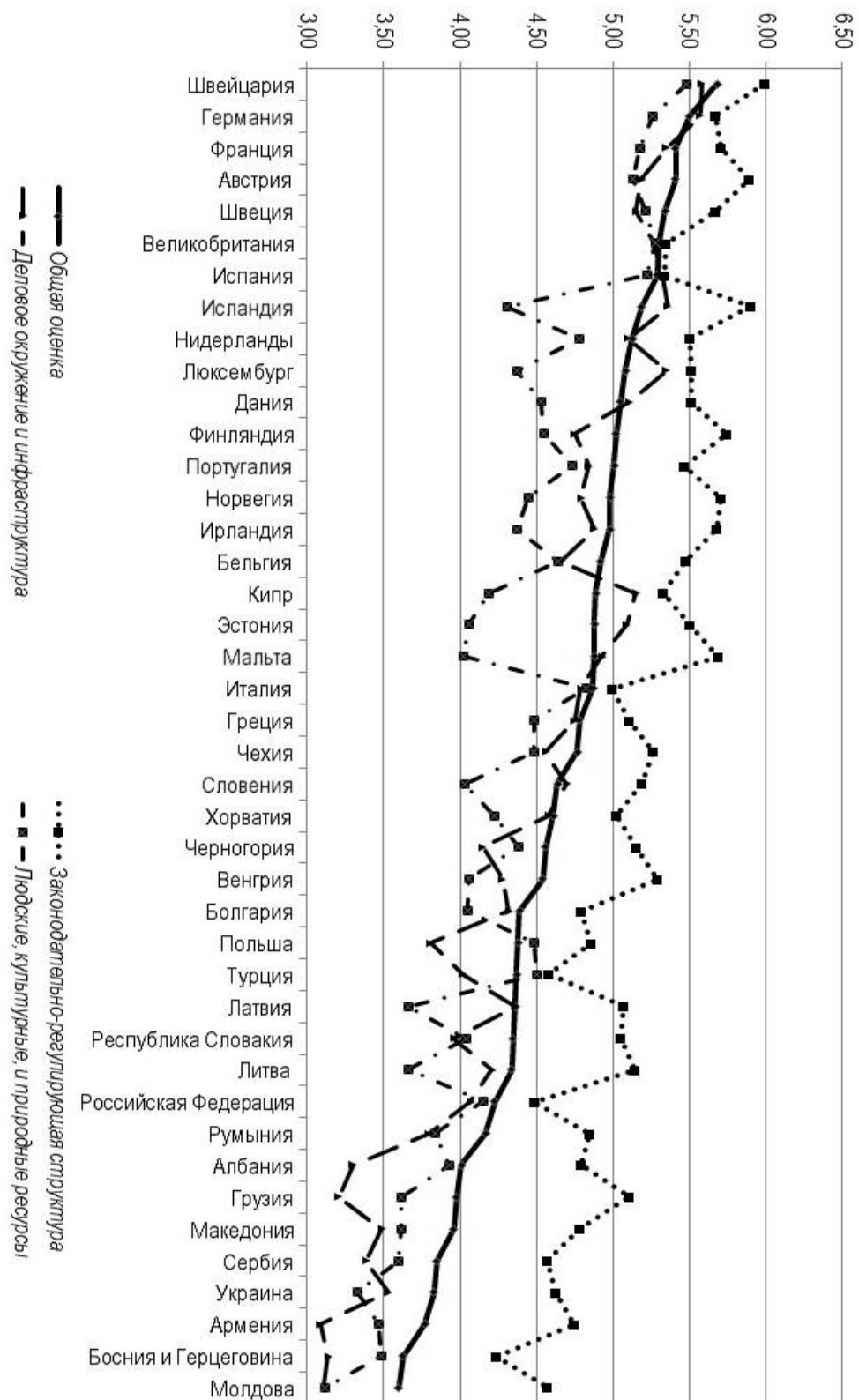


Рис. 33.4. Сравнительный анализ туристической привлекательности стран Европы 2011 год (Travel & Tourism Competitiveness Report), по данным Всемирного экономического форума (World Economic Forum), по данным литературы[46]

Методика ВЕФ очень привлекательна и информативна и с успехом может быть применена в преподавательской, студенческой научной и учебной работе как в Украине, так и в других государствах. Возможность использования и корректировки подиндексов для анализа существующей туристической среды будет способствовать выявлению узких мест в данной сфере, повышать конкурентоспособность туризма регионов.

33.3. Туристические ресурсы Ровенской области

Развитие туристической отрасли региона определяется в значительной степени туристической привлекательностью этой территории, которая формируется благодаря наличию туристических ресурсов, их атрактивности и сохранности. Ровенская область имеет высокий рекреационный потенциал как благодаря своему физико-географическому расположению (на ее территории имеются и полесские, и лесостепные ландшафты), так и благодаря богатой истории (немало городов и сел Ровенщины насчитывают более тысячи лет). Большинство украинских туристов, особенно во время краткосрочной рекреации, предоставляют преимущество естественным ландшафтам, туристическая привлекательность которых зависит от состояния их сохранения. В общих чертах известно, что наиболее сохраненными в естественном состоянии являются ландшафты и естественные комплексы территорий и объектов естественно-заповедного фонда.

Сеть территорий и объектов естественно-заповедного фонда (ПЗФ) Ровенской области по состоянию на 01.01.2015 составляют 310 территорий и объектов (ПЗО) общей площадью 181,5 тыс. а, в том числе 27 ПЗО, общая площадь которых составляет 64,9 тыс. а, имеют статус общегосударственного значения [35, 41]. На долю заповедного фонда приходится почти 9 % площади территории области, которые создают предпосылки для ведения активного экотуризма. Ровенская область благодаря своему географическому расположению, естественному и ландшафтному многообразию владеет высоким потенциалом для развития экологического туризма. К учреждениям естественно-заповедного фонда Украины, которые организуют и осуществляют экотуристическую деятельность, относятся национальные естественные парки, биосферные заповедники, региональные ландшафтные парки, парки – достопримечательности садово-паркового искусства, ботанические сады, зоопарки, дендропарки [2, 45]. Среди них наибольшее развитие экотуристическая деятельность приобрела в национальных естественных и региональных ландшафтных парках.

На территории области функционирует второй в Украине по величине природный заповедник – Ровенский. Природным заповедникам принадлежит особенное место в экотуристической эколого-образовательной (или эколого-просветительской) деятельности. Это научно-исследовательские природоохранные учреждения, которые созданы для сохранения в естественном состоянии ценных естественных комплексов, а также изучения естественных процессов и явлений, которые происходят в них. Здесь же разрабатываются научные принципы охраны природы. Природный заповедник создается для пожизненного хранения экосистем. На его территории устанавливается заповедный режим, который заключается в запрете любой хозяйственной деятельности человека и даже предусматривает запрет посещения его территории посторонними лицами [2].

Ровенский природный заповедник площадью 47046,8 гектаров создан в 1999 г. в северной части Полесья Ровенской области на территории Володимирецкого, Дубровицкого, Рокитновского и Сарненского административных районов. В заповеднике в основном охраняются мезотрофные осоково-сфагновые болота, заболоченные березовые и ольховые леса, прибрежно-водная растительность, а на суходолах – сосновые леса. Своеобразие и уникальность территории заповедника подтверждается значительным биомногообразием, которое на сегодня представлено свыше 1150 видами растений и грибов и 1200 видами животных. Из них 48 видов растений и 3 вида грибов занесены в Красную книгу Украины; 3 вида охраняются Бернской конвенцией; 36 видов – Европейским Красным списком; 19 – на региональном уровне. Среди редких видов здесь встречаются 73 вида животных из Красной книги Украины; 163 вида из Дополнения 2 к Бернской конвенции, 12 видов из Европейского Красного списка. В частности, уникальными являются гнездования совы бородастой, большого подорлика, бьяши большой, тетерева, глухаря, дятла трехпалого, аиста черного и журавля серого. Из редких млекопитающих здесь проживают выдра, горностай, норка европейская, регулярно отмечаются случаи появления рыси [5, 35]. Заповедник состоит из четырех массивов: Белоозерского (пл. 9505 га); болотного массива «Сырая Погоня» (пл. 16735 га); болотного массива «Переброды» (пл. 22190 га); болотного массива Сомино (пл. 10354 га). Среди туристов пользуется большой популярностью Белоозерский участок, а именно: одно из наиболее живописных озер Полесья – карстовое озеро Белое (пл. 500 га), которое является вторым по величине озером в Ровенской области [5, 35]. Полоса вокруг озера шириной 50 м не входит в природный заповедник. Именно в этой полосе и располагается с палатками большое количество туристов. На Белоозерском участке Ровенского природного заповедника расположены также основные растительные группировки болот Украинского Полесья, в том числе редкие.

Территории природных заповедников, как и других территорий и объектов ПЗФ, являются особенно популярными для научного туризма, и не только внутреннего, но и международного. Особенную ценность Ровенского природного заповедника представляют уникальные естественные полес-

ские ландшафты. Так, «Торфоболотный массив Переброди» согласно Рамсарской конвенции включен в перечень водно-болотных угодий международного значения. Массив «Сырая Погоня» получил международный статус ИВА как территория, важная для сохранения птиц в мировом масштабе. С научно-исследовательской целью массивами «Сырая Погоня» и «Переброди» проложены два научно-исследовательских маршрута: По массиву «Сырая Погоня» и экосистеме урочища «Крисине» маршруты предназначены для ученых и специалистов естественнонаучного направления, а экологическая тропа «Белоозерские боры», которая находится рядом с рекреационной зоной озера Белое, проложена с целью экологического просвещения населения. Маршрут этой тропы пролегает разными типами сосновых лесов и имеет кольцевой характер. Протяженность маршрута 4,5 км, средняя длительность прохождения с учетом остановок – 3 часа.

На территории усадьбы Ровенского природного заповедника создан музей природы, действует эколого-просветительный центр, есть обзорные площадки, в частности, для такого популярного вида туризма, как бьордвотчинг (наблюдение за птицами). Посетить их можно только в сопровождении сотрудника заповедника. Одна из главных проблем деятельности заповедника – большая рекреационная нагрузка, в частности, на Белоозерский участок.

Среди естественно-заповедных категорий, которые играют большую роль в развитии туристической отрасли Ровенщины, стоит также выделить Дерманско-Острожский национальный природный парк и региональные ландшафтные парки: Надслучанский, Припять-Стоход и Дерманско-Мостовский, поскольку их основной целью, кроме сохранения, является рекреация.

«**Припять-Стоход**» – первый региональный ландшафтный парк в Ровенской области, который был создан на площади 21 600 га в 1995 г. на территории Заречнянского района. Этот парк создавался и на территории Волынской области, его общая площадь составляет 44 958 га. Региональный ландшафтный парк «Припять-Стоход» представляет собой болотно-лесной естественный комплекс, расположенный в заводи рек Припять и Стоход в сочетании с уникальными пойменными озерами, болотами и пойменными лугами [5, 35].

Региональный ландшафтный парк «Надслучанский» создан на территории Березновского района в 2000 г. общей площадью 17 211 га. Среди населения достаточно распространено название «Надслучанская Швейцария». История Надслучанского края насыщена реальными событиями, легендами и преданиями, что содействует развитию туризма. Преображенская деревянная церковь и деревянная колокольня в с. Маренин имеют большую историко-культурную ценность и принадлежат к значительным достопримечательностям украинского барокко. В последнее время на территории регионального парка приобретает все большую популярность зеленый туризм, разработаны веломаршруты, экологические тропы [4, 5, 35].

В 2002 г. на территории Здолбуновского района создан **Дерманско-Мостовский региональный ландшафтный парк** общей площадью 19 837 га. В связи с расположением парка на грани Волынского лессового плато, Малого Полесья и Кременецких гор территория его отличается значительным ландшафтным и биологическим многообразием. На территории парка находится старинное село Дермань, которое было важной историко-культурной ячейкой Волыни периода XVI – XVII ст. [34, 35, 43].



Рис. 33.5. Руины замка, с. Новомалин (фото О. Головки)

«**Дерманско-Острожский**» – единственный на Ровенщине национальный природный парк, который создан в 2009 г. на территории Здолбуновского и Острожского районов Ровенской области. Парк (пл. 5448,3 га) расположен в Острожской проходной долине, в заводи реки Збытенька, которая протекает между живописными холмами Волынской и Подольской возвышенностей. Благодаря своему географическому положению территория национального парка оказалась на пересечении границ разных физико-географических областей, что обусловило многообразие ландшафтов и богатство растительного и животного мира. Живописные пейзажи парка привлекают туристов, особенной популярностью пользуется водный источник «Желоб», что находится неподалеку от с. Мосты, во впадине между двумя горбамы-останцами. Стоит вспомнить о еще одном участке парка, перспективном для туристических потоков, – это «Зиньков камень». Эта территория находится за несколько километров от урочища Туровая Могила и являет собой нагромождение больших камней на

склоне холма среди смешанного леса, наибольший из них – Зиньков. Его высота свыше двух метров [11, 35, 43, 44].

Территория национального парка интересна не только с естественнонаучной точки зрения. Вокруг расположены такие выдающиеся историко-культурные достопримечательности, как Острог – город-крепость, родовое гнездо князей Острожских; монастырь, основанный ими в с. Межиричи; руины замка в с. Новомалин; поселок Дермань, где родился известный поэт, публицист, общественно-политический деятель Улас Самчук. На территории парка сохранились археологические достопримечательности трипольской, городоцко-здовбицкой, тишнецко-комаровской культур, остатки поселений времени бронзы и железа. Неподалеку от села Буша находится урочище Пекло с девятью пещерами, в которых находили закопченные очагами места, жерновые камни, старинные кремневые, каменные изделия – свидетельства пребывания здесь людей. В некоторых селах сохранились чрезвычайно интересные исторические раритеты, в частности, водяная мельница в с. Мосты Здолбуновского района, более глубокие колодцы (больше 60 м) в селах Имела, Мощаница и Буша, выкопанные на отрогах Волынской возвышенности еще в начале XX ст. [11, 35, 43, 44].

Эта местность тесно связана с историей освободительного движения украинского народа против многих поработителей. Рядом с территорией парка находится место большого боя воинов УПА с войсками НКВС – урочище Гурбы. Это все составляет мощный рекреационный потенциал национального парка, ведь такие историко-культурные объекты и событийные туристические ресурсы можно использовать независимо от сезона. Ежегодно в начале мая в лесном массиве между селами Антоновка и Гурбы проходит спортивная патриотическая игра «Гурбы-Антоновка», которая вывела данную территорию на международный уровень, – ее посетили гости из Польши, Беларуси и России. Популярность игры с каждым годом растет. В 2010 г. территориальная игра «Гурбы-Антоновка» заняла 8-е место в номинации «Самые эффективные молодежные инициативы Украины».

Особенно привлекательными для осуществления семейного туризма являются такие категории естественно-заповедного фонда, как зоологический парк, дендропарк и парк – достопримечательность садово-паркового искусства. Стоит отметить, что Ровенский зоопарк, который считается наилучшим в Западной Украине, привлекает не только ровенских туристов, но и туристов из соседних областей. Свою историю Ровенский зоопарк начал с 1982 г., когда по инициативе Ровенской областной организации Украинского общества охраны природы на восточной окраине города выделен земельный участок площадью 11,17 га и начато его благоустройство. В 1998 г. Ровенскому зоопарку присвоен статус естественно-заповедного объекта общегосударственного значения. Зоопарк сегодня – это коллекция из 150 видов животных, любимое место отдыха и прогулок всей семьей. На его территории расположен единственный в пределах города естественный лесной массив площадью 4,7 га. Для поощрения посещения зоопарка его работники регулярно устраивают для посетителей показательные кормления с комментариями специалистов [35].

Достаточно интересными объектами, которые привлекут многочисленных туристов, могут быть ботанические достопримечательности природы – редкие вековечные деревья: Юзефинский дуб, Угилецкий тополь и другие.

Юзефинский дуб – самое старое дерево Полесья, занесено в Книгу рекордов Украины. Возраст дуба 1000 лет, он известен также как Дуб князя Игоря, или Игорев дуб, растет неподалеку от границы с Беларусью (с. Глинное Рокитновского района Ровенской области).

Угилецкий тополь – дерево высотой 27 м и почти 10 м в обхвате ствола, растет в Гошанском районе в селе Угильцы. Этот белый тополь старше всех, что растут на территории Европы, ему более 400 лет. Огромным тополем заинтересовался местный учитель географии Р. М. Рокунець и вместе с доцентом Грищенко Ю.Н. (НУВХГП) они исследовали дерево и подготовили научное обоснование для создания ботанической достопримечательности природы [35, 41].



Рис. 33.6. Зиньков камень (фото О. Головки)

Рекреационная деятельность в пределах территорий и объектов ПЗФ Украины может осуществляться по таким основным видам:

- отдых (общеоздоровительный; культурно-познавательный; краткосрочный отдых (от 5–10 часов до 1–2 дней); размещение палаток и расположение очагов в специально оборудованных и отведенных для этого местах);

- экскурсионная деятельность (экскурсии, прогулки) маркированными экологическими тропами, а также на выставках, в музеи, основателями которых являются учреждения ПЗФ, другие субъекты рекреационной деятельности);

- туристическая деятельность (научно-познавательный пешеходный туризм; орнитологический туризм (наблюдения за птицами); этнографический туризм (кантри-туризм) – ознакомление с народными традициями, фольклором, бытом, архитектурой и другими ментальными ценностями местного населения; лыжный, в частности, горнолыжный туризм (лыжные путешествия и прогулки); велосипедный туризм (прогулки, путешествия на велосипедах); конный туризм (прогулки, путешествия на конях); водный туризм (спуск по горным рекам на надувных плотках, лодках, катамаранах (рафтинг), путешествия на яхте, катания на водных лыжах, виндсерфинг, прогулки на лодках); спелеотуризм (посещение пещер); подводный туризм (подводное плавание с аквалангом, экскурсии к подводным пещерам и гротам – дайвинг); парапланеризм (прогулки, путешествия на парапланах), дельтапланеризм (прогулки, путешествия на дельтапланах), балунинг (прогулки, путешествия на воздушных шарах);

- оздоровление (использование рекреантами природных лечебных ресурсов ПЗФ с целью возобновления умственных, духовных и физических сил человека);

- любительское и спортивное рыболовство;

- любительская и спортивная охота [2, 45].

Рекреационная деятельность организовывается в соответствии с функциональным разделением и проектами организации территории национальных природных парков (НИШ) и региональных ландшафтных парков (РЛП), охраны, воссоздания и рекреационного использования их естественных комплексов и объектов; проектов организации территории биосферных заповедников и охраны их естественных комплексов, а также проектами содержания и реконструкции парков – достопримечательностей садово-паркового искусства, проектов организации территории зоопарков, дендропарков и т. п. [2, 45].

Тенденция к увеличению туристических потоков по Украине в целом и по Ровенской области в частности прослеживается из года в год. Этому способствует распространение информации об историко-культурных туристических ресурсах региона в сети интернет. К сожалению, в Украине не приобрела широкую популярность туристическая игра геокешинг, которая заключается в нахождении (с применением GPS) хранилища, созданного другими участниками игры. В игру можно играть семьей, вместе с друзьями или поодиночке. По нашему мнению, геокешинг может привлечь иностранных туристов, поскольку эта игра достаточно популярна за рубежом (особенно в Канаде).

Развитию туристической отрасли содействует проведение разнообразных фестивалей и развлекательных мероприятий, которые одновременно способствуют духовному развитию населения. В частности, на территории Дубенского замка (замка князей Любомирских) проводят разные творческие мероприятия, в частности с 2014 г. осенью проводят научные пикники, что привлекает семьи с детьми. В последние годы большой туристической популярностью пользуется «Тоннель любви» – плотный коридор из зарослей деревьев точной арочной формы, расположенный на отрезке (около 4 км) железнодорожного пути, который ведет от поселка Клевань к поселку Оржев. Тоннель является местом паломничества украинских и иностранных туристов. Японский режиссер Акийоши Имазаки в 2014 г. снял романтическую драму «Клевань: Тоннель Любви», сюжет которой непосредственно связан с этим ровенским чудом природы.

Развитию туристической отрасли в регионе также способствует проведение национальных и региональных проектов «7 чудес». В 2007 г. Издательский дом «ОГО» и телерадиокомпания «Ровно



Рис. 33.7. Юзефинский дуб

1» организовали мультимедийный проект «Семь чудес Ровенщины». В основном, эти 7 объектов могут формировать значительные потоки туристов. В этот перечень вошли: узкоколейная железная дорога «Антоновка – Заречье», Таракановский форт, Историко-культурный комплекс г. Острог, Заповедник «Поле Берестецкой битвы», Свято-Троицкий женский монастырь, Замок князей Любомирских, Свято-Троицкий мужской монастырь [42].

Узкоколейная железная дорога «Антоновка – Заречье» (Владимирецкий и Заречненский районы) – самая длинная в Европе действующая узкоколейная дорога протяженностью 106 км. Местные жители называют поезд «поездком», «кукушкой», «полесским трамвайчиком». Ширина колеи почти вдвое более узкая, чем стандартная. Весной и летом узкоколейкой странствуют украинские и иностранные туристы. В селе Мельница поезд пересекает уникальный мост через реку Стырь – единственный большой деревянный железнодорожный мост в Украине, построенный еще в 1906 г. Его длина 153 м. В этом же селе есть еще одно уникальное сооружение – единственная на Ровенщине речная переправа.

Таракановский форт (Дубенский район) – образец военно-инженерного искусства русской фортификационной школы конца XIX века. Это достаточно интересная руина, которая привлекает большие потоки туристов со всей Украины. Таракановский форт являет собой бетонно-земляное укрепление, выполненное с применением кирпича и чугунных деталей, из которых были сделаны герметичные двери и все лестницы.

Историко-культурный комплекс г. Острог имеет почти тысячелетнюю историю. Из XIV по XVII века этим городом владел самый влиятельный и самый богатый род князей Острожских, что содействовало развитию этого мощного образовательного, научного и культурного центра Восточной Европы. Именно здесь возникло мощнейшее издательство тех лет – типография Ивана Федорова. В 1981 г. был создан Государственный историко-культурный заповедник Острога, в который входят Каменная, Круглая, Луцкая и Татарская башни, Богоявленская церковь и Свято-Троицкий Межирицкий монастырь-крепость.

Заповедник «Поле Берестецкой битвы» (с. Пляшева, Радивиловского района) – место драматической битвы казацко-крестьянских отрядов Богдана Хмельницкого с войском польского короля Яна Казимира Второго. Это историческая достопримечательность о событиях 1651 года, которые происходили на поле около сел Пляшева и Остров, где в битве полегло десятки тысяч украинских казаков и крестьян.

Свято-Троицкий женский монастырь (г. Корец) – один из самых древних храмов нашей страны, который в 1620 г. основал князь Самуил Корецкий.

Замок князей Любомирских (г. Дубно) основан в XIV веке. Замок имеет богатую историю, его посещали выдающиеся исторические фигуры – гетман Иван Мазепа, шведский король Карл XII, царь Петр I, полководцы Суворов и Кутузов. Здесь хранили свои сокровища князья Острожские, а в дальнейшем и их потомки: князья Заславские, Сангушки, Любомирские. С 1993 г. Дубенский замок входит в состав Государственного историко-культурного заповедника Дубно и остается самым древним сооружением города.



Рис. 33.8. Таракановский форт



Рис. 33.1. Свято-Троицкий мужской монастырь (фото О. Головки)

Свято-Троицкий мужской монастырь (с. Межиричи Острожского района) был основан монахами Киево-Печерской лавры и впервые упоминается в летописях XIII века. Это большой архитектурный ансамбль зданий Троицкого монастыря-крепости XV–XVIII веков, Троицкая церковь XV века, стены и башни начала XVII и огромная печь под открытым небом, которая

служила для жителей оборонного монастыря еще и кузницей. Свято-Троицкий Межиричский монастырь считается одним из самых живописных оборонных монастырей Украины, который издалека похож на сказочный замок.

Выводы. Важным направлением рекреации в пределах территорий природно-заповедного фонда является экотуризм, или сельский зеленый туризм. Он объединяет все те виды туризма, которые ориентированы на долговременное сохранение естественной окружающей среды, формирование интеллектуально-гуманистического мировоззрения, улучшение финансово-экономического благополучия регионов. Основные цели экотуризма Ровенщины наиболее эффективно и полно реализуются на рекреационных территориях Дерманско-Острожского национального природного парка, Ровенского природного заповедника, региональных ландшафтных парков: Надслучанского, Дерманско-Мостовского, Припять-Стоход и др. С целью развития туристической и рекреационной инфраструктуры на территориях и объектах естественно-заповедного фонда необходимо создавать в лесничествах эколого-познавательные и информационно-туристические центры, открывать туристические приюты, проводить маркировки маршрутов эколого-познавательных троп. Также стоит больше использовать событийные туристические ресурсы, поскольку Ровенщина имеет богатую историю.

В связи с популяризацией среди населения здорового образа жизни, в частности велотуризма, стоит уделить надлежащее внимание разработке веломаршрутов и соответствующей их маркировке. Первоочередной задачей должна быть разработка международных велотуристических путей. Перспективными могут быть веломаршруты, что будут проходить по территории Украинского Полесья (в качестве наиболее весомых трансграничных стран могут выступать Беларусь и Польша). Большие перспективы для привлечения иностранных туристов может открыть туристическая игра с использованием GPS – геокешинг.

33.4. Виды и факторы формирования зеленого сельского туризма как части туристско-рекреационного комплекса

Для современного человека в условиях напряженной городской жизни потребность в изменении окружающей среды во время отдыха превратилась в первую необходимость. Чем больше город, тем острее это чувствуется. Потребности современного туриста в новых видах активного отдыха требуют расширения рынка туристических услуг. Появляются качественно новые виды и формы туризма [3]. Антропогенные нагрузки на человеческий организм, особенно в крупных городах, формируют у их жителей желание вырваться на природу. Во время этих путешествий человек стремится получить удовольствие. Среди разновидностей туризма особенное распространение сегодня приобретает зеленый сельский туризм, экологический туризм (экотуризм).

Сейчас в мире наблюдаются изменения массового рекреационно-туристического интереса – от развлекательных поездок к морскому побережью к содержательным, познавательным путешествиям в сельскую местность, где коренного городского жителя везде окружает экзотика: аграрные и сельские пейзажи, традиционный крестьянский образ жизни, домашние животные, экологически чистые продукты и т. п. Со второй половины XX ст. сельский туризм в большинстве стран рассматривается как неотъемлемая составная часть комплексного социально-экономического развития села и как одно из средств разрешения многих сельских проблем. Сейчас сельский туризм достаточно распространен во всем мире: в Западной Европе, Америке, азиатских странах; особенно популярен он во Франции, в Испании, Италии, Хорватии, Румынии, Польше.

В Украине зеленый сельский туризм находится на начальном этапе развития. Однако в стране уже начался процесс активной популяризации этого вида отдыха как туристического продукта. Сейчас в Украине не существует четкого определения понятия зеленого сельского туризма как отдельного туристического продукта в общем определении туристической отрасли.

Теоретико-методологические основы развития как туристической отрасли, так и отрасли именно зеленого сельского туризма изложены в трудах отечественных и зарубежных ученых, таких как В. И. Азар, М. О. Ананьев, А. А. Бейдик, М. Б. Биржаков, О. Ю. Дмитрук, В. И. Гетман, Ю. В. Зинько, Люсьен Р. Дюшен, Р. Ланкар, Л. Маркус и другие. В их работах приведены определения основных понятий, которые связаны с сельским туризмом и экотуризмом.

Зеленый сельский туризм – это стационарный отдых с любой целью, видом и формой организации туристического путешествия в сельской местности [8, с. 17]. Определение сельского туризма как зеленого подчеркивает его проэкологическую ориентацию.

Гостеприимная усадьба – это жилой дом сельского хозяина, в котором размещаются на отдых туристы (городские жители). Наряду с понятием «гостеприимная усадьба» употребляется понятие «агрожилище» [7, с. 5].

Украинское село имеет богатейшее историко-архитектурное наследие, культуру, самобытный быт, самой природой подаренные живописные ландшафты; наделено богатыми лечебно-рекреационными ресурсами. Вместе с тем острой проблемой для многих сел является нехватка рабочих мест, растущий излишек рабочей силы, высвобождаемой из сельскохозяйственного производства. Учитывая отсутствие нужных капиталовложений на создание новых рабочих мест, больше внимания стоит уделять отраслям, которые не требуют для своего развития больших средств. К таким отраслям относится и сельский зеленый туризм, который давно практикуется в Украине. Ведь в селах, которые имеют соответствующую рекреационную базу, всегда было много отдыхающего городского населения. Самыми популярными для отдыха являются горные села, села около морей и рек. При этом выделяют три вида сельского туризма в Украине: агротуризм, туризм отдыха, экотуризм [23, 37].

Агротуризм – вид сельского зеленого туризма, организуемого как с познавательной целью, так и с целью отдыха, связанный с использованием подсобных хозяйств населения или земель сельскохозяйственных предприятий, которые временно не используются в аграрной сфере. Этот вид может не иметь ограничений в нагрузке на территорию и регламентировании видов развлекательного отдыха.

Отдых (отдых на селе). Базой его развития является капитальный жилищный фонд личных крестьянских хозяйств, естественные, рекреационные, историко-архитектурные, культурно-бытовые и другие достопримечательности той или другой местности.

Экотуризм – научно-познавательный вид сельского зеленого туризма, характерный для сельских местностей и сел, расположенных в пределах территорий национальных парков, заповедных зон, природных парков и других подобных мест, где предусмотрены соответствующие ограничения относительно нагрузок на территорию и регламентированы виды развлекательного отдыха.

Научные исследования свидетельствуют о том, что сельский туризм способен обеспечить экономическую и демографическую стабильность в сельских регионах и решить их социально-экономические проблемы. Сельский туризм поможет поднять уровень местной экономики, молодежь будет чаще оставаться на селе, получив возможность работать на строительстве, обслуживать туристов, развивать местные ремесла.

Основой развития туризма является туристско-рекреационный потенциал, который включает природные (орографические, ландшафтные, климатические, водные, бальнеологические, биотические ресурсы), биокультурные (объекты заповедного фонда, в пределах которых разрешены отдельные виды рекреационной деятельности в регламентированной форме), историко-этнокультурные (археологические, архитектурные, исторические, культурные, этнографические ресурсы и др.) и инфраструктурные (средства размещения, питания, транспорта, связи и т. п.) ресурсы [6]. Сельская местность Украины имеет уникальные природные рекреационные и историко-культурные туристские ресурсы, выгодное для развития международного туризма геополитическое положение в центре Европы. Площадь потенциальных рекреационных ресурсов Украины достигает 12,8 % ее территории [6, 21].

Анализ литературных источников позволяет сделать выводы об отсутствии одинаковых подходов разных исследователей и туристских объединений относительно определения сельского туризма, его классификации, характерных признаков и особенностей. Развитие массовой мировой практики организации сельского туризма до сих пор опережает его теоретическое обоснование.

Проще всего сельский туризм ими определяется как туризм, который проходит в сельской местности. Учитывая то, что в условиях общеэкономического кризиса экономические и социальные проблемы села чрезвычайно заострились, широкое распространение и развитие сельского туризма является особенно желательным.

Среди потенциальных возможностей и направлений развития туристско-ресурсной базы можно назвать представление народных промыслов, традиционной кухни, этнографических развлечений, экскурсионно-краеведческих однодневных туров в сопровождении гида, разнообразной информации о местности и особенностях местного уклада. Именно поэтому можно выделить, хотя и далеко не в полном объеме, следующие **подвиды сельского туризма**:

- лечебно-оздоровительный;
- спортивный;
- познавательный, этнический и культурно-развлекательный;
- фестиваль;
- религиозный;
- ностальгический и др.

В целом формирование основных разновидностей услуг и направлений развития сельского туризма можно изобразить в виде схемы (рис. 33.10).



Рис. 33.10. Разновидности услуг и направлений сельского туризма

В 1990-е годы сельская местность Украины испытала существенные структурные изменения, проблемы с уменьшением населения, ростом безработицы, уменьшением прибылей, потерей сельской идентичности и культуры. Возрождение и дальнейшее экономическое и социальное развитие сельских регионов Украины в настоящее время связывают с туризмом, в частности сельским туризмом. В указе Президента Украины «Об основных направлениях развития туризма в Украине до 2010 года» (№ 973/99 от 10.08.1999), Постановлении Кабинета министров Украины «Об утверждении Государственной программы развития туризма на 2002–2010 годы» (№ 583 от 29.04.2002) сельский туризм занял главное место [1, 12]. В этих документах отмечаются такие проблемы, как недостаточный уровень развития туристской инфраструктуры, несовершенство базы данных относительно объектов туристической сферы, и поставлена задача улучшения информационного обеспечения развития туризма. Все это непосредственно касается и сельского туризма.

Большой проблемой является уровень информированности населения о туристических ресурсах местности. Для расширения туристических путешествий в сельскую местность необходимо разрабатывать новые тематические и комплексные маршруты, рекламировать сельские районы, богатые на рекреационные ресурсы, но в которых мало бывают туристы. Путем решения некоторых из этих проблем является проведение комплексных научных исследований географического направления в отрасли сельского туризма, то есть исследование рекреационно-туристических ресурсов, разработка туристических маршрутов и других комплексных анимационных программ, разработка информационно-картографического обеспечения на системной основе. Таким образом, мы можем предложить некоторое упрощенное равновесие для развития сельского туризма (рис. 33.10).

Структуру собственного предложения, которая и определяет необходимое равновесие для развития сельского туризма, можно в первом приближении определить следующими пунктами:

- гостеприимная усадьба;
- реклама;
- клиенты;
- цены.

Необходимой составляющей любой как экологической, так и экономической системы является обеспечение ее стойкости. В нашем случае стойкость сельского туризма будет определять обеспечение потребностей туриста, которые, в общем, будут состоять из четырех основных факторов: природоохранных, социальных, экономических и сохранение культурно-материального наследия (рис. 33.11).

Исходя из изложенного можно в первом приближении выделить следующие составляющие, которые определяют перспективы развития сельского туризма:

- создание кластерной системы;
- создание государством благоприятных условий для развития сельского туризма;
- желание сельского населения заниматься сельским туризмом;
- развитие инфраструктуры.



Рис. 33.11. Факторы стойкости сельского туризма

Можно сделать **вывод** о том, что украинское законодательство в данной отрасли, как и отечественная наука о туризме, еще относительно молоды и находятся в процессе становления. Невзирая на активизацию исследовательских усилий, направленных на анализ вопросов туризма, определенные аспекты государственного регулирования этой отрасли остаются недостаточно разработанными. Для успешного их решения, предотвращения политических ошибок и просчетов целесообразно воспользоваться опытом других стран. В частности, для Украины представляет интерес опыт по этим вопросам Французской Республики, которая является одним из мировых лидеров в отрасли туризма и Республики Польша – нашего соседа, который имеет большой опыт предоставления агрорекреационных услуг. Исходя из комплексной оценки осуществления политики международной интеграции, формирования новой открытой экономической среды туристско-рекреационные комплексы требуют коренным образом изменить схемы управления. Это прежде всего усовершенствование договорно-правовой базы внешних отношений, заключение договоров межправительственного, межрегионального и межведомственного характера о сотрудничестве в отрасли туризма и рекреации, развитие институционального сотрудничества, использование организационно-финансовых механизмов и углубление непосредственного партнерства.

33.5. Развитие сельского туризма как перспективного вида предпринимательства в рекреационной сфере Ровенской области

Сущность рекреации (от лат. *recreacio* – перерыв, отдых между занятиями) заключается в создании условий для воссоздания физических и духовных сил человека, тратящихся в процессе труда, в удовлетворении его потребностей в отдыхе, оздоровлении и содержательном проведении досуга.

С экономической точки зрения рекреация не только направлена на воссоздание рабочей силы, но и формирует потребительский спрос на товары и услуги, в конечном счете убыстряя развитие хозяйства определенной территории. Она существенно отражается на балансе денежных доходов и расходов населения. Потенциально рекреационные территории в Ровенской области занимают 630 тыс. га, то есть 33,8 % общей площади, в том числе курортно-рекреационные – 9 % (однако из них 442 тыс. га приходится на радиационно загрязненные районы) [32]. Особенно высокими индексами обеспеченности естественно-ресурсным потенциалом в расчете на 1 гектар характеризуются Острожский (2,51), Корецкий (2,09) и Ровенский (2,08) районы.

Эти особенности, в частности, проявляются в богатстве и специфике рекреационных ресурсов области, или объектов и явлений естественного и антропогенного происхождения, которые используются или могут быть использованы для туризма, лечения, отдыха и влияют на территориальную организацию рекреационной деятельности, формирование рекреационных регионов и районов (центров), их специализацию и экономическую эффективность [38].

В условиях напряженной экологической ситуации на территории всей Украины внимание к рекреации, или возобновлению здоровья и работоспособности путем отдыха вне постоянного места жительства, путем оздоровления и туризма, растет, и актуальность проблем комплексного учета, оценки и максимально рационального и полного использования рекреационных ресурсов усиливается

[17]. Следует обратить внимание и на состояние общеэкономического кризиса, в результате чего чрезвычайно обострились экономические и социальные проблемы села, где, по нашему мнению, является особенно желательным широкое распространение и развитие именно сельского зеленого туризма.

Понимание сельского зеленого туризма сегодня формируется как специфическая форма отдыха на селе с широкой возможностью использования естественного, материального и культурного потенциала региона. Такой туризм в большинстве стран рассматривается как неотъемлемая составляющая комплексного социально-экономического развития села и как одно из средств разрешения многих сельских проблем.

30 июня 2006 г. Кабинет министров Украины выдал Распоряжение об утверждении плана мероприятий относительно государственной поддержки развития сельского туризма на 2001–2010 годы. Распоряжением Правительства предусмотрено осуществление комплекса мероприятий по развитию сельского туризма, определены принципы государственной политики обеспечения туристической деятельности в сфере сельского туризма, стимулирования развития социально-экономической сферы села и поддержки развития сельских хозяйств.

В Украине существует три разновидности современного сельского зеленого туризма: агротуризм, отдых и экотуризм [18, 39]. Главной фигурой в обеспечении функционирования отмеченных видов туризма, в организации отдыха на селе выступает сельская семья, которая предоставляет жилье, обеспечивает питание и знакомит с особенностями сельской местности (рис. 33.12). Для того чтобы осуществлять это на соответствующем уровне, необходимо учиться.



Рис. 33.12. Структура зеленого сельского туризма

Сельский туризм является одним из наиболее дешевых и доступных видов туристического отдыха для людей, которые приезжают из города. Вы за гостиницу заплатите вдвое больше, чем за неделю проживания в сельском доме вместе с питанием. Этот вид туристического отдыха построен на самоэксплуатации крестьянина, потому что он вкладывает больше всего своего труда в этот вид туризма: он дает свой продукт из огорода, свое молоко, причем по более дешевой цене, но он зарабатывает на развитие, то есть это есть создание новых рабочих мест [14].

Уникальность сельского туризма заключается в личностном факторе хозяина, ведь ни одна гостиница, ни одно туристическое агентство не может дать того, что может дать сельский хозяин или человек, который занимается сельским зеленым туризмом, потому что он привносит туда духовность, традицию, культуру народа, он формирует национальное сознание и патриотизм.

На территории Ровенщины сельский туризм является не самым прибыльным туристическим продуктом. Люди только открывают для себя Ровенщину: практически все слышали о Дубно, Остроге и Корце, которые являются признанными, в общих чертах, национальными туристическими центрами, но не каждый был в Костопольском или Дубровицком районах, в Надслучанской Швейцарии (Соколиные горы) Березновского района. Местные турфирмы теперь приглашают в самые отдаленные уголки области, где все больше, в сравнении с прошлыми годами, агроусадеб привлекают городских жителей. Власть не остается в стороне, напротив – поощряет желающих, выдавая им беспроцентные микрокредиты. Областная госадминистрация предоставляет беспроцентный кредит – 5 тысяч гривен на три года. Данная практика является уникальной для страны: нигде больше в Украине нет такого, чтобы сельский туризм поддерживался за счет областного бюджета. Такие инициативы не остались вне поля зрения соседних областей, планируется распространение этой схемы поддержки развития сельского туризма на всю территорию Украины.

Сегодня в области работают 37 агроусадеб в 10 районах. Активность работы везде разная. Больше всего туристов в 2007 г. отдохнуло в Березновском (596 чел.), Демидовском (495 чел.) и Радивилевском (151 чел.) районах. Самые популярные усадьбы расположены в селе Хренники Демидовского района, что объясняется как естественными условиями, так и транспортным положением населенного пункта. Владельцы агроусадеб неохотно рассказывают о количестве посетителей. Это связано с несовершенством законодательства относительно сельского туризма. Закон определяет: услуги сельского туризма не облагаются налогами, но люди не проинформированы о своих правах и обязанностях как субъекты предпринимательской деятельности, следовательно, желают умалчивать как о количестве отдыхающих, так и о реальной стоимости оказанных услуг.

Туристический бизнес предлагает услуги, которые имеют спрос и являются высоко rentable для туристических операторов. Зеленый туризм в Карпатах популярен, а на Ровенщине только начинает развиваться. Чтобы привлечь клиентов, их необходимо заинтересовать. Именно поэтому среди огромного количества проблем, которые накопились в рекреационном комплексе области в течение последнего времени и которые, будем надеяться, являются временными, выделим лишь одну основную – организационную, и решить ее можно, по нашему мнению, только используя инструмент маркетинга [14, 39].

Для эффективного развития сельского туризма на Ровенщине целесообразно было бы применять маркетинговую стратегию роста, а именно интегрированного развития, которое предусматривает расширение туристической деятельности за счет дополнения существующего ассортимента туристических услуг новыми продуктами и продвижения их на рынок, используя активное стимулирование сбыта и проведение масштабных рекламно-информационных кампаний.

33.6. Экологические аспекты природных рекреационных ресурсов Волынского Полесья

Актуальность исследования рекреационного потенциала территории определяется высоким удельным весом рекреационных ресурсов на территории Волынского Полесья. Наличие такой мощной ресурсно-рекреационной базы может оказывать содействие развитию туристической деятельности в регионе, быть одной из приоритетных сфер экономики, которая будет оказывать содействие повышению эффективности развития хозяйственного комплекса [26]. Согласно данным, приведенным в Национальном докладе Украины о состоянии окружающей среды, частица рекреационных ресурсов Полесья в общем объеме украинских ресурсов составляет 21 % (второе место после Карпатского региона), тем не менее уровень их использования – один из наиболее низких – 9 % при среднем показателе в стране – 14,4 %.

Объектом данного исследования является рекреационно-туристический комплекс Волынского Полесья. Территория, которая охватывает две административные области Украины (Ровенскую и Волынскую), многие авторы выделяют в отдельный социально-экономический (общественно-географический) район (регион), имеющий следующие названия: Волынское Полесье (В. А. Поповкин, 1993), Западно-Полесский мезорайон (Ф. Д. Заставный, 1994), Волынь (Н. Н. Паламарчук, 1994, позже – А. Колодий, И. Мельник), Северо-Восточный социально-географический район (Н. Д. Пистун), Северо-Западный социально-экономический район (П. А. Масляк, П. Г. Шищенко, 1996), Западное Полесье.

Территория Волынского Полесья расположена в таких природных областях, как Украинское Полесье и Лесостепная зона.

Благоприятный для рекреации умеренно континентальный климат с достаточным, а в некоторых районах чрезмерным увлажнением обусловил формирование на равнинах естественных комплексов смешанных лесов с иногда заболоченными грунтами.

По сравнению с другими районами Украины территория Волынского Полесья хорошо обеспечена лесными ресурсами. Лесистость составляет 40–45 %. Здесь распространены хвойные и смешанные леса. Район лежит в пределах Западно-Украинской геоботанической провинции, где свыше 40 тыс. га занимают торфяники, более всего их – в пойме Припяти.

Территория региона хорошо обеспечена водными ресурсами. Ее территорию пересекает Главный Европейский водораздел, который разделяет бассейны Черного и Балтийского морей, в частности Днепра и Западного Буга. Большинство рек Волыни относятся к бассейну Припяти. Всего насчитывается 301 река длиной свыше 10 км каждая. В регионе свыше 500 озер разного происхождения (карстовые, пойменные и др.). Построено 41 водохранилище (наибольшие Хринниковское, Млыновское, Боберское) и свыше 300 прудов общей площадью водного зеркала 14,2 тыс. га. Наибольшую группу составляют озера карстового происхождения.

Волыньское Полесье имеет низкий уровень урбанизации (47 %) и наиболее низкую плотность населения в Украине (50 чел./км²). Район выделяется среди других тем, что демографическая ситуация не приобрела здесь угрожающего характера. В межрайонном разделении труда Украины он выделяется топливной, машиностроительной, химической, лесной деревообрабатывающей и фарфоро-фаянсовой областями промышленности. Часть промышленной продукции в общем объеме валовой продукции составляет 65 %.

Регион имеет значительные естественные рекреационные ресурсы. Это прежде всего живописные ландшафты полесских лесов и озер. Удельный вес потенциально рекреационных территорий в структуре земель в Ровенской области наибольший в Украине (свыше 50 %).

Специфической особенностью оценки влияния естественных условий на формирование и функционирование рекреационного хозяйства и его территориальной структуры выступает то, что при их положительном действии они не только влияют на степень аттрактивности рекреационных объектов, но и привлекаются в рекреационное пользование, т. е. становятся ресурсом. Вопрос практического размежевания природных условий и природных рекреационных ресурсов для интегральной оценки их роли в формировании и функционировании рекреационного хозяйства усложняется, в том числе, большим многообразием видов отдыха [26].

Имеющиеся погодно-климатические характеристики усиливают действие фактора сезонности на функционирование рекреационного хозяйства региона: они могут быть препятствием для круглогодичного проведения некоторых видов курортно-рекреационной и туристической деятельности и создавать неудобства во время сезонного функционирования. Последнее может существенно повлиять на выбор местными жителями и туристами из других регионов места отдыха, а также на распределение туристических потоков. Климат Полесья наиболее благоприятен для отдыха и лечения людей, организм которых приспособлен к сезонной ритмике и умеренному типу климата. Хорошо известно, что у людей с ослабленным организмом при изменении климата (даже если речь идет об отдыхе в южных регионах Украины) вместо ожидаемого оздоровительного эффекта наблюдается ухудшение самочувствия. По медицинским рекомендациям климат региона показан людям с хроническими заболеваниями органов дыхания, пищеварения, людям с нарушением обменных процессов, заболеваниями нервной и сердечно-сосудистой систем [26].

Среди специфических природных рекреационных ресурсов нужно отметить роль болот, которыми особенно богата территория Волынского Полесья. Роль болот в развитии рекреационной деятельности двоякая. Со стороны традиционной рекреации и туризма это, несомненно, препятствие, связанное с наличием: неблагоприятного микроклимата; участков земли, непригодных для строительства и проведения некоторых видов рекреационной деятельности; иногда непривлекательных ландшафтов; кровососущих насекомых, наиболее распространенных на заболоченных участках, и других неблагоприятных явлений. С другой стороны, болота как регуляторы водного баланса территории, ареалы распространения диких животных и специфических растений – наименее затронутые хозяйственной деятельностью участки земли, объект интереса со стороны людей, которые избрали альтернативные виды отдыха: экологический, научный, промысловый туризм и т. п. [26].

Кроме того, болота могут выполнять специфические рекреационные функции при наличии сапропелевых пелоидов. Таким рекреационным потенциалом владеет, например, территория Демидовского района, а именно – торфяными пелоидами. Такой состав грязей, как в районе Стыри, уникаль-

ный в Украине по своим лечебным и оздоровительным свойствам. Торфяные грязи для пелоидотерапевтического применения разведаны в месторождении «Вычавка», что расположено на южной окраине с. Вычавки [27].

В результате проведенных исследований ГП «Укргеокаптажминвод» и Украинским НИИ медицинской реабилитации и курортологии установлено, что грязевые залежи месторождения «Вычавка» по своим основным физико-химическим показателям принадлежат к пресноводным слабосульфидным высокозольным торфам. Торфяные грязи представлены черными и темно-серыми торфами. Грязевой раствор – жидкая фаза грязи – состоит, в основном, из растворимых в воде солей. Главными компонентами торфяного раствора являются сульфат-, гидрокарбонат-ионы и ионы натрия. Содержание органических веществ значительно и составляет от 28,6 до 32,5 % (в перерасчете на воздушно-сухой торф), что отвечает требованиям к лечебным торфяным грязям.

Лечение торфяными грязями рекомендовано при разных заболеваниях, в патогенезе которых имеется воспалительный процесс, нарушение иммунологической реактивности организма, трофики тканей. Широко грязелечение применяется при заболеваниях органов опорно-двигательного аппарата, нервной системы, женской и мужской половой сферы, органов пищеварения, периферических сосудов, органов дыхания, кожи и глаз [26].

Такие уникальные рекреационные ресурсы нуждаются в особой охране. Основными элементами, которые следует рассматривать и учитывать при организации санитарной охраны месторождений, являются: места образования пелоидов (территории, в пределах которых под влиянием геологических процессов они формируются); водосборные площади месторождений пелоидов; поверхностные водотоки, а также источники и горизонты подземных вод, которые принимают участие в водно-солевом балансе месторождений.

Использование пелоидов месторождения «Вычавка» в рекреационных целях является примером для организации подобной деятельности на территории Ровенской области. Использование в учреждениях санаторно-курортного направления (таких, как детский санаторий «Хринныки», оздоровительный центр «Чайка») оздоровительных рекреационных ресурсов уменьшает уровень медико-экологического риска территории, улучшает показатели общей заболеваемости и отдельных нозологических единиц, уменьшает показатели смертности [27].

Согласно исследованиям, проведенным относительно определения рейтинга административных областей по уровню загрязнения окружающей среды, который рассчитывался на основе учета интегральных показателей загрязнения атмосферного воздуха и поверхностных вод в расчете на одного жителя, Полесье занимает высокие позиции в сравнении с признанными рекреационно-курортными регионами Украины: Ровенская – 9 место, Волынская – 11, в то время как Автономная Республика Крым – 14, Одесская область – 15, Львовская – 16, Киевская – 22. А это означает, что при соблюдении всех других равных условий, физиологическая эффективность отдыха на Полесье будет высшей [26].

Полесский край владеет чрезвычайно богатым и разнообразным историко-культурным наследством. Так, на территории Волынской области насчитывается 480 памятников архитектуры (из них 183 национального значения), 1044 памятников истории и культуры (в том числе 149 – археологии, 860 – истории, 35 – искусства). На Ровенщине находится 2855 памятников истории и культуры, из них археологических – 1086, исторических – 1728, монументального искусства – 71 [26]. Известнейшими социально-культурными рекреационными ресурсами Полесья являются Зимненский Святогорский монастырь, Олыцкий замок, Луцкий историко-культурный заповедник Волынской области; государственный историко-мемориальный заповедник «Поле Берестецкой битвы» в с. Пляшева, историко-культурные заповедники городов Дубно и Острог Ровенской области.

По результатам оценки социально-культурного рекреационного потенциала наибольший социально-культурный рекреационный потенциал имеют Луцкий, Владимир-Волынский и Ковельский районы Волынской области, Дубненский, Ровенский, Острожский, Корецкий и Радивиловский районы Ровенской области. Этот ареал почти совпадает с лесостепной природной зоной и повторяет очертания районов давнего поселения, которое и объясняет богатство его социально-культурного потенциала [26].

Относительно социально-демографической ситуации можно отметить: присутствует отрицательное сальдо естественного и механического прироста населения, высокий уровень безработицы, низкий уровень доходов населения, плохая обеспеченность сельских помещений современными удобствами, неудовлетворительное состояние финансирования человеческого развития. Указанные факторы не являются препятствием для развития в регионе въездного туризма, наоборот, сравнительно высокие показатели, которые характеризуют социальную среду региона, являются чертой,

которая свидетельствует в его пользу. Тем не менее данная ситуация неблагоприятна относительно развития выездного и внутреннего туризма (это прежде всего касается показателей развития рынка работы, материального благосостояния и финансирования человеческого развития). А неудовлетворительное состояние здоровья населения и мероприятий его охраны, плохие условия проживания населения, низкий уровень его материального благосостояния формируют стойкую недовольную потребность местного населения в отдыхе. География уровней материального благосостояния и финансирования человеческого развития повторяет географию уровней экономического развития. В регионе нет дефицита трудовых ресурсов, поэтому нет препятствия к привлечению кадров в эту трудоемкую область, которая, тем не менее, через некоторые свои особенности (сезонность, возможность привлечения малоквалифицированного персонала и др.) характеризуется высокой текучестью кадров. В последние годы тенденция развития рекреационной сферы экономики такая, что возрастает потребность в высококвалифицированных кадрах, готовить которые можно на базах высших учебных заведений Ровно, Луцка [26].

Затяжной период разрушения старых типов экономических отношений и развития новых, который совпал с процессами становления государственности, сопровождался кризисными явлениями в экономике страны и региона, отрицательно сказавшихся на развитии рекреационной сферы. Это было связано прежде всего с сокращением финансирования, средства распределялись по остаточному принципу, происходило уменьшение основных фондов и материально-технической базы индустрии отдыха, резкое снижение спроса на рекреационные услуги вследствие ограничения экономических возможностей населения.

Наиболее катастрофическими последствия данных процессов стали для культурно-рекреационных учреждений, а именно кинотеатров и залов с киноустановками, а также библиотек и учреждений культуры клубного типа, количество которых за 1995–2005 гг. уменьшилось соответственно в 12,8, 1,3 и 1,2 раза. Особенно угрожающих масштабов данные явления достигли в сельской местности. Среди факторов, которые послужили причиной данной ситуации, кроме сугубо экономических, следует отметить демографические (сокращение количества населения, массовая миграция молодежи из сельской местности), поскольку услугами таких учреждений пользуется большей частью местное население, и социально-культурные, связанные со снижением культурного уровня и духовности населения, потерей традиций организованного отдыха [26].

Следствия кризисных явлений в экономике отразились на работе учреждений размещения и питания, а также домов отдыха и пансионатов. Так, за 1995–2005 гг. количество последних сократилось вдвое, отелей и других учреждений размещения – в 1,1 раза, объектов ресторанного хозяйства – в 1,3 раза [26].

Несоответствие гостиничных услуг мировым стандартам, низкий уровень платежеспособности отечественного потребителя, незначительные объемы туристических потоков в регионе – эти и другие факторы определяют далеко не полное использование потенциала гостиничного хозяйства на территории региона. На Полесье расположено большое количество детских оздоровительных лагерей, причем оно постоянно увеличивается вследствие восстановления практики открытия при школах оздоровительных площадок, рассчитанных на оздоровление небольшого количества детей. Так, за 2000–2003 гг. количество детских оздоровительных лагерей выросло в 4,4 раза, а за следующие два года – еще в 1,8 раза [26].

Полесье не занимает значительных позиций в государстве по объемам международного и внутреннего туризма. Среди туристов региона наибольшей популярностью пользовались путешествия с целью развлечения и отдыха (57,8 %), на втором месте – служебные и деловые поездки (25,5 %). С целью лечения путешествовало 3,5 % туристов. Незначительные объемы туристической и рекреационной деятельности в регионе определяют низкий уровень участия Полесья в создании прибыли в этой области. Следствием разного уровня развития рекреационной инфраструктуры, неравномерного распределения туристических потоков и действия иных объективных причин стала разная результативность функционирования субъектов туристической деятельности – туроператоров и турагентов [26].

Исходя из государственной программы социально-экономического развития Полесского региона в существенных преобразованиях нуждаются две основные сферы территориально-рекреационного комплекса (ТРК): санаторно-курортная – для социально незащищенных категорий населения с финансированием за счет государственного бюджета; туристско-рекреационная – для широких кругов населения, которая должна финансироваться по рыночным принципам [33].

К приоритетным направлениям развития ТРК региона отнесено: проведение научно-исследовательских работ относительно усовершенствования состава и учетной инвентаризации разнотипных курортно-рекреационных учреждений, объектов природно-заповедного фонда и исто-

рико-культурного наследия; проектно-разведывательные работы относительно выявления перспективных курортно-рекреационных ресурсов, территорий и объектов природно-заповедного фонда, лесопромышленных, ягодных, грибных угодий и т. п.; обеспечение интенсивного развития материально-технической базы курортно-рекреационного хозяйства, строительство новых и реконструкция старых лечебно-оздоровительных учреждений, благоустройство рекреационных и заповедных территорий, автодорог, туристических маршрутов и т. д.; приведение в порядок сети оздоровительных учреждений, образование в областной администрации управления рекреационного комплекса с функциями юридического руководителя и заказчика [33].

Нужно указать, что территория региона неоднородна как в плане распределения рекреационных ресурсов, так и по уровню медико-экологического риска. Северные районы испытали катастрофическое влияние радиационного загрязнения в 1986 г., но при этом имеют в несколько раз большие показатели лесистости, чем южные районы [28].

Исследования территории проводились нами на предмет оценки возможностей использования естественных рекреационных ресурсов для уменьшения медико-экологического риска территории. Для определения положительных рекреационных факторов проводились расчеты корреляции показателей заболеваемости и структуры смертности с факторами окружающей среды [29].

Статистическая обработка массивов областных центров медицинской статистики и Государственного управления экологической безопасности в Ровенской и Волынской областях за 1986–2014 гг. позволила установить связь динамики нескольких нозологических единиц (преимущественно распространенности болезней и смертности) и отрицательных антропогенных факторов [29].

При дальнейшем исследовании были выявлены также корреляции пространственного распределения некоторых нозологий (как общей заболеваемости, так и отдельных первичных нозологий) и уровней загрязнения окружающей среды. Но, кроме отрицательных экологических факторов, которые имеют высокие равные корреляции с заболеваемостью и смертностью населения, существуют положительные естественные факторы, которые уменьшают уровень заболеваемости и смертности. Подтверждают этот вывод установленная корреляция уровня лесистости районов и уменьшение риска отдельных заболеваний [30].

Коэффициент корреляции между уровнями лесистости районов и уровнем распространенности онкозаболеваний составляет $-0,77$. Высокий отрицательный показатель коэффициента корреляции означает, что исследуемые показатели имеют обратную корреляцию, так как при высоких уровнях лесистости районов уменьшается риск онкозаболеваемости (рис. 33.13).

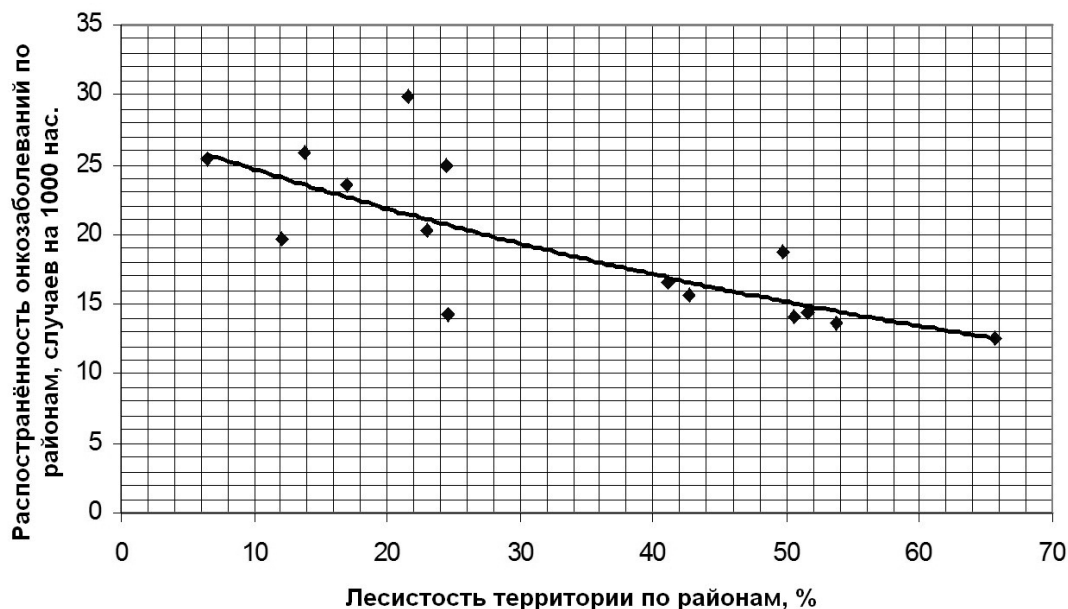


Рис. 33.13. Распространённость онкозаболеваний и уровни лесистости территории районов

Показательна также одна из выявленных зависимостей: уровень распространенности болезней органов системы кровообращения имеет более низкие значения в районах с наиболее высокой лесистостью в сравнении с другими районами [27] (рис. 33.14).

Для уменьшения статистической погрешности мы определили средний по каждому району уровень распространенности болезней системы кровообращения за период 1990–2009 гг. [33] на фоне уровней лесистости территории Ровенской области [28].

Для корректных исследований детерминации нужны нормированные показатели, поэтому нами была рассчитана лесистость административных районов Ровенской области в процентах площади, которая покрыта лесами, в отношении общей площади района.

Нормированные показатели лесистости рассчитывались по формуле:

$$L = \frac{S_L \times 100}{S_R}, (\%) \quad (33.1)$$

где: S_R – площадь района, га; S_L – площадь лесов и другой площади, покрытой лесом, га; L – лесистость района, %.

В результате проведенного анализа была выявлена закономерность, которая показывает уменьшение уровня распространенности болезней системы кровообращения на территориях с наиболее высокой лесистостью, которыми в Ровенской области обладают северные районы (рис. 33.14).

Коэффициент линейной парной корреляции между средними значениями распространенности болезней системы кровообращения на 1000 населения за 1986–2009 гг. и лесистостью территории $r = -0,88$;

коэффициент детерминации $d_{yx} = 0,78$;

стандартная погрешность составляет 0,13.

Критерий значимости составляет 6,7 (при теоретическом параметре Стьюдента 99 % вероятности 3,11).

Связь значима с 99%-ной вероятностью.

Приближение к линейной зависимости нехарактерна для связей в природных системах в пространственном отношении, но мы учитываем также показатели динамики за период 1986–2009 гг., что и дает приближение корреляции к линейной и повышает достоверность расчетов.

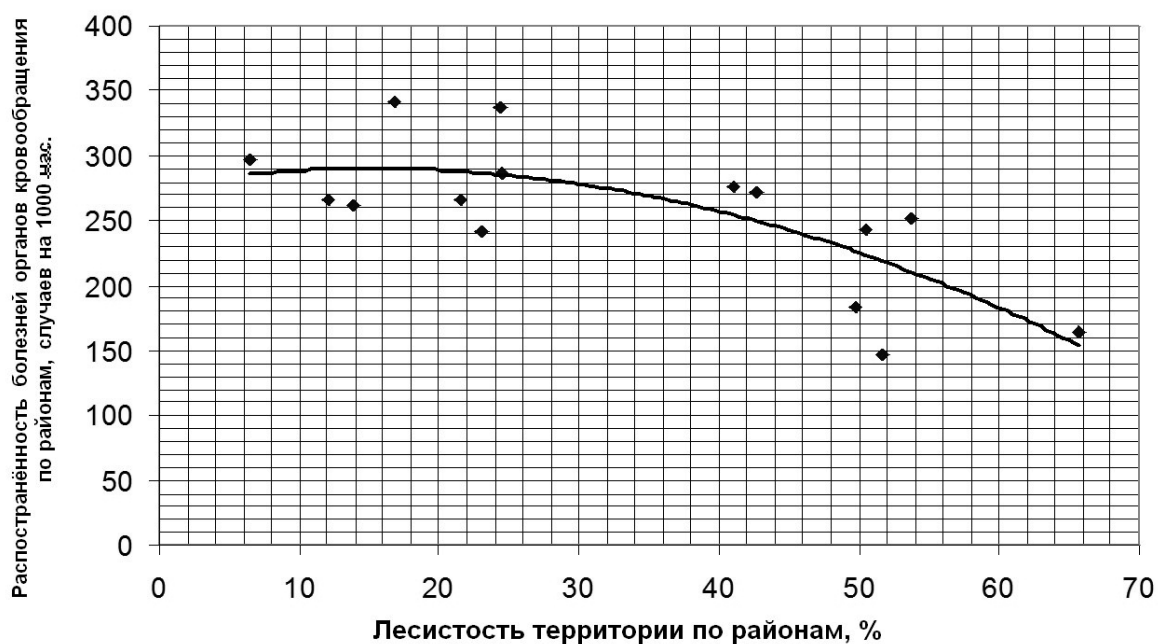


Рис. 33.14. Корреляция распространенности болезней органов кровообращения среди населения и уровни лесистости территории районов

Для проверки был проведен расчет приближения к линейной корреляции.

Индекс детерминации составил $\square^2_{xy} = 0,815$;

корреляционное отношение $\square = 0,9$, что показывает несколько лучший результат нелинейной корреляции (как и должно быть в природе), но все же критерий Фишера линейности корреляции F_ϕ составлял 0,72 (при $F_T = 3,49$).

В данном случае зависимость приближена к линейной ($F_\phi < F_T$).

Относительно общедемографических показателей суммация компенсационных свойств природных факторов в северных районах области дает общий позитивный эффект в плане уровня смертности населения.

Нами проведен анализ средней смертности населения за период 1986–2009 гг. в разрезе районов Ровенской области [28]. Результат был несколько неожиданным. Так, несмотря на высокую степень радиоактивного заражения грунтов северных районов, уровни смертности населения на этих территориях были ниже среднеобластных (рис. 33.15).

Такие данные коррелируют с высокой лесистостью этой территории и другими природными факторами (большой площадью водного зеркала, количеством рек на единицу площади территории и т. д.). Коэффициент корреляции средней смертности населения за период 1986–2009 гг. и лесистости районов составляет $r = -0,95$, коэффициент детерминации $d = 0,9$ [28].

Как видно из результатов корреляционного анализа, природные показатели играют положительную роль в уменьшении медико-экологического риска территории. Так, даже в северных районах, которые пострадали от Чернобыльской аварии, уровень онкозаболеваемости и уровень распространенности болезней системы кровообращения не превышают среднеобластных показателей, что свидетельствует о высокой компенсирующей роли таких природных рекреационных факторов, как лесистость территории [30].

С учетом указанного анализа возникает потребность в пересмотре направлений развития рекреационной деятельности в регионе. Нужно уделить внимание преимуществам территории, которая имеет высокий рекреационный потенциал, в том числе специфического санаторного лечения. Так, территории, которые не имеют высокого уровня лесопокрытых площадей, могут обладать другими видами рекреационных ресурсов, которые в состоянии снижать медико-экологический риск территории.

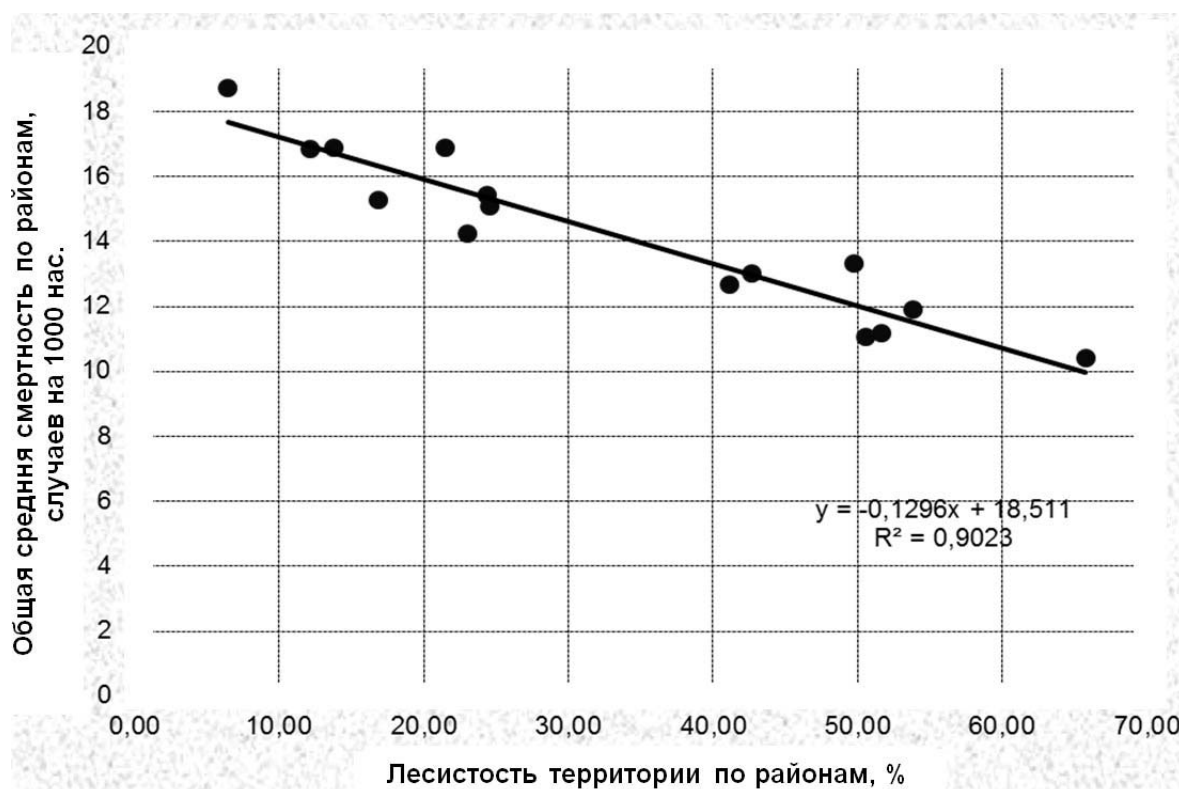


Рис. 33.15. Корреляция средней смертности населения за 1986–2009 гг. по районам и лесистости территории районов

Таковыми положительными характеристиками рекреационной среды могут быть: наличие лечебных природных ресурсов – минеральных вод, пелоидов, ионизированного воздуха и др.; комфортный климат; продолжительный купальный сезон; живописные естественные ландшафты; своеобразный и пригодный для туризма и альпинизма рельеф; наличие уникальных естественных и историко-культурных объектов; развитая индустрия развлечений; развитая сфера услуг; живописные антропогенные ландшафты; благоприятная экологическая ситуация. Среди них нужно выделить природные ресурсы, которые можно применить в уменьшении медико-экологического риска территории [31].

По классификации И. Н. Яковенко (2004 г.) ресурсы рекреации разделены по нескольким главным признакам, в том числе по технологии рекреационного использования: рекреационно-лечебные, рекреационно-оздоровительные, рекреационно-спортивные, рекреационно-познавательные. По использованию компонентов среды: климатические; водные (поверхностные воды); бальнеологические (подземные воды); грязевые и озокеритные; геоморфологические; пляжные; флористические и фаунистические; пейзажно-ландшафтные; познавательно-природные (информационные); природно-антропогенные; историко-культурные. Для наших целей наиболее важны рекреационно-лечебные и рекреационно-оздоровительные природные ресурсы. На территории региона такими свойствами вла-

деют, в первую очередь, водные, бальнеологические, пелоидные и флористические рекреационные ресурсы [31].

Территории Волынского Полесья наиболее присущи флористические (высокая лесистость), водные (густая сеть малых рек, озер, водно-болотные угодья), бальнеологические (минеральные воды) и пелоидные ресурсы. Недостатком является недостаточный уровень рекреационной освоенности территории – это уровень ее естественной и социокультурной подготовленности, инфраструктурной обустроенности, экологической защищенности как рекреационной среды [31].

Особое значение для повышения оздоровительной функции естественных рекреационных ресурсов имеет применение методов превентивной реабилитации и восстановительной медицины в санаторно-курортных учреждениях наравне с существующими методами классической медицины. Под восстановительной медициной понимается система научных знаний и практической деятельности, направленных на восстановление функциональных резервов человека, повышение уровня его здоровья и качества жизни, сниженных в результате неблагоприятного влияния факторов среды или в результате болезни (на этапе реконвалесценции), путем применения немедикаментозных методов, преимущественно природных рекреационных ресурсов. Тогда как превентивная реабилитация представляет собой восстановление резервов организма практически здорового человека, хотя и путем применения немедикаментозных методов, преимущественно природных рекреационных ресурсов [31].

В последнее время приобретают распространение такие методы восстановительной медицины, как кинезитерапия, иппотерапия (райт-терапия), терренкур, ревитализация. Ревитализация – новая концепция восстановительного лечения, которое включает разные немедикаментозные технологии профилактики и лечения, такие как гомеопатия, рефлексотерапия, биорезонансная терапия, фитотерапия и др. Эффективность такого лечебного комплекса, который предупреждает развитие осложнений при хронических заболеваниях и задерживает старение, доказана клиническими и лабораторными исследованиями.

На территории Волынского Полесья есть возможность применения большинства данных методик. Уже в наше время действуют ячейки агро- и экотуризма (так называемого сельского и зеленого туризма), где часто предлагаются услуги по катанию верхом на конях, хотя для лечения больных с ДЦП этот метод иппотерапии должен проводиться под надзором врача в санаторно-курортном учреждении [31].

Нужно указать, что использование превентивной реабилитации и восстановительной медицины при реформировании рекреационной сферы должно дать новый толчок использованию специфических рекреационных ресурсов, сократить период реконвалесценции рекреантов, улучшить физическое состояние и биоэнергетику здорового населения, которое в результате повлияет на уменьшение медико-экологического риска территории, улучшит экономические показатели районов.

33.7. Схема стратегии развития и маркетинга туризма в регионе

Формирование рыночной экономики в Украине усилило интерес к формам и методам туристического обслуживания населения. Развитие отрасли ускоренными темпами и рост негативных последствий конкуренции и коммерциализации туристической деятельности привел к пониманию необходимости государственного и регионального регулирования туристического бизнеса. В течение нескольких десятилетий значительная часть населения Украины потребляла туристические услуги, потребность в них была массовой, вошла в норму жизни, стала частью национальной культуры.

Нередко туризм проявлял себя как рычаг, использование которого позволяло оздоровить всю национальную экономику в разных странах мира. Во многих государствах туризм играет значительную роль в формировании валового внутреннего продукта, создании дополнительных рабочих мест и обеспечении занятости населения, активизации внешнеторгового баланса. Туризм имеет большое влияние на такие ключевые отрасли экономики, как транспорт и связь, строительство, сельское хозяйство, производство товаров народного потребления и другое, то есть выступает в качестве своеобразного катализатора социально – экономического развития. Туризм стал одним из самых прибыльных видов бизнеса в мире. По данным Всемирной туристической организации, он использует приблизительно 7 % мирового капитала, с ним связано каждое 16-е рабочее место, на его долю приходится 11 % мировых потребительских расходов, и он дает 5 % всех налоговых поступлений. Эти цифры характеризуют прямой экономический эффект функционирования индустрии туризма. Глобальное развитие туризма называют одним из главных феноменов XX века.

Специфика использования, условия и состояние освоения туристически-рекреационного потенциала, принципы функционирования предприятий туристического комплекса, организация их деятельности в рыночных условиях, классификация форм и видов туристически-рекреационной дея-

тельности, мировой опыт ее организации освещены в научных трудах таких отечественных и зарубежных ученых – К. Борисового, Дж. Боузона, А. Гаэлы, Б. Данилишина, Н. Нижнего, А. Бейдика, В. Евдокименко, Ф. Котлера, В. Кравцова, О. Кузьмина, Дж. Майкенза, В. Мацоли, В. Микловди, Н. Недашковской, М. Нудельмана, В. Павлова, Г. Папиряна, М. Питюлича, В. Сенина, С. Харичкова, О. Шабля и др.

Методология разработки и реализации государственной и региональной политики развития рекреации и туризма нашла отражение в исследованиях М. Нижнего, В. Евдокименко, В. Кравцова, М. Габреля, Л. Гринива, П. Жука, С. Трохимчука, В. Мацоли и других.

Анализ существующих определений понятия «туризм» приводит к выводу о том, что подавляющее большинство авторов определяют туризм только с точки зрения потребителя, то есть как путешествие с определенной целью. На наш взгляд, необходимо рассматривать туризм и с точки зрения производителя как сферы производства и реализации туристических услуг и товаров разными организациями, которые владеют туристическими ресурсами. Мы предлагаем следующее определение понятия «туризм»: это специфическая отрасль экономики, деятельность туристических предприятий, которая включает в себя предоставление комплекса туристических услуг и продажи туристических товаров с целью удовлетворения потребностей человека, которые возникают в период его путешествия (поездки).

Специфика сферы туризма как отрасли национальной экономики заключается в том, что ее продуктом является право на потребление определенного рода услуг, тогда как сами услуги создаются в других отраслях экономики.

На микроуровне качественная специфика туризма, который определяет особенности предпринимательской деятельности в этой сфере, проявляется в уникальном характере взаимодействия субъекта и объекта туристической деятельности на основе реализации туристических технологий, причем объектом туризма является не товар (как в традиционных отраслях), а потребитель товара.

Туризм, будучи социально-экономической подсистемой, взаимосвязан с такими институтами как «экономика», «общество», «экологическая среда». Жизнедеятельность системы «туризм» невозможна без взаимодействия с другими отраслями народного хозяйства, поэтому обоснование необходимости государственного регулирования развития туризма базируется на изучении современного состояния туристического рынка, анализе роли туризма в экономике страны, особенностях туристического потребления и специфике туристического продукта, его влиянии на другие отрасли народного хозяйства, в частности, на экологическое состояние и социально-культурное развитие страны.

Целью работы является разработка схемы стратегии развития и маркетинга туризма в регионе в первом приближении.

Традиционно в туризме выделяют три экономических функции: производственная, обеспечение занятости и создание прибыли. Стратегическое управление – это реализация концепции, в которой сочетают целевой и интегральный подходы к деятельности организации, что дает возможность устанавливать цели развития, сравнивать их с имеющимися возможностями (потенциалом) организации и приводить их в соответствие путем разработки и реализации системы стратегий («стратегического набора»). Концепция стратегического управления лежит в основе стратегического мышления и находит выражение в характерных чертах ее приложения.

Стратегическое управление развитием туризма в регионе предусматривает рассмотрение двух основных взаимоувязанных блоков управления – планирования и регулирования (рис. 33.16). Планирование предусматривает анализ, концептуализацию и программирование туризма. Далее, исходя из планирования, происходит регулирование внедрения управления туризмом, а именно: адаптация, корректировка, мониторинг и реализация.

Если мы хотим, чтобы национальный туризм развивался стойко, нам необходимо разработать и внедрить соответствующую стратегию. Принципиальное звено этой стратегии – схема комплексной территориальной организации отдыха и туризма в регионе.

Стратегия развития туризма предусматривает следующие перманентные операции:

- оценку существующего туристического рынка, определение наиболее перспективных его сегментов и прогноз туристско-рекреационных потоков;
- разработку предложений из организационной и функциональной структуры главных (первоочередных) туристических зон и объектов, их реконструкцию, улучшение социальной инфраструктуры и доступа к ним;
- определение источников инвестирования и круга лиц (организаций), заинтересованных и содействующих развитию туристической деятельности в регионе и стране.

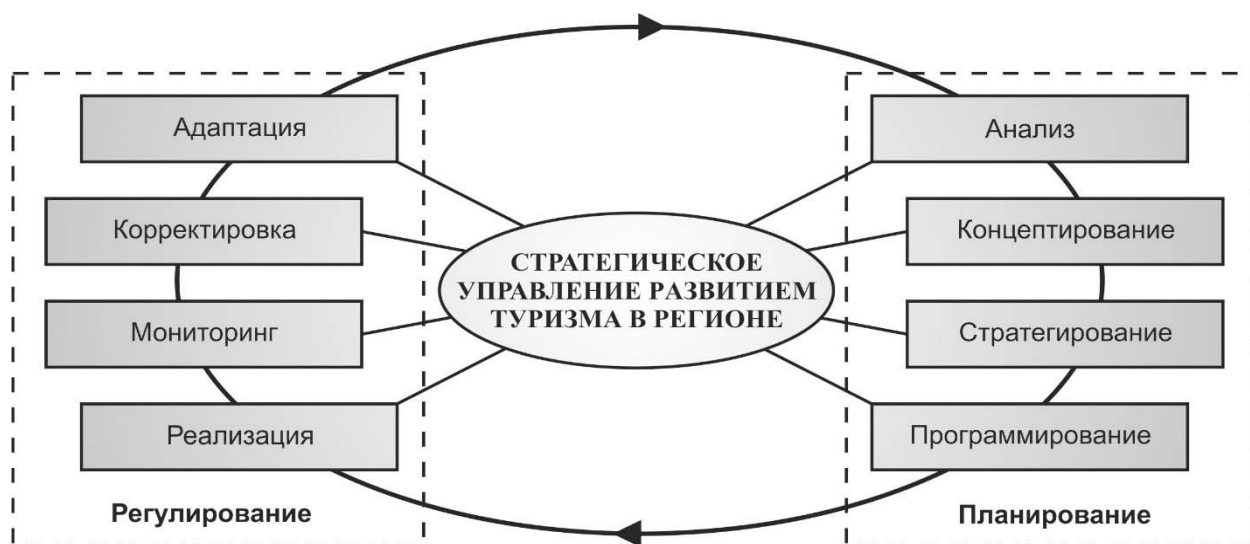


Рис. 33.16. Стратегическое управление развитием туризма в регионе

Можно выделить начальные проблемы, без решения которых стратегия обречена на неудачу. Они обусловлены отсутствием у нас многих базисных компонентов эффективной системы туризма, а именно:

- индустрии туризма как самостоятельной отрасли народного хозяйства;
- единой методики анализа рынка и полноценной статистической отчетности о потоках туристов в стране и регионах, что усложняет их оценку и прогнозирование;
- соответствующих международным стандартам комфорта жилищ для иностранных туристов при несоответственно высоким ценам на него;
- государственных и частных инвестиций в сфере туризма и, как следствие, дальнейшей заинтересованности отечественных и зарубежных инвесторов;
- единой системы научного и рекламно-информационного обеспечения туристического продукта на внутреннем и внешнем рынках.

И это все при росте конкуренции на туристических рынках смежных стран СНГ, Балтии и Европы.

Стратегию развития и маркетинга туризма в регионе мы предлагаем рассматривать в пяти основных блоках: аудите туристического потенциала, антропогенном влиянии на естественную среду, идентификации основных туристических продуктов, туристической политики и, непосредственно, концепции развития и маркетинга туризма, которые рассматриваются в разрезе региона (рис. 33.17).

Каждый из указанных блоков предусматривает исследование определенных вопросов.

Аудит туристического потенциала региона: географическое расположение, рельеф, гидросфера и водные ресурсы, климат и климатические ресурсы, грунтовый покров и земельные ресурсы, растительный покров и растительные ресурсы, лесные ресурсы, животный мир и его ресурсы, естественно-заповедные территории и объекты, экологическая сеть.

Антропогенное влияние на естественную среду региона: сеть расселения, демографическая характеристика, рынок труда, инженерно-транспортная и социальная инфраструктура (транспорт, связь и телекоммуникационные системы), коммунальное хозяйство (водоснабжение, водоотвод, тепловые сети, газоснабжения, электроснабжения, благоустройство территорий), развитие социальной и рыночной инфраструктуры (заведения торговли, заведения ресторанного хозяйства, финансово-кредитная инфраструктура), здравоохранение, культура и искусство (этнокультура региона, инфраструктура культурных заведений, достопримечательности культуры и архитектуры).

Идентификация основных туристических продуктов региона: 1-я группа приоритетных видов туризма (горный (горнолыжный) туризм, пеший туризм, лечебно-оздоровительный туризм, сельский зеленый туризм, культурно-познавательный и экскурсионный туризм, экологический туризм); 2-я группа (деловой туризм, детский туризм, молодежный туризм, спортивный туризм, водный туризм); 3-я группа (религиозный туризм, приключенческий туризм, туризм лиц с особыми потребностями).

Туристическая политика региона: анализ нормативно-правовой базы в Украине и регионе; государственное и муниципальное управление в отрасли туризма; анализ регуляторной деятельности в отрасли туризма регионального областного совета и администрации; основные участники туристического рынка региона, привлеченные к развитию туризма: управление культуры и туризма облгосад-

министрации, общественные организации, бизнес-ассоциации; финансирование развития туризма в регионе из областного бюджета и бюджетов районов, городов областного подчинения; участие в европейских проектах; подготовка кадров для туристической отрасли.

Концепция развития и маркетинга туризма в регионе: виденье, миссия, цель и стратегические цели; SWOT -анализ развития региона как туристического; стратегическое виденье региона как туристического; стратегическая миссия, стратегические цели; создание интересного и уникального туристического предложения на основе туристического потенциала региона; обеспечение отрасли высококвалифицированными кадрами для обслуживания туристов; управление развитием туризма в регионе; обеспечение сбалансированного развития региона и управления туристической средой; формирование институционального окружения и межсекторного партнерства; стратегия маркетинга и продвижения региона на внутреннем и международном туристических рынках; финансовое обеспечение Стратегии развития и маркетинга туризма в регионе; мониторинг и контроль за выполнением Стратегии развития и маркетинга туризма в регионе.

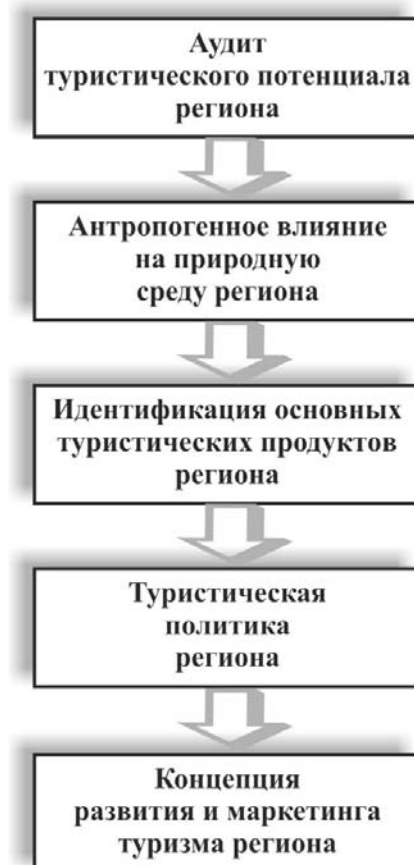


Рис. 33.17. Схема стратегии развития и маркетинга туризма в регионе

Выводы. Масштабность и важность туризма свидетельствуют о его принадлежности к стратегическим отраслям экономики страны, которая требует непосредственного государственного регулирования, с целью обеспечения пропорциональности развития территориальных и отраслевых хозяйственных комплексов, обоснования политики занятости, обеспечения роста бюджетных доходов и управления состоянием платежного баланса.

Многочисленные связи туризма с другими отраслями экономики порождают внешние экономические, экологические и социально-культурные эффекты, распространение которых часто находится вне сферы контроля субъектов туристической деятельности. Государственное регулирование развития туризма должно быть направлено на минимизацию негативных и увеличение позитивных последствий внешних действий.

В заключение перечислим мероприятия, точнее, важнейшие направления мероприятий, реализация которых необходима для успешного внедрения стратегических планов устойчивого развития туризма на региональном уровне:

– реконструкция гостиничного хозяйства и внедрение альтернативных форм размещения туристов (частных гостиниц-пансионов, восстановление нерентабельных рекреационных учреждений, аренда жилья и т. п.);

- расширение (модернизация) сферы туристических услуг;
- стандартизация и сертификация туристического продукта и туристических услуг;
- реорганизация системы учета и контроля рынка, определение наиболее перспективной и прибыльной категории туристов и приоритетных для развития видов туризма;
- организация рекламной кампании для популяризации туризма и его объектов в регионе и за его пределами (отечественный и международный рынок), возможность проведения региональных и участие в национальных туристических ярмарках и выставках;
- создание сельскохозяйственных и фермерских хозяйств (особенно конеферм, звероферм и экспериментальных хозяйств), на базе которых возможно развитие сельского туризма;
- обеспечение подготовки кадров для туристической отрасли в регионе;
- разработка проектной и научно-исследовательской документации для развития, реставрации, реконструкции, модернизации объектов и территорий туризма, реабилитация ранее популярных, но утерянных и запущенных туристических маршрутов и разработка новых.

Литература

1. Закон України «Про туризм» від 18.11.2003 № 1282-IV.
2. Закон України «Про природно-заповідний фонд України» [Електронний ресурс] // Верховна Рада України 1994-2015. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2456-12>
3. Ананьев М. А. Экономика и география международного туризма. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975. – 299 с.
4. Андрієнко Т. Л., Грищенко Ю.М., Прядко О.І. Біорізноманіття проектного Надслучанського регіонального ландшафтного парку // Актуальні проблеми створення Надслучанського регіонального ландшафтного парку та шляхи їх вирішення. – Рівне: РДТУ, 1999. – С. 44–57.
5. Андрієнко Т. Л., Онищенко В. А., Клестов М. Л. Екологічна мережа Українського Полісся та її біорізноманіття // Створення транскордонного біосферного резервату та регіональної екологічної мережі в Поліссі: зб. наук. ст. – Київ, 2008. – С. 122–153.
6. Бейдик О. О. Рекреаційно-туристські ресурси України: методологія та методика аналізу, термінологія, районування : монографія. – Київ: ВПЦ «Київський університет», 2001. – 395 с.
7. Биржаков М. Б., Нестеренко С. А. Система американського вищого і послєдипломного образования // Туристические фирмы. – 1996. – Вып. 10. – С. 170–171. – Т. 6, 8.
8. Глядіна М. В. Зарубіжний та вітчизняний досвід розвитку екологічного туризму // II міжнародний конгрес «Інформатизація рекреаційної і туристичної діяльності: перспективи культурного та економічного розвитку (Трускавець, 23–28.05.2000). – Трускавець, 2000. – С. 190–193. Т. 16, 17
9. Горішевський П., Васильєв Ю., Зінько Ю. Сільський зелений туризм: організація надання послуг гостинності. – Івано-Франківськ: Місто НВ, 2003. –Т. 1–4, 9–13.
10. Грищенко Ю., Якимчук А. Ю. Екологічний туризм в природно-заповідних об'єктах // Вісник НУВГП. Зб. наукових праць. – Вип. 4 (32). – 2005. – С. 3–8, 4.
11. Регіональні ландшафтні парки Рівненської області / Ю. М. Грищенко [та ін.]// Екологічний вісник. – 2003. – Вересень-жовтень. – С. 26–30.
12. Державна програма розвитку туризму на 2002–2010 роки, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 29 квітня 2002р. № 583.
13. Дурович А. П. Маркетинг в туризме : учеб. пособие. – Минск: Новое знание, 2003. – 496 с.
14. Дядечко Л. П. Економіка туристичного бізнесу: навч. посібник. – Київ: Центр учбової літератури, 2007. – 224 с.
15. Жученко В. Г. Особливості рекреаційних ресурсів України та можливості використання їх у туристично-рекреаційній діяльності // Екологія і ресурси: Зб. наук. праць. – Вип. 6 / Укр. Ін-т дослідж. навколиш. середовища і ресурсів. – Київ: УІНСіР РНБОУ, 2003. – С. 167–173.
16. Зячовська Г. Індекс конкурентоспроможності України у сфері подорожей і туризму // Економічний аналіз : зб. наук. праць. – Тернопіль: ТНЕУ, 2010. – Вип. 7. – С. 407–410.
17. Ковальчук В. В. Екологічні проблеми використання рекреаційних ресурсів Волині // Українське Полісся (вчора, сьогодні, завтра) : зб. наук. праць. – Луцьк: Світанок, 1998. – С. 182–183.
18. Коротун І. М., Коротун Л. К. Географія Рівненської області. – Рівне: РІПКПК, 1996. – 274 с.
19. Коротун І. М., Коротун Л. К., Коротун С. І. Природні ресурси України : навч. посібник. – Рівне: ПринтХауз, 2000. – 184 с.
20. Коротун С. И., Коротун О. П. Основные показатели конкурентоспособности туризма // Страноведение и регионоведение в решении проблем устойчивого развития в современном мире : материалы междунар. науч. конф. – СПб.: ВВМ, 2010. – С. 377–381.
21. Коротун С. І., Коротун О. П. Географічні чинники впливу на розвиток рекреаційно-туристичного комплексу Рівненської області // Теоретические и прикладные проблемы современной географии : материалы междунар. науч. конф., памяти акад. Г. И. Швєбса. – Одесса: Изд-во ВВМ, 2009. – С. 75–77
22. Коротун С. І. Географія рекреаційних ресурсів України // Вісник НУВГП: зб. наук. праць. Економіка, 2008. – Вип. 4 (44). – Ч. 3. – С. 110–114.

23. Коротун С. І., Коротун О. П. Розвиток сільського туризму як перспективного виду підприємництва в рекреаційній сфері Рівненської області // Дністровський каньйон – унікальна територія туризму : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2009. – С. 178–180.
24. Коротун С. І., Коротун О. П. Стратегія розвитку туризму в регіоне // Проблемы устойчивого развития регионов Республики Беларусь и сопредельных стран : сб. науч. ст. Второй Междунар. науч.-практ. конф. (Могилев, 27–29 марта 2012 г.) : в 2 ч. / под ред. И. Н. Шаруха, И. И. Пирожника, И. И. Бариновой. – Могилев: МГУ им. А.А. Кулешова, 2012. – Ч. 2. – С. 44–46.
25. Коротун С. І., Коротун О. П. Схема стратегії розвитку та маркетингу туризму в регіоні // Географія та туризм : наук. зб. / ред. кол.: Я. Б. Олійник (відп. ред.) [та ін.]. – Київ: Альтерпрес, 2010. – Вип. 10. – С. 112–117.
26. Кравченко Н. О. Рекреаційне господарство Полісся: сучасний етап та перспективи розвитку. – Ніжин: МІЛАНІК, 2007. – С. 172.
27. Кушнірук Ю. С. Актуальні аспекти використання рекреаційних ресурсів на Рівненщині // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки. Сільськогосподарські науки. – 2009. – № 4 (48). – С. 60–66.
28. Кушнірук Ю. С. Особенности использования рекреационных ресурсов Северо-Западного социально-экономического района Украины // Materiály XI mezinárodní vědecko-praktická konference «Moderní vymoženosti vědy – 2015». – 27 ledna – 05 února 2015 roku. Díl 13. Zemědělství. Zeměpis a geologie. Ekologie: Praha. Publishing House «Education and Science» – 2015. s.r.o S. 30–32.
29. Кушнірук Ю. С. Аспекти медико-екологічного ризику на радіаційно забруднених територіях Західного Полісся // Екологія і раціональне природокористування : зб. наук. праць. – Суми: Сумський державний педагогічний університет ім. А.С.Макаренка, 2008. – С. 30–34.
30. Кушнірук Ю. С. Рекреаційні ресурси як чинники зменшення медико-екологічного ризику території // Проблеми екології та екологічної освіти : матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф. – Кривий Ріг: Видавничий дім, 2009. – С. 89–93.
31. Кушнірук Ю. С. Позитивні природні чинники при визначенні медико-екологічного ризику // Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету ім. М. Коцюбинського. Сер. Географія. – 2006. – № 12. – С. 81–87.
32. Любіцева О. О. Ринок туристичних послуг як об'єкт географії туризму // Укр. геогр. журн. – 2003. – № 2. – С. 43–52.
33. Павлов В. І., Черчик Л. М. Рекреаційний комплекс Волині: теорія, практика, перспективи / відп. ред. М. І. Долішній ; НАН України, Ін-т регіональних досліджень. – Луцьк: Луцький держ. технічний ун-т, 1998. – 122 с.
34. Панкова Є. В. Туристичне краєзнавство : навч. посібник. – Київ: Альтпрес, 2003. – 352 с.
35. Природно-заповідний фонд Рівненської області / під ред. Ю. М. Грищенко. – Рівне: Волин. обереги, 2008. – 216 с.
36. Макасовський В. П. Развитие и география международного туризма // География в школе. – 2000. – № 8.
37. Рутинський М. Й., Зінко Ю. В. Сільський туризм : навч. посібник. – Київ: Знання, 2006. – 271 с.
38. Черемисин П. А. Виды современного туризма // География в школе. – 2003. – № 6. – С. 29–36.
39. Черкесова И. Роль маркетинга в формировании туристской индустрии // Маркетинг. – 2007. – № 1. – С. 55–63.
40. Шершньова З. Є. Стратегічне управління : підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Київ: КНЕУ, 2004. – 699 с.
41. Заповідні об'єкти Рівненщини [Електронний ресурс] // Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Рівненській області. – Режим доступу: <http://www.eco.rivne.gov.ua/reserve/>
42. Туризм Рівненщини [Електронний ресурс] // Видавничий дім «ОГО». – Режим доступу: <http://www.ogo.ua/rivnenschina/tourizm>.
43. Національний природний парк «Дермансько-Острозький» [Електронний ресурс] // Україна Інкогніта. – Режим доступу: <http://ukrainaincognita.com/rivnenska-oblast/ostrozkyi-raion/ostrog/natsionalnyi-pryrodnyi-park-dermansko-ostrozkyi>
44. Рівненщина туристична [Електронний ресурс] // Відділ культури і туризму Рівненської РДО. – Режим доступу: http://cultura.rv.ua/?Page_id=578
45. Положення про рекреаційну діяльність у межах територій та об'єктів природно-заповідного фонду України [Електронний ресурс] // Верховна Рада України 1994-2015. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0679-09>.
46. The Global Competitiveness Report 2011–2012. – World Economic Forum. – Geneva, Switheland 2011. – 544 p.
47. The Travel & Tourism Competitiveness Report 2011. – World Economic Forum. – Geneva, Switheland 2011. – 531 p.
48. The Ukraine Competitiveness Report 2008. – World Economic Forum. – Geneva, Switheland 2008. – 270 p.

Глава 34. СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ПОЛЕССКОГО РЕГИОНА

34.1. Управление кадровым потенциалом водохозяйственных организаций региона Полесья: оценка и перспективы

Успешная деятельность любой организации определяется ее кадровым потенциалом. Под «кадровым потенциалом» понимают совокупность способностей и возможностей кадров обеспечить эффективное функционирование организации. В перечень способностей и возможностей обычно включают: профессиональные знания работников, умения и навыки, компетентность, профессиональную мобильность, инновационность, профориентированность и др. [9].

Характеристики кадрового потенциала можно классифицировать как количественные и качественные.

К количественным характеристикам относят физический потенциал, включая общее количество работающих и распределение их по возрасту, образованию, полу, иерархией, стажу работы и др.

Качественные характеристики включают:

– психофизиологический потенциал (способности и склонности человека, состояние его здоровья, работоспособность, выносливость и др.);

– квалификационный потенциал (объем, глубина и разносторонность общих и специальных знаний, трудовых навыков и умений, определяющих способность работника к труду определенного содержания и сложности);

– личный потенциал (уровень гражданского сознания и социальной зрелости, степень усвоения работником норм отношения к труду, ценностные ориентации, интересы, потребности и запросы в сфере труда, исходя из иерархии потребностей) [8].

Необходимость управления кадровым потенциалом определяется, в первую очередь, тем, что возможности и способности работников могут быть как задействованы, так и не задействованы в трудовой деятельности; являются гибкими образованиями, которые обладают способностью развиваться и меняться.

Под управлением кадровым потенциалом понимают приведение в соответствие способностей работников и целей, условий развития организации [9].

Система управления кадровым потенциалом должна быть ориентирована на выполнение следующих основных задач. Во-первых, обеспечение соответствия количественных и качественных характеристик кадров целям организации. Во-вторых, это объединение работников не только на организационном уровне, но и на уровне общих целей, ценностей и традиций, означает формирование лояльной, высокомотивированной команды профессионалов, объединенных общими целями и корпоративной культурой [5].

Разные авторы к процессу управления кадровым потенциалом относят разный набор функций. С. А. Шапиро управление кадровым потенциалом представляет как функции планирования и оценки потребности в персонале, поиска и отбора персонала, адаптации персонала [5]. Н. В. Кузьмина представляет управление кадровым потенциалом через системы управления компетенциями, профессионального обучения и управления деловой карьерой [10]. Ряд авторов считает, что управление кадровым потенциалом включает такие функции, как планирование, отбор, перемещение персонала, оценку, определение размера заработной платы, разработку системы стимулирования, профориентации, адаптации, обучения, продвижения, увольнения.

Единодушны авторы в том, что касается выделения основных направлений кадровой политики по управлению кадровым потенциалом:

– обеспечение организации человеческими ресурсами (планирование потребности, поиск, набор и отбор персонала);

– использование персонала (управление карьерой, кадровым резервом);

– управление знаниями и организация системы профессионального обучения работников организации.

Именно качественные и количественные характеристики кадрового потенциала определяют возможности реализации стратегии развития, структурной перестройки, совершенствование качества работ и услуг, рост производительности труда. В связи с этим проведение оценки состава и структуры кадрового потенциала позволяет выяснить его характеристики и служит базой для управления им.

В регион Полесья Государственного агентства водных ресурсов входят областные управления водных ресурсов Волынской, Житомирской, Ровенской, Сумской областей, а также Деснянское и Западно-Бугское бассейновые управления водных ресурсов.

В регионе Полесья занято 4120, человек или 16 % от общего учетного количества штатных работников Государственного агентства водных ресурсов, что составляет 25 502 человека. По иерархическому распределению в регионе работает 8 % руководителей, 18 % специалистов и 17 % рабочих водохозяйственной отрасли (табл. 34.1) [11].

Таблица 34.1

Оценка структуры и передвижения кадрового потенциала Государственного агентства водных ресурсов Украины и региона Полесья

Должность	Количество штатных работников, лиц	Возраст		Образование				Повышение квалификации руководителей и специалистов				Учеба в технических школах				Передвижение работников	
		до 35 лет		высшее		базовое		ГКУЭВР Киев		на выезде		ИТР		рабочие			
		лиц	%	лиц	%	лиц	%	лиц	%	лиц	%	лиц	%	лиц	%		
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО ВОДНЫХ РЕСУРСОВ УКРАИНЫ																	
Всего	25502	5797	22,7	5429	70,5	2125	28									1714	6,7
руководители	2042	332	16,3	1622	79,4	403	20									95	4,7
специалисты	5657	2090	36,9	3807	67,3	1722	30									329	5,8
рабочие	17803	3375	19,0													1290	7,2
Областные управления водных ресурсов																	
Волынское ОУВР																	
Всего	907	242	26,7	191	74,6	66	26	6	2,3	96	37,5	13	5,1	643	98,8	43	4,7
руководители	79	20	25,3	66	83,5	13	16	-								5	6,3
специалисты	177	73	41,2	125	70,6	53	30	-								4	2,3
рабочие	651	149	22,9													34	5,2
Ровенское ОУВР																	
Всего	1170	301	25,7	225	78,9	51	18	25	8,8	99	34,7	0	0	536	60,6	123	10,51
руководители	22	5	22,7	22	100,0	0	0									3	13,64
специалисты	263	111	42,2	203	77,2	51	19									34	12,93
рабочие	885	185	20,9													86	9,72
Житомирское ОУВР																	
Всего	881	235	26,7	152	68,5	74	33	20	9,0	67	30,2	-	-	-	-	27	3,06
руководители	25	3	12,0	22	88,0	3	12									1	4,00
специалисты	197	58	29,4	130	66,0	71	36									4	2,03
рабочие	659	174	26,4													22	3,34
Сумское ОУВР																	
Всего	393	76	19,3	88	69,8	33	26	14	11,1	77	61,1	19	15,1	236	88,4	11	2,8
руководители	11	-	-	11	100	0										0	0,00
специалисты	115	34	29,6	77	67	33	29									3	2,61
рабочие	267	42	15,7													8	3,00
Басейновые управления водных ресурсов																	
Деснянское БУВР																	
Всего	754	146	19,4	194	77,3	57	23	30	12	92	36,7	0	0	188	37,4	69	9,15
руководители	20	3	15	19	95	1	5									2	10
специалисты	231	79	34,2	175	75,8	56	24									5	2,16
рабочие	503	64	12,7	-	-	-	-									62	12,33
Западно-Бугское БУВР																	
Всего	15	10	66,7	14	100	0	0	1	7,1	1	7,1	0	0	0	0	0	0
руководители	3	2	66,7	3	100	0	0									0	0
специалисты	11	8	72,7	11	100	0	0									0	0
рабочие	1	0	0	-	-	-	-									0	0
Регион Полесья																	
Всего	4120	1010	24,5	864	21	281	6,8	96	8,3	432	37,4	32	2,8	1603	54	273	6,62
руководители	160	35	22	143	89,3	17	10,6	-	-	-	-	-	-	-	-	11	6,9
специалисты	994	363	36,5	721	72,5	209	21	-	-	-	-	-	-	-	-	50	5,03
рабочие	2966	614	20,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	212	7,1

В рейтинге водохозяйственных организаций региона Полесья по количеству занятых наибольшей является Ровенское ОУВР (1170 человек), а наименьшее – Западно-Бугское БУВР (15 человек) (табл. 34.2).

Таблица 34.2

Рейтинг водохозяйственных организаций региона Полесья по количеству занятых

Ранг	Организация	Количество штатных работников, лиц
1	Ровенское ОУВР	1170
2	Волынское ОУВР	907
3	Житомирское ОУВР	881
4	Деснянское БУВР	754
5	Сумское ОУВР	393
6	Западно-Бугское БУВР	15

Иерархическая структура кадрового потенциала водохозяйственных организаций региона Полесья является дифференцированной. Так, в Западно-Бугском БУВР доля руководителей составляет 20 %, в Волынском ОУВР – 8,7 %, а во всех других организациях – в пределах 2–3 % от общего количества работающих. По структуре специалистов во всех организациях их удельный вес колеблется от 20–30 %, за исключением Западно-Бугского, где их доля достигает 73,3 %. Удельный вес рабочих в структуре кадрового потенциала составляет около $\frac{3}{4}$ всех работающих, при этом колеблется от 66,7 % в Деснянском БУВР до 75,6 % в Ровенском ОУВР. Исключением является Западно-Бугское БУВР, где доля рабочих составляет лишь 6,7 % (табл. 34.3).

Таблица 34.3

Иерархическая структура кадрового потенциала водохозяйственных организаций региона Полесья, %

Организация	Руководители		Специалисты		Работники		Всего	
	лиц	%	лиц	%	лиц	%	лиц	%
Ровенское ОУВР	79	8,7	177	19,5	651	71,8	907	100
Волынское ОУВР	22	1,9	263	22,5	885	75,6	1170	
Житомирское ОУВР	25	2,8	197	22,4	659	74,8	881	
Деснянское БУВР	11	2,8	115	29,3	267	67,9	393	
Сумское ОУВР	20	2,7	231	30,6	503	66,7	754	
Западно-Бугское БУВР	3	20,0	11	73,3	1	6,7	15	

По возрасту кадровый потенциал в целом региона Полесья незначительно моложе отраслевого. Так, если по Госагентству доля работников в возрасте до 35 лет составляет 22,7 %, то в регионе – 24,5 %. В иерархическом разрезе в регионе работает больше руководителей в возрасте до 35 лет, чем в отрасли. Так, доля молодых руководителей в регионе составляет 22 %, а в области – 16,3 %. О доле молодых работников в группах специалисты и рабочие можно сказать, что они почти одинаковые, как по агентству, так и региону. Однако в Сумском ОУВР среди 11 руководителей нет ни одного в возрасте до 35 лет, а в Житомирском только 3 из 25 человек, что составляет 12 %. Наибольшая доля работников в возрасте до 35 лет находится в группе специалистов. Так, почти половина всех специалистов Ровенского и Житомирского ОУВР в возрасте до 35 лет, а в Западно-Бугском БУВР эта доля составляет $\frac{3}{4}$ всех работающих (табл. 34.1).

Оценивая кадровый потенциал водохозяйственных организаций по уровню образования в Украине и регионе, можно утверждать, что он является максимально высоким. Все руководители и специалисты имеют высшее и базовое образование. Единственным перспективным направлением в управлении кадровым потенциалом отрасли является получение управленцами (руководителями и специалистами) полного высшего образования. Их доля составляет в настоящее время около трети занятых. Так, перспективным направлением деятельности университета является формирование сотрудничества с Агентством по решению этой задачи.

Конечно, современная система требует постоянного обновления знаний работающих в отрасли. Этому вопросу в Агентстве уделяется значительное внимание. Средняя периодичность повышения квалификации в Полесском регионе составляет раз в 3 года. Стоит отметить, что профессиональное обучение осуществляется как в пределах области, и им охватывается около одной десятой работников, так и за ее пределами. Хотя с точки зрения формирования профессиональной культуры считаем целесообразным расширять масштабы профессионального обучения управленцев в пределах Агентства. Положительной является организация обучения инженерно-технических работников и рабочих в технических школах. Так, половина, а в отдельных организациях, например Волынском ОУВР, поч-

ти все рабочие были охвачены обучением в технических школах. И только десятая часть ИТР была вовлечена в обучение в этих школах. Резервом служит расширение контингента как слушателей, так и направлений подготовки.

Кадровый потенциал не является постоянным, он меняется в результате объективных и субъективных причин. Не проводя разграничения в причинах увольнения, были проанализированы движения кадрового состава Государственного агентства водных ресурсов и региона Полесья. С этой целью рассчитывался коэффициент общего оборота. Так, сравнивая движение работников в регионе и отрасли (Агентстве) можно утверждать, что тенденции идентичны, за исключением категории руководителей. В регионе движение этой группы выше, нежели в целом по отрасли (рис. 34.1).

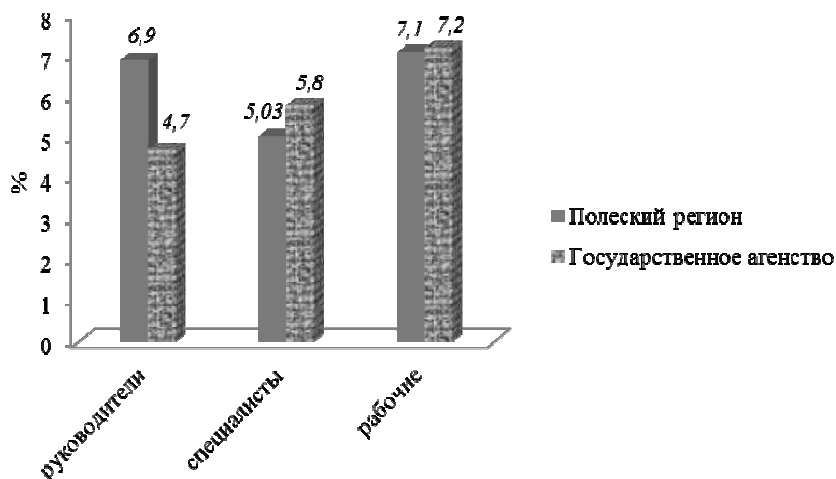


Рис. 34.1. Движение работников водохозяйственной отрасли и Полесского региона

Так, специальных исследований требует выявления причин этой ситуации.

Управление кадровым потенциалом требует формирования кадрового резерва для замещения вакантных должностей. Эта проблема довольно актуальна как для региона, так и для отрасли в целом. Так, рассчитав средний возраст руководителя водохозяйственных организаций Агентства и региона, мы обнаружили, что он составляет 55 лет. Исключением является только Волынское управление, где средний возраст руководителей составляет 51 год, и Ровенское – 54 соответственно (рис. 34.2).

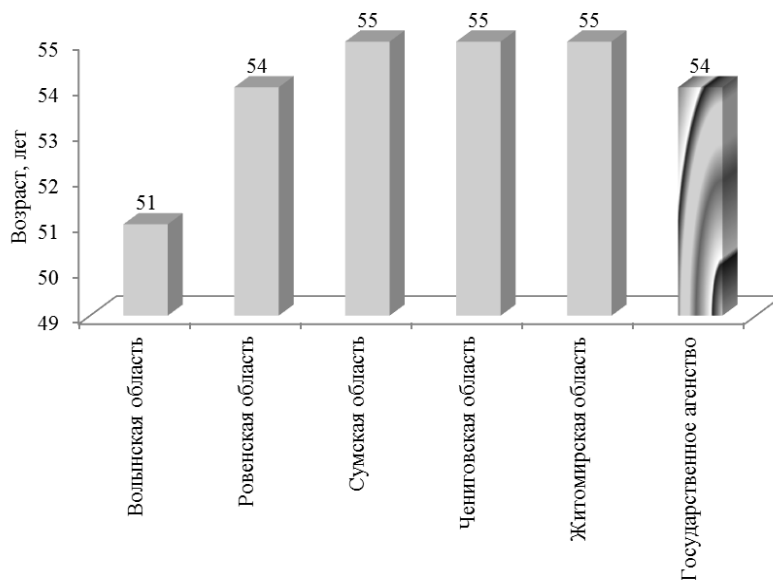


Рис. 34.2. Средний возраст руководителей водохозяйственной организации Полесского региона и Государственного агентства водных ресурсов Украины

Изучив должностные обязанности работников Государственного агентства и региональных водохозяйственных организаций, осуществляющих управление кадрами, мы не обнаружили среди задач работников формирования кадрового резерва и управления им. Кроме того, отсутствие такой работы может негативно отражаться на передаче профессионального опыта и знаний, а следовательно, на работе отрасли.

34.2. Рефлексивные методы управления конкурентоспособностью предприятий Полесского региона в контексте их активной адаптации

Конкурентоспособность любого предприятия, независимо от региона, в котором оно функционирует, можно определить и количественно оценить по двум подходам: во-первых, основанном на оценке ресурсов предприятия и, во-вторых, базирующемся на анализе результатов деятельности. Предприятия Полесского региона одной из первоочередных задач своего развития в современных переменчивых экономических условиях имеют поиск путей активной адаптации к современным требованиям ведения хозяйства.

Независимо от того, какие подходы к определению конкурентоспособности используются, для предприятий Полесского региона ключевым моментом остается наличие конкурентных преимуществ – уникальных трудно копируемых ресурсов, которые позволяют предприятию выглядеть перед потребителями не менее привлекательным, чем конкурент. Такими ресурсами могут быть материальные, человеческие и нематериальные. Среди нематериальных ресурсов, которые сравнительно легко можно приумножить и усилить, выделяют информационные ресурсы. Задания управления информационными ресурсами для обеспечения конкурентных преимуществ предприятий Полесского региона чаще всего связаны с проблемами получения информации, то есть уменьшением неопределенности среды для возможности принятия более аргументированных управленческих решений.

Однако слабо исследованным является аспект информационных ресурсов, связанный с возможностью предприятий предоставлять информацию агентам внешней среды (поставщикам, потребителям, конкурентам). Очевидно, заполнение информационной среды дополнительной информацией способно повлиять на решение внешних агентов, что может быть выгодно предприятиям.

Наличие конкурентных преимуществ позволяет предприятиям Полесского региона быть экономически сильнее, чем конкурент, и за счет этого выиграть у него борьбу за потребителя. В то же время понятие «конкуренция» непосредственно связано с понятием «борьба». История приводит немало примеров, когда при единоборстве неравных по силе армий более слабая армия одерживает победу над более сильной. Подобные ситуации часто связывают с опытом военачальников, правильно выбранной стратегией и тактикой ведения боя. Однако нужно признать, что успех более слабой стороны определяется ее умением переиграть соперника, определенными действиями заставить его занять невыгодную позицию, осуществлять нерациональные маневры. Таким образом, информационная составляющая любой борьбы имеет не меньшее, а иногда даже большее значение, чем собственно силы противников. И в такого рода информационной борьбе важно не только владеть достоверной информацией о противнике и внешней среде, но и уметь дезавуировать собственное состояние, навязать противнику ошибочное представление о себе или внешней среде. Причем здесь речь уже идет не о простом информационном влиянии, а о таком влиянии, которое учитывает психологию противника, методы принятия им решений, его цели и т. п. Имеются в виду влияния, которые учитывают рефлексивность принятия решения противником, или рефлексивные влияния.

Итак, занимаясь только оптимизацией внутренних процессов, достичь высоких показателей эффективности предприятий очень сложно, поскольку при осуществлении своей деятельности предприятия Полесского региона должны учитывать интересы самых разнообразных агентов внешней среды, с которыми они взаимодействуют и от принятия решений которыми зависят их собственные успехи или неудачи. Прямо управлять решениями внешних агентов предприятия не могут, поэтому в кибернетике такие неуправляемые факторы часто воспринимаются как случайные величины, возмущения внешней среды, нестабильность, к которым предприятия должны уметь адаптироваться.

Классическая экономическая теория предлагает инструменты теории ожидаемой полезности, из которых наиболее сильными можно назвать теорию игр, методы стохастической оптимизации, эконометрические методы. Пользуясь данными инструментами, предприятие может спрогнозировать наиболее достоверное поведение внешней среды, оценить математическое ожидание ключевых экономических показателей, достоверность и масштабы их возможных отклонений. В соответствии с этим предприятие стремится организовать свою деятельность так, чтобы, с одной стороны, функционировать оптимально в соответствии с ожидаемыми значениями экономических показателей, с другой стороны, минимизировать возможные потери, связанные с отклонением этих показателей от рассчитанного (запланированного) уровня.

Такая адаптация осуществляется за счет внутренних резервов предприятия и часто называется пассивной. Использование вероятностных методов для моделирования управленческих решений в этом случае не всегда дает удовлетворительный с точки зрения повышения конкурентоспособности предприятия результат. Это связано с дуалистической природой расходов на адаптацию. С одной стороны, для минимизации потерь, связанных с отклонением показателей от планового уровня, необ-

ходимо предусматривать в плане предприятия коридоры маневрирования в виде резервов, запасов и вообще чрезмерных возможностей любого рода. С другой стороны, в детерминированных условиях, очевидно, эта избыточность будет невостребованной, а значит, негативно отразится на эффективности функционирования предприятия. Следовательно, эффективность пассивной адаптации тем более высокая, чем более нестабильны условия функционирования предприятия. Однако чем выше нестабильность, тем больше расходов на формирование коридоров маневрирования в поддержку нужного уровня адаптивности.

Кардинальное решение данной проблемы видится не в угадывании уровня нестабильности среды и адаптации к его возможным изменениям, а во влиянии на данную достоверность, в развитии способности предприятия снизить неопределенность среды, энтропию его возможных состояний. Для примера, пусть деятельность предприятия зависит от решения некоторого рыночного субъекта, который склонен принять решение А с достоверностью 0,6 и Б с достоверностью 0,4. Классическая экономическая теория требует разработки такой стратегии предприятия, которая бы минимизировала его расходы с учетом этой достоверности наступления событий А и Б, по существу, предусмотрев план пассивной адаптации. Однако часто предприятие может повлиять на саму достоверность. Если существует такое информационное действие на субъекта рынка, которое может привести к тому, что достоверность изменится, скажем, до 0,8 (для А) и 0,2 (для Б), то, очевидно, план пассивной адаптации для такой ситуации будет намного более дешевым для предприятия, поскольку поведение субъекта рынка стало более предусмотренным. При этом расходы на информационное действие могут ничего или почти ничего не стоить.

Утверждение о том, что предприятие способно оказать влияние на решение внешних рыночных субъектов, базируется на современных положениях неинституциональной экономической теории и поведенческой экономики, которые доводят наличие иррациональности в поведении экономического субъекта, влияние на его решение целого ряда неэкономических факторов, в частности, разных норм поведения: социальных, институциональных, моральных и т. д.

Таким образом, несмотря на то, что предприятие не может прямо управлять внешними процессами, в определенных случаях оно может управлять ими побочно, учитывая ограниченную рациональность человека и используя для этого рефлексивные влияния, в частности на конкурентов и свое окружение, заставляя их добровольно выполнять действия, выгодные предприятию, что и дает ему конкурентные преимущества. Можно говорить, что использование методов рефлексивного управления является важнейшим инструментом активной адаптации предприятия, то есть такой адаптации, при которой перестраивается окружающая среда в соответствии с интересами предприятия.

Конкурентоспособность как комплексная характеристика предприятия зависит от трех факторов:

- 1) наличия в предприятия конкурентных преимуществ – уникальных труднокопируемых ресурсов (материальных, человеческих, нематериальных);
- 2) условий внешней среды, которые формируются благодаря решениям других, внешних субъектов, не управляемых классическими способами со стороны предприятия;
- 3) эффективного управления имеющимися ресурсами в условиях внешней среды, которая связана с эффективным целеопределением, стратегией и тактикой достижения целей.

Большинство исследователей конкурентоспособности как раз акцентируют внимание на 1-м и 3-м факторах, поскольку они в той или другой степени управляемы и находятся в методологическом поле неоклассической экономической теории. В работах по адаптивности экономических систем в круг исследований попадает и 2-й фактор конкурентоспособности. Но, как правило, он рассматривается с позиций пассивной адаптации, при которой предприятие должно приспособливаться к фактору 2, что изменяется, опять же за счет управления факторами 1 и 3 [13]. Значение фактора 2 считается стохастическим или неопределенным. Применяя методы рефлексивного управления, предприятие способно управлять и фактором 2, в частности, именно за счет этого достигать улучшения своих конкурентных позиций на рынке.

Итак, применение методов рефлексивного управления конкурентоспособностью предприятия связано с возможностью влияния на принятие решений субъектами внешней среды, с которыми предприятие вынуждено взаимодействовать. Оно способно сформировать для предприятия более благоприятные условия функционирования и таким образом повысить его конкурентоспособность.

Для обоснования целесообразности применения рефлексивных методов влияния следует выделить наиболее важные факторы, которые влияют на иррациональность процесса принятия решений.

1. Решения принимаются людьми. Это будет всегда означать, что на результаты решений влияют не только объективные (рациональные) факторы, но и субъективные, преимущественно связанные с психологией лица, которое принимает решение.

2. Решения принимаются в условиях ограниченности времени, информации, вычислительных и аналитических возможностей. Как правило, большинство решений принимаются сразу или без детального изучения вопроса, особенно если эти решения не принципиальны для экономической безопасности предприятия. У руководителя просто нет времени на детальное изучение вопроса, нет желания и/или возможности для поиска дополнительной информации. И наоборот, если такой информации много, нет желания и/или возможности ее обрабатывать и анализировать. Здесь в полной мере срабатывает утверждение Г. Саймона о том, что человек склонен минимизировать интеллектуальные усилия. Действительно, в таких условиях руководитель минимизирует моральные, психоэмоциональные, интеллектуальные расходы, а также транзакционные расходы, связанные с получением дополнительной информации. Часто лицо, которое принимает решение, считает лучшим полагаться на мнения авторитетов (профессионалов) в данной области, руководствоваться только той информацией, которая имеется в наличии, использовать прецеденты, основываясь на своем или чужом опыте. В таких условиях любая информационная провокация может повлиять на принятие выгодного для манипулятора решение.

3. Человек склонен мыслить шаблонно, автоматически. В процессе эволюции у него выработались определенные шаблоны поведения, которые в целом являются полезными и помогают быстро, автоматически принимать эффективные решения без потери времени на их осознание и анализ. Однако эти шаблоны могут быть использованы и манипуляторами, которые способны создать условия для запуска подобного рода шаблонов автоматического поведения. Назовем основные из огромного количества подобных шаблонов, которыми часто пользуются опытные маркетологи (а также разного рода жулики и шарлатаны):

1) принцип взаимного обмена: человек, который получил что-то от кого-то «безвозмездно», чувствует себя обязанным оказать в ответ услугу. Одной из разновидностей этого принципа выступает принцип взаимной уступки: если оппонент в чем-то уступил в пользу другого, то другой оппонент испытывает психологическую потребность тоже пойти на уступку, которая может быть предметом манипуляций, если требования первой стороны были сначала необоснованно завышены;

2) принцип контрастного восприятия: одно и то же число (количество, сумма) может казаться большим или малым в зависимости от того, какое число было заявлено к этому (соответственно намного меньше или намного больше данного). Этим принципом часто пользуются продавцы, делая сначала дорогое предложение, которое явно не удовлетворит покупателя, а потом предложение более-менее сбалансированное по цене, которое покупателю по сравнению с предыдущим уже кажется выгодным. Другой способ реализации этого принципа – сначала продать дорогой товар, а потом предложить в добавление к первому более дешевые комплименты. После существенных расходов, связанных с покупкой основного товара, приобретение намного более дешевых комплиментов уже не кажется таким расходным, как могло быть сначала;

3) принцип последовательности: заняв однажды некоторую позицию (взяв некоторое обязательство), человек склонен быть последовательным в своих действиях и соглашаться с требованиями, которые отвечают данной позиции. Кроме того, человеку трудно признавать себя неправым и идти назад. Поэтому, поощряя определенные, уже совершенные человеком поступки, можно спровоцировать его на более серьезные действия, которые являются логическим следствием выбранной ранее позиции. Особенно это актуально, когда исходная позиция была заявлена публично;

4) принцип социального доказательства: в условиях неполноты информации человек, принимая решение, склонен заимствовать решения других людей. Причем чем более массовым является заимствованное решение, тем больше уверенности в его правильности. Данный шаблон поведения особенно эффективен в случаях, когда человек не уверен в правильности решения, которое принимается. Этот принцип также носит название «стадного поведения», и его действие часто можно наблюдать во время паник на финансовых и валютных рынках;

5) принцип следования за авторитетом: человеку свойственно отключать аналитическое мышление, когда указания идут от более авторитетного лица. В некоторых ситуациях под воздействием авторитета он способен сознательно идти на преступление и даже наносить прямой вред себе [14]. Часто авторитетность определяется непрямыми символами (одежда, марка машины, должность, титулы), что может быть предметом манипуляций;

6) принцип дефицита: постоянный стереотип «дефицитное – значит ценное и полезное» может быть использован манипулятором путем ограничения во времени на принятие решения или путем создания искусственного ажиотажа. Не следует ошибаться, что данный стереотип работает только на постсоветском пространстве как следствие воспоминаний о дефиците продукции в 80-х годах. Данный принцип свойствен всем людям во всех странах и основывается на страхе бесповоротно упустить

некоторую возможность. Именно страх не иметь возможности в будущем получить то, что можно получить сейчас, приводит к совершению необдуманных действий, ненужных покупок или покупок в объеме, который намного превышает реальные потребности.

Приведенный перечень шаблонов поведения далеко не полон. Однако они срабатывают автоматически и, как правило, практически не поддаются управлению умом. Отказаться вообще от подобных принципов поведения, очевидно, нельзя, поскольку в большинстве случаев они действительно приносят пользу, позволяя быстро и «экономично» получить правильное решение, без расходов времени и усилий. Однако для того, чтобы уметь размежевать, является ли автоматическое поведение естественным или же инициировано искусственно, необходимо, чтобы лицо, которое принимает решение, осознало, кто, как, с помощью чего и с какой целью запустил информацию. Как правило, только четкое представление о том, что осуществляется манипуляция, способно предотвратить запуск механизма автоматического поведения. Иначе даже при осознании человеком нерациональности решения и его противоречия внутренним желаниям трудно оказывать сопротивление заложенным природой принципам автоматического мышления.

4. Склонность агентов внешней среды к оппортунистическому поведению, когда реальные намерения субъектов внешней среды не совпадают с декларируемыми. Предприятию (лицу, что его представляет) может предоставляться сознательно ошибочная информация, использование которой может ухудшить конкурентные и вообще финансово-экономические показатели. Это актуально в условиях правового нигилизма и недееспособности судебной системы современной Украины. А потому является актуальным использование рефлексии высоких порядков для предупреждения негативных последствий от подобного рода действий со стороны внешних субъектов. Следует отметить, что выше были упомянуты только законные инструменты рефлексивных влияний на принятие решений внешними субъектами. Такие действия, как шантаж, клевета, черный PR, угрозы, по существу, тоже являются рефлексивными влияниями. Их использование существенно ограничено действующим законодательством и может осуществляться только в очень мягких, завуалированных формах.

Рассмотренные аспекты иррациональности процесса принятия решений хорошо известны бизнес-тренерам, предпринимателям и практикующим маркетологам. В работах О. Левитаса, Д. Сороса, Ю. А. Дайновского, Р. Чалдини можно встретить огромное количество приемов информационного манипулирования мнением рыночных субъектов. Однако эти работы носят в основном не научный, а публицистический характер. Предлагаемые ими приемы не возведены в ранг методов и не имеют теоретического фундамента. Тем не менее эти приемы и инструменты выявлены с помощью практических наблюдений и имеют эмпирическую почву, реальную практическую эффективность.

Таким образом, зная о том, как думает субъект, какую информацию он имеет в своем распоряжении, как он принимает решение и другие моменты, путем рефлексивных влияний можно склонить субъекта, который взаимодействует с предприятиями Полесского региона, к действиям, которые этим предприятиям были бы выгодны.

Следовательно, ставя задание повысить конкурентоспособность предприятий данного региона, можно достичь его решения не только за счет оптимизации внутренних процессов, но и за счет уменьшения неопределенности внешней среды. Последнее предусматривает организацию рефлексивных влияний на субъекты внешней среды, что приводит к более прогнозируемому их поведению и ускоряет активную адаптацию к переменчивым условиям хозяйствования.

34.3. Программно-целевое управление охраной окружающей природной среды Полесского региона

При отсутствии законодательно определенной национальной политики устойчивого развития остается неурегулированной и региональная экологическая политика, что приводит к конфликтам между органами управления центрального и местного подчинения и к безответственности. Такая ситуация привела к тому, что Украина характеризуется экологической деградацией проблемных регионов. Но этот признак еще не является приоритетным при разработке региональной экологической политики. По нашему мнению, лишь эффективное природопользование и реализация мероприятий по оздоровлению проблемных регионов должны стать доминантами управления охраной окружающей среды на региональном уровне. Экологические проблемы возникают в конкретном месте и должны решаться прежде всего на местном уровне, поэтому очень многое зависит от возможностей местных властей, включая имеющиеся у них правовые, финансовые, технические ресурсы. Наделение степенью ответственности и надлежащим ей уровнем обеспечения ресурсами и есть суть оптимизации. Делегирование полномочий и ответственности из центра на места – конкретное наполнение административной реформы.

Новая государственная экологическая политика Украины как часть реформ, которые внедряются в процессе ассоциации с Европейским Союзом, определяется Законом Украины «Об основных принципах (стратегии) государственной экологической политики на период до 2020 года» (принят 21 декабря 2010 г.) и Национальным планом действий по охране окружающей природной среды (НПД) на 2011–2015 годы (утвержден распоряжением Кабинетом министров Украины 25 мая 2011 г.). Суть этой реформы заключается в интеграции экологической политики и политики социально-экономического развития национального, регионального, областного и местного уровня, а также политики развития секторов экономики с целью более эффективной защиты окружающей природной среды и рационального использования природных ресурсов Украины.

Для внедрения программно-целевого принципа местного экологического управления разрабатываются, принимаются и реализуются местные комплексные экологические программы при участии общественности [2]. Согласно общегосударственной стратегии к основным задачам управления охраной окружающей среды на региональном уровне отнесены:

- ограничение негативного воздействия хозяйствующих субъектов и общества в целом на окружающую среду;
- восстановление, поддержание и повышение способности природных комплексов к воспроизводству, то есть обеспечение условия воспроизводства ресурсов;
- оптимизация, с точки зрения потребностей нынешнего и будущих поколений, использования невозобновляемых природных ресурсов;
- пропаганда и стимулирование практики применения в хозяйственной жизнедеятельности методов и технологий эффективного, рационального и экологического использования природных ресурсов региона.

В рамках исследования выявлено, что на сегодня в практике органов регионального управления и местного самоуправления, при распределении компетенций и формировании функционально-профильных природоохранных структурных единиц местных администраций, акцент делается на контрольную функцию. На первое место ставится задача по выявлению и пресечению нарушений законодательства в области охраны окружающей среды. Речь идет о составлении протоколов об административных правонарушениях в сфере природопользования, иницировании введения ограничений и прекращения хозяйственной или иной деятельности, осуществляемой с нарушениями природоохранного законодательства, и т. п.

Следовательно, усилия направлены главным образом на ликвидацию текущих негативных последствий хозяйственной и иной деятельности, уменьшение вредного воздействия на окружающую среду. А что касается превентивного механизма защиты окружающей среды, то, по нашему мнению, полномочия органов местного самоуправления (например, разрешать или запрещать строительство или ввод в эксплуатацию объектов в зависимости от результатов оценки экологичности проекта) используются не в достаточной мере.

По нашему мнению, задачи и методология управления охраной окружающей среды в региональном измерении предусматривают более широкое использование координационных, стимулирующих функций, а также функций планирования и прогнозирования. Приоритет должен отдаваться не административным, а организационным и экономическим инструментам. Соответственно структурной единицей, способной полномасштабно выполнять эти функции, выступают местные органы власти, которые наделяются правами и ресурсами для решения вопросов местного значения в сфере изучения, использования, воспроизводства, охраны природных ресурсов и окружающей среды, обеспечения экологической безопасности.

Однако, проанализировав существующие региональные программы, можно утверждать, что в большинстве своем они носят стратегический и долгосрочный характер и поэтому не всегда обеспечивают должный уровень реализации их на местах, заинтересованность местных сообществ и потенциал местных органов самоуправления. Одним из эффективных способов организации охраны окружающей среды и перехода к устойчивому развитию является местное природоохранное планирование. Иначе говоря, эту нишу предлагается заполнить путем разработки планов действий по охране окружающей среды (ПДОС), призванных ускорить реализацию стратегических международных экологических соглашений, разработанных региональных и национальных программ на конкретных региональных, местных и локальных территориях.

«План действий по охране окружающей среды» (английский термин Local Environmental Action Plan) – документ, план действий (организационных, технических и др.), направленных на улучшение состояния окружающей среды (природного, техногенного, социального) с целью уменьшения угрозы состоянию здоровья человека, окружающей среде и качеству жизни в конкретной общине.

Нормативно-правовой базой для разработки ПДООС служат Конституция Украины (254к / 96-ВР), законы Украины «О местном самоуправлении в Украине» (280/97-ВР), «О местных государственных администрациях» (586-14), «О государственном прогнозировании и разработке программ экономического и социального развития Украины» (1602-14), Концепция государственной региональной политики (341/2001), другие соответствующие акты Президента Украины и Кабинета министров Украины, нормативные акты органов власти Автономной Республики Крым, центральных и местных органов исполнительной власти и местного самоуправления соответствующего региона. При разработке ПДООС должны также учитываться документы Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию Рио-92 «Повестка дня XXI в.», другие международные нормативные акты [3].

Метод создания планов действий по охране окружающей среды опирается на международный опыт, который широко применяется во многих странах мира [10, 11]. ПДООС должен базироваться на следующих этапах:

- формирование общего видения общества;
- оценка экологических проблем;
- установление приоритетов;
- определение наиболее приемлемых стратегий, ориентированных на особо важные вопросы;
- осуществление действий, направленных на достижение улучшения состояния окружающей среды и здоровья населения.

Достижение задекларированных целей планировалось в два этапа:

I этап – до 2015 года обеспечить стабилизацию экологической ситуации, замедление темпов роста антропогенной нагрузки на окружающую среду, создание условий для повышения уровня экологической безопасности населения, начало перехода к природоохранным стандартам Европейского Союза, разработку соответствующих нормативно-правовых актов, повышение общественной активности в сфере охраны окружающей природной среды.

II этап – в течение 2016–2020 годов осуществить постепенное разграничение функций по охране окружающей природной среды и хозяйственной деятельности по использованию природных ресурсов, имплементации европейских экологических норм и стандартов, экосистемного планирования, внедрение преимущественно экономических механизмов стимулирования экологически ориентированных структурных преобразований, достижение сбалансированности между социально-экономическими потребностями и задачами в сфере сохранения окружающей природной среды, обеспечение развития экологически эффективного партнерства между государством, субъектами хозяйствования и общественностью, широкое распространение экологических знаний.

На региональном уровне с целью разработки основных направлений природоохранной деятельности, комплексных природоохранных мероприятий регионального уровня, выявления зон конфликтных ситуаций и определения приоритетности их выполнения планируется разработка и выполнение среднесрочных региональных планов действий по охране окружающей природной среды как основного инструмента реализации национальной экологической политики на региональном уровне.

По нашему мнению, это должен быть регулирующий документ, разработанный в рамках «Региональной программы охраны окружающей природной среды», основной целью которой является предупреждение и нивелирование вредного воздействия загрязнения и деградации природной среды на здоровье населения, оптимизация свойств окружающей среды в интересах человека, защита и сохранение генофонда живой и эталонов неживой природы, рациональное использование природных ресурсов за счет разработки и планомерной реализации комплексных природоохранных мероприятий, обеспечивающих в конечном счете экологически комфортные условия для жизни и высокопроизводительного труда населения области.

В частности, анализ практики реализации государственных и региональных программ [1], а также их финансового обеспечения свидетельствует о том, что к основным недостаткам, которые препятствуют эффективному использованию программ как действенного инструмента внедрения экологической политики относится следующее:

- отсутствие системного внедрения программно-целевых методов при формировании и реализации целевых программ развития, который выражается в отсутствии единой методологии формирования целевых программ, в том числе нарушения взаимосвязи между целью, мерами, исполнителями и ресурсами программы;
- большое количество программ, которые имеют приоритетное значение и претендуют на первоочередную реализацию, не соответствуют возможностям одновременного выделения значительных финансовых ресурсов из государственных и региональных бюджетов;

– неустроенность регулирования и использования финансовых ресурсов, а также ограниченность государственного финансирования и нестабильность финансовых поступлений из других источников;

– несовершенство организационно-экономического механизма выполнения программных мероприятий;

– недостаточный уровень контроля, особенно на завершающих этапах реализации целевых программ и разобщенность контролирующих органов территориального и отраслевого управления.

Одним из основных принципов усовершенствованной программы должно стать то, что наиболее эффективной формой управления крупномасштабными проектами является программно-целевая структура. Важность применения программно-целевых методов управления приобрела особую значимость после принятия последних изменений в Бюджетном кодексе Украины, в соответствии с которыми предоставление субвенций и субсидий из национального, регионального и муниципального бюджетов на цели охраны окружающей среды возможно только в том случае, если они предусмотрены целевыми программами соответствующих уровней. На региональном уровне управления природоохранной деятельностью целесообразно ориентировать на расширение применения единых для всей страны природоохранных инструментов. Вместе с тем необходимо выявлять специфические особенности, характерные для конкретного региона, и строить работу таким образом, чтобы эти особенности были учтены в максимальной степени.

Основой для разработки и имплементации «Планов действий по охране окружающей природной среды» предусмотрены документы отраслевого и регионального планирования – схемы развития и размещения производительных сил области, схемы развития и размещения отраслей народного хозяйства, проекты районной планировки, генеральные планы городов, планы экономического и социального развития областей, районов, городов, а также проектными документами на вновь создаваемые и реконструируемые предприятия, сооружения и объекты. Целью планов действий является создание безопасных условий для жизни человека и восстановления природной среды в регионе.

Соответственно в рамках «Планов действий по охране окружающей природной среды» необходимо разработать систему мероприятий, направленных на формирование программных документов и организационно-технических решений по природоохранной деятельности местных органов власти и предприятий – основных загрязнителей окружающей среды области. Система мероприятий разрабатывается как результат деятельности экспертной комиссии, к участию в заседании которой должны быть приглашены представители органов местного самоуправления, научно-исследовательских институтов, учебных заведений, общественных организаций, субъектов хозяйствования, коммерческих структур и других заинтересованных субъектов. Работа экспертной комиссии должна быть направлена на выявление проблем конкретного административно-территориального образования. По каждому из этих проблемных направлений должны быть определены задачи, решение которых позволит достичь прогресса в данной области.

Региональные планы действий по охране окружающей природной среды. Одним из приоритетов Концепции национальной экологической политики Украины на период до 2020 года от 17 октября 2007 г. № 880-р [5] является уменьшение концентрации и нагрузки промышленных объектов на ограниченной территории.

Экологическая ситуация, сложившаяся в регионе, требует:

- усиления действий на региональном и местном уровнях в сфере законодательства;
- определения приоритетов политики области, природоохранных действий в производственной и коммунальной сферах;
- экологического мониторинга окружающей среды и контроля за источниками загрязнения;
- экологического информирования и привлечения к охране окружающей среды населения области.

Целью регионального плана действий по охране окружающей природной среды является обоснование и осуществление первоочередных шагов в направлении достижения экологической безопасности региона, путем стабилизации и последовательного снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду, экономического стимулирования рационального природопользования на основе научно-обоснованных природоохранных и ресурсосберегающих технологий, мобилизации всех источников финансовых ресурсов, координации действий органов местного самоуправления и субъектов хозяйствования Ровенской области. Средством достижения этой цели является создание на всех уровнях достаточно действенной государственной природоохранной системы и ее материально-техническая поддержка.

Формирование региональной программы, безусловно, должно базироваться на основных принципах устойчивого развития общества:

- приоритетности решения экологических проблем с учетом социально-экономической ситуации, сложившейся в Ровенской области;
- неотъемлемости защиты окружающей природной среды в процессе структурной перестройки экономики области, реконструкции предприятий с внедрением экологически безопасных, ресурсо- и энергосберегающих технологий, ликвидации экологически опасных производств;
- осуществления мероприятий по экологизации хозяйственной деятельности, устранению причин загрязнения, а не их последствий;
- проведения оценки экологических последствий и государственной экологической экспертизы всех видов деятельности, которые могут негативно повлиять на окружающую среду;
- участия граждан в обсуждении проектов законодательных актов, проведении общественной экспертизы строительства и эксплуатации хозяйственных комплексов;
- безусловного соблюдения природоохранного законодательства в сфере финансового обеспечения действий по экологизации хозяйственной деятельности и охраны природы;
- привлечения как внутренних, так и внешних инвестиций в экологические проекты;
- содействия дальнейшему развитию международного сотрудничества в области охраны окружающей среды;
- обеспечения в установленном законодательством порядке доступа населения к экологической информации, включая сведения об опасных материалах и видах деятельности;
- ограничения и предупреждения перемещения через границы страны любого вида деятельности или веществ, которые считаются вредными для здоровья человека;
- ответственности органов власти за неудовлетворительное состояние окружающей природной среды.

Достижение целей программы возможно путем решения следующих задач:

- 1) анализ состояния окружающей среды и перспектив изменения техногенной нагрузки в условиях структурной перестройки экономики области;
- 2) формирование приоритетных направлений охраны окружающей природной среды, развитие которых позволит существенно улучшить экологическое состояние области;
- 3) формирование и реализация конкретных мер, направленных на ликвидацию и уменьшение влияния факторов, вредных для окружающей среды и здоровья населения.

С учетом общенациональных подходов и экологического состояния области программа должна быть направлена на скоординированные действия областных природоохранных структур, органов власти и субъектов хозяйствования на долгосрочный период.

Самые насущные проблемы природоохранного характера могут быть решены только при условии формирования обоснованных целей и разработки наиболее оптимальных путей их достижения. Такая оценка приоритетов, риска и выгод является важнейшей предпосылкой для направления инвестиций на поддержку социально значимой и экологически важной цели, позволив избежать мероприятий дорогих при незначительной экологической эффективности.

Механизм обеспечения реализации планов действий по охране окружающей среды включает:

1. Законодательная основа: согласно Закону Украины «Об охране окружающей природной среды» с целью проведения целенаправленной деятельности по охране окружающей природной среды и обеспечения экологической безопасности разрабатываются государственные, региональные, местные и другие региональные программы.

2. Научно-техническое обеспечение: с целью решения природоохранных проблем области необходимо осуществление соответствующих научных исследований, опытно-конструкторских работ и разработки проектной документации по объектам, которые создают экологическую опасность населению и окружающей среде.

3. Организационное обеспечение разработки и реализации программы: программа разрабатывается и формируется в соответствии с указанными выше приоритетными проблемами области и стратегии их решения с участием предприятий, городов и районов, областных отраслевых управлений, институтов и организаций области. Предполагается, что методическую и организационную координацию действий и обобщение программы будет обеспечивать Государственное управление охраны окружающей природной среды в Ровенской области. Необходима также разработка эффективного механизма контроля и ответственности за выполнение программы. Нужно ввести механизмы обмена информацией и координации на начальных стадиях процесса принятия решений. Это надо сделать для взаимного учета экологических проблем в экономической деятельности и экономических – в природоохранной. Экологическая информация нужна не только органам власти и производства, но и негосударственным организациям и общественности, а их заинтересованность и активное привлече-

ние к охране окружающей среды существенно важны для прогресса. Повышение уровня осведомленности и уровня экологического сознания населения должны стать приоритетным направлением работы. Меры, применяемые для улучшения экологической ситуации, не будут эффективными без активной поддержки граждан.

Большое значение имеет выполнение положений Орхусской конвенции об участии общественности в процессе принятия решений по вопросам окружающей среды. Однако общественность не может влиять на управленческие решения до тех пор, пока общественное сознание не достигнет необходимого уровня и соответственно ее действия не примут организованный, целенаправленный характер. Таким образом, первые шаги в этом направлении должны быть направлены на повышение уровня информированности и, как следствие, общественного сознания и общественной активности.

Местные планы действий по охране окружающей природной среды. С целью выполнения «Местных планов действий по охране окружающей природной среды» и рационального природопользования должны быть разработаны мероприятия, направленные на разработку природоохранных мероприятий по отдельным видам природных ресурсов и общим направлениям природоохранной деятельности. При этом концентрация усилий должна быть сосредоточена на наиболее важных, приоритетных, неотложных мероприятиях для данного региона, исходя из фактической экологической ситуации. Разработке мероприятий Планов действий должна предшествовать оценка существующего состояния и использования природных сред региона и факторов негативного воздействия на них и населения в результате деятельности человека. На основании анализа существующего состояния природной среды и факторов негативного воздействия на него и населения определяются основные конкретные цели.

Экологические программы для предприятий. В соответствии с «Местными планами действий по охране окружающей природной среды» ожидается необходимость в разработке научно-технической программы локального уровня по оздоровлению окружающей природной среды и рационального использования природных ресурсов.

Основной целью такой детализированной программы должно стать создание предпосылок для производства экологически безопасной производственной деятельности предприятиями – основными загрязнителями окружающей природной среды с учетом предварительно разработанных мероприятий, направленных на снижение эколого-деструктивного влияния на окружающую среду.

Способом достижения этой цели является создание программы природоохранной деятельности предприятия, которая гарантировала бы право граждан на экологическую безопасность.

Реализация комплекса мероприятий на основе повышения технико-экономических показателей функционирования производства, его реконструкции и структурной перестройки на основе внедрения энергосберегающих, малоотходных и безотходных технологий и установок минимизации отходов обеспечит достижение основной цели программы.

На перспективу реально осуществимой целью следует считать достижение нормативных уровней состояния природной среды по всем ее компонентам. Сюда входит достижение предельно допустимых выбросов в атмосферу и сбросов в водоемы, уровней загрязнения почвенного покрова, соблюдение норм размещения и обезвреживания отходов, достижения нормативного уровня шумового, электромагнитного и радиационного загрязнения.

Сроки реализации Программы не могут быть установлены жестко, потому что это зависит не только от финансовых возможностей предприятия, но и от экономической и политической ситуации в стране в целом.

Основными путями совершенствования региональных и местных «Планов действий по охране окружающей природной среды» могут стать следующие:

- усиление привлечения в реализацию планов действий частного сектора, для чего необходимо создание экономических стимулов для развития благотворительности в регионе;
- должна быть выбрана группа лиц, которая будет вести мониторинг реализации намеченного плана действий, поддержанного жителями;
- появление новых стимулов, ведущих к самостоятельности местных органов власти и имеющих необходимость в планах развития регионов;
- повышение потенциала местных общин через обучение практике экологического управления;
- лоббирование на национальном и местном уровнях приданию Планам действий официально-го статуса;
- развитие международного сотрудничества по программам местного экологического управления и местных планов действий на XXI век с целью расширения и углубления опыта практических навыков по их реализации.

На рисунке 34.3 приведена концептуальная модель процесса разработки планов действий по охране окружающей природной среды.

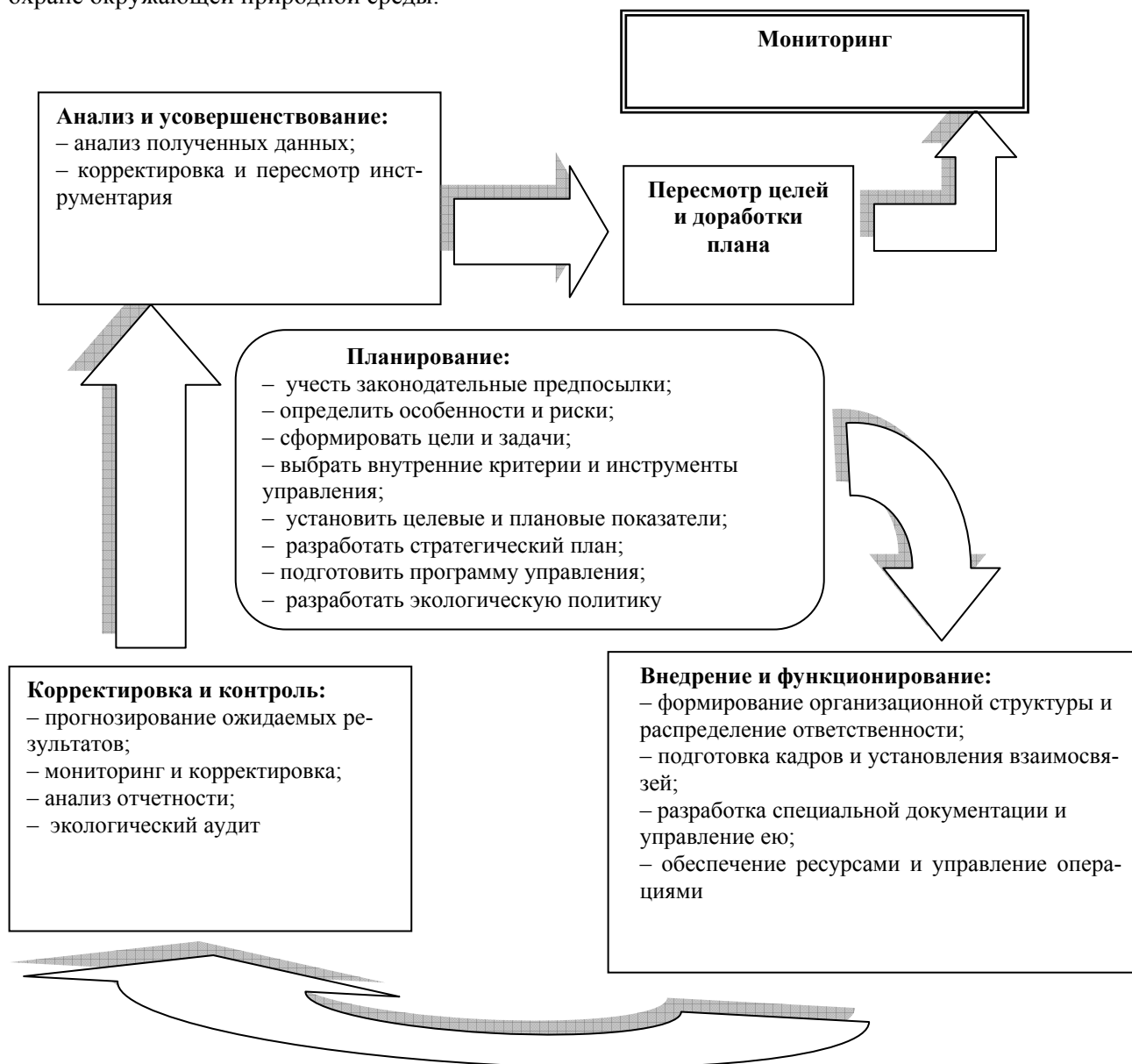


Рис. 34.3. Концептуальная модель процесса разработки планов действий по охране окружающей природной среды

Принимая во внимание положения ISO 14004 и учитывая необходимость формирования обоснованного основания для управления охраной окружающей среды в региональном измерении, считаем целесообразным разработать концептуальные основы процесса экологизации местных планов действий по отношению к системе мероприятий по охране окружающей среды, которые, в отличие от других, основаны на принципах экологического планирования, внедрения, корректировки, прогнозирования и мониторинга ожидаемых результатов.

34.4. Кластерный подход как система управления маркетингом лесного сектора Полесского региона

В последние годы мировым сообществом достаточно остро поднимается вопрос устойчивого развития общества. Это не обошло стороной и лесной сектор экономики Украины, поскольку одной из важных составляющих устойчивого развития является рациональное использование лесных ресурсов. Переосмысление правительством и общественностью ценности лесов, пересмотр и обоснование важности функций, которые они выполняют, побуждает предприятия лесного сектора по-новому взглянуть на процесс использования лесных ресурсов. Упомянутые предприятия должны работать в направлении максимально глубокой обработки древесины, поиска и внедрения инновационных тех-

нологий в сфере комплексного использования вторичного сырья (отходов производства), побочного использования леса и т. п.

Присоединение Украины к ВТО привело к усилению международной конкуренции, в том числе и в сфере деревообработки. Сложилась ситуация, когда отечественные предприятия не могут успешно конкурировать с мощными европейскими компаниями. В таких условиях, как показывает опыт Финляндии, Германии, Франции, Австрии, Италии, Венгрии, Словении и Российской Федерации по кластеризации лесного сектора экономики [1], наиболее перспективным направлением его развития является формирование на его производственной базе принципиально новых организационных структур – лесопромышленных кластеров. Весомым аргументом в пользу необходимости создания кластеров служит экономический эффект от тесного сотрудничества предприятий различной специализации; такой эффект отсутствует при существующей функциональной разрозненности лесохозяйственных и лесоперерабатывающих предприятий. На основе кластера происходит интеграция этих предприятий между собой, с местными органами власти, обществом и потребителями на региональном уровне, что способствует рациональному использованию лесных ресурсов, обеспечивает рост объемов производства и внедрение инноваций в производство. Важнейшим преимуществом кластеров, существенно повышающим актуальность их использования, является достаточная эффективность их работы и в промышленности, а не только в сфере высоких технологий.

Назначение кластера – объединить усилия предприятий, работающих в определенном географическом месте или регионе – от производителя сырья до создания готовой продукции. Предприятия, которые войдут в состав лесопромышленного кластера, смогут получать информацию о рынке, окружающей среде и возможности дальнейшего сотрудничества. Благодаря формированию таких кластерных структур повысится конкурентоспособность, значимость региона за счет концентрации маркетинговой деятельности. Прежде всего отдачу получают те предприятия, которые приняли участие в корпоративном маркетинге и обмене знаниями благодаря участию в лесопромышленном кластере. Только объединившись, они смогут отстаивать свои интересы в жесткой конкурентной борьбе как на отечественном, так и международном рынке лесопродукции. В мировой практике значительное внимание уделяется изучению кластеров, в частности, этому вопросу посвящены работы М. Портера, М. Стайнера, В. Прайса, М. Афанасьева, Л. Мясниковой и т. д. [2, 3], также исследуется маркетинг кластеров [4, 5]. Среди отечественных ученых следует отметить С. Соколенко, М. Войнаренко, А. Асаула, В. Гееца, В. Федоренко, А. Гойко, В. Джабейла и т. д. [6–8]. Однако, несмотря на значительное количество работ, посвященных исследованию кластерных структур в экономике, некоторые аспекты остаются недостаточно изученными. Это прежде всего касается исследования и обоснования возможности создания кластеров как системы управления маркетингом предприятий лесного сектора экономики Полесского региона, что и определило цель исследования.

Необходимость и насущная потребность в создании кластера на основе лесохозяйственных и лесоперерабатывающих предприятий возникла в связи с тем, что эти предприятия работают с уникальными и важными ресурсами как в экономическом, так и экологическом смысле – лесными, которые наиболее рационально можно использовать, только объединив усилия. Как известно, древесина нужна во многих отраслях национальной экономики для производства более 100 видов продукции, что приводит к жесткой конкуренции между предприятиями по переработке древесины и других отраслей.

В лесном секторе кластеры давно работают в Финляндии, Германии, Франции, Австрии, Италии, Венгрии, Словении. Например, в Финляндии благодаря созданию лесного кластера государство обеспечивает 10 % мирового экспорта продукции деревообработки и 25 % бумаги, имея всего 0,5 % мировых лесных ресурсов [1]. Предприятия, тесно взаимодействуя между собой в пределах кластера, обмениваются знаниями, опытом работы и информацией, что обеспечивает им преимущества над конкурентами. В Италии в 2000 г. в промышленном индустриальном районе Bolzano создан кластер деревообработки и технологий, целью работы которого была модернизация и расширение рынка сбыта для местных предприятий. Работе кластера способствовали местные органы власти путем сотрудничества и взаимодействия. На сегодня в кластере успешно работает 175 малых предприятий семейного типа [9]. В России в 2000 г. сформирован территориальный кластер в рамках российско-финского проекта «Долгосрочная стратегия развития экономики Санкт-Петербурга», где было сформировано девять кластеров, в том числе и в сфере деревообработки [8].

Таким образом, исходя из анализа мирового опыта создания кластерных структур в экономике развитых стран, позитивного развития кластеров в лесоперерабатывающей промышленности, можно констатировать, что лесной сектор Украины имеет все предпосылки для их внедрения, а особенно на уровне регионов, наиболее обеспеченных лесными ресурсами.

Одним из таких регионов является Полесский регион Украины, в состав которого входят Волинская, Ровенская, Житомирская, Киевская (без г. Киев), Сумская и Черниговская области [10].

Регион характеризуется разнообразием природных условий и богатством природных ресурсов, что обусловлено его географическим положением, геологическим строением, характером поверхности, изменением климата, что, в свою очередь, влияет на распределение вод, почв, растительного и животного мира (табл. 34.4).

Таблица 34.4

Структура природно-ресурсного потенциала в областях Украины

Регионы и области	Суммарный потенциал в % от суммарного потенциала в Украине	Суммарный потенциал ресурсов, %					
		Минеральные	Водные	Земельные	Лесные	Фаунистические	Природно-рекреационные
Полесский	16,7	5,3	14,8	58,6	10,2	0,8	10,3
Подольский	14,9	5,4	11,9	72,4	3,7	0,7	5,9
Карпатский	9,7	11,9	26,7	28,7	14,3	0,2	18,2
Всего по Украине	100	28,3	13,1	44,4	4,2	0,5	9,5

Источник: составлено и рассчитано по [11].

В результате анализа природно-ресурсного потенциала Полесского региона установлено, что он имеет специфическую структуру, в которой преобладают земельные (58,6 % от суммарного потенциала ресурсов), водные (14,8 %), лесные (10,2 %) и природно-рекреационные ресурсы (10,3 %). Но наибольший суммарный потенциал лесных ресурсов находится в Карпатском регионе Украины.

Важную роль в экономике региона играют лесное хозяйство и лесоперерабатывающие предприятия (деревообрабатывающие и целлюлозно-бумажные). Главные центры деревообработки – Костополь, Оржев, Сарны Ровенской области; Владимир-Волинский, Ковель Волинской области; Малин, Овруч, Коростень Житомирской области. Целлюлозно-бумажная промышленность расположена преимущественно в небольших городах (Малин и Коростышев Житомирской области).

Целью ведения лесного хозяйства является учет и сохранение лесов, их расширенное воспроизводство, повышение производительности, обеспечение рационального использования, а также непрерывного устойчивого пользования лесом. Основные показатели ведения лесного хозяйства отражают эффективность его деятельности.

В течение 2007–2012 гг. объемы продукции лесного хозяйства Полесского региона выросли в 2 раза и в 2012 г. составили 2959 млн грн. (50,1 % от данного показателя по Украине), что иллюстрируют данные таблицы 34.5.

Таблица 34.5

Динамика объемов продукции, работ и услуг лесного хозяйства Полесского региона
(в фактических ценах, млн грн.)

Название региона	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Отклонение 2012/ 2007 гг.	
							+, –	%
Волинская	149	166	153	211	301	323	174	216,8
Ровенская	279	325	309	402	552	576	297	206,4
Житомирская	387	460	437	616	858	865	478	223,5
Черниговская	198	234	179	244	359	380	182	192,0
Сумская	190	217	206	271	387	386	196	203,2
Киевская	226	259	232	320	438	429	203	189,8
Полесский регион	1429	1661	1516	2064	2895	2959	1530	207,1
Всего по Украине	2956	3383	3138	4098	5675	5911	2955	200,0

Источник: составлено и рассчитано автором по данным Госкомстата Украины.

Необходимо отметить, что объемы продукции лесного хозяйства Полесского региона Украины в 2,2 раза превышают показатели Карпатского, что свидетельствует о больших перспективах развития лесного хозяйства в данном регионе. Динамика объемов продукции лесного хозяйства в разрезе областей Украины показала, что самые высокие показатели в 2012 г. имели области исследуемого

региона – Житомирская область, которая обеспечивает в среднем 14,6 % объемов продукции в Украине, Ровенская – 9,7 % и Киевская – 7,3 %.

Динамика заготовки древесины, представленная в таблице 34.6, показывает, что в областях Полесского региона заготавливают наибольший удельный вес древесины – 51 % от общего объема заготовок по Украине.

Таблица 34.6

**Объем заготовки ликвидной древесины
в Полесском регионе, тыс. м³**

Название региона	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Отклонение 2012/2007 гг.	
							+, -	%
Волынская	1023	907	849	977	975	1022	-1	99,9
Ровенская	1342	1321	1257	1409	1469	1557	215	116,0
Житомирская	2206	2157	2099	2444	2685	2678	472	121,4
Черниговская	1452	1400	1052	1238	1412	1422	-30	97,9
Сумская	978	955	855	962	1043	1013	35	103,6
Киевская	1270	1210	999	1275	1391	1237	-33	97,4
Полесский регион	8271	7950	7111	8305	8975	8929	658	108,0
Всего по Украине	16884	15724	14221	16146	17510	17507	623	103,7

Источник: составлено и рассчитано автором по данным Госкомстата Украины.

Исходя из анализа данных (табл. 34.6) очевидно, что за 2007–2012 гг. как в Украине в целом, так и в разрезе областей исследуемого региона, наблюдается растущая динамика заготовки древесины. Среди областей Полесского региона больше древесины заготовлено в Житомирской – 14,2 % от общего объема по Украине, Черниговской – 8,5 %, Киевской – 8,3 % и Ровенской области – 7,8 %, что в общем итоге составляет 38,8 % от показателя по Украине.

Лесное хозяйство и лесоперерабатывающее производство получили приоритетное развитие на севере и западе Украины, где сконцентрированы значительные лесосырьевые ресурсы – Карпаты и Полесье. Прежде всего это связано с чрезвычайно высоким уровнем материалоемкости области (на стадии лесозаготовок отходы производства составляют 20–30 %, а при распиливании древесины – 40 %, в мебельном и спичечном производстве используется только половина древесины). Ограниченность лесных ресурсов заметно влияет на размеры и внутриотраслевую структуру деревообрабатывающего производства, которое занимает ведущее место среди других отраслей, использующих лесные ресурсы.

Созданный на предприятиях отрасли промышленный потенциал сегодня полностью обеспечивает потребности внутреннего рынка в лесопильной продукции, плиточных материалах, мебели и других видах продукции. С учетом роли и значения отрасли для экономического и социального развития общества, ее динамичного развития ускоренное воспроизводство выступает как один из главных факторов в преодолении кризисных явлений и достижении устойчивого экономического роста.

Весомый вклад в развитие деревообрабатывающей промышленности Украины вносит и Полесский регион. Так, его доля в объемах реализованной промышленной продукции (работ, услуг) в течение 2007–2012 гг. составляет в среднем 31 %, а это означает, что регион занимает второе место после Карпатского (41 %) в объемах реализации продукции деревообрабатывающей промышленности (табл. 34.7) [12].

Таблица 34.7

Объем реализованной продукции предприятиями по обработке древесины и производству изделий из древесины, кроме мебели, Полесского региона, в действующих ценах соответствующего года, млн грн.

Название региона	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Отклонение 2012/2007гг.	
							+, -	%
Волынская	331	406	388	391	398	402	71	121,4
Ровенская	781	785	753	764	781	786	5	100,6
Житомирская	316	355	249	264	271	283	-33	89,6
Черниговская	137	157	146	141	147	150	13	109,5
Сумская	101	137	109	104	107	114	13	112,9
Киевская	203	120	53	64	86	98	-105	48,3
Полесский регион	1869	1960	1698	1728	1790	1833	-36	98,1
Всего по Украине	5796	6787	4937	5760	5965	6110	314	105,4

Источник: составлено и рассчитано автором по данным Госкомстата Украины.

Следует отметить, что деревообрабатывающая промышленность играет определяющую роль в развитии не только Полесского региона, но и областей, входящих в его состав. Подтверждением этому является доля продукции деревообрабатывающей промышленности в общем объеме производства продукции промышленности каждой области. Так, в Ровенской области в течение 2007–2012 гг. в среднем она составляет 8,7 %, Волынской – 3,9 %, Житомирской – 3,8 %, Черниговской – 1,4 %, Киевской и Сумской областях по 1 %.

Весомую долю в деревообрабатывающей промышленности Полесского региона составляет производство мебели, основные центры которого сформировались вокруг предприятий лесопильной промышленности, фанерного и плиточного производства. В мебельной промышленности основная доля приходится на производство бытовой мебели – 60 %, доля офисной и торговой мебели достигает лишь 35 % [12].

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать выводы о том, что в Полесском регионе сконцентрировано большое количество лесохозяйственных и лесоперерабатывающих предприятий, повысить эффективность работы которых можно, только объединив усилия путем создания лесопромышленного кластера.

Как показывают исследования, наиболее эффективно работают кластеры, сконцентрированные в пределах одного региона, что позволяет максимально использовать его природный, кадровый и производственный потенциал. Участники кластера, которые достигают значительных успехов в работе, распространяют знания в пределах кластера и таким образом создается синергетический эффект, что приводит к дальнейшему повышению эффективности работы данного предприятия. На основе кластера происходит объединение участников производственного процесса, что способствует расширению доступа на рынки сбыта, обеспечивает рост объемов производства и внедрение инноваций в производство. Создание лесопромышленного кластера открывает новые возможности не только для лесоперерабатывающих, но и для лесохозяйственных предприятий благодаря концентрации маркетинговых усилий.

В ходе построения лесного кластера Полесского региона нужно соблюдать следующие требования:

- кластер формируется в пределах одной географической территории;
- предприятия, входящие в его состав, взаимосвязаны (экономически связаны) между собой и работают в одной отрасли или сфере;
- обязательное условие кластера – участие в нем научных учреждений, консалтинговых и инжиниринговых компаний, органов местной власти;
- целью объединения является повышение конкурентоспособности продукции за счет инновационных технологий и получения итогового синергетического коммерческого результата;
- участники кластера не конкурируют между собой, а решают общие проблемы;
- маркетинг кластера как комплекс действий, без которого невозможно его существование.

Кроме указанных требований, приоритетным при построении кластера является соблюдение его шести основных маркетинговых задач [4]:

- создание новых возможностей для членов кластера;
- создание бренда и франчайзинга кластера;
- создание новых рабочих мест;
- создание условий для развития карьеры каждого сотрудника любого предприятия, входящего в состав кластера;
- обеспечение осведомленности и поддержки со стороны местной и государственной власти;
- усиление общественной роли в работе кластера в регионе.

Учитывая опыт развитых стран мира по формированию кластерных структур, можно отметить, что основой кластера должны выступить крупные предприятия лесного сектора экономики, которые занимают весомую долю в объемах реализации продукции промышленности Полесского региона, выпускают конкурентоспособную продукцию и оказывают значительное влияние на социально-экономическое развитие в регионе.

Работе кластера должны способствовать местные органы власти путем сотрудничества и взаимодействия. Они должны выступить основным координатором работ, связанных с созданием и функционированием кластеров, ведь именно они отвечают за выполнение программ правительства на региональном уровне, в которых предусмотрено создание региональных промышленных кластеров. В нормативных документах также указано, что для эффективного развития регионов должно происходить сотрудничество местных органов исполнительной власти и органов местного самоуправления, государственного и негосударственного секторов экономики с целью возрождения и поддержки производств, важных для региона.

Актуальним вопросом является механизм финансирования кластера. Исследования практики формирования кластеров показали, что целесообразно применить смешанный подход к финансированию, основанный на бюджетном финансировании и вкладах участников кластера. Бюджетные средства могут поступать в кластер за счет финансирования государственных и региональных программ развития лесного сектора.

Таким образом, внедрение кластерной структуры в лесном секторе Полесского региона позволит достичь положительных сдвигов не только в развитии лесоперерабатывающих и лесохозяйственных предприятий, повышении эффективности управления маркетингом этих предприятий, но и в социально-экономическом и экологическом направлении регионального развития:

– экономический эффект заключается в росте потенциала отраслей экономики, повышении конкурентоспособности, инновационном развитии предприятий и маркетинге кластеров, использовании инфраструктурного потенциала региона, привлечении инвестиций, росте доли наукоемкого сектора производства и занятости, перераспределении ресурсов внутри региональной системы и повышении экономической активности депрессивных регионов;

– социальный эффект предусматривает создание новых рабочих мест, специализацию и углубление разделения труда, повышение уровня жизни и занятости сельского населения, развитие малого предпринимательства, а также подготовку специалистов высокой квалификации;

– экологический эффект основывается на устойчивом развитии лесного сектора экономики, рациональном использовании лесных ресурсов, сохранении биологического разнообразия, внедрении безотходных технологий, максимальной переработке вторичного сырья, охране окружающей природной среды.

Литература

1. Аналіз чинних сертифікатів на системи управління, виданих органами сертифікації Держспоживстандарту України вітчизняним підприємствам за регіонами (станом на 01.01.2009) [Електронний ресурс] / Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики // Офіційний сайт. – Режим доступу: <http://www.dssu.gov.ua/document/123486/Станом090210.pdf>.
2. Асаул А. Кластер – это способ самоорганизации сообщества для выживания в условиях бескомпромиссной международной конкуренции // *Економіст*. – 2008. – № 10. – С. 60–61.
3. Барановський В. Стратегічні аспекти та пріоритети сталого (збалансованого, гармонійного) розвитку // *Територія. Сталий розвиток*. – 2004. – № 2. – С. 12–13.
4. Войнаренко М. Кластери як полюси зростання конкурентоспроможності регіонів // *Економіст*. – 2008. – № 10. – С. 27–30.
5. Вотякова И. В., Брендаков В. Н. Оценка эффективности инвестиций в кадровый потенциал при формировании стратегии инновационного развития кадрового потенциала организации // *Управление персоналом*. – 2008. – № 6.
6. Галушкіна Т. П., Грановська Л. М. Еколого-збалансовані пріоритети розвитку територій: концептуальні засади та організаційний механізм. – Одеса, 2009. – 372 с.
7. Герасимчук З. В., Галушак В. Л. Політика розвитку проблемних регіонів: методологічні засади формування та реалізації : монографія. – Луцьк: Настир'я, 2006. – 248 с.
8. Зінь Е. А. Новый підхід до регіонального економіко-географічного поділу території України. – Рівне: Вісник РДТУ. – № 2. – 2000. – С. 178–184.
9. Інформаційні бюлетень Державного агентства водних ресурсів України.
10. Концепція національної екологічної політики України на період до 2020 року : № 880-р від 17 жовтня 2007 р. [Електронний ресурс] / Верховна Рада України // Офіційний сайт Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.
11. Концепція переходу до сталого розвитку // *Вісник НАН України*. – 2007. – № 2. – С. 38.
12. Кузнецова И. В. Управление кадровым потенциалом в промышленности : дис. ... канд. экон. наук. – М., 2003.
13. Кузьмина Н. В. Система управления кадровым потенциалом в интегрированных корпоративных структурах: дис. ... д-ра экон. наук. – М., 2004.
14. Лефевр В. А. Конфликтующие структуры. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Сов. радио, 1973. – 158 с.
15. Мальчик М. В. Рефлексивное управление конкурентоспособностью промышленных предприятий. – Донецк ; Ровно: ЧП Лапсюк В. А., 2010. – 304 с.
16. Методичні рекомендації щодо формування регіональних стратегій розвитку: затвержені наказом Міністерства економіки та з питань європейської інтеграції України № 224 від 29.07.2002 [Електронний ресурс] / Верховна Рада України // Офіційний сайт Верховної Ради України – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.
17. Мирошник И. В., Никифоров В. О., Фрадков А. Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. – СПб.: Наука, 2000. – 550 с.
18. Портер М. Е. Конкуренция : пер. с англ. / под ред. Я. В. Заблоцкого. – М.: Вильямс, 2002. – 496 с.
19. Про стимулювання розвитку регіонів : Закон України № 2850-IV ред. від 08.09.2005 [Електронний ресурс] / Верховна Рада України // Офіційний сайт Верховної Ради України – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.

20. Про схвалення Концепції національної екологічної політики України на період до 2020 року: Розпорядження КМ України № 880-р від 17.10.2007 [Електронний ресурс] / Верховна Рада України // Офіційний сайт Верховної Ради України – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>.
21. Рапопорт Б. М. Оптимизация управленческих решений. – М.: Теис, 2001. – 364 с.
22. Руденко В. П. Географія природно-ресурсного потенціалу України : у 3-х ч. : підруч. для студ. географ., економ. та еколог. спец. вищ. навч. закл. – Київ : К.-М. Академія, 1999. – 567 с.
23. Системи управління навколишнім середовищем. Склад та опис елементів і настанови щодо їх застосування : ДСТУ ІСО 14001-97 – Київ : Держстандарт, 1998.
24. Соколенко С. Проблеми і перспективи посилення конкурентоспроможності економіки України на основі кластера / Станіслав Соколенко // Економіст. – 2008. – № 10. – С. 31–35.
25. Толчанова З. О. Кластерна політика як механізм удосконалення функціонування лісопромислового комплексу // Вісник Тернопільського національного економічного університету : наук. журн. – Тернопіль: Економічна думка, 2010. – № 4 (жовтень-грудень 2010). – С. 49–55.
26. Толчанова З. О. Основні тенденції розвитку деревообробної промисловості Поліського (Північного) регіону України в нових економічних умовах // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.8. – С. 247–254.
27. Хасаев Г. Р., Михеев Ю. В. Кластеры: через партнерство к будущему [Электронный ресурс] / Российская инженерная академия. Поволжское отделение. – Режим доступа: <http://www.pogia.ru/files/236.doc>.
28. Kathleen Parkins Optics Cluster Marketing [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.compititiveness.org:8080/filemanager/download/266/KPerking.pdf.
29. Novelli M. Clusters and innovation in tourism: A UK experience. – 2006. – № 27. – С. 1141–1152.
30. The Cluster Alpine Network (CAN) Wood and Technologies Cluster: introduced cooperation and technological innovation to very small family – run traditional businesses Bolzano – Italy [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ec.europa.eu/regional_policy/cooperation/interregional/ecochange/studies_a_en.cfm?nmenu=5#c11.

Глава 35. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ И ИНВЕСТИЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРОЕКТОВ В ЗОНЕ ПОЛЕСЬЯ

35.1. Общие подходы к эколого-экономической оценке водохозяйственно-мелиоративных проектов

На сегодняшний день толкование терминов «проект» и «инвестиционный проект» в современной экономической литературе является вовсе не однозначным. Анализ существующих подходов к трактовке этих терминов позволил сделать вывод о том, что существование различных толкований обусловлено прежде всего конкретными целями и задачами исследований отдельных авторов. В связи с этим они сосредоточены на различных характерных признаках и составляющих изучаемого явления. Трансформация экономических отношений значительно расширила толкование данного термина. Английский термин project охватывает весь процесс от появления идеи, ее разработки и реализации до получения результата [16].

Водохозяйственно-мелиоративные проекты имеют определенные особенности и отличия от инвестиционных проектов, осуществляемых в других отраслях:

- определяющая зависимость получаемого эколого-экономического эффекта от такого фактора внешней среды, как погодно-климатические условия;
- использование, кроме материальных и трудовых, специфических видов ресурсов – природных (земельные, водные и т. д.);
- применение специфической технологии: водорегулирования мелиорированных земель (система объектов инженерной инфраструктуры, основных мелиоративных фондов, технологических процессов) и агротехника (система основных сельскохозяйственных фондов, методы и способы посева, внесения удобрений и т. п.).

Именно с учетом таких особенностей мы рассматриваем водохозяйственно-мелиоративный проект как определенным образом организованную эколого-экономическую систему, функционирующую с целью рационального природопользования, оптимального и продуктивного развития аграрного производства на мелиорированных землях за счет минимизации влияния неблагоприятных условий окружающей среды на создаваемый эколого-экономический эффект за определенный промежуток времени.

Целью разработки любого мелиоративного проекта является обоснование технической возможности и экономической целесообразности создания объекта инвестирования, и решение о вложении капитала в данный объект может быть принято только на основе детально разработанных проектных материалов.

Общеизвестно, что любой проект проходит ряд последовательных этапов развития, а совокупность таких этапов составляет жизненный цикл проекта, который в общем случае можно рассматривать как отрезок времени между его началом и завершением. Ориентация на мировой опыт проектирования требует изучения и анализа общих требований к процессу разработки инвестиционного проекта в любой отрасли. Процесс выбора и обоснования экономически и экологически оптимального варианта мелиоративного проекта должен осуществляться поэтапно и охватывать стадии разработки концепции, а также планирования и разработки в пределах его жизненного цикла.

Существуют стандартные процедуры и этапы технологии разработки мелиоративных проектов [5, 13 и др.]. И, хотя в них задекларирована необходимость выбора экономически оптимального для реализации технологического варианта проекта из ряда альтернативных вариантов, на практике данный механизм отсутствует по ряду причин, рассмотренных нами ранее.

Опираясь на выделенные нами принципы, современные требования к разработке и инвестиционного анализа проектов вообще, а также учитывая их отраслевые особенности, общую модель эколого-экономической оценки водохозяйственно-мелиоративного проекта по основным этапам его разработки можно представить в виде структурной схемы (рис. 35.1).

Итак, процесс эколого-экономической оценки и выбора экологически и экономически оптимального для реализации варианта мелиоративного проекта целесообразно проводить по следующим основным стадиям и этапам:

- I. Инициирование проекта:
 - 1.1. Разработка концепции проекта.
 - 1.2. Поиск и выбор исполнителя проектных работ
- II. Поисковое проектирование:
 - 2.1. Предпроектные исследования.
 - 2.2. Определение возможных вариантов проектных решений.

2.3. Обоснование технологически целесообразных вариантов проектных решений.

III. Предварительная эколого-экономическая оценка:

3.1. Эскизное проектирование.

3.2. Определение технико-экономических показателей (ТЭП) проектных решений по укрупненным показателям.

3.3. Обоснование экономически целесообразных и экологически приемлемых вариантов проектных решений.

IV. Окончательная инвестиционная оценка:

4.1. Техническое проектирование.

4.2. Определение реальных технико-экономических показателей проектных решений.

4.3. Инвестиционная оценка вариантов проектных решений и выбор лучшего из них.

V. Принятие решения о реализации проекта.

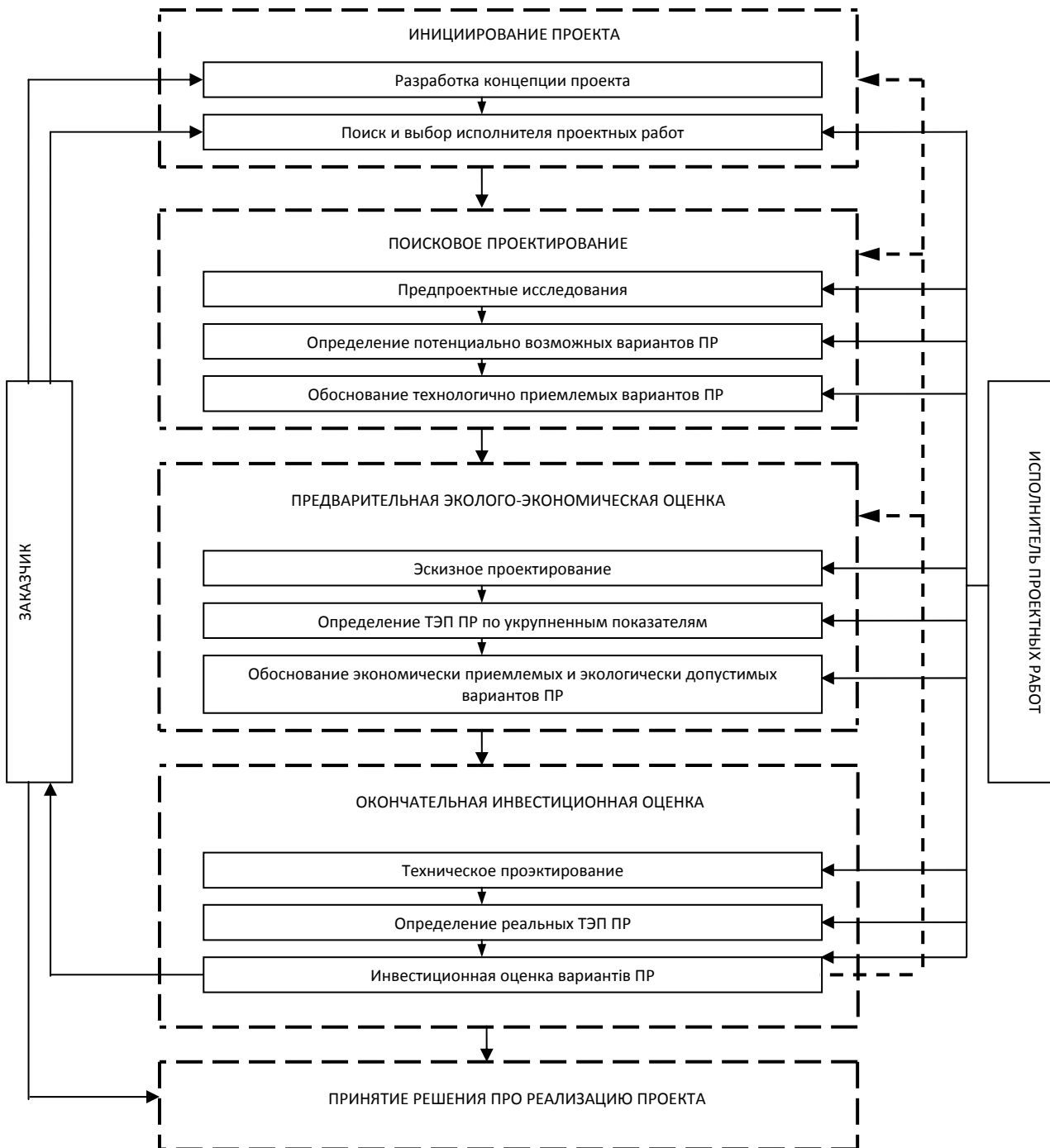


Рис. 35.1. Общая модель эколого-экономической оценки мелиоративного проекта

Данная модель иллюстрирует общие принципы и подходы к процессу экономической оценки альтернативных вариантов проектов мелиоративного строительства и реконструкции, выбора среди них оптимального и его инвестиционного обоснования. В основу модели положены принцип многовариантности разрабатываемых проектных решений, поэтапный их анализ, отбор и принятие решения о реализации наиболее приемлемого.

Согласно одному из основных сформулированных нами принципов при проведении масштабных исследований и проектировании сложных эколого-экономических систем целесообразно применять на разных этапах оценивания различные методологические и методические подходы для повышения достоверности получаемых результатов. Именно поэтому считаем целесообразным осуществлять оценку проектных решений в две стадии:

1. Предварительная эколого-экономическая оценка альтернативных вариантов мелиоративного проекта.
2. Окончательная инвестиционная оценка вариантов проектных решений и выбор лучшего из них.

Предварительная эколого-экономическая оценка осуществляется на основании эскизного проектирования и определенных укрупненных и нормативных основных технико-экономических показателей по вариантам проекта. На этапе эскизного проектирования осуществляется предварительная разработка и определяются основные виды и объемы работ по каждому из альтернативных вариантов рассматриваемых проектных решений. Такая оценка может быть упрощенной и приближенной. Это связано с тем, что на разных этапах проектирования можно оперировать различным набором исходных данных, которые отличаются по количеству, качеству и степени детальности. И, поскольку на данном этапе есть возможность использования ограниченного количества информации о проектах, то здесь достаточным будет применение некоторого простого и достаточно объективного и эффективного критерия сравнительной экономической эффективности.

На этом же этапе необходимо рассмотреть и экологические условия сравниваемых вариантов.

Общепринятым подходом в сфере выбора оптимальных проектных решений в области мелиорации земель является ориентация на их экономическую целесообразность и экологическую приемлемость. То есть в общем виде модель эколого-экономической оценки альтернативных вариантов мелиоративного проекта может быть представлена в виде двух составляющих [18, 26, 27]:

- экономическая составляющая, выраженная выбранным критерием оптимальности;
- экологическая составляющая, определенная неявно через оценку совокупности физических показателей.

Таким образом, из совокупности предварительно отобранных по технико-технологическим параметрам вариантов проекта по определенным эколого-экономическим критериям выбирают один или несколько близких по технико-экономическим показателям экологически приемлемых варианта проектных решений для дальнейшей, уже более детальной их разработки и оценки.

В отличие от стадии предварительной сравнительной эколого-экономической оценки, на этапе окончательной инвестиционной оценки простых методов определения экономической целесообразности инвестиций уже недостаточно. Поэтому для инвестиционного оценивания и окончательного выбора оптимального варианта мелиоративного проекта следует использовать динамические методы оценки целесообразности инвестиций, что отвечает современным требованиям проектного анализа. На данном этапе отбор следует осуществлять по соответствующим комплексам основных экономических критериев, отвечающих целям и задачам инвесторов.

35.2. Учет природных факторов влияния на основные экономические показатели при эколого-экономической оценке водохозяйственно-мелиоративных проектов в зоне Полесья

Важнейшая особенность и отличие сельскохозяйственного производства, в том числе на мелиорированных землях, заключается в том, что оно осуществляется под воздействием природных факторов и общая картина сельскохозяйственного производства в различных климатических зонах определяется имеющимися агроклиматическими условиями. Результаты сельскохозяйственной деятельности на мелиорированных землях и соответственно эффективность инвестиций в мелиорацию зависят не только от обеспеченности материальными ресурсами и степени их использования, но и от наличия или отсутствия необходимых природно-климатических ресурсов.

Переход от сложившейся практики рассмотрения мелиоративных объектов не только как технических, а как сложных природно-технических систем, с соответствующим изменением всей методологии, технической и технологической стратегии их создания и функционирования, требует непосредственного учета меняющихся во времени и неопределенных по своему характеру природно-

климатических условий, так как именно они, вместе с мелиоративными факторами, оказывают определяющее влияние на общий природно-мелиоративный режим мелиорированных земель и соответствующий эколого-экономический эффект.

Эта проблема приобретает особую актуальность в современных условиях, когда происходят кардинальные изменения климата на земле в планетарном масштабе, связанные с развитием процессов глобального потепления. Эти изменения, по данным последних исследований, происходят достаточно быстро, ощутимо влияя на условия жизни и деятельности человека. Таким образом, и на глобальном, и на региональном уровнях изменения климата уже стали неоспоримым фактом, наличие которого поставило перед человечеством проблему решения целого ряда важнейших и сложных задач, связанных с разработкой и реализацией стратегии своего практического существования в условиях изменения климата.

На основании оценки и прогноза изменения климата в Украине в ближайшие 50 лет адаптивные меры по минимизации негативных последствий от этого в аграрном секторе страны в целом и в области гидромелиораций частности вместе с другими должны включать [30]:

- разработку долгосрочной стратегии и тактики ведения земледелия, в том числе на мелиорированных землях, с учетом глобальных изменений климата;

- разработку новых энерго-, водо- и ресурсосберегающих способов комплексной мелиорации земель, новейших технических средств полива, водорегулирования, внесения удобрений и химических мелиорантов, режимов орошения и удобрения сельскохозяйственных культур в соответствии с прогнозируемыми изменениями климата;

- разработку и внедрение методов оценки убытков и механизмов страхования урожая от неблагоприятных природных явлений.

Итак, в связи с этим вопросы учета влияния метеорологических и климатических факторов в технико-экономических расчетах приобретают чрезвычайную актуальность, ведь внедрение научно обоснованных и эффективных методов использования метеоролого-климатической информации в экономических расчетах позволит значительно снизить убытки, вызванные погодными условиями, и получить больший эффект от реализации оптимальной стратегии организации сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях.

В последнее время значительно усилился интерес во всем мире к оценке влияния погодных условий, прежде всего на технологические и эколого-экономические аспекты деятельности различных отраслей общественного производства, которые непосредственно связаны с окружающей природной средой.

Развитие народного хозяйства и концентрация крупных промышленных и сельскохозяйственных объектов почти постоянно сопровождаются значительными убытками от отсутствия учета неблагоприятных гидрометеорологических условий. Потери за счет изменчивости погодных условий и стихийных явлений имеют особый характер, поскольку источник этих потерь постояен потому, что атмосферные процессы непрерывны в своем развитии. При этом, если на современном этапе развития человечества есть возможность исключить некоторые причины производственных потерь, то остановить или даже изменить ход атмосферных процессов (особенно макромасштабных) пока невозможно. Следует учитывать эти процессы, предусматривать их неблагоприятное влияние, принимать меры защиты и тем самым частично или полностью сохранять материальные ценности и успешно выполнять производственные задачи [28].

При этом следует отметить, что методическая база для расчетов экономического и экологического эффекта с учетом изменчивого (стохастического) характера природно-климатических условий в различных отраслях общественного производства еще очень слаба, хотя согласно результатам исследований отечественных и зарубежных ученых в последние десятилетия прошлого века [14 и др.] были созданы теоретические основы для определения экономического эффекта, который получает пользователь при различных стратегиях использования прогностической и режимной климатической информации. На этой основе пользователь уже может осуществлять постановку задач по выбору оптимальной для себя стратегии на основе какого-то определенного критерия оптимальности (минимум средних потерь, минимум вероятности крупных потерь и т. п.).

Применение математических методов в мелиоративных и технико-экономических исследованиях предполагает не только проведение различного рода расчетов, но и использование таких методов и моделей как инструмента инженерных и экономических процессов получения теоретических выводов и практических результатов.

Что касается гидромелиораций как составляющей сельскохозяйственного производства, то технологический аспект здесь представляет собой необходимость обоснования гидромелиоративных мероприятий через разработку и оценку различных технологий и режимов водорегулирования на

мелиорированных землях, соответствующих типов и конструкций мелиоративных систем и их реализации в дальнейшем в изменчивых природно-агромелиоративных условиях.

Экологический эффект определяют прогнозируемые и практические последствия реализации гидромелиораций, а экономический эффект – соответствующие объемы получаемой сельскохозяйственной продукции и целесообразность инвестиций в мелиорацию земель. Как показывают практика и накопленный опыт, точность и объективность соответствующих расчетов напрямую зависят от точности прогноза климатических или метеорологических условий, который используется на соответствующем уровне принятия решения во времени.

По сути, такие расчеты основаны на экономико-статистическом моделировании различных вариантов учета стандартной гидрометеорологической информации при осуществлении проектных, управленческих и хозяйственных решений [28, 29]. Для построения таких моделей необходимо знать, во-первых, законы распределения фактического и предполагаемого значения прогнозируемого элемента (для альтернативных прогнозов – матрицу сопряженности различных прогнозов по фактическим состояниям погоды); во-вторых, вид и параметры функции убытков (или доходов) пользователя, характеризующие потери (или поступления) при различных значениях и знака погрешности прогноза (для альтернативных прогнозов – так называемую платежную матрицу). Но до настоящего времени такие функции убытков (доходов) и платежные матрицы абсолютного большинства пользователей различной отрасли народного хозяйства (в том числе сельского и водного хозяйства), еще не определены.

Как показывает анализ, экономический результат аграрного производства на мелиорированных землях (E_i), текущие сельскохозяйственные (C_{ce}) и мелиоративные расходы (C_m), расходы на воду (C_g), а также возможные убытки (R) являются переменными и зависят от многих факторов, главными из которых являются природно-климатические условия функционирования объекта.

Общие подходы к построению и реализации моделей оптимизации хозяйственных решений на различных уровнях с использованием данных о климате и метеорологические прогнозы при создании и функционировании сложных метеоролого-экономических систем изложены в литературе [14]. Е. Е. Жуковский ввел понятие «климатологической стратегии» при условии, что при ее использовании выбор конкретного хозяйственного решения, которое принимается с учетом данных о климатических условиях функционирования объекта, осуществляется однократно. При этом такая климатологическая стратегия будет «климатологически оптимальной», если хозяйственное решение, принятое по ней, обеспечит достижение экстремума выбранного критерия качества.

В связи с естественной сезонной цикличностью сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях различают разные по условиям тепло- и влагообеспеченности периоды вегетации, которые группируют в расчетные (типовые) группы лет. Распределение данных групп лет в рамках жизненного цикла проекта неравномерно и может быть осуществлено с помощью соответствующего коэффициента в виде долевого участия (вероятности проявления) соответствующей группы лет в общем сроке реализации проекта.

Кроме того, на размер ожидаемого урожая и годовых текущих расходов влияют тип и конструкция мелиоративной системы, которая определяет технологию управления водным режимом (водорегулирования) на мелиорированных землях.

Именно поэтому эффект от сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях и текущие расходы в течение всего жизненного цикла мелиоративного объекта будут зависеть от трех основных факторов:

1. Погодных (метеорологических) условий в соответствующих расчетных годах совокупности $P = \{p\}$, $p=1, m$.

2. Долевого участия или частоты (вероятности) выявления соответствующей группы лет в общем сроке жизненного цикла проекта – $\{\alpha_p\}$, $p=1, m$.

3. Типа и конструкции мелиоративной системы (способ, схема водорегулирования) совокупности $S = \{s\}$, $s=1, n$.

Обозначив сменный экономический параметр как Y_{ps} , можно построить в общем виде следующую функцию полезности

$$Y_{ps} = Y(p, s, \alpha_p), \quad p=1, m; \quad s=1, n. \quad (35.1)$$

Для большей наглядности и простоты расчетов данную функцию можно записать в виде платежной матрицы (табл. 35.1).

Общий вид платежной матрицы

$\{p\}, p=1, m$	α_p	$\{s\}, s=1, n$			
		s_1	s_2	...	s_n
p_1	α_{p_1}	Y_{11}	Y_{12}	...	Y_{1n}
p_2	α_{p_2}	Y_{21}	Y_{22}	...	Y_{2n}
...
p_m	α_{p_m}	Y_{m1}	Y_{m2}	...	Y_{mn}

В связи с неравномерностью распределения различных по погодным условиям групп лет на протяжении жизненного цикла проекта в качестве среднегодового переменного экономического параметра по отдельному проекту следует использовать не среднее арифметическое, а его средневзвешенное значение по группам лет, что согласно литературным данным [14] определяется по формуле математического ожидания, поскольку это важнейшая характеристика случайной величины, которая служит центром распределения ее вероятностей. Смысл ее заключается в том, что она показывает наиболее правдоподобное значение оцениваемого или прогнозируемого фактора.

Итак, следуя байесовскому подходу [14, 29, 36], можно утверждать, что средние (в статистическом смысле) значения переменных экономических параметров для каждого альтернативного варианта мелиоративного проекта с учетом климатологической стратегии управления объектом на протяжении его жизненного цикла в общем виде будут определяться по формуле

$$Y_i = \sum_{j=1}^m Y_{ij} \cdot \alpha_{pj}, \quad i=1, n. \quad (35.2)$$

Очевидно, что очень важным для будущего получаемого результата является определение значений коэффициентов долевого участия соответствующей расчетной группы лет в рамках жизненного цикла проекта (значений вероятности, соответствующего данной величине экономического параметра по расчетной группой лет).

Сложность определения показателя обусловлена необходимостью оценки общей тепло- и влагообеспеченности расчетного года по всей совокупности основных определяющих метеорологических факторов, формирующих его гидрометеорологические условия в целом (осадки, температура, дефицит и относительная влажность воздуха и т. д.). Поэтому такая оценка в принципе наиболее точно может быть осуществлена для любого реального объекта при условии статистической обработки данных многолетних наблюдений по всему комплексу соответствующих метеорологических характеристик.

При наличии многолетних (35–50 лет) ретроспективных наблюдений по метеостанциям и постам, расположенным рядом (до 50 км) с исследуемым объектом, соответствующая модель метеорологического обеспечения прогнозно-оптимизационных расчетов на долгосрочной основе базируется на исследовании изменчивости метеофакторов во времени с помощью многомерного статистического анализа с использованием ПЭВМ, схематизации метеорологических режимов по комплексной совместной оценке метеофакторов и построенных на их основе комплексов, определении и формализации закономерностей формирования их в многолетнем и внутривегетационном сечении. Она позволяет, в отличие от существующих, получить типичное распределение основных метеофакторов (сумм осадков; средних значений температуры, дефицита и относительной влажности воздуха) совокупности $\{f\}, f=1, n_f$, для принятого за основу декадного сечения в характерные (расчетные) по условиям тепло- и влагообеспеченности периоды вегетации совокупности $\{p\}, p=1, n_p$ ($n_p=5$): очень влажные, $p=1$; влажные, $p=2$; средние, $p=3$; сухие, $p=4$; очень сухие, $p=5$. Такое количество типовых схем метеорологических режимов является достаточным для инженерной и экономической практики выполнения прогнозно-оптимизационных расчетов на долгосрочной основе. Здесь же определяются реальные значения долей $\alpha_p, p=1, n_p$ для реализации климатологически оптимальной стратегии управления объектом на стадии его проектирования.

В структуре реализации общей модели, после разделения статистической последовательности на типовые группы определяются доли различных по влагообеспеченности периодов вегетации $\{\alpha_p\}, p=1, n_p$, в пределах обрабатываемых периода $\{j\}, j=1, n_j$

$$\alpha_p = n_{jp} / n_j, \quad p = \overline{1, n_p}, \quad (35.3)$$

где n_{jp} – количество членов ряда лет наблюдений совокупности $\{j\}$, $j = \overline{1, n_j}$, вошедших в p -ю по уровню увлажнения группу лет совокупности $\{p\}$, $p = \overline{1, n_p}$, обрабатываемой статистической последовательности совокупности n_j .

В противном случае ориентировочные значения показателя при отсутствии данных многолетних наблюдений могут быть приняты по гидрологическим упрощенным расчетам или соответствующим рекомендациям.

Зная эмпирическую обеспеченность любой гидрологической или метеорологической характеристики, можно рассчитать возможную повторяемость ее в годах. Под повторяемостью гидрологической величины понимают число лет N , в течение которых данная величина встречается (превышает) в среднем один раз.

Обеспеченность p (%) и повторяемость N связаны между собой следующим образом:

$$N = \frac{100}{p} \quad \text{при } p < 50 \% ; \quad (35.4)$$

$$N = \frac{100}{100 - p} \quad \text{при } p > 50 \% . \quad (35.5)$$

Но определенные на основе зависимостей (35.4) и (35.5) значения, во-первых, будут принимать одинаковыми для различных объектов независимо от зоны их расположения; во-вторых, они не будут учитывать комплексное воздействие метеофакторов, условия формирования метеорологических режимов в расчетные годы. Поэтому на основании обобщения результатов собственных исследований, данных других авторов и справочных данных [29 и др.] определены нормированные значения показателя по природным зонам для осушаемых земель, учитывающие зональный характер изменения природно-климатических условий (табл. 35.2).

Таблица 35.2

Рекомендуемые нормированные значения относительно расчетных периодов вегетации по природным зонам Украины для осушаемых земель

Природная зона	Обеспеченность p , %				
	10 %	30 %	50 %	70 %	90 %
Лесостепь	0,10	0,20	0,20	0,30	0,20
Полесье	0,15	0,20	0,25	0,25	0,15
Прикарпатье	0,15	0,25	0,30	0,20	0,10
Закарпатье	0,10	0,20	0,30	0,25	0,15

Они вполне пригодны для приближенных расчетов при обосновании проектных технических и технологических решений по водорегулированию осушаемых земель на долгосрочной основе с помощью моделей оптимизации с учетом климатологической стратегии управления объектом и оценки общей экономической эффективности от реализации гидромелиораций.

Таким образом, учет изменчивости природно-климатических условий на долгосрочной основе позволит построить и успешно реализовать прогнозно-оптимизационные модели для обоснования как оптимальных технических и технологических решений по водорегулированию, так и разработке инвестиционных проектов строительства и реконструкции мелиоративных систем в зоне осушительных мелиораций.

35.3. Особенности сравнения альтернативных вариантов проектных решений с учетом погодно-климатических факторов

Предварительную эколого-экономическую оценку альтернативных вариантов водохозяйственно-мелиоративного проекта, как уже было отмечено выше, целесообразно осуществлять на стадии эскизного проектирования в условиях отсутствия точной информации об основных технических и технологических показателях и параметрах проекта. Главной задачей такой оценки на данном этапе предварительного выбора является не столько подробный расчет доходов и расходов каждого из альтернативных вариантов проекта, сколько приведение их к сопоставимому виду по выбранным критериям эффективности с целью сравнения, что позволяет подготовить основу для принятия окончательного решения в дальнейшем. Для того, чтобы избежать потерь времени и денег, предварительные

расчеты можно выполнять менее сложным способом, то есть начинать с экономической оценки с помощью простого показателя, поэтому считаем целесообразным использование на данном этапе простых и общепринятых методов оценки эффективности проектов, которые являются достаточно эффективными для их применения в случае, когда необходимо принять предварительное решение в условиях ограниченности необходимой информации.

Исторически сложилось так, что критерием сравнительной экономической эффективности мелиоративного проекта традиционно служит показатель приведенных затрат, который, по сути, является синтетическим показателем, поскольку арифметически суммировать капитальные и текущие расходы большинство современных экономистов считает экономически некорректным [12, 36]. Однако отечественная экономика находится на переходном этапе своего развития, и мы не всегда имеем возможность из-за отсутствия развитых экономических инструментов, ограниченности и несовершенства информационной и нормативной базы эффективно использовать методы современного инвестиционного анализа.

Кроме того, по мнению И. В. Липсица и В. В. Коссова [17], затратный метод выбора имеет особое значение для бюджетной сферы и неприбыльных организаций, где вопрос не всегда стоит о максимизации денежных поступлений, но чрезвычайно актуальным является вопрос о рациональном использовании ограниченных инвестиционных ресурсов. Отрасль мелиоративного строительства чрезвычайно капиталоемка, но не всегда прибыльна. Мелиоративные мероприятия не могут существовать без поддержки государства, и в сегодняшних условиях недостатка финансовых ресурсов критерий минимизации затрат является исключительно пригодным в данной области. Именно поэтому на данном этапе предварительного отбора необходимо искать пути совмещения имеющихся подходов, используя как общепринятые отечественные методы, приспособляя их к современным требованиям, так и признанные во всем мире современные инструменты оценки эффективности инвестиций, модифицируя их в соответствии с отраслевыми особенностями. Таким образом, на стадии предварительной сравнительной эколого-экономической оценки альтернативных вариантов водохозяйственно-мелиоративного проекта и выбора среди них одного или нескольких, близких по технико-экономическим параметрам для дальнейшего анализа, считаем целесообразным использование критерия минимума приведенных затрат с некоторыми необходимыми модификациями.

В специальной литературе встречаются различные попытки модифицировать данный критерий с целью учета в нем по возможности всех параметров функционирования объекта и большего соответствия реальным условиям, ведь расходы – это не только суммарная стоимость всех видов товаров и услуг, необходимых для проектирования, строительства и эксплуатации, но также стоимость ущерба и отрицательных эффектов. И экономически оптимальный уровень расходов – это тот, при котором сумма расходов и убытков является минимальной [31, 36].

Общеизвестно, что состояние сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях в различных климатических зонах определяется агроклиматическими условиями. Важнейшая особенность и отличие аграрного производства от других отраслей общественного производства заключается в том, что оно осуществляется с участием природных факторов и продуктивность земледелия, в том числе на мелиорированных землях, формируется не только в зависимости от биологических возможностей сортов культур, существующей системы машин и механизмов, своевременной и качественной обработки почв, внесения удобрений, соблюдения севооборотов и т. п., но и как результат взаимодействия ряда метеорологических факторов. Но такие природные явления как осадки, освещение, интенсивность солнечной радиации, температура в период вегетации, скорость ветра, имеют неопределенный и переменный характер и трудно предсказуемы. Именно поэтому аграрное производство имеет максимальную чувствительность к условиям погоды, к изменению гидрометеорологических факторов. А функционирование мелиоративных объектов как подсистемы сельскохозяйственного производства происходит в условиях цикличности и изменчивости погодных условий в многолетнем и внутривегетационном сечении.

Случайно составленные погодные условия каждого текущего года и климатические характеристики в многолетнем разрезе, присущие конкретной местности, обуславливают значительное колебание урожайности сельскохозяйственных культур. Развитие народного хозяйства и концентрация крупных промышленных и сельскохозяйственных объектов почти постоянно сопровождаются значительными убытками от отсутствия учета неблагоприятных гидрометеорологических условий. Потери за счет изменчивости погодных-климатических условий имеют особый характер, поскольку источник этих потерь постоянен, исходя из того, что атмосферные процессы непрерывны в своем развитии. В связи с этим в аграрном производстве убытки из-за метеорологических факторов больше, чем в любой другой отрасли народного хозяйства.

Итак, случайность и неопределенность погодных условий конкретного или расчетного года и климатические особенности отдельных регионов обуславливают погодно-климатический риск аграрного производства, в том числе на мелиорированных землях. Мелиоративные объекты функционируют в условиях нестабильности, неопределенности и цикличности условий окружающей среды, поэтому именно такой риск следует считать важным, влияющим на деятельность мелиоративной системы как подсистемы сельскохозяйственного производства.

Экономическое содержание погодно-климатического риска можно сформулировать, исходя из следующих соображений:

1. Оценка такого риска осуществляется на стадии проектирования по долгосрочным прогнозам, которые основываются на определенной технологической базе. Такие расчеты позволяют, во-первых, определить объективный потенциально возможный (климатически и агротехнические обеспеченный) урожай каждой культуры на данном объекте, который формируется в идеальных (оптимальных) условиях по климату, уровню солнечной радиации, качеству почвы, агротехники, водного режима. Во-вторых, в зависимости от погодных условий конкретного расчетного года и технологических возможностей мелиоративной системы определяется прогнозный технологический урожай по каждому варианту проектного решения, который, как правило, не достигает потенциально возможного, а разница между ними и характеризует погодно-климатический риск.

2. В общем случае мелиоративные мероприятия осуществляются в зонах с неблагоприятными природными условиями, следовательно, погодно-климатический риск оказывает преимущественно негативное влияние на экономический эффект и в этом смысле может быть отнесен к группе «чистых» рисков.

Следует отметить, что потенциально возможный урожай формируется в результате действия закона максимума, который утверждает, что в данном географическом месте при существующих природно-антропогенных условиях экосистема может иметь биологическую продуктивность не выше, чем это свойственно наиболее продуктивным ее элементам в их идеальном соотношении. То есть максимум урожая лимитирован оптимальным соотношением экологических компонентов [25].

Исходя из этого, в контексте нашего исследования будем рассматривать погодно-климатический риск водохозяйственно-мелиоративного проекта как абсолютное или относительное отклонение фактического эффекта по варианту проектного решения от потенциально возможного его значения в результате несоответствия реальных метеорологических условий оптимальным. В таком контексте погодно-климатический риск одновременно можно рассматривать как экологический ущерб от недополучения потенциально возможного дохода в результате действия неблагоприятных природных факторов.

Тогда критерий минимума приведенных затрат с учетом данного вида риска при выборе оптимального проектного решения будет иметь вид

$$ПВ(s_o) = \min_{\{i\}} \left[(C_i + E_n \cdot K_i + \bar{R}_i) / ВП_i \right], \quad i = \overline{1, n} . \quad (35.6)$$

где C_i – текущие затраты по i -му варианту проекта, грн/га;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

K_i – капитальные вложения по i -му варианту проекта, грн/га;

k_{np} – коэффициент приведения вариантов к сопоставимому виду;

$ВП_i$ – объем произведенной продукции по i -му варианту проекта, грн/га.

Текущие расходы (C_i) на получение продукции состоят из сельскохозяйственных (C_i^{cs}) и эксплуатационных расходов (C_i^e).

Тогда

$$ПВ(s_o) = \min_{\{i\}} \left[(C_i^{cs} + C_i^e + E_n \cdot K_i + \bar{R}_i) / ВП_i \right], \quad i = \overline{1, n} . \quad (35.7)$$

Чрезвычайно важным аспектом проблемы выбора экономически и экологически оптимального для реализации варианта мелиоративного проекта на долгосрочной основе является необходимость учета влияния изменчивости погодно-климатических условий на формирование выбранных критериев качества, по которым обосновываются инженерные решения при проектировании мелиоративных систем [27, 29]. Основные составляющие данной модели (стоимость получаемой продукции, текущие сельскохозяйственные и мелиоративные расходы, погодно-климатический риск) являются переменными и зависят от многих факторов, главными из которых выступают природно-климатические ус-

ловия функционирования объекта в пределах проектного срока его реализации. Общие подходы к определению экономических и экологических параметров в условиях изменчивости метеорологических условий на протяжении всего срока функционирования объекта изложены в параграфе 35.2.

Соответственно средние (в статистическом смысле) значения экономического критерия оптимальности для каждого альтернативного варианта мелиоративного проекта с учетом климатологической стратегии управления объектом в течение срока его функционирования в общем виде будут определяться по формуле

$$PB(s_o) = \min_{\{i\}} \left(\sum_{j=1}^m PB_{ij} \cdot \alpha_{pj} \right), \quad i = \overline{1, n}. \quad (35.8)$$

Что касается оценки экологической эффективности вариантов проектных решений, то вообще учет экологических факторов на данном этапе имеет исключительное значение при выборе оптимального варианта технико-технологического решения, обеспечивающего минимум природоохранных затрат и нанесение минимального ущерба окружающей среде.

Основными критериями экологической устойчивости (равновесия) следует считать обеспечение рационального природопользования, экономного использования природных ресурсов, минимума негативных экологических последствий. В общем случае экологическое равновесие (определенное соотношение экологических компонентов экосистемы) представляет собой одну из качественных характеристик проекта, которая в количественном выражении выражается экологической надежностью, что представляет собой численный показатель способности системы обеспечивать экологическое равновесие [15].

Для учета экологического фактора при экономическом оценивании проектных решений нами за основу был выбран векторный подход [15, 23, 36]. В соответствии с ним характеристику экологической надежности варианта мелиоративного проекта можно представить в виде вектора – строки H с компонентами H_z

$$H = H_z / z = 1, 2, \dots, N /, \quad (35.9)$$

где N – количество элементов, характеризующих экологическую надежность мелиоративного проекта.

Здесь компоненты принимают соответствующие значения при условии, что

$$H_z = \begin{cases} 1, & \text{если } H_z \leq H_{nz}; \\ 0, & \text{если } H_z > H_{nz}, \end{cases} \quad (35.10)$$

где H_{nz} – нормативное, критическое или допустимое значение z -го элемента.

Такой подход к оценке экологической надежности проекта отличается от классической теории надежности, где фигурируют вероятностные величины, однако он является достаточно простым и универсальным по своей сути, поскольку позволяет в зависимости от постановки задачи использовать различные, преимущественно экспертные методы оценки и любой комплекс разнородных показателей.

При допущении, что в системе экологических факторов все они одинаково важны, можно отсутствие определенного элемента считать как соответствующее уменьшение степени экологической надежности. Тогда коэффициент экологической надежности варианта мелиоративного проекта можно определить по формуле

$$k_H = \frac{\sum_{z=1}^N H_z}{N}. \quad (35.11)$$

Такой коэффициент позволяет получить приближенную оценку экологической устойчивости проекта через степень учета факторов экологической надежности.

По аналогии со шкалой относительной степени риска нами предлагается шкала коэффициента экологической надежности мелиоративного объекта (табл. 35.3).

Предложенная схема оценки экологической надежности мелиоративных проектов является универсальной, поскольку в качестве составляющих элементов надежности может выступать любой комплекс факторов, как количественных, так и качественных, характеризующих эколого-мелиоративное состояние территории. Выбор массива таких элементов для анализа экологической надежности мелиоративного проекта – чрезвычайно сложная и до сих пор не решенная проблема, ведь, кроме непосредственного влияния на экологические компоненты внутри экосистемы, преобразование природы влияет на ухудшение некоторых показателей в смежных отраслях или биосфере в

целом. На сегодняшний день есть определенные исследования и разработки в данном направлении, которые можно использовать в практических целях.

Таблица 35.3

Шкала коэффициента экологической надежности

№ п/п	Значение коэффициента экологической надежности	Наименование градаций уровня экологической надежности системы
1	0,0 ... 0,25	ненадежная
2	0,26 ... 0,50	недостаточно надежная
3	0,51 ... 0,75	достаточно надежная
4	0,76...1,0	надежная

Таким образом, окончательно общая модель предварительной сравнительной эколого-экономической оценки альтернативных вариантов мелиоративного проекта и выбора рациональных из них будет иметь вид

$$PB(s_o) = \min_{i \in \bar{n}} \left[\frac{\sum_{j=1}^m (C_{ij}^{cc} + C_{ij}^e) \cdot \alpha_{pj} + E_n \cdot K_i + \bar{R}_i}{\sum_{j=1}^m B\Pi_{ij} \cdot \alpha_{pj}} \right], \quad i = \bar{1}, n \quad (35.12)$$

при условии соблюдения ограничения, что коэффициент экологической надежности по i -му варианту мелиоративного проекта находится в интервале значений

$$0,5 < k_{n_i} \leq 1,0. \quad (35.13)$$

Предложенный подход к проведению эколого-экономической оценки вариантов проектных решений в области мелиорации земель на предварительном этапе позволяет осуществить сравнение вариантов мелиоративного проекта с учетом влияния природных факторов внешней среды на формирование основных технико-экономических показателей и уровня погодно-климатического риска реализации каждого из вариантов, то есть с учетом возможных потерь от действия непредвиденных погодных условий.

Очевидно, что данный подход, в отличие от традиционного, ориентирует на выбор таких вариантов проектного решения, где расходы и потери от негативного воздействия факторов окружающей среды сбалансированы в приемлемой пропорции, и выбирает более технически и технологически совершенную технологию водорегулирования, поскольку чем совершеннее она, тем меньше зависимость урожаев от неблагоприятных внешних условий и стабильный доход. Кроме того, такие технологии обеспечивают экологическую устойчивость территории и рациональное использование природных ресурсов.

35.4. Оценка эффективности инвестиций в водохозяйственно-мелиоративные проекты

Поскольку в современном инвестиционном анализе эффективность инвестиций определяется комплексом показателей результативности процесса инвестирования, возникает необходимость в анализе их пригодности к использованию в области мелиоративного строительства и реконструкции водохозяйственно-мелиоративных объектов.

При использовании методик, которые получили распространение в странах с рыночной экономикой, необходимо учитывать, что они прежде всего разработаны для условий стабильной экономики и поэтому их прямое применение без учета отечественных особенностей экономики переходного периода может привести к существенным погрешностям при расчетах или невозможно вообще из-за отсутствия необходимого механизма и информационной базы для их реализации.

Показатели чистого дисконтированного дохода (ЧДД), индекса доходности инвестиций (ИГИ) и внутренней нормы доходности (ВНД), которые являются наиболее часто применяемыми в инвестиционном анализе, являются, по сути, разными версиями одной концепции, и поэтому их результаты связаны между собой [10]. Выбор показателей, которые будут использованы для обоснования целесообразности осуществления инвестиций и определения оптимального среди альтернативных вариантов мелиоративного проекта, должен базироваться на анализе их основных преимуществ и недостатков.

Итак, метод чистого дисконтированного дохода (интегрального эффекта) за рубежом считается основным, на который ориентируются при принятии решений о целесообразности осуществления любых вложений и определения их эффективности в современном инвестиционном анализе [8, 9 и др.].

Чистый дисконтированный доход проекта определяется как разница между общей суммой нынешних ценностей всех денежных потоков поступлений и всех денежных потоков затрат, т. е. как

чистый денежный поток от проекта, приведенный к текущей стоимости с помощью коэффициента дисконтирования. Проект принимается, если чистая настоящая стоимость проекта больше нуля. Если чистая текущая стоимость меньше нуля, то при данной ставке дисконта инвестиции осуществлять невыгодно и проект отвергается. Если равен нулю, то это значит, что поступлений от проекта достаточно, чтобы обеспечить минимальный уровень доходов на капитал, то есть чтобы оплатить владельцам капитала плату за пользование им.

Поскольку главной целью любого производства (в том числе аграрного) в рыночных условиях является максимизация дохода на вложенный капитал, то с этой точки зрения данный критерий является приемлемым для его использования при обосновании эффективности инвестиций в мелиорацию, потому что дает прямое измерение общей величины дохода от производства сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях за весь период функционирования проекта. Кроме того, на основе данного критерия западные экономисты советуют осуществлять сравнение альтернативных вариантов проекта и выбор оптимального для реализации [41, 43 и др.].

Но существуют определенные условия, при которых применение интегрального эффекта в качестве критерия выбора оптимального варианта проекта среди альтернативных нельзя считать целесообразным. Исходя из экономического содержания данного показателя горизонт расчета и выбранная ставка дисконта являются основными факторами, влияющими на величину интегрального эффекта. В связи с этим предпочтение будет иметь проект, крупнейшие потоки поступлений от которого будут сосредоточены в начале жизненного цикла. Это ограничение может быть весьма существенным при оценке именно мелиоративных проектов, имеющих длительный жизненный цикл (25–50 лет), но только в том случае, если возможно определить величину прогнозируемого дохода на каждый год функционирования мелиоративного объекта. Кроме того, данный критерий не позволяет объективно сравнивать проекты с одинаковым ЧДД, но разными инвестиционными вложениями, а также проекты с различным горизонтом расчета.

К тому же некоторые авторы утверждают, что отбор альтернативных вариантов по данному показателю не гарантирует, что вариант с максимальным интегральным эффектом обеспечит максимально возможный рост доходов инвестора [31]. Это вызвано тем, что доходы от проекта не сопоставляются с затратами на его осуществление. Показатель учитывает только абсолютную выгодность проекта, поэтому по критерию чистого дисконтированного дохода целесообразно оценивать и сравнивать только проекты с примерно одинаковыми затратами на их реализацию [37]. Такой недостаток отсутствует в следующем показателе – индексе доходности инвестиций.

Индекс доходности инвестиций показывает дисконтированную рентабельность проекта и равен отношению дисконтированного потока поступлений в общей сумме инвестиций. Данный показатель определяет, в какой мере возрастает ценность предприятия в расчете на 1 денежную единицу инвестиций. Приемлемым результатом является показатель, превышающий 1. Проекты с большим значением индекса являются более эффективными. С помощью данного показателя инвесторы в состоянии распределять проекты в зависимости от их привлекательности.

Данный показатель, в отличие от интегрального эффекта, достаточно информативен, поскольку инвестору необходимо знать не только об абсолютной, но и об относительной эффективности проекта. Индекс доходности инвестиций часто предлагают использовать для ранжирования альтернативных вариантов проектных решений в условиях ограниченного объема инвестиционных ресурсов или для проектов с близким ЧДД и разной капиталоемкостью. Показатель «индекс доходности инвестиций», как и «чистый дисконтированный доход», вполне пригоден к использованию в инвестиционном анализе мелиоративных проектов из-за его относительной простоты, информативности, наглядности и ориентации на выбор такого варианта проекта среди альтернативных, который позволяет увеличить отдачу от него на единицу затрат. Особенно эффективно это работает тогда, когда существуют определенные ограничения в инвестициях.

В современном инвестиционном анализе есть несколько способов трактовки содержания метода внутренней нормы доходности [10, 16, 38]. В общем случае внутренняя норма доходности определяется нормой дисконта, при котором чистая текущая стоимость равна нулю, то есть текущая стоимость поступлений равна текущей стоимости затрат. Приветствуются проекты с внутренней нормой рентабельности, превышающей принятый уровень эффективности по проекту. То есть внутренняя норма доходности определяет максимально допустимую процентную ставку, при которой еще можно без каких-либо потерь для владельцев капитала вкладывать средства в проект. Объективность, отсутствие зависимости от абсолютных размеров инвестиций и богатый интерпретационный смысл делают показатель внутренней нормы прибыли достаточно удобным инструментом измерения эффективности инвестиций [9, 10].

Статистические исследования ученых показывают, что на практике сравнительный анализ инвестиционных проектов проводится в большинстве случаев с помощью простого сопоставления значений внутренних норм рентабельности. Следует отметить, что, с одной стороны, такой подход позволяет устранить влияние субъективного выбора базовой ставки процента на результаты анализа. С другой стороны, он имеет достаточно ограниченную сферу использования и дает немного информации об эффективности проекта. Этот показатель ориентирован в первую очередь на учет возможностей альтернативного вложения финансовых средств, поэтому является основным, который используют в практике оценки целесообразности инвестиций мировые финансовые организации, поскольку позволяет рассмотреть альтернативные варианты вложения в ценные бумаги на финансовом рынке.

Кроме того, по данным литературы [8, 17], этот показатель может служить основой для ранжирования проектов по степени выгоды только в том случае, если тождественны основные параметры проектов: равная сумма инвестиций; продолжительность; одинаковая степень риска; похожие схемы формирования поступлений.

К тому же анализ практического применения данного показателя, проведенный учеными [19, 37], свидетельствует о том, что выбор по данному критерию не отражает общих условий, прежде всего ограниченности средств для капиталовложений, поэтому применение показателя внутренней нормы доходности для оценки инвестиционных проектов часто может быть либо очень сложным, либо вообще невозможным.

Именно такие ограничения, считаем, приводят к тому, что данный показатель не следует использовать в качестве критерия сравнения мелиоративных проектов и выбора среди них оптимального, а только как ограничение. Кроме того, его можно применять при анализе уже выбранного для реализации проекта с целью определения оптимальной процентной ставки за привлеченные ресурсы или запаса прочности проекта. Внутренняя норма доходности также может служить индикатором риска проекта.

Метод расчета дисконтированного периода окупаемости проекта состоит в следующем. В общем виде срок окупаемости инвестиций – это ожидаемый период возмещения первоначальных вложений из чистых поступлений. Если ежегодные денежные поступления неодинаковы, то расчет осуществляется постепенно. К реализации принимаются проекты со сроком окупаемости, равным или меньшим, чем установленный нормативный срок окупаемости. Из нескольких альтернативных проектов следует принимать проект с наименьшим сроком окупаемости.

Привлекательна простота данного метода и возможность простой оценки риска инвестирования, а также быстрой оценки проектов в условиях недостатка ресурсов. В основе применения показателя срока окупаемости как критерия риска лежит тот факт, что при увеличении срока реализации проекта растет неопределенность и, следовательно, риск невозврата вложенных средств.

И хотя срок окупаемости всегда был одним из важнейших критериев оценки эффективности капиталовложений в мелиорацию земель и выбора приемлемых вариантов, однако у данного показателя достаточно серьезные недостатки, по которым он не может служить основным критерием эффективности.

Большинство современных специалистов по инвестиционному анализу [12, 17, 38] считают, что использование срока окупаемости в качестве критериального показателя недопустимо, поэтому данный показатель можно использовать, но не в качестве критерия выбора, а в качестве ограничения при принятии решения об инвестициях. Соответственно если срок окупаемости проекта больше, чем принято ограничение (нормативный срок), то он исключается из списка возможных инвестиционных проектов.

При сравнении альтернативных вариантов проекта и выбора из них оптимального для реализации достаточно часто используемые показатели интегрального эффекта и индекса доходности инвестиций дают подобное ранжирование проектов по степени их привлекательности, однако не исключены ситуации, когда могут возникнуть конфликты между этими критериями.

В таких случаях, когда сравнение альтернативных вариантов по указанным показателям приводит к противоположным результатам, по мнению западных экономистов, предпочтение следует отдавать проекту с наибольшим интегральным эффектом, если нет ограничений для его применения. Этот критерий, по мнению многих экономистов, служит единственным непротиворечивым показателем, позволяющим осуществить надежное ранжирование вариантов проекта в соответствии с задачей максимизации доходов от капиталовложений [10]. Однако, как было нами отмечено ранее, использовать методы, которые успешно применяются в странах с развитой рыночной экономикой, для отечественных условий следует осторожно, приспособивая их к существующему уровню экономических отношений и обязательно для условий конкретной отрасли.

Основным критерием эффективности любых расходов в теории и практике отечественных расчетов в общем виде служило отношение полученного результата и затрат, его вызвавших. Любые относительные величины более информативны и универсальны и позволяют охарактеризовать производительность единицы затрат и показатели производственной деятельности в динамике при анализе тенденций.

Показатель «индекс доходности инвестиций» отражает эффективность единицы инвестиций, поэтому в случае необходимости выбора оптимального варианта проекта в условиях ограниченного бюджета инвестиций или необходимых для проекта ресурсов или, если интегральный эффект альтернативных проектов примерно одинаков, его целесообразно использовать в качестве основного критерия выбора оптимального проекта среди альтернативных.

Отрасль мелиоративного строительства относится к наименее финансируемым отраслям экономики на современном этапе. Ограниченность и нехватка финансовых, материальных и трудовых ресурсов в данной области вызывает необходимость ориентации на критерии, которые отражают рост ценности проекта на единицу инвестиций. С учетом изложенного считаем целесообразным использовать показатель «индекс доходности инвестиций» в качестве основного критерия при обосновании эффективности инвестиций в мелиоративные проекты и выборе лучшего для реализации.

Таким образом, общая модель выбора оптимального для реализации варианта мелиоративного проекта и обоснование его эффективности на стадии инвестиционной оценки будет иметь вид:

$$ИД(s_o) = \max_{\{i\}}(ИД_i), \quad i = \overline{1, n}; \quad (35.14)$$

при условии, что

$$\begin{cases} ЧДД_i \geq 0; \\ ВНД_i \geq d_i; \\ ДТО_i \geq T_{np}. \end{cases} \quad (35.15)$$

где d_i – норма дисконта по i -му варианту мелиоративного проекта;

T_{np} – приемлемый для инвестора дисконтированный срок окупаемости вложенных средств.

Одним из основных этапов и наиболее сложной проблемой применения динамических методов оценки эффективности любых инвестиций является определение обоснованной ставки дисконта для измерения неравнозначности доходов и расходов во времени. Правильный выбор такой ставки играет решающую роль в процессе принятия оптимальных решений по реализации мелиоративных проектов, поскольку обеспечивает соответствие выполняемых расчетов реальным экономическим условиям, в которых планируется реализация проекта.

Таким образом, поскольку от выбора ставки дисконта зависит прежде всего качественная экономическая оценка инвестиционного проекта и конечный результат расчета показателей эффективности инвестиций, то задача обоснования такой ставки действительно является одной из самых сложных и актуальных задач на сегодняшний день.

Необходимо отметить тот факт, что вопросу определения учетной ставки при разработке инвестиционных проектов в различных отраслях сегодня не уделяется должного внимания. Чаще всего в практических расчетах используются базовые ставки, определенные Национальным банком. Обычно такой подход является приближенным и приводит в соответствие с такой же близостью выполняемых расчетов. Ведь ставка дисконта должна отражать, кроме общих условий, еще и реальные условия и возможные риски реализации конкретного проекта, а также особенности экономической среды в отрасли, в рамках которой осуществляются инвестиции.

Для того чтобы сделать правильные расчеты, необходимо прежде всего определить экономическое содержание рассматриваемой категории. Экономическое содержание учетной ставки в общем случае состоит в измерении темпа снижения ценности денежных ресурсов с течением времени. Соответственно значения коэффициентов дисконтирования меньше единицы. При определении такой ставки следует учитывать, что на практике она рассматривается как минимальный уровень доходности вложений, при котором инвестор допускает возможность инвестирования своих средств в данный проект, учитывая, что есть другие альтернативные и доступные для него варианты вложения инвестиций [20]. Базой для установления учетной нормы в условиях рыночной экономики должен быть не экспертно обоснованный норматив, а реальная норма прибыли, которая в современных условиях должна определяться на основе учетной ставки центрального банка, ставок по депозитам и кредитам, темпов инфляции и уровня риска, связанного с конкретным объектом инвестирования.

Существует несколько стандартных западных методик для расчета нормы дисконта, наиболее распространенными из которых являются модель оценки капитальных активов, метод кумулятивного

сложения и модель средневзвешенной стоимости капитала [9, 22]. Применение всех трех методов требует анализа значительного объема статистических данных и привлечения специалистов соответствующей квалификации, что трудно выполнить реально в современных условиях, когда практически нет доступа к достоверной и долгосрочной информации. По этой причине поиски методик определения ставки дисконтирования, особенно при расчете эффективности реальных инвестиций, должны продолжаться. Только по мере накопления необходимых достоверных статистических данных и повышения квалификационного уровня экспертов может вырасти эффективность применения разработанных теоретических методов.

Именно поэтому подавляющее большинство специалистов не рассчитывают ставки дисконта в своих финансовых моделях с помощью классических аналитических методик, а предлагают на практике применять эвристические методы обоснования нормы дисконта [8, 36, 42], в качестве которой, в зависимости от цели расчета, используют:

- социальную норму дисконта, которая устанавливается соответствующими органами управления как минимальный социально-экономический норматив, обязательный для оценки проектов, финансируемых за счет бюджетных средств;
- минимальную доходность альтернативного способа использования капитала (например, ставка доходности надежных рыночных ценных бумаг, ставка депозита в надежном банке, ставка процента по долгосрочным государственным облигациям и т. п.);
- для действующих предприятий, осуществляющих инвестиции, как коэффициент дисконта часто рекомендуется использовать средневзвешенную стоимость инвестированного (акционерного и долгосрочного заемного) капитала, то есть его существующий уровень доходности;
- прогнозные значения индексов, характеризующих изменения цен купли-продажи ценных бумаг на фондовых рынках;
- учетная ставка центрального банка;
- в случаях финансирования проекта за счет кредита рекомендуется использовать в качестве ставки дисконта процент за кредит;
- ожидаемый уровень доходности инвестированного капитала с учетом всех рисков проекта;
- темп прироста доходов и т. п.

Рассматривая проблему определения учетной ставки для проведения расчетов по экономической эффективности инвестиций, необходимо обязательно учитывать влияние инфляции. Инфляционные процессы влияют на фактическую эффективность инвестиций, действие инфляции проявляется в уменьшении общей покупательной способности денег, поэтому ее обязательно следует учитывать при анализе и выборе долгосрочных инвестиционных проектов, которыми являются и мелиоративные проекты.

В общем случае различают следующие методы учета инфляции при оценке эффективности инвестиционного проекта [10]:

- 1) инфляционная коррекция денежных потоков;
- 2) учет инфляционной премии в ставке дисконта;
- 3) анализ чувствительности параметров проекта в условиях высокого уровня инфляции.

При оценке эффективности инвестиций в мелиоративные мероприятия на стадии разработки проекта считаем целесообразным использовать метод учета уровня инфляции в ставке дисконтирования. С учетом уровня инфляции учетную ставку можно определить, используя общеизвестную формулу И. Фишера и ее модификации. Согласно данной формуле реальная и номинальная ставки процента связаны таким образом [10, 17]

$$d = r + i + (r \cdot i), \quad (35.16)$$

где d – номинальная ставка процента;

r – реальная ставка процента (базовая);

i – ожидаемый темп инфляции.

При невысоких темпах инфляции (менее 10 % в год) можно воспользоваться упрощенной формулой [17]

$$d = r + i. \quad (35.17)$$

Следует учитывать, что при высоких темпах инфляции ее величиной пренебрегать нельзя, как это обычно делают при незначительных темпах инфляции (менее 5 % в год). Кроме того, если изменения инфляции носят взаимно противоположный характер (инфляция то растет, то падает), корректировки можно и не делать.

Согласно дополнительным требованиям отдельного инвестора по конкретному объекту норма дисконта может быть откорректирована. При оценке экономической эффективности для объектов

государственно-коммерческого инвестирования, в которых доля государственного инвестирования является значительной, а результаты внедрения проекта имеют важное социальное или природо-охранное значение, норма дисконта устанавливается соответствующими государственными учреждениями отдельно [6].

В специальной экономической литературе [8, 19, 42, 43 и др.], как правило, рассматриваются основные показатели, используемые в современном инвестиционном анализе для оценки целесообразности и эффективности любых проектов в общем виде. Но, поскольку каждая отрасль имеет свои особенности в формировании затрат и результатов производства, состав которых зависит от цели расчета и вида эффективности, которую нужно определить, необходимо рассмотреть пригодность известных общих показателей и особенности их расчета в условиях конкретной выбранной отрасли. Именно поэтому известные формулы нуждаются в модификации и уточнении.

В практике управления коммерческим предприятием в странах с развитой рыночной экономикой, в том числе предприятиями сельского хозяйства, широко используется такой инструмент управления, как движение денежного потока. Его суть – в составлении соответствующей таблицы, в которой отражаются все операции с реальными средствами. Независимо от величины прибыли, хотя она и остается основной целью предприятия, величина конечного сальдо денежного потока играет важную роль.

По терминологии GAAP (Generally Accepted Accounting Principles – общепринятые принципы бухгалтерского учета) уравнение для определения величины денежных поступлений (ГН) имеет вид

$$\text{ГН} = \text{P} - \text{B} + \text{A} , \quad (35.18)$$

где P – выручка от реализации продукции;

B – совокупные расходы;

A – амортизация;

K_p – уплаченные проценты за кредит;

$P_{\text{снл}}$ – уплаченные налоги.

Несмотря на то, что сегодня денежный подход широко пропагандируется для его практического использования, пока не существует разработанного четкого механизма для его применения на отечественных предприятиях, поскольку это требует прежде всего кардинального реформирования системы учета и отчетности. Именно поэтому на современном этапе необходимо искать пути совмещения обоих подходов, особенно на стадии проектирования, поскольку на данном этапе спрогнозировать будущие реальные денежные поступления почти невозможно.

В общем виде, в зависимости от источников финансирования мелиоративного проекта, различают: эффективность проекта в целом и эффективность участия в проекте.

Эффективность проекта в целом делится на общую (социально-экономическую) и коммерческую (внутрихозяйственную) эффективность.

Эффективность участия предполагает эффективность участия в проекте отдельных предприятий, акционеров, народного хозяйства в целом, регионов, отраслей или бюджета [9, 21, 36].

В зависимости от видов и источников финансирования должны соответственно изменяться и процедуры расчета экономической эффективности мелиоративного проекта, ведь очевидно, что при оценке различных видов эффективности состав и способы расчета затрат и результатов должны быть разные.

Механизм оценки эффективности мелиоративных проектов должно быть гибким, приспособляемым к любым изменениям внешней экономической среды. Большинство современных экономистов, занимающихся данной проблемой, считают, что нельзя выработать какой-то универсальной процедуры экономического обоснования проектов, неизменной и обязательной к исполнению во всех случаях. В зависимости от источников и способов финансирования главной целью инвестиционного оценивания проектов мелиоративного строительства можно считать обоснование его общеэкономической или коммерческой эффективности.

Общая экономическая эффективность отражает эффективность проекта с точки зрения общества и экономики страны в целом и рассчитывается для проектов, осуществляемых с участием бюджетных средств. Согласно этому подходу формируются и показатели результатов (эффекта) и затрат при экономических расчетах. Рассмотрим процесс формирования общего экономического эффекта от реализации мелиоративного проекта, попытаюсь совместить ресурсный и денежный подходы.

Эффект является отражением результата производственной деятельности, то есть того состояния, к которому стремится экономический объект. В данном случае понятия «эффект» и «результат» можно воспринимать как тождественные. В общем случае экономический эффект – это полезный результат экономической деятельности, измеряется как разница между поступлениями и расходами.

В экономическом смысле эффект – это сумма платежей за ресурсы или сумма доходов всех владельцев ресурсов. В бухгалтерском понимании – это валовая выручка за вычетом расходов.

Основной целью вложения инвестиций в мелиорацию земель является увеличение объема производства сельскохозяйственной продукции благодаря регулированию водно-воздушного режима почв. Поэтому результатом осуществления инвестиций в строительство или реконструкцию мелиоративных систем будет служить прирост сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях, который экономически выражается в показателе прироста чистого дохода продукции земледелия.

В бывшей советской экономической практике показатели чистого дохода и прибыли отождествляли, хотя на самом деле они отличаются по экономической сути и методам расчета. Проанализируем экономическое содержание чистого дохода от аграрного производства, в том числе на мелиорированных землях. В общем виде чистый доход рассчитывается как разница между стоимостью валовой продукции и прямыми затратами на ее производство. Этот показатель отражает превышение поступлений над затратами производства по всей выращенной продукции. То есть это вся вновь созданная стоимость, которая характеризует экономические результаты производства в процесс реализации продукции. Итак, чистый доход отражает всю величину вновь прибавочного продукта [11].

Из этого следует, что для оценки общей экономической эффективности инвестиций в мелиоративные мероприятия на стадии проектирования в качестве основной составляющей эффекта целесообразно использовать именно показатели прогнозируемого чистого дохода, который рассчитывается на базе перспективного (или прогнозируемого) уровня урожайности на мелиорированных землях на период их полного освоения.

При этом возникает проблема определения проектной урожайности. В современной практике проектная урожайность преимущественно задается как фактическое максимальное значение, полученное в зоне расположения объекта или его аналога, или в отдельных случаях, по имеющимся методикам программирования урожая. В таком случае проектная урожайность выступает как нормативная постоянная величина, которая адекватно не отражает фактическую зависимость урожайности от основных факторов влияния. Именно поэтому возникает необходимость в создании таких моделей урожайности, которые позволяют определить адекватную природно-климатическим и мелиоративным условиям реального объекта проектную урожайность.

Хотя чистый доход следует рассматривать как главный результат производственной деятельности на мелиорированных землях и в качестве основной составляющей эффекта от внедрения проекта, но он не может рассматриваться как единственный и универсальный показатель эффекта. Общий эффект должен включать все поступления и расходы, связанные с реализацией проекта. Поэтому вторым важным элементом общего эффекта в современной экономической теории считается прирост амортизационных отчислений, связанный с введением в действие новых основных мелиоративных фондов. Данные отчисления включаются в себестоимость продукции, но фактически вообще не вызывают денежных выплат.

Основные фонды, на которые начисляется амортизация, были приобретены ранее за счет инвестиций, однако бухгалтерия ежемесячно увеличивает себестоимость реализованной продукции на сумму отчислений от остаточной стоимости этих объектов. Это позволяет, с одной стороны, отражать в учете физический и моральный износ основного капитала, а с другой – формировать денежный фонд для возможной замены устаревших объектов в будущем. То есть в соответствии со стандартами бухгалтерского учета амортизационные отчисления традиционно относятся к категории расходов. Однако такие отчисления, в сущности, являются безличными затратами и в современной экономической теории приравниваются по финансовой сути к эффекту [17, 21, 22, 37, 38]. Особенностью сельскохозяйственных предприятий, на балансе которых находятся мелиоративные системы, является значительный удельный вес основных фондов, а следовательно, и амортизационных отчислений по ним в составе поступлений.

Таким образом, чистый доход от производственной деятельности и амортизационные отчисления – это основные и обязательные элементы, формирующие общий экономический эффект от инвестиционного проекта. В итоге общий годовой экономический эффект (E_3) от реализации мелиоративного проекта в общем случае будет иметь вид

$$E_3 = \Delta ЧД + \Delta A - I, \quad (35.19)$$

где $\Delta ЧД$ – прирост годового прогнозного чистого дохода хозяйства в результате реализации инвестиционного проекта;

ΔA – прирост годовых амортизационных отчислений, связанный с введением в действие новых основных фондов;

I – годовая сумма инвестиций.

В соответствии с общей концепцией данной работы, которая базируется на учете в экономических расчетах изменчивости погодно-климатических условий (см. параграф 35.2), прогнозируемый чистый доход хозяйства является средневзвешенным значением по группам лет ($\overline{ЧД}$) в рамках проектного срока функционирования объекта и определяется по формуле

$$\overline{ЧД}_i = \sum_{j=1}^m ЧД_{ij} \cdot \alpha_{pj}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (35.20)$$

С учетом этого годовой экономической эффект ($E_{з_i}$) по каждому варианту мелиоративного проекта совокупности $S = \{s_i\}$, $i = \overline{1, n}$ можно записать в виде

$$E_{з_i} = \sum_{j=1}^m \Delta ЧД_{ij} \cdot \alpha_{pj} + \Delta A_i - I_i, \quad i = \overline{1, n}. \quad (35.21)$$

Тогда основные показатели, по которым осуществляется определение эффективности инвестиций в альтернативные варианты мелиоративного проекта в пределах горизонта расчета T и выбор оптимального из них рассчитываются по формулам соответственно:

$$ИД_i = \left[\frac{\sum_{t=0}^T \frac{E_{з_i}}{(1+d_i)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{I_i}{(1+d_i)^t}} \right] + 1, \quad i = \overline{1, n}; \quad (35.22)$$

$$ЧДД_i = \sum_{t=0}^T \left[\frac{E_{з_i}}{(1+d_i)^t} \right], \quad i = \overline{1, n}; \quad (35.23)$$

$$\sum_{t=0}^{T_{d_i}} \frac{E_{з_i}}{(1+d_i)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{I_i}{(1+d_i)^t}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (35.24)$$

$$\sum_{t=0}^T \left[\frac{E_{з_i}}{(1+BНД_i)^t} \right] = 0, \quad i = \overline{1, n} \quad (35.25)$$

где $T_{d_i} = ДТО_i$.

Таким образом, данные формулы отражают экономическую эффективность осуществления проекта с точки зрения общества и экономики страны в целом. В случаях, когда реализация мелиоративного проекта происходит при участии частного капитала (отдельных землепользователей, хозяйств, их объединений и т. п.) или кредитных ресурсов, необходимо рассчитывать его коммерческую эффективность.

При таких расчетах следует иметь в виду, что в Украине пока нет развитого механизма финансирования мелиоративных мероприятий за счет частных землепользователей. Из-за значительной капиталоемкости водохозяйственно-мелиоративных проектов на данном этапе развития можно предусмотреть долевое участие государственного и частного финансирования, как это происходит в экономически развитых странах.

Как было отмечено ранее, в основе методов расчета любого показателя лежит цель его расчета. Если при определении общей эффективности целью была оценка всего прибавочного продукта, то при определении коммерческой эффективности ситуация меняется.

Частного владельца инвестиций, прежде всего, интересует реальный финансовый результат осуществленных вложений. И этим результатом уже не будет чистый доход, поскольку не вся произведенная продукция является товарной, то есть подлежит реализации. Часть выращенной сельскохозяйственной продукции остается в хозяйстве для внутренних нужд (на семена, корма и т.д.); кроме того, существует вероятность не полной реализации товарной продукции.

Финансовым результатом реализации товарной продукции растениеводства на мелиорированных землях является прибыль, которая представляет собой основной обобщающий показатель финансово-хозяйственной деятельности и выражает эффект предпринимательской деятельности в условиях рыночной экономики. В зависимости от методики расчета различают прибыль от реализации, балансовую прибыль и чистую прибыль.

Прибыль от реализации представляет собой выручку от реализации за вычетом косвенных налогов, уменьшенную на себестоимость реализованной продукции.

Балансовая прибыль определяется как сумма прибыли от реализации, доходов от реализации лишнего имущества, прибыли от внереализационных операций за вычетом убытков от внереализационных операций. То есть это прибыль от всех видов производств и хозяйств, находящихся на балансе предприятия, от всех видов его деятельности.

Чистая прибыль – это прибыль, остающаяся в распоряжении хозяйства после уплаты налогов и других выплат (штрафов, погашение кредита и т. д.). В условиях самофинансирования чистая прибыль является важнейшим источником собственных средств.

Возникает вопрос, какой из видов прибыли следует использовать для оценки коммерческого эффекта от внедрения мелиоративного проекта? Очевидно, что мы не можем использовать с этой целью балансовую прибыль, поскольку она учитывает все виды деятельности хозяйства, в том числе и те, которые непосредственно не относятся к рассматриваемому проекту. А согласно сформулированному нами принципу доходы в рамках инвестиционного проекта должны рассматриваться изолированно от остальной производственной деятельности предприятия, т. е. характеризовать только платежи и поступления, непосредственно связанные с реализацией данного проекта.

По этой же причине мы не можем использовать чистую прибыль, поскольку она рассчитывается на основе балансовой. Поэтому в качестве основной составляющей общего коммерческого эффекта от осуществления мелиоративного проекта будем считать прибыль от реализации сельскохозяйственной продукции с мелиорированных земель.

Прибыль при этом выступает как реализованная часть чистого дохода, а количественно чистый доход отличается от прибыли на сумму дохода по нерезализованной продукции. При необходимости он может корректироваться с учетом прочих доходов и затрат, возникающих в процессе осуществления проекта.

По аналогии с общим экономическим эффектом к коммерческому эффекту от реализации инвестиций в мелиоративные проекты следует отнести и амортизацию основных фондов, которая остается в распоряжении владельца предприятия.

Кроме упомянутых составляющих, на величину коммерческого эффекта влияют и финансовые факторы, среди которых следует выделить денежные потоки, связанные с кредиторскими выплатами, и налоговые расчеты.

Кредитные потоки включаются в расчет коммерческого эффекта, если источником инвестиций в проект были привлечены средства или если в течение жизненного цикла проекта хозяйство получает кредит для увеличения оборотных фондов. Финансовые поступления за определенный период могут уменьшаться на сумму погашенного банковского кредита или увеличиваться за счет нового займа.

Итак, общую сумму годового коммерческого эффекта (E_{κ}) от реализации мелиоративного проекта можно представить в следующем виде

$$E_{\kappa} = \Delta\Pi + \Delta A \pm K\Pi - \Delta\Pi\Pi - I, \quad (35.26)$$

где $\Delta\Pi$ – прирост прибыли от реализации продукции земледелия в соответствующем периоде;

$K\Pi$ – годовые кредитные потоки;

$\Delta\Pi\Pi$ – прирост отчислений по подоходному налогу в результате реализации проекта.

С учетом изменчивости природно-климатических условий (параграф 35.2), которые влияют на формирование прибыли от реализации, основные составляющие эффекта по каждому из альтернативных вариантов мелиоративного проекта определяются по формулам:

$$\bar{\Pi}_i = \sum_{j=1}^m \Pi_{ij} \cdot \alpha_{p_j}, \quad i = \bar{1}, n, \quad (35.27)$$

где $\bar{\Pi}_i$ – средневзвешенный годовой доход по расчетным группам лет.

$$\bar{\Pi}'_i = \sum_{j=1}^m (\Pi_{ij} - \Pi\Pi_{ij}) \cdot \alpha_{p_j}, \quad i = \bar{1}, n, \quad (35.28)$$

где $\bar{\Pi}'_i$ – скорректированный на подоходный налог средневзвешенный годовой доход по расчетным группам лет.

С учетом этого летний коммерческий эффект (E_{κ_i}) по рассмотренным вариантам мелиоративного проекта совокупности $S = \{s_i\}$, $i = \bar{1}, n$ можно записать в виде:

$$E_{\kappa_i} = \sum_{j=1}^m (\Delta\Pi_{ij} - \Delta\Pi\Pi_{ij}) \cdot \alpha_{p_j} + \Delta A_i \pm K\Pi_i - I_i, \quad i = \bar{1}, n. \quad (35.29)$$

Тогда основные показатели, по которым осуществляется расчет коммерческой эффективности инвестиций в различные варианты мелиоративного проекта и выбор оптимального из них рассчитываются по формулам:

$$ИД_i = \left[\sum_{t=0}^T \frac{E_{ki}}{(1+d_i)^t} / \sum_{t=0}^T \frac{I_i}{(1+d_i)^t} \right] + 1, \quad i = \overline{1, n}; \quad (35.30)$$

$$ЧДД_i = \sum_{t=0}^T \left[E_{ki} / (1+d_i)^t \right], \quad i = \overline{1, n}; \quad (35.31)$$

$$\sum_{t=0}^{T_{oi}} \frac{E_{ki}}{(1+d_i)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{I_i}{(1+d_i)^t}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (35.32)$$

$$\sum_{t=0}^T \left[E_{ki} / (1+BHD_i)^t \right] = 0, \quad i = \overline{1, n}. \quad (35.33)$$

По данным формулам рассчитывается целесообразность вложения инвестиций с точки зрения землепользователя, инвестора и т. д. Они позволяют оценить возможность и целесообразность привлечения кредитных ресурсов для финансирования проекта, приемлемую ставку процента по кредиту, а также срок его возврата.

35.5. Апробация и эффективность эколого-экономической оценки водохозяйственно-мелиоративных проектов в зоне Полесья

Для наглядности применения предложенных подходов при сравнении альтернативных вариантов проектных решений по реконструкции осушительных систем в различных климатических зонах рассмотрим пример для зоны Полесья (Волинская область) согласно литературе [39].

Рассчитаем эффективность реконструкции осушительной мелиоративной системы площадью 347,7 га и целесообразности перевода ее на двустороннее регулирование. Основные исходные показатели по системе представлены в таблицах 35.4 и 35.5.

Таблица 35.4

Основные данные по урожайности сельскохозяйственных культур в пределах системы в зоне Полесья

Культура	Фактическая урожайность, ц/га	Потенциально возможная урожайность, ц/га	Площадь, га
Озимые зерновые	20	32	124,0
Лен	6	8,4	21,0
Картофель	150	190	15,0
Кормовая свекла	220	380	24,0
Помидоры	160	200	3,7
Многолетние травы	25	550	125,0
Кукуруза на силос	180	290	35,0

Таблица 35.5

Основные экономические показатели по системе в зоне Полесья до реконструкции, тыс. грн.

№ п/п	Показатель	Величина
1	Балансовая стоимость системы	1648,098
2	Текущие затраты	621,966
	- сельскохозяйственные	552,982
	- эксплуатационные	19,541
	- амортизация основных фондов	49,443
3	Валовая продукция	579,720
4	Чистый доход	- 42,246

Приведенные здесь и в дальнейшем показатели, а также все расчеты реализованы в ценах 2000 года.

Основные технико-экономические показатели вариантов проектных решений с учетом влияния метеоролого-климатических условий в разные по тепло- и влагообеспеченности группы лет и

средневзвешенные по долевному участию распределения этих групп лет в общем сроке функционирования проекта представлены в таблице 35.6.

Таблица 35.6

Основные технико-экономические показатели альтернативных вариантов реконструкции мелиоративной системы, зависящие от природно-климатических условий

Тепло- и влаго-обеспеченность, p , %	Сельскохозяйственные затраты, $C^{сз}$, грн/га	Эксплуатационные затраты, $C^м$, грн/га	Текущие затраты, C , грн/га	Валовая продукция, V , грн/га	Чистый доход, $ЧД$, грн/га
Осушение (ОС)					
10	2640,6	319,9	2960,5	3991,5	1031,0
30	2921,2	273,3	3194,5	5471,0	2276,4
50	2931,8	263,0	3194,8	5546,1	2351,4
70	2828,8	263,0	3091,8	4976,6	1884,8
90	2667,0	263,0	2930,0	4105,4	1175,3
Средневзвешенное	2820,5	273,6	3094,1	4939,4	1845,3
Предупредительное шлюзование (ПШ)					
10	2757,2	504,3	3261,6	3991,5	729,9
30	3018,0	394,6	3412,7	5371,7	1959,0
50	3111,2	370,4	3481,6	5882,6	2401,0
70	3085,0	387,9	3473,0	5725,1	2252,2
90	3066,5	444,9	3511,3	5619,9	2108,6
Средневзвешенное	3026,2	410,9	3437,1	5418,0	1980,9
Увлажнительное шлюзование (УШ)					
10	2808,6	828,9	3637,5	3991,5	353,9
30	3069,4	692,2	3761,6	5371,7	1610,1
50	3190,2	662,0	3852,2	6029,2	2177,0
70	3190,4	683,8	3874,2	6020,4	2146,1
90	3216,3	754,8	3971,1	6135,7	2164,6
Средневзвешенное	3112,8	712,5	3825,2	5605,8	1780,6
Орошение дождеванием на фоне осушения (ДО)					
10	2647,2	504,2	3151,4	3991,5	840,0
30	2930,9	420,3	3351,2	5491,5	2140,3
50	2942,0	401,8	3343,8	5561,1	2217,4
70	2877,1	410,5	3287,6	5227,0	1939,4
90	2750,1	438,8	3188,9	4569,4	1380,5
Средневзвешенное	2850,5	428,6	3279,1	5079,5	1800,3
Орошение дождеванием на фоне предупредительного шлюзования (ДШ)					
10	2765,2	651,5	3416,7	3991,5	574,7
30	3026,0	521,8	3547,8	5371,7	1823,9
50	3123,5	493,2	3616,6	5907,4	2290,7
70	3136,1	513,9	3650,0	5986,7	2336,7
90	3125,9	581,2	3707,1	5926,0	2218,9
Средневзвешенное	3053,8	541,0	3594,8	5535,4	1940,6

Определим абсолютный и относительный уровни погодно-климатического риска по системе по каждому варианту мелиоративного проекта при условии, что потенциально возможная валовая продукция на данном объекте составляет 7667,6 грн/га.

Следует отметить, что наименее рискованной технологией оказалось увлажняющее шлюзование. При этом недобор урожая при фактическом состоянии производства на мелиорированных землях достигает 78 %, что свидетельствует о критическом состоянии производства на мелиорированных землях и необходимость в реконструкции.

В таблице 35.8 представлены рассчитанные значения относительной степени погодно-климатического риска по различным технологиям водорегулирования и сельскохозяйственным культурам в зависимости от балла бонитета почвы: дерново-слабоподзолистая (24 балла); торфяная (30 баллов); дерново-глеевая (57 баллов); дерново-карбонатная (84 балла).

Анализ показывает, что технологией, которая максимально уменьшает негативное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, является увлажняющее шлюзование, риск для которой составляет 27,5 ... 31 %. В свою очередь, технологией, которая обеспечивает наибольшие потери от действия природных факторов, является осушение, риск для которого составляет 34,5... 38 %.

Таблица 35.7

**Количественная мера погодно-климатического риска по альтернативным вариантам
мелиоративного проекта в зоне Полесья**

Варианты проектных решений	Абсолютная мера погодно-климатического риска грн/га	Относительный уровень погодно-климатического риска, %
Осушение	2798,396	36,5
Дождевание на фоне осушения	2649,0	34,54
Предупредительное шлюзование	2334,552	30,45
Орошение дождеванием на фоне предупредительного шлюзования	2239,91	29,21
Увлажнительное шлюзование	2186,939	28,52

Таблица 35.8

**Относительная мера погодно-климатического риска по вариантам проектных решений
на различных почвах, %**

Способ водорегулирования	Балл бонитета грунта			
	24	30	57	84
Предупредительное шлюзование, средневзвешенное				
По культурам:	29,0	29,2	31,7	32,4
- озимые зерновые	28,4	28,9	30,4	31,9
- лен (волокно)	30,8	30,7	33,7	33,8
- картофель	27,7	28,0	31,2	32,1
- кормовая свекла	28,6	29,5	32,8	33,2
- томаты	26,4	25,8	28,2	30,2
- многолетние травы	38,8	38,3	39,3	40,1
- кукуруза	24,7	25,2	27,2	30,5
Дождевание на фоне предупредительного шлюзования, средневзвешенное				
По культурам:	27,9	28,1	30,7	31,4
- озимые зерновые	27,7	27,9	29,6	32,0
- лен (волокно)	26,6	25,9	28,2	29,9
- картофель	21,3	20,6	21,6	26,3
- кормовая свекла	21,6	20,7	21,7	23,6
- томаты	19,7	18,9	20,2	20,6
- многолетние травы	31,9	31,6	35,2	38,1
- кукуруза	22,6	23,3	25,4	27,4
Увлажнительное шлюзование, средневзвешенное				
По культурам:	27,5	27,5	29,8	30,8
- озимые зерновые	28,2	28,4	29,7	31,3
- лен (волокно)	29,0	28,7	31,6	32,0
- картофель	25,6	25,4	28,3	30,0
- кормовая свекла	26,3	26,7	29,7	30,1
- томаты	24,4	23,5	25,8	27,5
- многолетние травы	36,3	36,8	38,6	40,0
- кукуруза	23,7	23,8	25,5	28,6
Осушение, средневзвешенное				
По культурам:	34,5	34,8	37,1	38,0
- озимые зерновые	31,7	32,6	33,9	34,6
- лен (волокно)	36,9	36,6	39,0	40,2
- картофель	32,6	33,3	37,0	37,9
- кормовая свекла	35,8	36,2	40,2	40,8
- томаты	31,3	31,9	32,9	36,0
- многолетние травы	46,0	44,7	44,5	44,9
- кукуруза	28,3	29,1	31,9	33,3
Дождевание на фоне осушения, средневзвешенное				
По культурам:	32,4	32,6	35,2	35,9
- озимые зерновые	27,4	27,3	29,1	30,9
- лен (волокно)	25,9	25,5	26,6	30,1
- картофель	20,9	21,3	22,8	25,8
- кормовая свекла	23,5	21,0	21,5	23,7
- томаты	19,2	19,5	20,4	22,3
- многолетние травы	33,5	32,0	35,8	37,1
- кукуруза	23,2	23,0	25,0	26,5

Что касается отдельных сельскохозяйственных культур, то очевидно, что наибольшее влияние неблагоприятные погодные условия оказывают на урожайность многолетних трав (31,6...46 %), а также льна (25,5...40,2 %), а наименьшее, в зависимости от технологии водорегулирования и балла бонитета почвы, – на урожайность томатов (18,9... 36 %), кукурузы (23,0...33,3 %) и картофеля (20,6... 37,9 %).

Качество и характеристики почвы, которые выражаются в балле бонитета, также влияют на долю недополучения продукции. Из таблицы видно, что средний относительный уровень погодно-климатического риска по технологиям водорегулирования растет пропорционально повышению балла бонитета почвы. Такое положение объясняется тем, что на более качественных почвах можно получить больший потенциальный урожай, поэтому относительный уровень его недостижения растет.

На рисунке 35.2 изображена диаграмма изменения относительного уровня погодно-климатического риска по технологиям водорегулирования в зависимости от метеорологических условий типовой группы лет.

Итак, самый большой риск (до 48 %) по всем технологиям водорегулирования наблюдается в очень влажные годы, а также в очень сухие – при осушении (до 47 %). При этом применение более совершенных технологий водорегулирования осушаемых земель позволяет значительно снизить величину погодно-климатического риска по сравнению с осушением в неблагоприятные засушливые годы: для предупредительного шлюзования – в среднем до 25 %, для увлажняющего шлюзования – до 20...22 %, для орошения дождеванием – 22...23 %. Это убедительно свидетельствует о высокой общей эффективности двойного регулирования водного режима осушаемых земель.

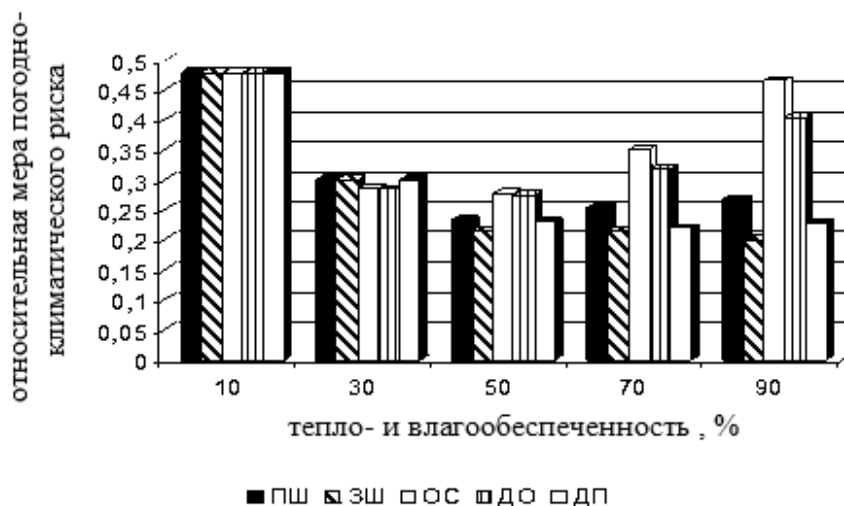


Рис. 35.2. Относительная мера погодно-климатического риска различных технологий водорегулирования в типичные по тепло- и влагообеспеченности группы лет в зоне Полесья

Сводные данные по основным технико-экономическим показателям альтернативных вариантов мелиоративного проекта приведены в таблице 35.9, а результаты расчета по показателям традиционных и модифицированных приведенных затрат, расположенные по возрастанию, – в таблице 35.10.

Таблица 35.9

Сводные данные по основным технико-экономическим показателям альтернативных вариантов мелиоративного проекта, средневзвешенные по группам лет, грн/га

№ п/п	Основные технико-экономические показатели	Альтернативные варианты реконструкции мелиоративной системы				
		Осушение	Предупредительное шлюзование	Увлажнительное шлюзование	Дождевание на фоне осушения	Орошение дождеванием на фоне предупредительного шлюзования
1	Капитальные вложения	6700	7480	9600	7492,1	8294
2	Текущие затраты:	3094,1	3437,1	3825,2	3279,1	3594,8
	- сельскохозяйственные	2820,5	3026,2	3112,8	2850,5	3053,8
	- мелиоративные	273,6	410,9	712,5	428,6	541,0
3	Валовая продукция	4939,4	5418,0	5605,8	5079,5	5535,4
4	Чистый доход	1845,3	1980,9	1780,6	1800,3	1940,6
5	Абсолютный уровень погодно-климатического риска	2798,4	2334,6	2187	2648,2	2240,0

Таблица 35.10

Ранжирование технологий водорегулирования по критериям оценки в зоне Полесья

№ п/п	По традиционному показателю приведенных затрат		По показателю приведенных затрат с учетом погодно-климатического риска	
	Варианты проектных решений	Значение	Варианты проектных решений	Значение
1	Осушение	0,789	Предупредительное шлюзование	1,231
2	Предупредительное шлюзование	0,800	Орошение дождеванием на фоне предупредительного шлюзования	1,234
3	Увлажнительное шлюзование	0,823	Увлажнительное шлюзование	1,278
4	Дождевание на фоне осушения	0,829	Дождевание на фоне осушения	1,344
5	Орошение дождеванием на фоне предупредительного шлюзования	0,888	Осушение	1,356

В таблице 35.11 приведены результаты определения коэффициента экологической надежности по системе в целом.

Таблица 35.11

Значение коэффициента экологической надежности в зоне Полесья

Варианты проектных решений	Коэффициент экологической надежности
Осушение	0,38
Предупредительное шлюзование	0,64
Увлажнительное шлюзование	0,53
Дождевание на фоне осушения	0,38
Орошение дождеванием на фоне предупредительного шлюзования	0,64

Итак, в зоне Полесья для природно-агротелиоративных условий анализируемого объекта наиболее привлекательными технологиями с точки зрения минимизации совокупных затрат и потерь от недобора урожая оказались предупредительное шлюзование и орошение дождеванием на фоне предупредительного шлюзования, которые выбраны для дальнейшего инвестиционного анализа.

Определение общей эффективности осуществляется с помощью электронных таблиц по методике, предложенной в параграфе 35.3. Исходные данные для расчета и основные обобщающие результаты представлены в таблицах 35.12 и 35.13.

Таблица 35.12

Исходные данные для расчета общей эффективности вариантов проектных решений

№ п/п	Показатель	Предупредительное шлюзование	Орошение дождеванием на фоне предупредительного шлюзования
1	Прирост годового чистого дохода, средневзвешенного по группам лет в результате реконструкции, тыс. Грн..	688,759	674,747
2	Прирост амортизационных отчислений в результате реконструкции, тыс. грн.	78,024	111,438
3	Инвестиции на реконструкцию, тыс. грн	2730,836	3028,125

Таблица 35.13

Основные показатели экономической эффективности инвестиций по вариантам проектных решений в зоне Полесья

№ п/п	Показатель	Предупредительное шлюзование	Орошение дождеванием на фоне предупредительного шлюзования
1	Индекс доходности инвестиций	2,1	1,9
2	Чистый дисконтированный доход, тыс. грн	2987,9	2835,3
3	Дисконтированный срок окупаемости инвестиций, годы	5,0	6,0
4	Внутренняя норма доходности, %	27,9	25,7

По всем критериям, с точки зрения общей экономической эффективности, для реконструкции на данном объекте следует выбрать предупредительное шлюзование.

При условии продолжения сельскохозяйственного производства и отказе от реконструкции существующей мелиоративной системы за рассматриваемый срок индекс доходности инвестиций составит 0,04 %, а чистая прибыль 1661,85 тыс. грн., что свидетельствует о целесообразности реконструкции.

Поскольку коммерческая эффективность рассчитывается только по товарной продукции, то кормовая свекла, кукуруза на силос, многолетние травы на сено, а также часть зерновых, картофеля, льна и томатов остается в хозяйстве, не учитывается. Исходные данные и результаты расчета коммерческой эффективности представлены в таблицах 35.14 и 35.15.

Таблица 35.14

**Исходные данные для расчета коммерческой эффективности инвестиций
в предупредительное шлюзование в зоне Полесья**

№ п/п	Показатель	Значение
1	Прирост годовой средневзвешенной по группам лет прибыли от реализации товарной продукции в результате реконструкции, тыс. грн.	347,354
2	Прирост амортизационных отчислений в результате реконструкции, тыс. грн.	78,024
3	Прирост отчислений по налогу на прибыль в результате реконструкции, тыс. грн.	104,206
4	Инвестиции хозяйства на реконструкцию, тыс. грн.	819,251

Таблица 35.15

**Основные показатели коммерческой эффективности инвестиций в предупредительное шлюзование
в зоне Полесья**

№ п/п	Показатель	При частичном финансировании за счет собственных средств	При частичном финансировании за счет заемных средств
1	Индекс доходности инвестиций	3,4	2,0
2	Чистый дисконтированный доход, тыс. грн.	1994,4	794,0
3	Дисконтированный срок окупаемости инвестиций, годы	3,5	5,0
4	Внутренняя норма доходности, %	39,2	52,3

Итак, результаты расчета общей и коммерческой эффективности реконструкции мелиоративной системы в заданных природных условиях конкретного объекта свидетельствуют о целесообразности вложения инвестиций в данный проект, причем как государственных, так и частных.

Таким образом, проведенные по усовершенствованной методологии расчеты с эколого-экономического обоснования проектов реконструкции осушительных систем в зонах с избыточным и неустойчивым увлажнением подтверждают достаточную эффективность таких мер и целесообразность вложения в них инвестиций в современных условиях хозяйствования.

Литература

1. Закон України «Про Загальнодержавну програму розвитку водного господарства» від 17.01.2002 № 2988-III.
2. Закон України «Про меліорацію земель» від 14.01.2000 № 1389-XIV.
3. Постанова ВРУ «Про концепцію розвитку водного господарства України» від 14.01.2000 № 1390-XIV.
4. ВБН 33-5.5-01-97 «Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу». – Київ, 2002.
5. ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди. – Київ, 1999. – 174 с.
6. Методика оцінки ефективності інвестицій у водне господарство (проект). – Київ, 2001. – 56 с.
7. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. Вторая редакция. – М.: Экономика, 2000.
8. Бригхем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент: Полный курс : в 2 т. : пер. с англ. / под ред. В. В. Ковалева. – СПб.: Экономическая школа, 2000. – Т. 1. – 497 с.
9. Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционного проекта: Теория и практика : учеб-практ. пособие. – М.: Дело, 2001. – 832 с.
10. Волков И. М., Грачева М. В., Алексанов Д.С. Критерии оценки проектов. – URL : [//www.cfin.ru/finanalysis/cf_criteria2.shtml](http://www.cfin.ru/finanalysis/cf_criteria2.shtml)
11. Гордійчук А. С., Стахів О. А. Економіка і організація діяльності водогосподарських підприємств. – Рівне: РДТУ, 2000. – 272 с.
12. Гречишкина М. В., Ивахник Д. Е. Выбор оптимального варианта инвестиций (оптимизационный подход) // Финансовый менеджмент. – 2003. – № 3. – С. 72–79.
13. Дупляк В. Д. Проектна справа у водогосподарському будівництві : курс лекцій. – Київ ; Рівне, 1996. – 234 с.
14. Жуковский Е. Е. Метеорологическая информация и экономические решения. – Л., 1981. – 305 с.
15. Карук Б. П. Экологическое обоснование проектов мелиоративных систем : конспект лекций. – Киев: Изд-е ВИПК Минводстроя СССР, 1989. – 110 с.

16. Инвестиционное проектирование : учеб. пособие. – 3-е изд. / А. Г. Комаров [и др.]. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2001. – 106 с.
17. Липиц И. В., Коссов В. В. Инвестиционный проект: методы подготовки и анализа : учеб.-справ. пособие. – М.: БЕК, 1996. – 304 с.
18. Маслов Б. С., Минаев И. В. Мелиорация и охрана природы. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 271 с.
19. Массе П. Критерии и методы оптимального определения капитальных вложений. – М.: Статистика, 1971. – 503 с.
20. Михайлова Н., Кондрунина М. Обоснование ставки дисконтирования путем использования основных рыночных финансовых индикаторов доходности капитала. – URL : http://www.cfin.ru/finanalysis/discount_rate.shtml
21. Непомнящий Е. Г. Инвестиционное проектирование : учеб. пособие. – Таганрог: ТРТУ, 2003. – 262 с.
22. Нікбахт Е., Гроппелі А. Фінанси / пер. з англ. В. Ф. Овсієнка та В. Я. Мусієнка. – Київ: Основи, 1993. – 383 с.
23. Обеспечение экологической надежности мелиоративных объектов / под ред. Б. П. Карука. – Киев: Урожай, 1987. – 224 с.
24. Підвищення ефективності рисових зрошувальних систем України : наук.-метод. рек. / Л. М. Грановська, А. М. Рокочинський, С. М. Гончаров [та ін.]. – Херсон ; Рівне, 2011. – 104 с.
25. Реймерс Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). – М.: Россия Молодая, 1994. – 367 с.
26. Рокочинська Н. А. Урахування екологічних факторів при економічному оцінюванні альтернативних варіантів меліоративного проекту // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: зб. наук. праць. Економіка. – 2004. – Вип. 3 (27). – С. 121–128.
27. Загальні практичні критерії, умови та моделі еколого-економічної оптимізації проектних рішень з водорегулювання осушуваних земель / А. М. Рокочинський [та ін.] // Вісник Рівненського державного технічного університету: зб. наук. праць. – 2001. – Вип. 5(12). – С. 232–242.
28. Оцінка мінливості природно-кліматичних умов у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем / А. М. Рокочинський [та ін.] // Вісник Українського державного університету водного господарства та природокористування : зб. наук. праць. Технічні науки. Сільськогосподарські науки. – 2003. – Вип. 4 (23). – С. 68–75.
29. Рокочинський А. М. Оптимізація проектних технічних і технологічних рішень з водорегулювання осушуваних земель : дис. ... д-ра техн. наук. – Київ, 2002.
30. Про деякі завдання аграрної науки у зв'язку зі змінами клімату : наук. доповідь-інформація / М. І. Ромашенко [та ін.]. – Київ, 2003. – 46 с.
31. Рыскулов Д. М. Зарубежные методы экономической оценки эффективности мелиоративных и водохозяйственных проектов // Мелиорация и водное хозяйство. Сер. Экономика и управление в мелиорации и водном хозяйстве : обзор. информация / ЦБНТИ Минводхоза СССР. – М., 1988. – Вып. 2. – С. 1–48.
32. Тимчасові рекомендації з оцінки інвестиційних проектів будівництва і реконструкції водогосподарських об'єктів та меліоративних систем (нормативний документ) / А. М. Рокочинський [та ін.]. – Рівне: НУВГП, 2013. – 43 с.
33. Тимчасові рекомендації з прогностичної оцінки водного режиму та технологій водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції меліоративних систем / А. М. Рокочинський, С. В. Шалай, П. І. Мендусь [та ін.]. – Рівне: НУВГП, 2011. – 54 с.
34. Тимчасові рекомендації з оптимізації водорегулювання осушуваних земель у проектах будівництва й реконструкції водогосподарсько-меліоративних об'єктів / В. А. Сташук, А. М. Рокочинський, В. Д. Дупляк [та ін.]. – Рівне: НУВГП, 2010. – 52 с.
35. Трегобчук В. М. Экономико-экологические проблемы гидромелиорации / АН УССР. Институт экономики. – Київ: Наук. думка, 1990. – 208 с.
36. Фроленкова Н. А., Кожушко Л. Ф., Рокочинський А. М. Еколого-економічне оцінювання в управлінні меліоративними проектами : монографія. – Рівне: НУВГП, 2007. – 257 с.
37. Формирование хозяйственных решений / под общ. ред. В. М. Хобты. – Донецк: Каштан, 2003. – 416 с.
38. Хавранек П. М., Беренс В. Руководство по оценке эффективности инвестиций : пре с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: АОЗТ «Интер-эксперт», 1995. – 528 с.
39. Шалай С. В., Рокочинський А. М. Оцінка продуктивності осушуваних земель за довготерміновим прогнозом : монографія. – Рівне: НУВГП, 2011. – 149 с.
40. Экология и экономика / О. Ф. Балацкий, Л. Г. Мельник, Н. В. Ярош [и др.]. – Киев: Урожай, 1986. – 112 с.
41. Bierman H., Smidt S. The Capital Budgeting Decision. Economic Analysis of Investment Projects. 7th Ed. Macmillan Publishing Company, Colier Macmillan Publishers. – N.-Y., 1988. – 541 p.
42. Economic Analysis of Investment Operations. Analytical Tools and Practical Applications / P. Belli, J. R. Anderson, H. N. Barnum, J. A. Dixon. – Washington: D.C., The World Bank, 2001. – 265 p.
43. Guidelines for preparing the industrial investment project profile. – UNIDO, 1991. – 302 p.

Глава 36. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БАЛАНСА ИНТЕРЕСОВ В ЗОНЕ ПОЛЕСЬЯ КАК ЗОНЕ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

36.1. Причины возникновения конфликтов интересов на территории полифункционального статуса и пути их разрешения

В настоящее время в Украине существуют специфические проблемы экономического развития, которые нуждаются в разрешении. В отличие от развитых стран мира, Украина остается страной с экстенсивным типом развития экономики, который приводит к нерациональному природопользованию. Характерной для нее является диспропорция общегосударственных и региональных экономических структур, несоответствие между размещением природно-ресурсного и социально-экономического потенциалов, научно-техническая отсталость во многих отраслях, в том числе в сельском хозяйстве.

Зона Полесья Украины представлена хозяйственным комплексом, основной составляющей которого является аграрный сектор экономики. При сбалансировании территориально-хозяйственных пропорций региона приоритетами структурной политики должны стать такие отрасли, как рекреация, туризм, промышленность, сфера услуг при сохранении все же общей агропромышленной ориентации региональной экономики Полесья. Кроме того, Полесье имеет значительные природно-рекреационные ресурсы (благоприятные климатические условия, достаточная обеспеченность водными ресурсами, наличие месторождений минеральных лечебных вод, богатство и многообразие местной флоры и фауны, значительное количество объектов природно-заповедного фонда).

С целью улучшения земель здесь были проведены значительные мелиоративные мероприятия. Следует отметить, что не все они достигли желаемых результатов, а многие из них привели к негативным последствиям. По состоянию на 1 января 1983 г. на территории Украинского Полесья было построено осушительных систем на площади около 2 млн га. Увеличение осушенных площадей, повышение технического уровня осушительных систем и улучшение их эксплуатации дали возможность увеличить на этих землях производство сельскохозяйственной продукции, способствовали развитию производительных сил и решению социальных проблем региона. Однако во многих сельскохозяйственных предприятиях эффективность использования осушенных земель сегодня низкая, проектная урожайность по большинству сельскохозяйственных культур не достигается. Причиной этого является применение научно не обоснованных мелиораций, осушение болот на значительной площади, которые играли важную роль регуляторов речного стока на территориях Полесья.

Благодаря осушению болот площадь сельскохозяйственных земель увеличилась на 1,6 млн га, но уже в 1992 г. отмечается снижение экономического эффекта от мелиораций. Площадь земель, которые потеряли свое плодородие через дефляцию (ветровую эрозию), составила 24 %, окисленных – 47 %, подверженных водной эрозии – 18 %. Почти 50 % рек изменили свой гидрологический режим, ухудшаются условия воспроизводства флоры и фауны, потеряно значительное количество болотных растений и животных из-за уменьшения площади болот.

Больше 10 % гидромелиоративных систем находятся в неудовлетворительном состоянии и нуждаются в полной или частичной реконструкции, а начиная с 1986 г. процесс строительства новых осушительных систем и гидротехнических сооружений совсем прекратился, в результате чего происходит процесс вторичного подтопления и заболачивания ранее осушенных сельскохозяйственных земель.

Исходя из этого необходимо отметить, что в условиях Украинского Полесья есть много примеров негативного природопользования, то есть нерационального взаимодействия человека с природой, однако эти негативные примеры характерны и для мирового сельского хозяйства. Такое положение не может не приводить к природным катаклизмам, стихийным явлениям, а также к значительному ухудшению качества окружающей среды в целом. Территория Украины, на которой активно развивались разные виды мелиораций, что связано со строительством гидротехнических сооружений, мелиоративных систем (осушительных, оросительных), искусственных водоемов и водохранилищ, не является исключением. Антропогенная нагрузка на окружающую природную среду, нерациональное природопользование достигли уровня, угрожающего для здоровья человека и существования безопасной окружающей среды. Экологическое состояние территории можно охарактеризовать как напряженное.

Кроме этого, появились такие экологические проблемы, как ухудшение качества питьевой воды, загрязнение подземных вод, загрязнение водоемов сточными неочищенными водами, деградация земель под действием водной и ветровой эрозии, ухудшение экологического состояния рек, развитие процессов вторичного подтопления, загрязнение территории бытовыми и токсичными отходами, ядохимикатами, снижение содержания гумуса в почвах, сокращение площади лесов и лесных полос.

В сфере охраны окружающей среды и здоровья человека в Украине не обеспечивается устойчивое, с экологической точки зрения, развитие, наблюдается слабое экологическое образование и экологическое воспитание; недостаточная экологическая осведомленность и экологическая информированность населения; есть дефицит конкретной экологической информации.

Особенностями региона Украинского Полесья являются использование природно-ресурсного потенциала для потребностей аграрного сектора экономики, промышленности, а также для развития рекреационно-туристического комплекса, что способствует возникновению противоречий и конфликтов в системе природопользования.

Противоречие здесь может быть снято разработкой строгих требований к природопользователям и усовершенствованием существующих технологий выращивания сельскохозяйственных культур. Только рациональное ведение сельскохозяйственной деятельности с выполнением условий охраны окружающей среды, как и для всех других отраслей народного хозяйства, может обеспечить использование природно-ресурсного потенциала Полесья и для развития рекреационного и туристического комплексов.

С целью обеспечения охраны окружающей среды, особенно в зонах с суровым санитарным режимом, должны быть разработаны четкие параметры экологических требований к технологиям выращивания сельскохозяйственных культур, а представители природоохранных служб должны проводить жесткий контроль выполнения данных экологических требований.

Существующие сегодня в Украине технологии получения сельскохозяйственной продукции делают продукты питания не менее опасными для здоровья, чем промышленные выбросы, однако при подготовке специалистов для сельского хозяйства данные эффекты не всегда учитываются [2, с. 233]. Экологизация мышления выполняет задачу духовно-практического освоения природы с целью создания системы «общество-природа». Экологическая составляющая мышления включает вместе с теоретическими знаниями законов взаимодействия природы и общества моральные и этические принципы хозяйствования и жизнедеятельности общества и человека. Данные взаимодействия воплощаются в моральных принципах, которые и формируют адекватное поведение всех членов общества.

«Экологизация общества – это постоянное воссоздание экологически ориентированных знаний, навыков и убеждений», – отмечает Л. Г. Мельник [3, с. 232]. Основным принципом образования в сфере охраны окружающей среды является формирование эколого-экономического мировоззрения человека. Прежде всего речь идет о неотложной необходимости формирования не только экологического, но и социально-экономико-экологического мышления.

За возможность пользоваться природными ресурсами необходимого качества и количества между природопользователями иногда происходит конкурентная борьба, которая приводит к возникновению конфликтов. Конфликты в сфере природопользования возникают в том случае, когда несколько отраслей экономики региона заинтересованы в использовании одного и того же природного ресурса ограниченного количества и необходимого качества. Например, если рассмотреть сферы водопользования и землепользования, которые тесно связаны между собой, то во многих случаях проблема использования водных ресурсов разными отраслями решается мирно, но в некоторых случаях общее использование природных ресурсов оказывается проблематичным и приводит к возникновению конфликтов.

Конфликт возникает по поводу невозможности использовать природные ресурсы одной отраслью при истощении или загрязнении этих ресурсов во время производственного процесса другой отраслью. Иногда конфликт возникает только в определенный период времени. Для выявления возможных или существующих конфликтов в процессе природопользования необходимо детальное обследование и анализ состояния территории, на которой возникает конфликт интересов. При определении границ конфликта надо учитывать взаимосвязь этой территории с соседними регионами и странами, т. е. трансграничное использование природно-ресурсного потенциала. Экологическая политика региона должна быть согласована с природоохранными действиями регионов, которые расположены рядом и, в определенном смысле, должна образовывать вместе с ними одно целое. При выборе тех или других вариантов развития региона необходимо применять комплексный подход. Такой подход предусматривает анализ всех взаимосвязей, которые возникают между объектами и субъектами природопользования, а также анализ последствий всех мероприятий, которые проводятся или планируются.

Территория Полесья Украины представляет собой противоречивый и конфликтный регион, с точки зрения природопользования. Экстенсивный тип развития экономики региона, в том числе и аграрного сектора, привел к нерациональному использованию природных ресурсов, что, в свою очередь, создало условия для возникновения конфликта интересов при использовании водных, земельных и рекреационных ресурсов.

36.2. Особенности использования полифункциональных территорий Полесья для рекреационных целей

Конференция в Рио-де-Жанейро в своей Декларации отметила необходимость перехода мирового сообщества на рельсы устойчивого развития для обеспечения баланса между социально-экономическим развитием и сохранением окружающей природной среды. Обеспечение условий устойчивого развития невозможно без экономического развития региона и повышения физических возможностей человека, с одной стороны, и эффективного функционирования рекреационно-туристического комплекса для оздоровления человека – с другой. Значение рекреационного комплекса для формирования трудоспособного общества определяется несколькими функциями:

- медико-биологической (оздоровление, возобновление физических способностей людей);
- социально-культурной (влияние на занятость, возрождение народных промыслов, традиций, познания);
- экономической (влияние на рост ВВП, платежный баланс, развитие хозяйственных структур, привлечения инвестиций и денежных средств);
- политической (утверждение государства, его интеграция к мировому сообществу) [4, с. 224].

По степени обеспеченности рекреационными и курортно-лечебными ресурсами Украина занимает одно из ведущих мест в Европе. Однако при возникновении во многих регионах Украины неблагоприятной экологической ситуации все острее стоит вопрос о сохранении здоровья людей и нации в целом. Большое значение приобретает организация полноценного отдыха людей и их оздоровления.

По материалам «Национального доклада Украины о гармонизации жизнедеятельности общества в окружающей природной среде» (Киев, 2004) стратегической целью государственной политики в сфере использования рекреационных ресурсов «... является обеспечение условий для улучшения состояния здоровья, увеличения продолжительности жизни и периода активного долголетия населения, внедрения здорового образа жизни, создания конкурентоспособного на мировом рынке рекреационно-туристического комплекса, который максимально обеспечит воспроизводство трудовых ресурсов и генофонда украинской нации, а также весомые поступления к бюджетам всех уровней от хозяйственной деятельности рекреационно-туристического комплекса».

Развитие рекреационного комплекса должно обеспечить выполнение экономической функции за счет создания оптимального баланса между спросом и предложением; социально-культурной функции за счет создания условий для отдыха, оздоровления населения, сохранения рекреационной зоны, охраны историко-культурных достопримечательностей, развития туристической сети, сохранения традиций и истории местного населения; геополитической функции за счет сохранения мира, уважения всех культур, привлечения населения к путешествиям с мирными целями; выполнения экологической функции путем рационального использования природных ресурсов, проведения мероприятий по созданию парков, заповедников, озеленения территории, охраны исторических и природных достопримечательностей.

В настоящее время в Украине отсутствует современная инфраструктура рекреационного комплекса, которая может создать привлекательность региона для отечественных и иностранных инвесторов и туристов. Однако функционирование рекреационного комплекса может иметь и негативные последствия: загрязнение туристами территорий, усиление антропогенного давления на природные ландшафты, что ведет к их деградации. Поэтому необходимо прогнозировать негативные последствия от интенсивного использования рекреационных ресурсов, разрабатывать мероприятия по их предупреждению или ликвидации. Интенсивность внешнего влияния на природные рекреационные ресурсы не может превышать некоторый предел, выше которого природная экосистема не сможет самовосстановиться. Этот предел должен базироваться на жестких экологических регламентах природопользования.

Предельная емкость рекреационных территорий определяется комплексом экологических, природных, социальных и экономических факторов [5, 6]. Определение предельной емкости заключается в установлении показателей допустимой вместимости территории, исходя из отдельных параметров: экологической рекреационной способности ландшафтов, обеспеченности земельными ресурсами для строительства объектов рекреационного комплекса, а также наличием водных и трудовых ресурсов и соответствующей инфраструктуры.

Как отмечают современные ученые, в зоне рекреации (Л. С. Грынив, В. С. Портных и др.) «...под допустимой антропогенной нагрузкой понимается общая природная сопротивляемость окружающей среды деградации в результате рекреационного движения». Определяет ее максимальное допустимое количество рекреантов, которые могут одновременно находиться на данной территории,

не создавая условий для деградации природной среды [7, с. 34]. Проведенные в Польше мониторинговые исследования основных туристических территорий свидетельствуют о том, что наиболее посещаемые рекреационные районы находятся под угрозой экологической катастрофы, а основной причиной этого негативного процесса является чрезмерная хозяйственная деятельность объектов рекреационно-туристического комплекса.

Даже при максимальном государственном содействии довести уровень рекреационного обслуживания в нашей стране до мировых стандартов невозможно. В первую очередь необходимым условием является определение приоритетов перспективного развития этой сферы. Эти приоритеты следует рассматривать в контексте общегосударственных и региональных интересов, экономической, социальной и экологической эффективности хозяйственной деятельности.

Сегодня в Украине отсутствует эффективный государственный механизм управления развитием рекреационно-туристического комплекса. Ограниченность природных рекреационных ресурсов и долгосрочный процесс их возобновления нуждается в четкой государственной программе инвестирования в них и управления их использованием. Основными мероприятиями для улучшения экологического состояния полифункциональной территории Полесья при условии сохранения существующих осушительных систем, а также рационального использования рекреационных ресурсов с обязательным сохранением окружающей среды являются:

- внедрение новых ресурсосберегающих технологий выращивания сельскохозяйственных культур с учетом требований охраны окружающей природной среды;

- разработка и внедрение государственного механизма управления развитием рекреационно-туристического комплекса, использованием рекреационных ресурсов с учетом требований охраны окружающей среды.

36.3. Организационный механизм обеспечения эколого-сбалансированного природопользования в зоне полифункционального статуса

Каждому региону страны свойственны специфические природно-экологические условия, то есть каждый регион представляет собой суперсложную эколого-экономическую систему, состоящую из подсистем: природа, общество и производство. Они, будучи взаимосвязанными и взаимозависимыми, должны развиваться таким образом, чтобы взаимно дополнять друг друга на основе бесконфликтного использования природно-ресурсного потенциала. Речь идет об обеспечении адекватности интересов сохранения окружающей природной среды, разрешения противоречий между развитием разных отраслей экономики региона и своевременном решении конфликтов интересов в сфере природопользования.

Существующие экологические, экономические и социальные проблемы Полесского региона Украины, а также противоречия между аграрным сектором и рекреационным комплексом способствовали разработке и научному обоснованию концептуального подхода к разрешению этих противоречий в регионе. Природно-ресурсный потенциал региона способствует интенсивному развитию как аграрного сектора, так и рекреационно-туристического комплекса. Аграрный сектор региона представлен разными подотраслями: растениеводства, животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции, которые в большей или меньшей мере негативно влияют на окружающую природную среду, приводят к истощению и загрязнению природных ресурсов.

Концептуальный подход к созданию модели эколого-сбалансированного природопользования в условиях Украинского Полесья должен базироваться на принципах сохранения природно-ресурсного потенциала и окружающей природной среды региона, а также на принципах рационального использования природных ресурсов. Основой концептуального подхода по формированию эколого-сбалансированного природопользования является сохранение подотраслей сельского хозяйства и развитие рекреационного комплекса при условии рационального использования природных ресурсов и обеспечения охраны окружающей среды. Для того чтобы подотрасли аграрного сектора экономики и рекреационный комплекс Полесья Украины могли эффективно развиваться вместе и между ними не возникало противоречий, необходимо предусмотреть следующие мероприятия для аграрного сектора экономики:

- разработка механизма государственной поддержки и управления развитием аграрного сектора;

- четкое выделение охранных зон, в пределах которых необходимо на законодательном уровне запретить ведение сельского хозяйства с применением гербицидов, пестицидов, минеральных удобрений. При обязательном выполнении этих мероприятий экологическое состояние окружающей среды в зоне сельскохозяйственной деятельности значительно улучшится, что обеспечит условия для охраны и восстановления рекреационных и других природных ресурсов.

Для развития рекреационного комплекса в Полесском регионе Украины и рационального использования рекреационных ресурсов необходимо предусмотреть следующие мероприятия:

- реформировать государственный механизм развития рекреационного комплекса с обязательными мероприятиями по сохранению и рациональному использованию рекреационных природных ресурсов;
- разработать механизм стимулирования развития рекреационного комплекса;
- разработать мероприятия, направленные на привлечение отечественных и иностранных инвестиций в развитие рекреационного комплекса и освоение новых рекреационных территорий;
- создать современную инфраструктуру рекреационного комплекса;
- разработать законодательно-нормативную базу для приватизации рекреационных объектов;
- разработать жесткие научно-методические и законодательные нормативы использования рекреационных природных ресурсов с целью предотвращения их истощения и негативного влияния на экологическое состояние окружающей среды.

Нормативно-правовое обеспечение предусматривает разработку и применение на практике нормативных, законных и подзаконных актов, которые регламентируют условия и правила эксплуатации мелиоративных систем как целостных объектов мелиоративного технологического комплекса, деятельность субъектов производства сельскохозяйственной продукции, ее переработки и доведения до потребителя. Основой регулирования производственных отношений между природопользователями должны быть Земельный, Лесной и Водный кодексы Украины, Закон Украины «О мелиорации земель» и т. д.

Финансово-экономическое регулирование, кредитование и ресурсное обеспечение хозяйственной деятельности в зоне полифункционального статуса подразумевает и источники инвестирования: выделение субсидий из государственного бюджета, долго- и краткосрочное кредитование, разработку механизмов повышения эффективности использования негосударственных средств, мероприятия по защите внутреннего рынка сельскохозяйственной продукции и интересов ее производителей, формирование переходных запасов продукции аграрного сектора.

Эколого-экономические инструменты экологизации хозяйственной деятельности в аграрном секторе экономики включают принудительные, стимулирующие и поддерживающие инструменты. Принудительные эколого-экономические инструменты позволяют создать дополнительные к государственным источникам финансирования экологические фонды для финансирования мероприятий по экологизации производства. Стимулирующие и поддерживающие эколого-экономические инструменты необходимы для товаропроизводителей, которые внедряют экологически безопасные технологии и получают экологически безопасную сельскохозяйственную продукцию. Ежегодно за счет платежей и сборов на специальное использование природных ресурсов в государственный и местный бюджеты поступает около 1000 млн грн. Однако почти 80 % от этой суммы используется не по целевому назначению [13, с. 126].

Создание эффективного эколого-экономического механизма управления рациональным природопользованием с применением эффективных эколого-экономических инструментов в сочетании с административными методами управления обеспечит эффективную природоохранную деятельность.

36.4. Институциональное обеспечение эколого-сбалансированного природопользования в пределах полифункциональных территорий Полесья

Важнейшее направление государственной экологической политики – институциональные преобразования с целью формирования правового поля и эколого-экономического механизма регулирования взаимодействия государственных органов разных уровней и природопользователей, включение экологических требований в процедуру оценки социально-экономической эффективности принятия управленческих решений.

Многообразии структурных мероприятий в контексте политики пространственного эколого-сбалансированного развития территорий нуждается в усовершенствовании институциональной политики в направлении интеграции и сотрудничества всех заинтересованных структур. Институциональные изменения являются характерной чертой рыночных превращений. Как констатируют современные украинские ученые, «...существующая институциональная структура национальной экономики в полной мере не отвечает новым вызовам экономических превращений» [14, с. 16].

Таким образом, институциональные методы экополитики – это методы формирования соответствующей рыночным принципам и задачам правовой и организационно-экономической среды. Составляющими этих превращений должны быть такие направления:

– усовершенствование природоохранного законодательства, реформирование системы экологических ограничений и регламентаций режимов природопользования с целью их адаптации к условиям либерализации и разгосударствления собственности;

– последовательный переход на международные стандарты, которые регулируют технологические процессы производства продукции и создают необходимые условия для включения Украины в мировую экономику и международную систему обеспечения экологической безопасности;

– экономическое стимулирование с помощью трансформации налоговой, кредитной и ценовой политики, ресурсо- и энергосбережения;

– внедрение системы экологического менеджмента и оценки ее влияния на процессы экологизации на разных иерархических уровнях управления;

– формирование рынка товаров и услуг экологического характера, развитие предпринимательства в этой сфере.

Обеспечения эколого-сбалансированного развития экономики в зонах полифункционального назначения невозможно достичь без последовательных институциональных преобразований, которые являются характерным признаком рыночной экономики. Степень их обоснованности и последовательности определяется, по словам ученых, «...динамизмом социально-экономического развития, потому что именно институты генерируют весь спектр организационных, экономических и правовых инноваций, которые проникают во все сферы производственного процесса в период масштабных системных трансформаций».

Прежде всего необходимо определить сущность категории «институциональное обеспечение», которое предусматривает скоординированные действия во всех сферах общественной жизни. Однозначной трактовки этого понятия, как свидетельствует анализ, нет. Существующая институциональная структура, как отмечают ученые З. В. Герасимчук, И. М. Вахович, В. А. Голян, А. О. Олексик, (2006), национальной экономики в полной мере не отвечает новым вызовам экономических превращений из-за наличия значительного потенциала системных противоречий, которые возникают через недостаточно адаптированную к современным рыночным реалиям институциональную базу, сохранившуюся от командно-административной системы централизованного управления. Институты не выполняют свою основную функцию, то есть не обеспечивают справедливых правил игры между основными субъектами экономических отношений. Более того, существующий институциональный каркас национального хозяйства не способствует формированию новой модели общественных отношений, которая базировалась бы на принципах инновационности и демократизма. Этот фактор в значительной мере тормозит продвижение нашей страны в направлении интеграции в международные и региональные финансово-кредитные и торговые организации. Переход к эколого-сбалансированному природопользованию невозможен без соответствующего функционирования субъектов государственного управления, которыми являются:

– Верховная Рада – принятие соответствующего законодательного поля относительно обеспечения эколого-сбалансированного природопользования;

– Президент – контроль деятельности законодательной власти относительно реализации стратегии эколого-сбалансированного развития;

– Кабинет Министров – создание организационного механизма для осуществления мероприятий по обеспечению эколого-сбалансированного развития;

– органы местного самоуправления – осуществление региональной эколого-сбалансированной политики.

Необходимыми условиями институциональных преобразований являются:

– повышение значения экологического императива на всех уровнях принятия решений в государстве;

– направленность политического процесса на решение задач перехода к устойчивому развитию;

– разработка эффективных методов оценки деятельности основных государственных политических и общественных институций в аспекте перехода к устойчивому развитию;

– усовершенствование политической системы на основании оценок ее деятельности относительно перехода к устойчивому развитию [14, с. 38].

Как уже отмечалось, существующий институциональный каркас национального хозяйства не способствует формированию качественно новой модели общественных отношений в системе природопользования, поэтому необходимо сформировать предпосылки для институциональных преобразований как на национальном уровне, так и в разрезе отдельных локальных территорий. Важная роль в

этом процессе принадлежит институционализации дополнительных полномочий органов местного самоуправления.

Институциональное обеспечение эколого-сбалансированного природопользования в основном базируется на административном и бюджетном регулировании с использованием фискальных рычагов, а также реформировании общественного института и предусматривает:

- организацию региональных систем мониторинга за уровнем сбалансированности развития при государственной поддержке;
- формирование института частной собственности на природные ресурсы;
- развитие сети экологического предпринимательства.

В рыночных условиях система управления природопользованием должна рассматриваться как совокупность государственного и негосударственного управления на региональном уровне и местном самоуправлении с четко определенными горизонтальными и вертикальными функциями.

36.5. Эколого-экономический механизм сбалансированного природопользования в зонах полифункционального статуса

Экономический механизм – это совокупность экономических структур, институтов, форм и методов ведения хозяйства, с помощью которых реализуются действующие в конкретных условиях экономические законы и осуществляется согласование и регулирование общественных, групповых и частных интересов (Б. А. Райзберг и др., 1996). Этот механизм играет важную роль в экономическом, социальном и экологическом развитии любого региона и страны в целом. Экономический механизм в сфере природоохранной деятельности включает в себя значительный перечень экономических инструментов, рычагов и методов влияния на деятельность природопользователей.

Основные положения экономического механизма закреплены в Законе Украины «Об охране окружающей среды» (1991). В нем определен механизм обеспечения охраны окружающей среды путем применения бюджетного финансирования, что свойственно рыночной экономике. Кроме того, отдается предпочтение экологическому нормированию, лицензированию, экспертизе и контролю, то есть обеспечению выполнения соответствующих стандартов и норм, определенных государством и которое побуждает предприятия, учреждения и организации к осуществлению природоохранной деятельности [15, с. 234].

Экономический механизм экологического регулирования в Украине основывается на концепции платности природопользования, охватывает систему эколого-экономических инструментов, направленных на аккумуляцию материальных ресурсов для реализации природоохранных мероприятий и на побуждение товаропроизводителей к применению экологически безопасных технологий в производственном процессе. Принятие Закона Украины «Об охране окружающей природной среды» (1991) обязало применение многих эколого-экономических инструментов регулирования процесса природопользования. Законом установлено, что использование природных ресурсов осуществляется в порядке общего и специального использования.

Законодательством Украины гражданам гарантируется право общего использования природных ресурсов для удовлетворения потребностей жизнедеятельности, без закрепления этих ресурсов за отдельными личностями и предоставления соответствующих разрешений, за исключением ограничений, предусмотренных законодательством Украины [16, с. 243]. Эколого-экономический механизм регулирования отношений в сфере природопользования включает:

- законодательно-нормативную базу и правовые основы экономической деятельности субъектов природопользования;
- уровень развития общественных отношений, которое базируется на традициях, морали и духовных ценностях общества;
- механизм государственного управления экономическим развитием, как на макроуровне, так и на микроуровне;
- экономические инструменты.

Экономические инструменты – это средства (мероприятия, методы, рычаги) изменения финансового состояния экономических субъектов. С помощью экономических инструментов, влияя на стимулирующие мотивы деятельности субъектов хозяйствования, регулируют товарно-денежные отношения на уровне предприятия, отрасли, региона, национальной экономики и даже транснациональных систем (Л. Г. Мельник, 2005).

Основной целью применения экономических инструментов в сфере природопользования и природоохранной деятельности является:

- стимулирование природопользователей к рациональному использованию природных ресурсов;
- уменьшение антропогенного и техногенного давления на окружающую природную среду;
- уменьшение энерго- и ресурсоемкости всех отраслей экономики;
- создание за счет средств, полученных от платежей и сборов за использование природных ресурсов, независимо от государственного и регионального бюджетов, источников финансирования природоохранных мероприятий.

Важной составляющей рационального природопользования является экологизация производства во всех отраслях региональной экономики. Однако процесс экологизации производства невозможен без применения действующих экономических инструментов, которые должны быть направлены на мотивацию экологизации производства.

Стратегия эколого-сбалансированного природопользования должна выходить из следующих предпосылок:

- разработки и внедрения на национальном уровне общегосударственной Стратегии устойчивого развития и одной из ее ключевых составляющих – экологической доктрины Украины;
- формирование экологизированного менталитета общественного сознания;
- техническое и технологическое совершенство производительных сил и производственных отношений;
- достижение баланса интересов в сфере природопользования.

В ходе исследования были определены наиболее эффективные рычаги совершенствования системы инновационной и инвестиционной стратегии эколого-сбалансированного развития территорий полифункционального назначения. Это способствовало разработке рекомендаций по формированию привлекательного для инвесторов инвестиционного климата и содействия направленности инвестиций в приоритетные для региона отрасли хозяйственно-производственного комплекса.

Доказано, что методика определения инвестиционной активности региона базируется на расчете интегрального индекса инвестиционной привлекательности и предусматривает возможность проведения типизации регионов в соответствии с уровнем инвестиционной привлекательности. Все экономические инструменты экологизации производства должны иметь экологическую направленность и обеспечивать экологизацию производства с целью сохранения окружающей естественной среды. Поэтому считаем целесообразным, внедрить термин «эколого-экономические инструменты». По определению Л. Г. Мельника (2005), эколого-экономические инструменты – это средства (методы, мероприятия, рычаги) влияния на финансовое состояние экономических субъектов с целью ориентации их деятельности в экологически благоприятном направлении.

Наиболее существенными факторами при разработке и применении системы эколого-экономических инструментов следует считать: механизм их реализации, природу влияния на экономические интересы субъектов, методические подходы к установлению ставок, сборов и платежей за использование природных ресурсов.

Законом Украины «Об охране окружающей природной среды» (статья 48) предусмотрено предоставление широкого круга льгот при налогообложении предприятий и организаций, которые внедряют природоохранные мероприятия. Однако этот механизм не действует в связи с его декларативным характером и отсутствием взаимосвязи настоящей статьи с законами Украины «О налогообложении прибыли предприятий» и «О бюджетной системе Украины», которыми руководствуются финансовые органы.

На сегодня в Украине осуществляется стимулирование рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей природной среды путем:

а) предоставления льгот при налогообложении предприятий, учреждений, организаций и граждан в случае реализации ими мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей природной среды, при переходе на малоотходные и ресурсо- и энергосберегающие технологии, организации производства и внедрении очистного оборудования и оборудования для утилизации и обезвреживания отходов, а также приборов контроля за состоянием окружающей природной среды и источниками выбросов и сбросов загрязняющих веществ, выполнении других мероприятий, направленных на улучшение состояния окружающей природной среды;

б) предоставления на льготных условиях краткосрочных и долгосрочных кредитов для реализации мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды;

в) установления повышенных норм амортизации основных производственных природоохранных фондов;

- г) освобождения от налогообложения фондов охраны окружающей природной среды;
- д) передачи средств экологических фондов на договорных условиях предприятиям, учреждениям, организациям и гражданам для гарантированного снижения выбросов и сбросов загрязняющих веществ и уменьшения вредных физических, химических и биологических влияний на состояние окружающей среды, а также средств на развитие экологически безопасных технологий и производств;
- е) предоставления возможности получения природных ресурсов под залог;
- ж) стимулирования в установленном Кабинетом Министров Украины порядке работников специально уполномоченных государственных органов в отрасли охраны окружающей природной среды и использования природных ресурсов, которые выявили нарушения природоохранного законодательства и приняли необходимые меры для привлечения виновных к ответственности.

Как отмечает О. В. Прокопенко [14, с.127], для мотивации экологизации производства необходимо, с одной стороны, расширять применение стимулирующих и поддерживающих эколого-экономических инструментов, что значительно повысит эффективность экологически безопасного производства, и с другой – увеличивать ставки и перечень экологических налогов для субъектов, которые повышают эффективность экологически опасного производства. Увеличение объемов поступлений от экологически опасных предприятий с помощью принудительных эколого-экономических инструментов создаст возможность более активного внедрения стимулирующих и поддерживающих эколого-экономических инструментов для предприятий, которые вводят экологически безопасные технологии и выпускают экологически безопасную и экологически чистую продукцию. Однако более жесткое налогообложение экологически опасных производств приводит к увеличению случаев уклонения от их уплаты. Поэтому на данном этапе важным является усовершенствование системы контроля за исполнением законодательно-нормативной базы в сфере природопользования и охраны окружающей природной среды. Увеличение части экологически безопасных производств от общего количества производств в экономике страны повышает уровень безопасности страны. Увеличение размеров экологических налогов необходимо проводить с осторожностью, а применять это лишь для тех субъектов природопользования, которые используют экологически несовершенные технологии, которым есть экологически совершенные альтернативы. В ином случае можно рассчитывать только на снижение эффективности и объемов производства, но не на их экологизацию [14, с. 130].

Увеличение экологических налогов повышает заинтересованность процессами экологизации производства, однако в точке критического налогового давления затраты на уплату экологического налога равняются расходам предприятия на природоохранные мероприятия и экологизацию производства. Увеличение экологического налога до величины, которая превысит расходы предприятия на экологизацию производства, и остановит этот процесс.

Современное социально-эколого-экономическое состояние территорий Украины вызывает обеспокоенность и нуждается в активном применении эколого-экономических инструментов мотивации производства во всех отраслях экономики. Поскольку аграрный сектор экономики является очень мощным и оказывает значительное влияние на состояние окружающей природной среды, необходимо уделить особое внимание экологизации производства в сельском хозяйстве региона.

Актуальным научным направлением является разработка теоретических и практических подходов к внедрению экологически ориентированного предпринимательства в агропромышленном комплексе. Общие вопросы экологизации аграрного сектора изучали известные ученые-экономисты: П. П. Борщевский, Б. В. Буркинский, Л. В. Дейнеко, Б. М. Данилишин, С. К. Харичков и др.

Рассмотрим возможности применения эколого-экономических инструментов для мотивации экологизации аграрного сектора экономики. Финансирование мероприятий по разработке и внедрению экологически безопасных технологий выращивания сельскохозяйственных культур и их переработке может осуществляться за счет экологических фондов региона, как и во многих развитых странах мира. Денежные ресурсы внебюджетных фондов должны дополнять средства государственного и местного бюджетов экологической направленности, а законодательно-нормативной базой их формирования и функционирования являются соответствующие законы Украины. Экологическое предпринимательство в аграрном секторе направлено на получение прибыли от вложения отечественных и зарубежных инвестиций, а также экологических фондов в агропромышленный комплекс, то есть в разработку и внедрение ресурсосберегающих, экологически безопасных, мало- и безотходных технологий выращивания и переработки сельскохозяйственной продукции, которая будет иметь региональный социально-эколого-экономический эффект.

На современном этапе экологизации аграрного сектора экономики, экологическое предпринимательство как совокупность всех видов предпринимательской деятельности с целью производства экологически чистой продовольственной продукции, выполнения работ и предоставления услуг, ко-

торые обеспечивают соблюдение установленных действующим законодательством природоохранных требований, представлена переработкой отходов, рационализацией использования альтернативных источников энергии, производством природоохранного оборудования и приборов контроля, экологическим консалтингом, экологическим страхованием. Для осуществления этого процесса необходима, как отмечает П. И. Коренюк (2005), прозрачная законодательная база европейского типа [22, с. 134].

Сущность экологического предпринимательства в аграрном секторе как экономической категории заключается в том, чтобы, с одной стороны, сельскохозяйственные производители развивали у себя предпринимательские черты: риск, инициативность, изобретательность и самостоятельность, а с другой – их деятельность была направлена на экологизацию технологий, соблюдение действующих экологических стандартов, требований и нормативов, то есть имела эколого-экономическую направленность.

Применение существующих эколого-экономических инструментов ускорит процесс внедрения экологического предпринимательства в аграрный сектор, который в течение многих лет вступает в противоречие с рекреационно-туристическим комплексом региона.

На территориях жесткой конкуренции нескольких интересов создаются конфликтные зоны. В некоторых случаях зоны конфликтов могут требовать подготовки нескольких вариантов комплексных планов природопользования. Каждый вариант плана должен содержать:

- информацию относительно существующего состояния природопользования в регионе;
- рекомендации по использованию экологически безопасных технологий и требования оптимального размещения объектов производства, агропромышленного комплекса, строительства и других отраслей;
- информацию об основных направлениях снижения деградации земельных и водных ресурсов (в сельском хозяйстве, рыбозаповедении, рекреационно-туристическом комплексе);
- рекомендации по строительству инженерных сооружений с повторным циклом водопользования, строительству современных систем водоснабжения и канализации.

Каждый вариант комплексного плана содержит прогнозные расчеты общей антропогенной и техногенной нагрузки на природные ресурсы и каждый природный ресурс отдельно. После этого проводится сравнение нескольких вариантов, и преимущество отдается наиболее оптимальному варианту, с точки зрения эколого-сбалансированного природопользования.

36.6. Стратегические направления достижения баланса интересов в зоне полифункционального статуса Украинского Полесья

Для достижения баланса интересов в сфере природопользования на территории Полесья Украины необходимо обеспечить всестороннее сбалансирование интересов социального, экономического и экологического развития по максимально возможному количеству демографических, социальных, экологических, экономических, производственных и технико-технологических параметров. В противоположном случае рано или поздно любая из подсистем общей эколого-экономической системы начнет деградировать и приходить в упадок. Поэтому основными стратегическими направлениями развития территорий полифункционального статуса являются:

- рациональное использование, восстановление и охрана природно-ресурсного потенциала региона как главного фактора обеспечения экологической безопасности жизнедеятельности нынешнего и будущего поколений, поддержания в эколого-экономической системе равновесия, а также обеспечения надлежащего качества окружающей среды, с точки зрения интересов здоровья человека;
- экологически-безопасное развитие отраслей экономики региона с целью обеспечения качественных условий жизнедеятельности населения и решения социальных, экономических и экологических проблем;
- улучшение демографической ситуации путем разрешения социальных, экономических и экологических проблем и улучшения условий жизнедеятельности населения;
- проведение реконструкции материально-технической базы предприятий хозяйственно-производственного комплекса на основе применения инновационных эколого-безопасных энерго- и ресурсосберегающих технологий, мало- и безотходных производственных циклов с учетом экологических требований, критериев, стандартов и ограничений;
- активизация международного сотрудничества в сфере решения социально-экономических проблем;
- усовершенствование регионального организационного механизма управления использованием, восстановлением и охраной природно-ресурсного потенциала, снижение вероятности возникновения техногенных катастроф и негативных явлений.

Для реализации этих стратегических направлений необходимо учитывать многочисленные факторы, требования и изменения, которые происходят в окружающей среде, а также в экономической, социальной и экологической подсистемах общей эколого-экономической системы региона под воздействием антропогенных и техногенных факторов. Именно экологизация всех отраслей экономики, переход к энерго- и ресурсосберегающим технологиям в промышленности и аграрном секторе обеспечит, с одной стороны, сохранение рекреационных природных ресурсов и природоохранных территорий, а с другой – повышение эффективности использования природно-ресурсного потенциала региона. Больше того, экологизация природопользования всеми отраслями экономики будет способствовать сохранению региональной эколого-экономической системы и обеспечит благоприятные условия для жизнедеятельности и благосостояния населения.

Общественно-экономическое развитие Полесского региона Украины и особенности формирования экологической безопасной политики региона должны учитывать особенности природной экологической системы и предусматривать мероприятия по их сохранению. В зависимости от причин, которые вызывают нарушение способности окружающей среды к самовосстановлению, регионы условно можно классифицировать на два типа:

- регионы с напряженным экологическим состоянием в результате нерационального использования природно-ресурсного потенциала;
- регионы с напряженным экологическим состоянием в результате чрезмерной техногенной нагрузки на окружающую среду [19, с. 136].

Благоприятное состояние окружающей природной среды должно рассматриваться не только как необходимая предпосылка, но и как конечный результат природопользования. Из этого методологического подхода возникают два принципиальных требования:

- все социально-экономические, экологические и хозяйственные проблемы и методы их разрешения, которые касаются использования природно-ресурсного потенциала, дальнейшего экономического развития и управления качеством окружающей природной среды, нормирования антропогенной и техногенной нагрузки на эколого-экономическую систему должны разрешаться комплексно;
- эколого-экономическая оценка программ и проектов развития региона должна проводиться с максимальным учетом возможных экологических и социальных последствий, в том числе и негативных для эколого-экономических систем разного уровня развития, начиная с локального и заканчивая макроэкономическим уровнем.

Переход региона на экологически безопасный уровень развития заключается в том, чтобы интересы социального развития, повышения благосостояния общества, экономического уровня развития и состояния окружающей природной среды были всесторонне уравновешенными, сбалансированными и оптимизированными с возможностями природно-ресурсного потенциала региона. Политика эколого-сбалансированного развития региона должна формироваться на допустимо возможных демографических, экологических, экономических, производственных и технико-технологических показателях. Анализ особенностей использования наиболее важных на территории региона природных ресурсов (земельных, водных, рекреационных и других) показал, что природно-ресурсный потенциал региона выступает в качестве весомой предпосылки дальнейшего социально-экономического развития, позитивно влияет на особенности осуществления трансформационных процессов в экономике региона.

Результаты исследования особенностей природопользования в условиях Украинского Полесья свидетельствует о том, что почти в каждой отрасли региона имеет место низкий уровень использования экологически безопасных и ресурсосберегающих технологий, механизации и автоматизации производственных процессов. Технологии остаются природоемкими, а производственные процессы имеют низкий коэффициент ресурсоотдачи. Результатом этого является наличие необоснованных расходов природных ресурсов и появление экологически депрессивных территорий.

Основными направлениями формирования эколого-безопасной макроэкономической политики Украины являются:

- анализ особенностей природно-ресурсного потенциала и сильных сторон региона, которые отличают его от других регионов и определяют возможные направления его развития;
- определение слабых сторон развития региона с целью их устранения на основе анализа существующего состояния природно-ресурсного потенциала;
- разработка стратегического плана использования, возобновления и охраны природных ресурсов с учетом приоритетных направлений развития региона;
- подчинение инвестиционной и инновационной политики региону во всех отраслях и сферах экономики природоохранным, эколого-безопасным и ресурсосберегающим приоритетным

направлениям научно-технического прогресса. Эти направления необходимо рассматривать как первоочередные задачи на пути перехода к эколого-экономическому природопользованию, которое приведет к преодолению ресурсно-экологического кризиса и оздоровлению окружающей природной среды;

- синхронная трансформация институционального управления экономикой региона, которая предусматривает создание новых институций, ориентированных на рыночную экономику, усовершенствование нормативно-правовой базы в сфере охраны, восстановления и использования природных ресурсов. Институциональные аспекты природопользования предусматривают экологическую направленность функционирования биосоциальноэкономической системы региона;

- внедрение экологического менеджмента, экологического маркетинга, экологического аудита, экологического инжиниринга и образовательной деятельности при планировании и прогнозировании природопользования в регионе.

Создание экологически безопасной политики в регионе обеспечит условия для оптимального и сбалансированного функционирования эколого-экономической системы, которая позволит:

- сбалансировать структуру ведения хозяйства в регионе;
- обеспечить эколого-экономическое природопользование и сохранение окружающей природной среды;
- сформировать современный рынок конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции, а также рекреационно-туристических услуг;
- обеспечить высокий социальный уровень и повышение благосостояния населения;
- снизить уровень экологической депрессивности региона и создать условия для бесконфликтного многоотраслевого использования природно-ресурсного потенциала;
- обеспечить реализацию принципов эколого-сбалансированного природопользования в регионе.

36.7. Законодательно-нормативное обеспечение эколого-сбалансированного использования природно-ресурсного потенциала Полесья

Базовым стратегическим документом экологической политики в Украине до сих пор остается законодательный документ «Основные направления государственной политики в отрасли охраны окружающей среды, использования природных ресурсов и обеспечения экологической безопасности». При этом доминирующий акцент делается на аспектах сельскохозяйственного использования земель и промышленно-рекреационных территорий.

Долгосрочная стратегия Украины относительно интеграции в ЕС направлена на постепенное приближение к европейским стандартам существующего природоохранного законодательства и обеспечения эффективности механизмов их реализации. Эффективность таких усилий зависит от темпов экологических реформ в государстве, которые происходят сегодня. Такой тезис определяет необходимость разработки научных подходов к формированию организационного механизма реализации рыночных реформ в Украине в тесной взаимозависимости с процессами экологизации и курсом на устойчивое развитие. Только в таком контексте возможно устранение существующего антагонизма в отношениях «производство – окружающая среда» и выход Украины на траекторию экономического роста. При этом сущность структурной перестройки макроэкономической модели развития заключается в том, чтобы обеспечить (наряду со свертыванием и ликвидацией неэффективных, экологически опасных, не соответствующих экологическим требованиям технологий и предприятий) достаточные темпы внедрения современных конкурентоспособных и безубыточных производств и видов хозяйственной деятельности.

Одновременно должен подвергаться трансформации и процесс правового обеспечения экономической деятельности в Украине на пути интеграции ее в мировое эколого-экономическое пространство. Основное внимание при этом необходимо сфокусировать на законодательном поле и конкретизации основ регионализации по разработке и внедрению эффективных регулирующих и поощрительных инструментов сохранения окружающей природной среды.

Таким образом, можно утверждать, что важнейший фактор реформирования существующей системы управления природоохранной деятельностью на нынешнем этапе – это создание организационных основ и соответствующих стимулирующих механизмов внедрения экологического менеджмента в Украине как качественно новой парадигмы управления природопользованием. Однако на сегодня это направление разработано еще недостаточно, что требует не только повышения активности относительно разработки программных действий, но и увеличения их практической результативности на основе осмысления новых концептуальных подходов к выбору эффективных эколого-ориентированных управленческих решений [20, с. 89].

Процесс сближения Украины со странами Европейского Союза нуждается в структурных изменениях и адаптации украинского законодательства к стандартам ЕС в сфере охраны окружающей среды, рационального использования природно-ресурсного потенциала и снижения экологической депрессивности территорий.

Существующие в Украине законодательные пробелы в практике сохранения окружающей среды можно ликвидировать с помощью следующих мероприятий:

- укрепления сотрудничества с международными организациями и неправительственными структурами;

- дальнейшим усовершенствованием национального законодательства в соответствии с международными требованиями по обеспечению охраны окружающей природной среды;

- внедрение качественно новой экологической доктрины, направленной на замещение существующих устаревших стереотипов и механизмов управления в отрасли природопользования и сохранения окружающей среды;

- активизация процессов формирования экологически сознательного индивидуума и общественного экологического сознания.

Для эффективного введения в действие эколого-экономического механизма, согласно которому хозяйствующим субъектам было бы выгодно сохранять окружающую природную среду, необходимо внедрить следующие комплексные мероприятия:

- выполнить инвентаризацию природных ресурсов и провести их эколого-экономическую оценку;

- оценить современное состояние биоразнообразия и его компонентов с учетом экологического ущерба, нанесенного антропогенной деятельностью;

- реализовать эколого-экономические инструменты и рычаги (государственные и рыночные) для стимулирования рационального природопользования и снижения уровня деградации природных ресурсов;

- разработать и реализовать проекты по сохранению окружающей природной среды (с использованием методов дисконтирования при инвестировании проектов и т. д.);

- разработать инновационный финансовый механизм реализации планов и программ по охране окружающей среды, который бы отвечал современным требованиям рыночных отношений;

- подготовить и научно обосновать проект изменений и дополнений к действующему налоговому и бюджетному законодательству с целью поэтапного перехода в сфере налогообложения на рентные платежи за использование природных ресурсов и целевое использование полученных средств на восстановление и охрану природных ресурсов и ландшафтов.

Исходя из анализа экологической ситуации, необходимо акцентировать внимание на выполнении следующих стратегических задач, которые позволят улучшить экологическое состояние территории:

- усовершенствование законодательно-нормативной базы;

- проведение научных исследований, направленных на поиск эффективных рычагов стимулирования охраны окружающей среды;

- обеспечение гармонизации природоохранной политики в сфере природопользования;

- внедрение инновационных механизмов для финансирования экологических проектов по охране окружающей среды и адаптация их к европейским механизмам.

Большие потенциальные возможности для сохранения биологического и ландшафтного многообразия находятся в расширении природно-заповедных территорий. Анализ и сравнение соответствия территорий, которые охраняются, согласно украинской и международной классификаций показывает, что есть все возможности для создания природоохранных территорий с учетом международных требований.

Одним из путей перехода к международным стандартам формирования природно-заповедного фонда является переход от территорий, которые охраняются, к территориям полифункционального назначения. Основным технологическим элементом таких территорий является постоянное использование природных экосистем. Именно этот функциональный режим обеспечит наибольшие потенциальные возможности внедрения поощрительных мероприятий для землевладельцев и землепользователей относительно сохранения и восстановления биоразнообразия.

Основой Стратегии развития Украины должна быть экологическая реструктуризация экономики Украины с первоочередным устранением чрезмерных техногенных нагрузок на земельные, водные, минерально-сырьевые и рекреационные ресурсы. Сохранение достигнутых темпов их использования и техногенного давления будет и в дальнейшем способствовать ухудшению экологических условий жизнедеятельности и возникновению чрезвычайных экологических ситуаций с переходом их в

перманентное состояние. В отрасли законодательства существует достаточное количество пробелов относительно несоответствия действующего в Украине законодательно-нормативного поля международно-признанным требованиям.

Кроме того, в природоохранном законодательстве Украины четко не определены:

- контрольные функции и полномочия относительно организационного обеспечения реализации Общегосударственной программы формирования национальной экологической сети Украины и механизмы координации действий с соответствующими межрегиональными структурами;

- регламенты процедуры обязательного экологического аудита природоохранных территорий.

Кроме того, тезис об обеспечении государственной поддержки, стимулировании хозяйствующих субъектов при создании на их землях территорий и объектов природно-заповедного фонда, которые подлежат особой охране и способствуют развитию экосети [21, с. 4], не приобрел своего завершения, поскольку:

- не определено, какие именно направления поддержки и стимулирования должны применяться, не сформулированы конкретные экономические параметры стимулов или ссылки на соответствующие статьи, которые существуют в законодательном поле;

- не определены роль и полномочия органов местного самоуправления относительно финансовой поддержки владельцев и пользователей земельных участков, которые находятся в пределах территорий и объектов экологической сети.

Необходимо устранить (нивелировать) расхождения между существующими законами Украины [22, 157] «Об охране окружающей естественной среды» (ст. 60–63) и «Об экологической сети Украины» (ст. 5) относительно понятийного определения территорий и объектов, которые подлежат особой охране и формируют структурные элементы экосети. Кроме того, нуждается в согласовании ст. 19 Земельного кодекса Украины со ст. 5 Закона Украины «Об экологической сети», которая определяет составные элементы экосети, а именно:

- территории и объекты природно-заповедного фонда;

- земли водного фонда, водно-болотные угодья, водоохранные зоны;

- земли лесного фонда;

- полезащитные лесные полосы и другие защитные насаждения, которые не отнесены к землям лесного фонда;

- земли оздоровительного назначения с их природными ресурсами;

- земли рекреационного назначения, которые используются для организации массового отдыха населения и туризма, а также для проведения спортивных мероприятий;

- другие природные территории и объекты (пастбища, сенокосы, каменные россыпи, пески, болотные угодья и земельные участки, в пределах которых есть природные объекты, которые имеют особую природную ценность);

- земельные участки, на которых произрастают природные группы растений, занесенные в Зеленую книгу Украины;

- территории, которые являются местами пребывания различных видов животного мира, занесенных в Красную книгу Украины;

- частично земли сельскохозяйственного назначения экстенсивного использования (пастбища, луга, сенокосы и т. д.);

- радиоактивно загрязненные земли, которые не используются и подлежат отдельной охране как природные регионы с отдельным статусом.

Для обеспечения реализации Общегосударственной программы формирования национальной экологической сети Украины необходимо предусмотреть принятие законодательных актов, направленных на введение правовых норм формирования национальной экологической сети. С этой целью следует принять законы Украины «Об экономическом стимулировании субъектов землевладения и землепользования с целью осуществления мероприятий относительно развития и поддержки экологической сети», «Об экологической санации курортно-рекреационных и природоохранных территорий» и внести соответствующие изменения в Земельный, Лесной и Водный кодексы Украины, а также в Закон Украины «Об охране окружающей природной среды».

В этом направлении учеными сделаны определенные наработки, а именно:

- доказана целесообразность приоритетного и первоочередного развития специализированных туристических, курортно-рекреационных и ландшафтных зон эколого-экономического статуса [23, с. 200]. При этом механизм их создания и развития регламентируется следующим условиями:

- наличием крупных запасов ценных видов рекреационных ресурсов (грязей, минеральных вод, болотных угодий, ландшафтов и т. д.), на которые имеется потенциальный спрос зарубежных рекре-

антов при условии соответствия их экологическим требованиям и общепризнанным международным стандартам;

- благоприятными климатическими и физико-географическими условиями для отдыха и туризма, которые можно сравнить с ведущими зарубежными курортными аналогами;

- относительно высоким уровнем социально-экономического развития региона в сочетании с богатым природно-ресурсным потенциалом;

- наличием соответствующей инфраструктуры, в первую очередь транспортной, которая обеспечивает комфортные условия доставки туристов на лечение и отдых с дальнейшим мобильным перемещением по региону.

При этом обосновано, что экологические параметры природной среды в пределах курорта и в ближайшем окружении от него должны отвечать международным уровням предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ, которые приняты в аналогичных зарубежных рекреационных зонах.

Доказано, что существующая система рекреационного природопользования нуждается в доработке законодательного пакета актов относительно обеспечения эффективности выбора инвестиционных решений в сфере комплексного развития рекреационной сферы с учетом экологических факторов, научном обосновании целесообразности разработки правовых актов относительно экологической санации территорий курортно-рекреационного статуса и ландшафтных территорий, природно-рекреационный потенциал которых находится в запущенном состоянии. Можно констатировать факт, что необходима разработка законопроекта «Об экологической санации территорий курортно-рекреационного назначения», в котором должны быть продекларированы не только механизмы регламентации хозяйственной деятельности в зонах туристическо-рекреационного статуса, но и перечень конкретных организационно-экономических решений в направлении восстановления природно-ресурсного потенциала, нарушенного в результате антропогенной деятельности, в том числе на экологически депрессивных территориях. Этот тезис должен найти место и в дополнениях к Закону Украины «О стимулировании развития регионов» (ст. 9), который определяет критерии депрессивности территорий.

Необходимо более детально определиться с полномочиями местных органов власти относительно механизма ответственности и контроля над процессом использования природно-ресурсного потенциала. В частности, с их участием должна быть отработана и реализована процедура введения временного моратория на конкретные действия природопользователей, например строительство экологически опасных объектов, а также процедура разработки и реализации правоустанавливающих ограничений по использованию конкретной территории с позиций эколого-сбалансированного подхода. Кроме того, местные органы власти должны обеспечивать:

- частичное финансирование ресурсосберегающих проектов, особенно в пределах экологической сети;

- участие и финансовую поддержку проведения комплексного экологического аудита территорий и производственных объектов;

- инициирование и финансовое обеспечение комплекса мероприятий по разработке плана менеджмента сохранения природно-ресурсного потенциала.

Учитывая наличие экологических проблем в Украине, можно отметить, что существует необходимость в реформировании налоговой системы и введении значительного количества экоресурсных налогов. Одним из них может быть общенациональный экологический налог, который бы аккумулировал общегосударственные средства на сохранение и возобновление окружающей среды. Плательщиками налога должны быть все субъекты хозяйствования, независимо от формы собственности. Размер налога целесообразно согласовывать с размером прибыли (например, 0,1–0,5 %).

Доказано, что эффективным инструментом реализации эколого-экономических реформ в региональном контексте должна также стать система преференций, предоставленных органами местного самоуправления субъектам рекреационного природопользования с целью экологического оздоровления территорий. При этом вопрос урегулирования прав собственности на природные ресурсы в пределах административных территорий является на сегодня одной из наиболее дискуссионных тем. Проблема заключается в том, что институт частной собственности с ее правом неприкосновенности и доминированием частного интереса четко определяет субъективизм собственности, который дает возможность применять нормы гражданского и криминального законодательства, но часто вступает в противоречие с интересами местных органов управления или общества в целом. Как правило, ресурсы имеют открытый доступ для всех. Социальные выгоды сохранения природных ресурсов общегосударственного значения часто незаметны, распределены среди многих природопользователей и не

отображаются полностью в рыночных ценах. Следовательно, определенные ограничения должны быть установлены на государственном и межгосударственном уровнях. Эта проблема в Украине нуждается в урегулировании. Конституция Украины (ст. 13) определяет: «Земля, ее недра, атмосферный воздух, вода и другие природные ресурсы, которые находятся на территории Украины, природные ресурсы ее континентального шельфа, исключительной (морской) экономической зоны являются объектами права собственности украинского народа. От имени украинского народа права владельца осуществляют органы государственной власти и местного самоуправления в пределах, определенных этой Конституцией». Недостаточное урегулирование этого вопроса относительно механизмов реализации прав пользования, ответственности, контроля, возмещения порождает не только нарушение природоохранных требований и несет угрозу окружающей природной среде, но и способствует коррупционным действиям, которые в силу этого трудно квалифицировать с помощью норм гражданского или уголовного права.

Таким образом, необходимо обеспечить реализацию ограничения прав собственности на природные ресурсы (путем ввода обязательного сервитута) в буферных зонах ПЗФ и в пределах экологических коридоров.

В связи с изложенным ст. 18 Закона Украины «Об общегосударственной программе формирования национальной экологической сети Украины на 2000–2015 годы», «Режим охраны и использования территорий и объектов экосети» дополнить п. 4: «В буферных зонах и в пределах экологических коридоров необходимо обеспечить ограничение прав собственности на природные ресурсы через введение механизма экологического сервитута», а ст. 20 «Государственный мониторинг экосети» дополнить п. 1 в конце словами «... с использованием инструментов экоаудита».

Дополнение к ст. 1 Закона Украины «Об экосети» п. 2 «Механизм государственной поддержки относительно сохранения биоразнообразия в Украине обеспечивается через внедрение соответствующей законодательно-нормативной базы, реализацию рычагов стимулирования и организацию эффективной системы контроля за рациональным использованием компонентов биоразнообразия».

Дополнение к ст. 13 «Механизм планирования мероприятий по охране и использованию экосети базируется на объективной оценке биологического и ландшафтного разнообразия; определении нужных объемов финансирования и прогнозировании последствий хозяйственной деятельности».

Дополнение к ст. 19 или новая статья «Механизм стимулирования субъектов хозяйствования при создании на их землях территорий и объектов природно-заповедного фонда базируется на определенных законодательством льготах в налогообложении и кредитовании, распространении местных преференций, поддержке экологического предпринимательства и тому подобное в пределах экологической сети и ПЗФ».

Дополнение к Закону «Об охране окружающей среды» в виде новой статьи «Компенсационный механизм в случае нарушения природоохранного законодательства – это такой механизм, который базируется на принципах полного устранения негативных последствий текущей хозяйственной деятельности через реализацию соответствующих финансовых расходов».

Дополнение к ст. 7 «Механизм управления в сфере формирования, охраны и использования экосети» включает:

- механизм планирования целевых природоохранных мероприятий;
- механизм контроля за их использованием;
- механизм стимулирования рационального использования и охраны элементов экосети;
- механизм мониторинга последствий».

Дополнение к ст. 19 п. 3 «Механизм долевого финансирования мероприятий, которые связаны с формированием, охраной и использованием экосети, должен базироваться на сочетании разнообразных источников инвестирования и финансовой поддержке заинтересованных партнеров (государства, предпринимательских структур, общественности и т. д.)».

Ввод новой статьи «Механизм ответственности по обеспечению эколого-сбалансированного использования природных ресурсов экологической сети владельцами и пользователями территорий и объектов, которые входят в ее состав базируется на определенных законодательно-нормативных требованиях, обязательных к выполнению административных решениях местной власти».

Во-вторых, необходимо внести дополнения к Закону Украины «Об экосети» относительно:

- обязательности процедур экологического аудита, моделей его финансирования и условий проведения;
- методики оценки риска и механизма снижения вероятности его возникновения;
- разработки комплекса мероприятий по реабилитации и восстановлению природно-заповедных территорий и объектов;

- разработки методического подхода к определению нормативной нагрузки на территории и объекты ПЗФ;
- обоснования эколого-экономического механизма стимулирования и регулирования природопользования в зонах ПЗФ.

Кроме того, необходим Закон Украины «О национальном экологическом фонде». Он должен предусмотреть создание в структуре Государственного бюджета Национального экологического фонда (с региональными отделениями, как у Пенсионного фонда) структуры для аккумуляции всех средств, полученных как от оплаты за использование природных ресурсов, так и рентных платежей, платы за загрязнение и штрафов за нанесенный вред, выдачу экологических сервитутов с целью предотвращения их распыления. Этот фонд мог бы стать главным финансовым институтом постоянного использования природных ресурсов и направлять полученные средства не только на природоохранные мероприятия, но и на финансирование (кредитование) инновационных разработок и внедрение экологически чистых технологий, стимулирование (субсидирование) ресурсо-сберегающей экономической деятельности, в частности в сельском, лесном и рыбном хозяйстве. Среди направлений финансирования отдельными статьями следует выделить «Расходы на сохранение биологических ресурсов» и «Расходы на постоянное использование биологических ресурсов».

Для разработки мероприятий и механизмов их реализации с целью обеспечения сохранения биоразнообразия и рационального природопользования согласно требованиям формирования экологической сети возникает необходимость введения особого правового статуса территорий – полифункционального. С этой целью целесообразно ввести соответствующую статью в Закон Украины «О стимулировании развития регионов». Особый режим правового регулирования деятельности на этих территориях должен обеспечить ориентацию администрации, руководителей потенциально экологически опасных промышленных объектов, финансовых посредников на решение задач обеспечения экологической безопасности и сохранения природно-ресурсного потенциала.

В Украине эту проблему следует разрешать в каждом конкретном регионе, учитывая особенности региона, поскольку они отличаются условиями окружающей среды, специфической хозяйственной деятельностью и уровнем техногенной нагрузки. С одной стороны, в регионе может существовать понимание конкретных экологических проблем, заинтересованность в мероприятиях относительно экобезопасности, а с другой стороны, на региональном уровне существует развитая система управления хозяйственной деятельностью, которая способствует созданию особого режима стимулирования эколого-сбалансированного природопользования на таких территориях. Сочетание этих условий возможно при создании эколополигонов, которые, по мнению специалистов, являются важным аспектом сохранения окружающей среды.

Создание эффективного механизма управления техногенным риском на экспериментальной территории с целью обеспечения ее экологически-безопасного устойчивого развития даст наибольший эффект как для конкретного региона, так и для всей Украины. Следствием деятельности полигона будет накопление опыта, который позволит усовершенствовать экологическое законодательство и распространить отработанные научно-технические, административно-организационные методы достижения экобезопасности и сбалансированного природопользования на территории регионов Украины, обеспечив, таким образом, решение проблемы для всей страны.

Социально-экономическое развитие региона является динамичным и требует постоянного усовершенствования организационного механизма, который базируется на программно-целевом подходе относительно методического обоснования технологий принятия и реализации управленческих решений в сфере обеспечения адекватности интересов сохранения окружающей природной среды и социально-экономического развития региона.

36.8. Стратегические векторы эколого-сбалансированного развития полифункциональных территорий Полесья

Стратегия развития Полесского региона должна предусматривать обязательные пути разрешения конфликта в сфере природопользования и учитывать уровни приоритетов. На локальном уровне решающее значение имеют совершенные ресурсосберегающие технологии производства, а на региональном – усовершенствование территориального размещения производства, производительных сил и природоохранных территорий.

Государственный механизм управления рациональным природопользованием должен создать необходимые эколого-экономические и социально-экономические условия хозяйствования, совершенствования производственных отношений и развития всех отраслей аграрного сектора при обязательном условии охраны и сохранения рекреационных ресурсов и окружающей среды. Государст-

венная политика должна базироваться на применении административных, экономических и социально-психологических групп методов.

Первоочередные меры по реализации эколого-экономической политики должны быть направлены на сокращение негативного влияния на окружающую среду. Исходя из причин, которые вызвали экологический кризис, и учитывая действующую практику и тенденции на ближайшую перспективу, формирование экономического механизма природопользования на национальном и региональном уровнях в условиях рыночных отношений должно включать следующие направления:

1. Учет и социально-экономическую оценку природно-ресурсного потенциала и экологического состояния территории:

а) осуществление количественного и качественного учета природных ресурсов и состояния окружающей среды, проведение их комплексной социально-экономической оценки и возможных направлений использования;

б) введение в действие комплексных территориальных кадастров природных ресурсов (объектов).

2. Пространственное планирование системы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов:

а) разработка инновационных механизмов реализации государственных региональных и отраслевых экологических программ;

б) создание эффективного механизма реализации природоохранных мероприятий в рамках программ (планов) развития производства и предпринимательской деятельности предприятий, фирм, организаций.

3. Финансово-кредитный механизм природопользования:

а) определение финансовой части расходов на охрану окружающей природной среды и обеспечение экологической безопасности путем финансирования мероприятий из государственного бюджета;

б) разработка и внедрение других источников финансирования природоохранных мероприятий (зарубежные гранты, льготные кредиты, участие в осуществлении международных природоохранных проектов и др.);

в) создание Национального экологического фонда Украины на общегосударственном и региональном уровнях с целью целевого аккумулирования финансовых средств;

г) создание Экологического банка Украины;

д) повышение эффективности использования собственных средств предприятий на природоохранные мероприятия;

е) внедрение системы льготных экологических инвестиционных кредитов.

4. Механизм платного природопользования:

а) совершенствование системы платежей за специальное использование природных ресурсов (в зависимости от их территориального размещения, возможности восстановления и их природного качества) в тесной связи с системой налогообложения;

б) совершенствование системы платежей за загрязнение окружающей среды и механизм их распределения;

в) разработка и внедрение компенсационных платежей за выбытие природных ресурсов (объектов) из общего использования;

г) введение в практику системы использования рентных платежей.

5. Экономическое стимулирование:

а) установление налоговых, кредитных и других льгот предприятиям и организациям, в том числе для экологических фондов, которые осуществляют природоохранную деятельность;

б) внедрение специального налогообложения на получение экологически опасной продукции и применения экологически несовершенных технологий, надбавок к ценам на экологически чистую продукцию (товары, услуги);

в) внедрение конкурсного лицензирования путем «покупки-продажи» из аукциона лицензий (разрешений) на право выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в окружающую среду;

г) государственная поддержка предприятий, которые изготавливают природоохранное оборудование, а также осуществляют услуги экологического направления.

6. Совершенствование системы возмещения убытков, нанесенных нарушением природоохранного законодательства:

а) оценка и компенсация убытков в результате загрязнения окружающей среды при нарушении законодательства;

б) экономическая ответственность за загрязнение окружающей среды в результате аварий;

в) экономический механизм регулирования трансграничного переноса загрязняющих веществ.

7. Совершенствование организационно-экономических инструментов и методов регулирования системы природопользования:

- а) лимитация и нормирование системы природопользования;
- б) договоры и лицензии на комплексное природопользование;
- в) регулирование экспортно-импортных операций в сфере использования природных ресурсов и отходов;
- г) формирование системы экологической сертификации и паспортизации.

8. Формирование рынка экологических услуг:

- а) создания предприятий и организаций экологического профиля (в том числе при участии иностранного капитала);
- б) распространение аудиторских и страховых экологических структур;
- в) развитие платных работ и услуг природоохранного направления.

9. Экологическое страхование и экологический аудит:

- а) внедрение обязательного и добровольного экологического страхования для покрытия непредвиденных расходов, которые возникают в результате аварий;
- б) развитие системы экологического страхования при возникновении стихийных случаев;
- в) создание государственных фондов экологического страхования и поддержки независимых страховых компаний;
- г) осуществление обязательных процедур экологического аудита на всех экологически опасных объектах.

При определении рациональных параметров сельскохозяйственного природопользования следует руководствоваться соответствующими принципами и специфическими требованиями территориального управления системой природопользованием. Основными принципами и требованиями сбалансированного природопользования в условиях Полесья Украине являются:

- сбалансированное использование природно-ресурсного потенциала;
- оптимальное соотношение интенсивного и экстенсивного типов развития экономики региона;
- взаимовлияние компонентов окружающей среды;
- создание системы природоохранных территорий с целью поддержки оптимального экологического баланса региона.

Стратегия достижения баланса интересов в сфере природопользования утверждается после согласования интересов государства, природопользователей и общества. Запрещенными императивами должны быть:

- нарушение природных ландшафтов. В настоящее время в мире отмечается значительный дефицит природных ненарушенных ландшафтов, который в дальнейшем будет увеличиваться. Сохранение природных ландшафтов имеет как экологическое, так и экономическое значение;
- запрет на освоение неприкосновенных для хозяйственной деятельности территорий;
- недопущение снижения степени контроля за состоянием окружающей природной среды;
- недопущение нарушения заповедного режима на территориях и в акваториях, которые находятся под охраной;
- недопущение снижения расходов на охрану окружающей природной среды, в том числе на научные исследования по данной проблеме.

Важным фактором достижения эффективного экономического развития региона является ориентация на использование биоклиматического и рекреационного потенциала, а также географического положения. Особенное значение для экономического развития общества приобретает собственность на землю. Необходимо разработать оптимальную систему владения землей, которая бы определяла не только права, но и обязанности. Должны быть четко сформулированы ограничения, которые не допускают экологических нарушений при землевладении и землепользовании, а против нарушителей необходимо применять наказание и прекращать право собственности на землю.

Не менее важным природным ресурсом для общества являются водные ресурсы, благодаря которым развивается водное хозяйство и аграрный сектор экономики. Однако хозяйственно-производственная деятельность на суше может негативно повлиять на состояние водных объектов и ресурсов, поверхностных и подземных источников водных ресурсов.

С целью эффективного функционирования хозяйственно-производственного комплекса необходимо обеспечить централизацию и децентрализацию управления его развитием, распределить полномочия в управлении между органами государственного, регионального и местного уровней управления (макро-, мезо- и микроуровнях).

На макроуровне необходимы:

- разработка стратегии эколого-экономического развития региона как составной части национальной доктрины страны;
- координация инвестиционно-инновационных моделей развития регионов с учетом «точек роста» и уровня депрессивности территорий;
- осуществление финансово-кредитного регулирования денежного оборота и формирования ценовой политики в сфере природопользования.

На мезоуровне:

- разработка и внедрение социальных, экономических и экологических программ развития регионов;
- определение экологической емкости территории для размещения новых производств и производственных объектов;
- постоянный мониторинг состояния окружающей природной среды;
- обеспечение рационального использования, сохранения и восстановления природно-ресурсного потенциала региона с учетом полифункционального статуса территорий;
- создание условий для разрешения и предотвращения конфликтов и противоречий в сфере природопользования;
- формирование инвестиционного климата и активизации инновационного потенциала региона;
- разработка мероприятий по снижению уровня экологической депрессивности территорий и обеспечению надлежащих условий жизнедеятельности населения.

На микроуровне:

- управление рациональным использованием земельных, водных, лесных и рекреационных ресурсов;
- управление пространственным развитием территории с помощью экономических инструментов и рычагов (налогов, штрафов, льгот и т. д.);
- формирование эффективного механизма ответственности и контроля;
- реализация модели партнерства между разными сегментами в сфере природопользования.

Достичь такого распределения функций возможно только за счет формирования эффективного законодательно-правового поля и нормативно-регулирующих основ сбалансированного природопользования. При этом обосновано, что создание правового поля должно осуществляться в трех основных направлениях, а именно: организационно-правовом аспекте, через усовершенствование экономических рычагов эколого-сбалансированного природопользования и расширение финансовой автономии органов регионального управления.

Комплексное планирование развития должно учитывать приоритетность каждого интереса относительно использования того или другого природного ресурса, при этом учитывать интересы общества и возможности природно-ресурсного потенциала. На основании комплексного плана разрабатываются принципы природопользования. При анализе интересов, потребностей и возможностей использования природных ресурсов необходимо учитывать существующую нормативно-законодательную базу в сфере использования и охраны природных ресурсов, а также интересы населения региона.

Наиболее эффективным средством внедрения экологизации природопользования является экологизация образования. Целесообразно создавать учебно-демонстративные центры на базе ведущих предприятий отрасли, которые имеют опыт относительно разработки и апробаций соответствующих технологических решений и инновационных технологий. Учебно-демонстрационный центр (УДЦ) должен функционировать на принципах самофинансирования и самоокупаемости. Обеспечение системы экологизации технологий и технологических процессов позволит:

- обеспечить поэтапное внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий выращивания сельскохозяйственных культур;
 - внедрить мало- и безотходные технологии в производство и перерабатывающую промышленность;
 - создать экологически безопасные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней;
 - обеспечить повышение плодородия почв за счет научно обоснованного набора сопутствующих сельскохозяйственных культур;
 - поддерживать оптимальный эколого-мелиоративный режим на сельскохозяйственных землях;
- За счет экологизации инженерных решений возможно:
- обеспечить реконструкцию мелиоративных систем с помощью внедрения инновационных проектов и программ;

- увеличить коэффициент земельного использования с 0,78 до 0,93;
 - поддерживать надлежащее состояние гидротехнических сооружений согласно эксплуатационным требованиям;
 - выполнять агротехнические мероприятия, сохраняющие плодородие почв;
 - обеспечить надлежащий контроль за показателями плодородия почв.
- Интегрированный эффект от внедрения экологизации производства будет достигнут за счет:
- экологизации управленческой деятельности;
 - устранения существующих экологических, экономических и социальных проблем;
 - внедрения международных стандартов в охрану окружающей природной среды региона;
 - повышения эффективности управления экологическими объектами и процессами;
 - создания достоверной постоянно действующей информационной базы;
 - повышения экологической безопасности производства в аграрном секторе экономики;
 - обеспечения инвестиционно-инновационного развития предприятий аграрного сектора;
 - уменьшения непредвиденных расходов на выплату штрафов за сверхлимитное и нерациональное использование природных ресурсов;
 - экологического оздоровления прилегающей к сельскохозяйственным землям территории;
 - уменьшения влияния сельскохозяйственного производства на состояние земельных ресурсов;
 - охраны рекреационных ресурсов для развития рекреационно-туристического комплекса, оздоровления, лечения, и отдыха населения;
 - снижения конфликтности интересов в сфере природопользования региона;
 - постепенного снижения вероятности возникновения экологического и экономического риска во время функционирования эколого-экономической системы региона.

Рассмотренная программа экологизации производства предприятий аграрного сектора экономики является лишь одной составляющей общей стратегии экологизации хозяйственно-производственного комплекса Полесья. На данном примере разработки стратегической программы и модели экологического менеджмента можно провести экологизацию каждой отрасли экономики региона и, увязав их между собой, обеспечить достижение принципов эколого-сбалансированного природопользования и снижения конфликтов интересов между природопользователями и общественностью. Главным стимулирующим фактором при этом остается улучшение условий жизнедеятельности, благосостояния и качества жизни населения региона.

Литература

1. Коптюч В. А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, июнь 1992) // Информационный обзор РАН, 60. – Новосибирск, 1992. – 263 с.
2. Методы решения экологических проблем / под ред. Л. Г. Мельника. – Сумы: Универс. книга, 2001. – 462 с.
3. Грановська Л. М. Рациональне природокористування в зоні еколого-економічного ризику : монографія. – Херсон, 2007. – 371 с.
4. Грановська Л. М. Еколого-збалансоване природокористування в умовах поліфункціональності територій : монографія. – Херсон : Вид-во ХДУ, 2009. – 414 с.
5. Мельник Л. Г. Екологічна економіка : підручник. – Суми: Універс. книга, 2002. – 346 с.
6. Марчук Є. К. Основні напрями діяльності Уряду в умовах ринкової трансформації економіки України // Інформація і ринок. – 1995. – № 6. – С. 3–4.
7. Гофман К. Г., Лемешев М., Реймерс М. Экономика природопользования (Задачи новой науки) // Природа и экономика : сб. ст. – М.: Знание, 1975. – С. 4–17.
8. Грабинський І. М. Еколого-економічна система України: порівняльний аналіз : монографія. – Львів: НТШ, 1997. – 240 с.
9. Гринів Л. С. Рекреаційна індустрія Українських Карпат в системі національної економіки // Становлення нової економічної системи в Україні : матеріали міжн. наук.-практ. конф. – Львів, 1994. – Ч. 2. – С. 31–33.
10. Кравців В. Економічний розвиток і екологічна безпека: шлях України // Регіональна економіка. – 1997. – № 3. – С. 97–104.
11. Галушкина Т. П. Инвестиционный менеджмент в сфере приморского туризма и рекреации // Инвестирование экономики Украины в условиях рынка. – Одесса: ИПРЭЭИ НАНУ, 1998. – С. 61–69.
12. Шевчук В. Я., Саталкін Ю. М., Білявський Г. О. Екологічне управління : підручник. – Київ: Либідь, 2004. – 432 с.
13. Шпренгер Р. Охрана окружающей среды и занятость: бесконечная история // *Naturora*. – 2000. – № 92. – С. 3.
14. Прокопенко О. В. Економічні інструменти мотивації екологізації виробництва // Вісник СНАУ. – 2003. – Вип. 3–4. – С. 125–134.
15. Хвесик М. А., Голян В. А. Інституціональне забезпечення землекористування: теорія і практика : монографія. – Київ: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 260 с.

16. Трансформація інституціонального механізму природокористування в умовах глобалізації: екологічні імперативи та системні суперечності : монографія / З. В. Герасимчук [та ін.]. – Луцьк: Надстир'я, 2006. – 228 с.
17. Концепція переходу України до сталого розвитку // Вісник НАН України. – 2007. – № 2. – 30 с.
18. Хвесик М. А., Горбач Л. М., Пастушенко П. П. Розміщення продуктивних сил та регіональна економіка : навч. посібник. – Київ: Кондор, 2004. – 344 с.
19. Хвесик М. А., Горбач Л. М., Кулаковський Ю. П. Економіко-правове регулювання природокористування : монографія. – Київ: Кондор, 2004. – 524 с.
20. Мельник М. І. Принципи побудови інвестиційних моделей регіонального розвитку // Регіональна економіка. – 2005. – № 1. – С. 187–195.
21. Прокопенко О. В. Економічні інструменти мотивації екологізації виробництва // Вісник СНАУ. – 2003. – Вип. 3–4. – С. 125–134.
22. Коренюк П. І. Фінансові проблеми економіки природокористування в аграрному секторі України // Фінанси України. – 2005. – № 1 (110). – С. 132–136.
23. Герасимчук З. В., Галушак В. Л. Політика розвитку проблемних регіонів: методологічні засади формування та реалізація : монографія. – Луцьк: Надстир'я, 2006. – 220 с.
24. Екологічний менеджмент та аудит рекреаційних територій (концептуальні засади та організаційний механізм) : монографія / під ред. Т. П. Галушкіної. – Одеса: Видавництво ТОВ «ІНВАЦ», 2006. – 184 с.
25. Закон України «Про загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000–2015 роки» // Відомості Верховної Ради (ВВР). – 2000. – № 47. – Ст. 405.
26. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» // Закони України. – Київ: Інститут законодавства Верховної Ради України, 1996. – Т. 2 – С. 46–78.
27. Новосельская Л. І., Сударкін О. О. Механізми реформування територіальної екологічної політики (на прикладі курортно-рекреаційних територій) // Экономические инновации. – Вып. 22: Украинское Причерноморье в конкурентном экономическом пространстве (структурные приоритеты развития, инвестиционная привлекательность). – Одесса, 2005. – С. 196–204.

Алфавитный указатель авторов

Редакционная группа:

Мажайский Юрий Анатольевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник Мещерского филиала ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, генеральный директор ООО «Мещерский научно-технический центр», Российская Федерация;

Рокочинский Анатолий Николаевич – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой природообустройства и гидромелиораций, Национальный университет водного хозяйства и природопользования (НУВХП), Украина;

Волчек Александр Александрович – доктор географических наук, профессор, декан факультета инженерных систем и экологии, Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь;

Мешик Олег Павлович – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой природообустройства, Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь;

Ежи Езнах – доктор технических наук, профессор, Главная школа сельского хозяйства Варшавского университета естественных наук, член Комитета агрономических наук Польской академии наук, Республика Польша.

Авторы:

Бабицкая Елена Анатольевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Басюк Татьяна Александровна – кандидат географических наук, доцент, Международный экономико-гуманитарный университет, Украина;

Бедункова Ольга Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, НУВХП, Украина;

Безтелесная Людмила Ивановна – доктор экономических наук, профессор, НУВХП, Украина;

Бердников Александр Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент НААН Украины, главный научный сотрудник, Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН Украины;

Бондарь Андрей Евгеньевич – аспирант, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Васильев Сергей Васильевич – начальник Ровенского областного управления водных ресурсов, Украина;

Веремеенко Сергей Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой, Житомирский национальный агроэкологический университет, Украина;

Власова Елена Вениаминовна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Вознюк Наталья Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, НУВХП, Украина;

Волкова Людмила Андреевна – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, НУВХП, Украина;

Гарницкий Юрий Васильевич – кандидат технических наук, доцент, НУВХП, Украина;

Гера Александр Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Национальный научный центр «Институт земледелия НААН» Украины;

Гнеушев Владимир Александрович – кандидат технических наук, доцент, НУВХП, Украина;

Гонтаренко Наталья Адамовна – кандидат экономических наук, доцент, НУВХП, Украина;

Гопчак Игорь Васильевич – кандидат географических наук, доцент, докторант, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Грановская Людмила Николаевна – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой, Херсонский государственный аграрный университет, Украина;

Даниленко Юлия Юрьевна – кандидат технических наук, заведующий лабораторией, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Дворкин Леонид Иосифович – доктор технических наук, профессор, НУВХП, Украина;

Дворкин Олег Леонидович – доктор технических наук, профессор, НУВХП, Украина;

Демчук Елена Станиславовна – кандидат технических наук, доцент, НУВХП, УКРАИНА;

Дидковский Николай Петрович – директор департамента АПК облгосадминистрации в Житомирской области, Украина;

Жук Анна Петровна – аспирант, НУВХП, Украина;

Забуга Андрей Алексеевич – начальник Ирпенского межрайонного управления водных ресурсов, Украина;

Зосимчук Николай Дмитриевич – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, Сарненская исследовательская станция ИВПиМ НААН Украины;

Клименко Николай Александрович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, НУВХП, Украина;

Коваль Светлана Ивановна – старший преподаватель, НУВХП, Украина;

Ковальчук Наталья Сергеевна – старший преподаватель, НУВХП, Украина;

Ковальчук Павел Иванович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Кожушко Леонид Федорович – доктор технических наук, профессор, НУВХП, Украина;

Козишкурт Светлана Николаевна – кандидат технических наук, доцент, НУВХП, Украина;

Колесник Татьяна Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, НУВХП, Украина;

Коптюк Роман Николаевич – кандидат технических наук, доцент, НУВХП, Украина;

Корбутяк Михаил Васильевич – кандидат географических наук, доцент, НУВХП, Украина;

Коробченко Станислав Михайлович – кандидат технических наук, профессор, НУВХП, Украина;

Коротун Ольга Петровна – старший преподаватель, НУВХП, Украина;

Коротун Сергей Игоревич – кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой, НУВХП, Украина;

Костюкевич Алина Николаевна – кандидат экономических наук, старший преподаватель, НУВХП, Украина;

Косяк Диана Святославовна – кандидат географических наук, доцент, НУВХП, Украина;

Котикович Игорь Викторович – научный сотрудник, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Кочик Галина Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом земледелия и мелиорации, Институт сельского хозяйства Полесья НААН Украины;

Кучер Галина Андреевна – научный сотрудник, Институт сельского хозяйства Полесья НААН Украины;

Кушнирук Ульяна Леонидовна – аспирант, НУВХП, Украина;

Кушнирук Юрий Степанович – кандидат географических наук, доцент, НУВХП, Украина;

Литвиненко Лариса Леонидовна – кандидат технических наук, доцент, НУВХП, Украина;

Лютницкий Сергей Николаевич – ведущий инженер, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Мальчик Марьяна Васильевна – доктор экономических наук, профессор, НУВХП, Украина;

Малюга Виталий Владимирович – кандидат технических наук, старший преподаватель, Национальный университет биоресурсов и природопользования, Украина;

Мартынюк Оксана Владимировна – кандидат экономических наук, старший преподаватель, НУВХП, Украина;

Мельник Татьяна Дмитриевна – соискатель, НУВХП, Украина;

Мельничук Андрей Алексеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заместитель директора, Институт сельского хозяйства Полесья НААН Украины;

Мельничук Анна Владимировна – старший научный сотрудник, Институт сельского хозяйства Полесья НААН Украины;

Мельничук Виктор Григорьевич – доктор геологических наук, профессор, НУВХП, Украина;

Мельничук Григорий Викторович – кандидат геологических наук, старший преподаватель, НУВХП, Украина;

Михайлов Юрий Алексеевич – доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий специалист по инвестиционной деятельности, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Мороз Александр Сергеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, НУВХП, Украина;

Морозов Владимир Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой, Херсонский государственный аграрный университет, Украина;

Мошинский Виктор Степанович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, НУВХП, Украина;

Орлов Валерий Олегович – доктор технических наук, профессор, НУВХП, УКРАИНА;

Попко Елена Владимировна – кандидат экономических наук, доцент, НУВХП, Украина;

Потапенко Людмила Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией, Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН Украины;

Прищепа Алла Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, НУВХП, Украина;

Рябенко Александр Антонович – доктор технических наук, профессор, НУВХП, Украина;

Ряцева Галина Павловна – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Савчук Дмитрий Петрович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Савчук Ольга Ивановна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и мелиорации, Институт сельского хозяйства Полесья НААН Украины;

Сайдак Роман Васильевич – заведующий лабораторией, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Сербенюк Виктор Алексеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Национальный научный центр «Институт земледелия НААН» Украины;

Слюсар Иван Тимофеевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Национальный научный центр «Институт земледелия НААН» Украины;

Соляник Елена Петровна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Национальный научный центр «Институт земледелия НААН» Украины;

Стасюк Сергей Ростиславович – старший научный сотрудник, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Статник Игорь Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, НУВХП, Украина;

Стецюк Николай Григорьевич – директор, Сарненская исследовательская станция ИВПиМ НААН Украины;

Суничук Сергей Васильевич – кандидат технических наук, доцент, НУВХП, Украина;

Тарарико Юрий Александрович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент НААН Украины, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Толчанова Зоя Алексеевна – кандидат экономических наук, доцент, НУВХП, Украина;

Топольник Татьяна Ивановна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Троцюк Виктор Степанович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, НУВХП, Украина;

Тураева Ольга Владимировна – научный сотрудник, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Фроленкова Надежда Анатольевна – кандидат экономических наук, доцент, НУВХП, Украина;

Холоденко Виктория Святославовна – кандидат географических наук, доцент, НУВХП, Украина;

Хомуецкая Татьяна Петровна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Хоружий Петр Данилович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Цветова Елена Викторовна – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Шевченко Алексей Леонидович – доктор геологических наук, доцент, Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина;

Шевченко Анатолий Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины;

Шевчук Михаил Иосифович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Восточноевропейский национальный университет им. Леси Украинки;

Яковишина Маргарита Сергеевна – старший преподаватель, НУВХП, Украина;

Яцык Анатолий Васильевич – доктор технических наук, профессор, академик НААН Украины, директор Украинский научно-исследовательский институт водохозяйственно-экологических проблем.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО	5
ПРЕДИСЛОВИЕ	6
ЧАСТЬ 1. ПОЧВЕННЫЕ, РЕЖИМНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЛИОРАЦИЙ	
Глава 1. ВЛИЯНИЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ОРГАНОГЕННЫХ ПОЧВ (Слюсар И. Т., Гера А. Н., Соляник Е. П., Сербенюк В. А.)	
1.1. Природные условия торфообразования, объекты исследований и их краткая характеристика.....	7
1.2. Изменение водно-физических свойств органогенных почв под действием антропогенных факторов.....	9
1.3. Изменение агрохимических характеристик торфяных почв в процессе их освоения и сельскохозяйственного использования.....	14
1.4. Биологическая активность осушаемых торфяных почв в зависимости от интенсивности их использования.....	21
1.5. Миграция биогенных элементов в зависимости от геохимических условий, осушения и использования.....	23
<i>Литература</i>	25
Глава 2. СПОСОБЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ГУМИДНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ (Слюсар И. Т., Гера А. Н., Соляник Е. П., Сербенюк В. А.)	
2.1. Структура посевных площадей в севооборотах.....	26
2.2. Система обработки органогенных почв.....	32
2.3. Система удобрения.....	38
2.4. Технологии выращивания сельскохозяйственных культур.....	42
2.5. Создание и использование сенокосов и пастбищ.....	52
2.6. Создание биоэнергетических плантаций.....	57
2.7. Выращивание сельскохозяйственных культур в системе органического земледелия на осушаемых землях.....	59
2.8. Почвозащитные мероприятия.....	60
<i>Литература</i>	61
Глава 3. ОЦЕНКА ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ (Клименко Н. А., Прищепя А. Н.)	
3.1. Общая характеристика условий проведения и методики исследований.....	62
3.2. Особенности формирования гидротермического режима торфяных почв Западного Полесья Украины.....	64
3.3. Оценка гидротермического режима торфяных почв.....	80
3.4. Влияние гидротермического режима почв на продуктивность сельскохозяйственных культур.....	83
<i>Литература</i>	86
Глава 4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ЛЕВОБЕРЕЖНОМ ПОЛЕСЬЕ УКРАИНЫ (Тарарико Ю. А., Сайдак Р. В., Бердников А. М., Потапенко Л. В.)	
4.1. Климатические условия Левобережного Полесья Украины.....	88
4.2. Интенсивность инфильтрации осадков.....	90
4.3. Питательный режим дерново-подзолистой почвы при различных системах удобрения.....	94

4.4. Влияние гидротермических условий на эффективность удобрений.....	99
4.5. Влияние гидротермических условий и удобрений на формирование качества зерна озимой пшеницы.....	102
<i>Литература</i>	105

Глава 5. ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ И БИОПРЕПАРАТЫ КАК ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА ДЕРНОВО-СЛАБОПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ (Шевчук М. И., Ковальчук Н. С.)

5.1. Влияние ферментированных органических удобрений на эколого-агрохимические показатели почв.....	107
5.2. Агрономическая эффективность применения биопрепаратов.....	108
5.3. Агрохимические особенности дерново-слабоподзолистой почвы и условия проведения исследований.....	110
5.4. Влияние микробиологических препаратов на активность фотосинтеза овса на зеленую массу (сидераты).....	114
5.5. Влияние микробиологических препаратов на урожай зеленой массы овса и редьки масличной.....	115
5.6. Влияние микробиологических препаратов на агрохимические показатели дерново-слабоподзолистой почвы.....	116
<i>Литература</i>	124

Глава 6. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ РЕЖИМОВ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ (Веремеенко С. И.)

6.1. Формирование температурного режима почв и его экологическая оценка.....	125
6.2. Формирование водного режима и его оценка.....	127
6.3. Экологические принципы оценки и классификации температурного режима почв.....	131
6.4. Экологические принципы оценки и классификации водного режима почв.....	134
6.5. Принципы оценки и классификация питательного режима почв.....	135
6.6. Системно-экологические принципы управления продуктивностью почв.....	137
<i>Литература</i>	140

Глава 7. РАЦИОНАЛЬНОЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСУШАЕМЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ (Стецюк Н. Г., Зосимчук Н. Д.)

7.1. Развитие мелиорации в Ровенской области.....	142
7.2. Сарненская опытная станция – история становления, основные направления и результаты деятельности.....	143
7.3. Краткая характеристика гидроморфных осушаемых почв.....	147
7.4. Характеристика торфяных почв Сарненской исследовательской станции.....	148
7.5. Вегетационный период на торфяно-болотных массивах Западного Полесья в условиях современного климата (на примере массива Чемерное).....	150
7.6. Потенциал кормовой продуктивности многолетних трав и малораспространенных кормовых культур на осушаемых торфяных почвах.....	156
7.7. Применение стимуляторов роста сельскохозяйственных культур при их выращивании на осушаемых торфяных почвах.....	158
7.8. Продуктивность осушаемых органогенных почв в зависимости от оптимизации факторов.....	161
7.9. Подбор видов многолетних трав для эффективного луговодства на осушаемых торфяных почвах.....	164
7.10. Выращивание биоэнергетических культур на осушаемых торфяных почвах Западного Полесья.....	168

7.11. Трансформация водно-физических и агрохимических свойств осушаемых торфяных почв под влиянием длительного сельскохозяйственного использования.....	170
7.12. Водопотребление и урожайность сельскохозяйственных культур на осушаемых торфяных почвах.....	174
7.13. Использование осушаемых радиоактивно загрязненных земель.....	176
<i>Литература</i>	178

Глава 8. ОПТИМИЗАЦИЯ ВОДНОГО И ПИТАТЕЛЬНОГО РЕЖИМОВ ОСУШАЕМОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ (Мельничук А. А., Кочик Г. Н., Савчук О. И., Кучер Г. А., Дидковский Н. П., Мельничук А. В.)

8.1. Формирование водного и воздушного режимов на дерново-подзолистых почвах Полесья.....	180
8.2. Формирование питательного режима на дерново-подзолистых почвах Полесья.....	188
<i>Литература</i>	201

Глава 9. ИЗМЕНЕНИЕ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ И АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОСУШЕНИЯ И ИНТЕНСИВНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (Колесник Т. Н., Троцюк В. С.)

9.1. Динамика содержания и запасов гумуса.....	202
9.2. Групповой состав гумуса и оптические свойства гуминовых кислот.....	206
9.3. Трансформация коллоидных форм гумуса.....	217
9.4. Коэффициенты трансформации и устойчивости к трансформации органического вещества в дерново-карбонатных почвах.....	219
9.5. Гранулометрический и микроагрегатный состав.....	223
9.6. Удельная поверхность.....	225
9.7. Структурно-агрегатный состав.....	226
9.8. Плотность сложения, плотность твердой фазы, пористость, аэрация.....	229
9.9. Полная, капиллярная, наименьшая влагоемкость, влажность завядания и влажность разрыва капилляров.....	230
9.10. Водопроницаемость.....	234
<i>Литература</i>	235

Глава 10. ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАНТОВ НА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ (Мороз А. С.)

10.1. Изученность проблемы.....	236
10.2. Изучение запасов, распространения и свойств полезных ископаемых местного значения.....	239
10.3. Влияние мелиорантов на состав и свойства дерново-подзолистых почв.....	244
10.4. Влияние удобрений и мелиорантов на урожайность сельскохозяйственных культур и поступление в них радионуклидов.....	247
<i>Литература</i>	252

Глава 11. ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ДЕГРАДАЦИИ ОСУШАЕМЫХ ПОЧВ ПОЛЕСЬЯ, МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ ОКУЛЬТУРИВАНИЮ (Козишкурт С. Н.)

11.1. Основные агрофизические свойства почв Украинского Полесья.....	254
11.2. Окультуривание как основа повышения плодородия пахотных земель.....	262
11.3. Установление связи между плотностью и агрогидрологическими свойствами почвы.....	267
11.4. Деградация осушаемых почв и меры по ее предупреждению.....	271

<i>Литература</i>	274
Глава 12. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ВОЛЫНСКОГО ПОЛЕСЬЯ (Волкова Л. А.)	
12.1. Состояние использования земельных ресурсов (на примере бассейнов малых рек Полесья Ровенской области).....	275
12.2. Использование земель сельскохозяйственного назначения Ровенской области.....	280
12.3. Функциональные связи коэффициента фильтрации с физическими свойствами почв зоны Полесья.....	283
12.4. Заохривание дренажа мелиоративных систем.....	286
12.5. Обоснование доз ингибитора для предотвращения заохривания дренажа.....	288
12.6. Защитная функция водохозяйственно-мелиоративного комплекса и прогнозирование прохождения наводнений и паводков на территории Ровенской области (<i>Васильев С. В.</i>)	291
<i>Литература</i>	293
Глава 13. МОНИТОРИНГ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ПОЛЕСЬЯ (Мошинский В. С., Цветова Е. В., Рябцева Г. П., Топольник Т. И., Тураева О. В., Кушнирук У. Л., Жук А. П., Грановская Л. Н., Морозов В. В.)	
13.1. Становление и развитие мониторинга осушаемых земель гумидной зоны Украины..	295
13.2. Эколого-мелиоративный мониторинг в современной структуре мониторинга природной среды.....	297
13.3. Методология и перспективы эколого-мелиоративного мониторинга Полесья.....	300
13.4. Мониторинг поверхностных и подземных вод.....	303
13.5. Выбор объекта и создание наблюдательной сети на осушаемых землях.....	306
13.6. Виды наблюдений на осушаемых землях.....	310
13.7. Методика наблюдений и исследований на эталонных водосборах.....	312
13.8. Показатели и критерии оценки эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель.....	313
13.9. Оценка эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель.....	315
13.10. Прогноз эколого-мелиоративного состояния осушаемых земель.....	319
13.11. Слово о В. Е. Алексеевском.....	322
<i>Литература</i>	324
Глава 14. МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА (Мошинский В. С.)	
14.1. Проблема управления состоянием осушаемых земель на основе его контроля, оценки прогнозирования.....	327
14.2. Принципы построения моделей продуктивной и экологической устойчивости осушаемых земель для нужд управления.....	329
14.3. Формулировка модели продуктивности и оценки состояния осушаемых земель Украины.....	329
14.4. Идентификация модели продуктивности и оценки состояния осушаемых земель Украины.....	332
14.5. Верификация модели продуктивности и оценки состояния осушаемых земель.....	335
14.6. Применение модели продуктивности и оценки состояния осушаемых земель и ее функциональных блоков.....	335
<i>Литература</i>	344

Часть 2. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЛИОРАЦИЙ

Глава 15. ПОЛЕССКИЕ РЕКИ И ТРАНСФОРМАЦИЯ ИХ ВОДОСБОРОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОСУШИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ (Савчук Д. П., Бабицкая Е. А., Малюга В. В., Котикович И. В., Бондарь А. Е.)

15.1. Общая характеристика.....	346
15.2. Осушительные системы в бассейнах рек.....	349
15.3. Наводнения и затопление территорий.....	351
15.4. Особенности формирования стока рек Полесья в условиях осушительных мелиораций и возможных изменений климата (Бондарь А. Е.).....	357
<i>Литература</i>	364

Глава 16. ВОДОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ (Михайлов Ю. А., Даниленко Ю. Ю., Лютницкий С. М.)

16.1. Методология идентификации величины водоресурсного потенциала и выявление закономерностей его пространственных изменений.....	366
16.2. Оценка и типизация сельских территорий по величине водоресурсного потенциала на примере Ровенской области.....	368
<i>Литература</i>	378

Глава 17. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНОЙ НАГРУЗКИ НА БАСЕЙНЫ МАЛЫХ РЕК УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ (Корбутяк М. В., Гончак И. В., Басюк Т. А.)

17.1. Оценка и учет влияния антропогенных факторов на годовой сток рек.....	377
17.2. Формирование стока рек на осушенных землях Западного Полесья Украины.....	390
17.3. Рекомендации по оценке антропогенной трансформации гидрографической сети.....	395
<i>Литература</i>	395

Глава 18. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ПОЛЕСЬЯ (Яцык А. В., Гончак И. В.)

18.1. Экологическая оценка качества поверхностных вод.....	396
18.2. Водные объекты, пункты наблюдения.....	397
18.3. Характеристика исходной информации.....	398
18.4. Оценка качества воды по показателям солевого состава.....	399
18.5. Оценка качества по трофо-сапробиологическим (санитарно-гигиеническим) показателям.....	401
18.6. Оценка качества воды по показателям специфических веществ токсического действия.....	402
18.7. Объединенная экологическая оценка качества поверхностных вод.....	413
18.8. Картографическое изображение полученных результатов.....	415
<i>Литература</i>	417

Глава 19. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЛЕССКОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ (Клименко Н. А., Вознюк Н. Н.)

19.1. Характеристика природных условий территории бассейна р. Западный Буг.....	418
19.2. Гидрологические условия бассейна р. Западный Буг.....	421
19.3. Гидрохимический режим поверхностных вод р. Западный Буг.....	422
19.4. Характеристика антропогенной нагрузки на экосистемы бассейна.....	424
19.5. Экологическая оценка качества поверхностных вод реки.....	430
<i>Литература</i>	432

Глава 20. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РАЗРАБОТКА ПРИРОДО-ОХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ БАССЕЙНА РЕКИ ГОРЫНЬ (Статник И. И., Бедункова О. А.)

20.1. Современное состояние хозяйственно-экологического районирования бассейнов малых и средних рек.....	434
20.2. Методика и условия проведения исследований.....	435
20.3. Влияние хозяйственной деятельности на состояние экосистемы реки Горынь.....	437
20.4. Определение уровня антропогенной нагрузки на генерализированные речные экосистемы.....	439
20.5. Оценка эффективности внедрения природоохранных мероприятий по реабилитации нарушенных речных экосистем.....	447
<i>Литература</i>	448

Глава 21. ОЦЕНКА МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЕСЬЯ (НА ПРИМЕРЕ РОВЕНСКОЙ ОБЛАСТИ) (Кушнирук Ю. С., Волкова Л. А.)

21.1. Основные понятия о медико-экологическом риске.....	450
21.2. Методика оценки медико-экологического риска территории.....	451
21.3. Оценка медико-экологического состояния территории Ровенской области.....	454
<i>Литература</i>	469

Глава 22. РОЛЬ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ФОРМИРОВАНИИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ (Шевченко А. Л.)

22.1. Влияние осушительной сети на объемы вынесения ⁹⁰ Sr за пределы Чернобыльской зоны отчуждения.....	471
22.2. Теоретические и методологические основы радиогидрогеологии осушаемых ландшафтов.....	482
22.3. Источники и процессы вторичного радиоактивного загрязнения поверхностных вод дренажных каналов.....	484
22.4. Факторы барьерной устойчивости водосборов.....	492
22.5. Оценка барьерной устойчивости водосборов зоны отчуждения к выносу ⁹⁰ Sr.....	495
22.6. Использование осушительных систем для уменьшения выноса радионуклидов за пределы загрязненных водосборов.....	498
<i>Литература</i>	502

Глава 23. БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ГИДРОЭКОСИСТЕМ ПРАВОБЕРЕЖНЫХ ПРИТОКОВ Р. ПРИПЯТЬ (Клименко Н. А., Бедункова О. А.)

23.1. Общая характеристика гидроэкосистем правобережных притоков р. Припять.....	504
23.2. Экологическая оценка гидроэкосистем по гидрохимическим параметрам.....	505
23.3. Биоиндикация состояния гидроэкосистем по морфологическим характеристикам гомеостаза представителей ихтиофауны.....	507
23.4. Биоиндикация состояния речных гидроэкосистем по цитогенетическим характеристикам гомеостаза рыб.....	508
23.5. Анализ результатов биоиндикационной оценки с учетом принципов регионального экологического контроля.....	509
23.6. Биотестирование состояния гидроэкосистем по набору тест-объектов в разные гидрологические сезоны.....	512
23.7. Концепция внедрения технологий биомониторинга в систему регионального экологического контроля гидроэкосистем.....	517
<i>Литература</i>	521

Глава 24. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ БАСЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК ПОЛЕСЬЯ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ (Демчук Е. С., Ковальчук П. И., Коробченко С. М.)	
24.1. Общая характеристика малых рек Полесья и их экологического состояния.....	522
24.2. Анализ существующих подходов к разработке и реализации мониторинга эколого-мелиоративного состояния бассейнов малых рек и пути его совершенствования.....	523
24.3. Совершенствование ведения мониторинга, методов и моделей оценки и прогнозирования эколого-мелиоративного состояния бассейнов малых рек.....	525
24.4. Принципы организации информационно-аналитической системы комплексной оценки состояния бассейнов малых рек.....	531
24.5. Ведение усовершенствованного мониторинга бассейнов малых рек на примере бассейна малой реки Устье.....	534
<i>Литература</i>	538
Глава 25. ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ОСУШЕНИЯ БОЛОТ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ ДЛЯ ДОБЫЧИ ТОРФА (Гнеушев В. А.)	
25.1. Торфяники Полесья: сочетание ресурсно-сырьевой и биосферной функций.....	540
25.2. Методика оценки экологического состояния торфяных месторождений.....	541
25.3. Результаты выборочного обследования торфяных месторождений.....	542
25.4. Торфяные пожары – следствие неконтролируемого осушения торфяников и фактор угрозы экологической безопасности региона.....	545
25.5. Современные процессы торфообразования и торфонакопления.....	546
25.6. Диалектика восстанавливаемости торфяных месторождений и торфяных ресурсов	547
25.7. Модернизация технологий добычи торфа – путь к экологизации специальных осушительных мелиораций.....	549
25.8. Особенности системы осушения торфяника на этапе его экологической реабилитации.....	554
<i>Литература</i>	557
Глава 26. ОПАСНОСТЬ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ И ПУТИ ИХ МИНИМИЗАЦИИ НА ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ В БАСЕЙНАХ РЕК ИРПЕНЬ И ЗДВИЖ (Шевченко А. Н, Савчук Д. П., Власова Е. В., Забуга А. А.)	
26.1. Распространение, масштабы и последствия торфяных пожаров.....	559
26.2. Факторы риска торфяных пожаров.....	568
26.3. Мероприятия по ликвидации и предотвращению горения торфяников на мелиоративных системах.....	570
<i>Литература</i>	574
Часть 3. ОБУСТРОЙСТВО, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕЛИОРАЦИИ ПОЛЕСЬЯ	
Глава 27. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПОЛЕСЬЯ (Орлов В. О., Волкова Л. А., Литвиненко Л. Л.)	
27.1. Источники водоснабжения и особенности их использования.....	576
27.2. Экологические аспекты питьевого водоснабжения.....	578
27.3. Экологические аспекты обеспечения промышленного водоснабжения.....	580
27.4. Пути сокращения водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий...	586
<i>Литература</i>	592

Глава 28. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РОВЕНСКОЙ ОБЛАСТИ (Мельничук В. Г., Мельничук Г. В.)	
28.1. Общая характеристика минерально-сырьевой базы Ровенской области.....	593
28.2. Топливо-энергетические ресурсы.....	595
28.3. Металлические полезные ископаемые.....	596
28.4. Драгоценные камни.....	596
28.5. Неметаллические полезные ископаемые.....	597
28.6. Подземные воды.....	602
<i>Литература</i>	602
Глава 29. ПРИРОДНО-ЗАПОВЕДНЫЙ ФОНД ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ (Косяк Д. С., Холоденко В. С.)	
29.1. Условия создания природно-заповедных объектов в Украине.....	604
29.2. Территориальное распределение природно-заповедных объектов Припятского Полесья и их характеристика.....	612
<i>Литература</i>	630
Глава 30. ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЛЕСЬЯ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ (Рябенко А. А., Суничук С. В.)	
30.1. Современное состояние и перспективы развития гидроэнергетики Украины.....	632
30.2. Реконструкция и развитие ГЭС.....	635
30.3. Развитие гидроэнергетики Беларуси.....	639
30.4. Научно-техническая база развития гидроэнергетики.....	641
30.5. Экологические риски от деятельности гидроэнергетики.....	643
30.6. Мониторинг состояния гидротехнических сооружений ГЭС.....	644
<i>Литература</i>	646
Глава 31. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ПОЛЕСЬЯ В МЕЛИОРАТИВНОМ, ПРОМЫШЛЕННОМ И ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ (Дворкин Л. И., Дворкин О. Л., Гарницкий Ю. В.)	
31.1. Бетон для конструкций мелиоративных сооружений.....	647
31.2. Минерально-ресурсная база строительной индустрии Полесья.....	657
31.3. Использование отходов и побочных продуктов промышленности нерудных материалов.....	658
31.4. Материалы и изделия из отходов переработки древесины и другого растительного сырья.....	662
<i>Литература</i>	676
Глава 32. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ЗОНЕ ПОЛЕСЬЯ (Хоружий П. Д., Хомутецкая Т. П., Стасюк С. Р.)	
32.1. Методика оптимизационных расчетов водопроводных систем с водозаборными скважинами.....	677
32.2. Оптимизация работы насосной станции второго подъема.....	682
32.3. Расчет совместной работы сооружений безбашенной водопроводной системы с несколькими насосными станциями.....	684
32.4. Расчет установок для обезжелезивания и умягчения подземных вод.....	690
32.5. Пути улучшения эффективности работы предприятий водоснабжения.....	692
<i>Литература</i>	693

Глава 33. РЕКРЕАЦИОННО-ТУРИСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ (Коротун С. И., Кушнирук Ю. С., Яковишина М. С., Коротун О. П.)

33.1. Географические факторы влияния на развитие рекреационно-туристического комплекса Ровенской области.....	695
33.2. Индекс конкурентоспособности туризма: составляющие и структура.....	696
33.3. Туристические ресурсы Ровенской области.....	700
33.4. Виды и факторы формирования зеленого сельского туризма как части рекреационно-туристического комплекса.....	705
33.5. Развитие сельского туризма как перспективного вида предпринимательства в рекреационной сфере Ровенской области.....	708
33.6. Экологические аспекты природных рекреационных ресурсов Волынского Полесья.....	710
33.7. Схема стратегии развития и маркетинга туризма в регионе.....	717
<i>Литература</i>	721

Глава 34. СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИОРИТЕТЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ПОЛЕСКОГО РЕГИОНА (Безтелесная Л. И., Мальчик М. В., Мартынюк О. В., Толчанова З. А., Попко Е. В., Гонтаренко Н. А., Костюкевич А. Н., Коваль С. И., Мельник Т. Д.)

34.1. Управление кадровым потенциалом водохозяйственных организаций региона Полесья: оценка и перспективы.....	723
34.2. Рефлексивные методы управления конкурентоспособностью предприятий Полеского региона в контексте их активной адаптации.....	727
34.3. Программно-целевое управление охраной окружающей природной среды Полеского региона.....	730
34.4. Кластерный подход как система управления маркетингом лесного сектора Полеского региона.....	736
<i>Литература</i>	741

Глава 35. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ И ИНВЕСТИЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРОЕКТОВ В ЗОНЕ ПОЛЕСЬЯ (Фроленкова Н. А., Кожушко Л. Ф., Рокочинский А. Н.)

35.1. Общие подходы к эколого-экономической оценке водохозяйственно-мелиоративных проектов.....	743
35.2. Учет природных факторов влияния на основные экономические показатели при эколого-экономической оценке водохозяйственно-мелиоративных проектов в зоне Полесья....	745
35.3. Особенности сравнения альтернативных вариантов проектных решений с учетом погодно-климатических факторов.....	749
35.4. Оценка эффективности инвестиций в водохозяйственно-мелиоративные проекты.....	753
35.5. Апробация и эффективность эколого-экономической оценки водохозяйственно-мелиоративных проектов в зоне Полесья (<i>Коптюк Р. Н.</i>).....	762
<i>Литература</i>	767

Глава 36. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БАЛАНСА ИНТЕРЕСОВ В ЗОНЕ ПОЛЕСЬЯ КАК ЗОНЕ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ (Грановская Л. Н.)

36.1. Причины возникновения конфликтов интересов на территории полифункционального статуса Полесья и пути их решения.....	769
36.2. Особенности использования полифункциональных территорий Полесья для рекреационных целей.....	771
36.3. Организационный механизм обеспечения эколого-сбалансированного природопользования в зонах полифункционального статуса.....	772

36.4. Институциональное обеспечение эколого-сбалансированного природопользования в пределах полифункциональных территорий Полесья.....	773
36.5. Эколого-экономический механизм сбалансированного природопользования в зонах полифункционального статуса.....	775
36.6. Стратегические направления достижения баланса интересов в зоне полифункционального статуса Украинского Полесья.....	778
36.7. Законодательно-нормативное обеспечение эколого-сбалансированного использования природно-ресурсного потенциала Полесья.....	780
36.8. Стратегические векторы эколого-сбалансированного развития полифункциональных территорий Полесья.....	785
<i>Литература</i>	789
Алфавитный указатель авторов	791
Оглавление	795

Международное научное издание

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО ПОЛЕСЬЯ
Книга 2. УКРАИНСКОЕ ПОЛЕСЬЕ
Том 2

Под общей научной редакцией
Ю. А. Мажайского, А. Н. Рокочинского,
А. А. Волчека, О. П. Мешика,
Е. Езнаха

Печатается в авторской редакции
Корректор С. А. Ардашева

*Авторы книги и редколлегия выражают благодарность коллективу
ООО «Межцержский научно-технический центр» за оказание методической
и материальной помощи и надеются на дальнейшее сотрудничество.*

Тел.: +7 (4912) 27-50-76, эл. почта: mail@mntc.pro

Сайт: <http://mntc.pro/>

Подписано в печать 15.05.18. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная
Гарнитура Таймс, Cambria. Печ. л. 100,5. Тираж 500 экз. Заказ №