

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО ПОЛЕСЬЯ

Книга 4. ПОЛЕСЬЯ РОССИИ

Том 2

***ПОЛЕСЬЯ ЦЕНТРА И СЕВЕРО-ВОСТОКА
ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ***

Под общей научной редакцией

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

БЕЛАРУСЬ – УКРАИНА – ПОЛЬША – РОССИЯ

Брест – Ровно – Варшава – Рязань

2019

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);

Ф. Р. Зайдельмана, заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного профессора МГУ им. М. В. Ломоносова (Россия);

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

Д. А. Иванова, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, чл.-корр. РАН (Россия);

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

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

Рецензенты:

И. П. Свинцов – академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук (Российская академия наук);

В. А. Тюлин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры ботаники и луговых экосистем (Тверская государственная сельскохозяйственная академия).

Природообустройство Полесья : монография : в 4 кн. / под общ. науч. ред. Ю. А. Мажайского, А. Н. Рокочинского, Ф. Р. Зайдельмана, А. А. Волчека, Д. А. Иванова, О. П. Мешика, Е. Езнаха. – Рязань : Мещер. ф-л ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», 2019. – Кн. 4 : Полесья России. – Т. 2 : Полесья Центра и Северо-Востока Европейской части России. – 339 с.

ISBN

Монография подготовлена на основе обобщения результатов многолетних исследований и производственного опыта ведущих ученых и специалистов сельскохозяйственного, водохозяйственного и мелиоративного профиля, касающихся природных, социально-экономических, режимно-технологических, экологических, экономических и других аспектов мелиорации и обустройства зоны Полесья России.

Книга посвящена вопросам оценки природно-ресурсного потенциала Полесья России в контексте природообустройства региона и решения задач рационального природопользования.

Предназначается для специалистов в области экологии, природоохранной деятельности, мелиорации и водного хозяйства, сельскохозяйственного производства, научных работников, аспирантов, магистрантов и студентов соответствующих специальностей.

Ответственность за содержание, достоверность и качество представленных материалов несут авторы.

УДК 631.62(438.42)

ББК 40.6

ISBN

© Авторы разделов, указанные в оглавлении тома 2 книги 4 монографии, 2019

© Брестский государственный технический университет (Республика Беларусь), 2019

© Национальный университет водного хозяйства и природопользования (Ровно, Украина), 2019

©ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация), 2019

© Варшавский университет естественных наук – SGGW (Республика Польша), 2019

© Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Российская Федерация), 2019

© ФГБНУ ВНИИМЗ (Российская Федерация), 2019

INTERNATIONAL SCIENTIFIC PUBLICATION

**ENVIRONMENTAL ENGINEERING
IN POLESYE**

Book 4. POLESYE OF RUSSIA

Volume 2

***POLESYA CENTER AND NORTH-EAST
OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA***

Edited by

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

BELARUS – UKRAINE – POLAND – RUSSIA

Brest – Rivne – Warsaw – Ryazan

2019

UDC 631.62(438.42)
BBC40.6
E58

Edited by

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

Reviewers:

I. P. Svintsov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sc. in Agriculture (Russian Academy of Sciences);

V. A. Tyulin, Dr. Sc. in Agriculture, Professor, Honored Worker of Higher School of the Russian Federation, Professor of the Department of Botany and Meadow Ecosystems (Tver State Agricultural Academy).

E58 **Environmental Engineering in Polesye**: monograph : in 4 books / edited by Yu. Mazhayskiy, A. Rokochynskiy, F. Zeidelman, A. Volchak, D. Ivanov, A. Meshyk, J. Jeznach. – Ryazan : Meshchersk office of VNIIGiM of A. N. Kostiakov, 2019. – Book 4 : Polesye of Russia. – V. 2 : Polesya Center and North-East of the European part of Russia. – 339 p.

ISBN

The monograph was prepared on the basis of a generalization of the results of many years of research and production experience of leading scientists and specialists of the agricultural and water management and land reclamation profile on the natural, socio-economic, regime-technological, environmental, economic and other aspects of land reclamation and arrangement of the zone of Polesie of Russia.

The book is devoted to issues of assessing the natural resource potential of Polesie of Russia in the context of environmental management in the region and solving problems of their rational nature management.

It is intended for specialists in the field of ecology, environmental protection, land reclamation and water management, agricultural production, scientists, graduate students, undergraduates and students of relevant specialties.

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

ISBN

UDC 631.62(438.42)

BBC 40.6

© Authors of the chapters named in Volume 2
of Book 4 of the monograph, 2019

© Brest State Technical University (Belarus), 2019

© National University of Water and Environmental Engineering
(Rivne, Ukraine), 2019

© VNIIGiM of A. N. Kostiakov (Russia), 2019

© Warsaw University of Life Sciences – SGGW (Poland), 2019

© Moscow State University named after M.V. Lomonosov
(Russian Federation), 2019

© FGBNU VNIIMZ (Russian Federation), 2019

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО

Полесье – это уникальный природно-территориальный комплекс, который находится на территории четырех государств: Республики Беларусь (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), Российской Федерации (полесья Юго-Западной России) и Полесье Республики Польша (в составе некоторых районов 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 сельскохозяйственных производств Полесья, 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, характеризуются не только положительным, но и отрицательным влиянием на окружающую среду. Как показывает опыт многих стран, это вызвано тем, что при проектировании и строительстве гидромелиоративных систем предполагалось обязательное соблюдение условий их эксплуатации. Но сегодня мы поставлены перед фактом, что нередко мелиоративные системы в результате раздела земель не всегда принадлежат одному землепользователю, вследствие чего условия их эксплуатации значительно нарушаются. Проблема состоит в том, что построенные гидромелиоративные системы, особенно внутривозрастные, нередко брошены на произвол судьбы.

Учитывая результаты многолетних научных исследований и практический опыт разных стран, можно сказать: мелиорации были, есть и остаются главным условием обеспечения развития и дальнейшего процветания сельского хозяйства, в том числе в зоне 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 президиума и ученый секретарь 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. Мосей** (Республика Польша)

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

ПРЕДИСЛОВИЕ

Монография, описывающая особенности российских полесий, является очередным этапом цикла работ, посвященных созданию информационно-аналитической базы состояния природной среды песчаных ландшафтов Северной, Центральной и Восточной Европы.

Полесья России, во многом являясь генетическими аналогами других европейских полесий, отличаются от них относительной молодостью литогенной основы, более суровым климатом, некоторыми чертами флоры и фауны. Располагаясь по периферии максимального распространения голоценовых ледников, они во многом определили особенности природы северной части Русской равнины, а также основных черт хозяйства и менталитета проживающих в их пределах народов.

Флювиогляциальные равнины в пределах европейской части России представлены несколькими мощными ареалами (Днепро-Деснинский регион, Мещера, Верхневолжская низменность, Вятско-Ветлужская равнина и др.), которые, подобно гирлянде, протягиваются от западных границ страны до Урала. Группа специалистов из Москвы, Рязани, Твери, Кирова, Дмитрова попыталась описать некоторые аспекты природной среды этих геокомплексов и хозяйственной деятельности в их пределах. Авторы дали характеристику состояния основных компонентов ландшафта полесий, однако в данном томе наибольшее внимание было уделено почвенному покрову этих геосистем и способу его эксплуатации в сельскохозяйственном производстве.

Почвенный покров полесий России, состоящий из минеральных и органических (торфяных) образований, имеет много специфических черт, обусловленных как общим характером генезиса флювиогляциальных равнин, так и особенностями природных условий Восточной Европы. При их описании в данной монографии были использованы обширные наработки профессора Ф. Р. Зайдельмана. Привлекались и материалы других авторов. Много внимания было уделено морфологии, мелиорации, экологии и охране почв. Достаточно подробно описана временная и пространственная динамика физических, химических и биологических свойств почв, как целинных участков, так и сельскохозяйственных угодий. Приведены результаты исследований по изучению трансформации микробиоты торфяников, динамики эмиссии парниковых газов при их осушении и последующем использовании и влияния на этот процесс грунтовых вод.

Значительное место в монографии отведено описанию особенностей сельскохозяйственного использования полесий. Показано не только современное состояние растениеводства, но и перспективы использования в этих геокомплексах адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Приведены отличия основных элементов адаптивно-ландшафтной системы земледелия – соотношения луга, леса и пашни в агроландшафте, организации угодий и севооборотов, обработки почв, питания и защиты растений от таких же процедур, используемых при традиционном возделывании культур. Обоснован тезис об учете особенностей адаптивных реакций сельскохозяйственных растений на изменение природных условий при разработке и проектировании основных элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Вопрос охраны почв, прежде всего торфяников, занял большое место в объеме монографии. Подробно описаны процессы сработки осушаемых торфов, изменения физических и химических свойств почвенного раствора, электрофизических характеристик торфяной толщи при их использовании в сельскохозяйственном производстве. Много внимания уделено новейшим методам растениеводства на торфах: описаны различные способы их пескования, применения агрохимикатов и перспективных сортов овощей. Дана экономическая оценка различным приемам, описаны типичные хозяйства, занимающиеся растениеводством на торфах. Экологическое состояние полесий во многом зависит от степени распространения пожаров в лесах и на торфяниках. Массовые интенсивные возгорания наносят непоправимый ущерб природе этих уникальных ландшафтов. В книге описаны деграционные изменения органогенных почв, происходящие в результате пожаров: дано определение разнообразных пирогенных почвенных тел, приведены характеристики их физических, химических и агрономических свойств. Рассмотрены методы предупреждения пожаров в лесах и борьбы с ними.

Надеемся, что материалы, представленные в монографии, будут способствовать дальнейшему развитию наук о Земле, углублению знаний о функционировании ландшафтов, состоянии окружающей среды и экологии человека в полесьях, станут полезными для специалистов в области природообустройства, мелиорации и водного хозяйства, природоохранной деятельности, экологии, аграрного сектора экономики и других смежных областей, будут востребованы аспирантами, магистрантами и студентами соответствующих специальностей.

Редакционная группа

Глава 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ПОЛЕСИЙ

На территории Восточно-Европейской равнины широко распространены своеобразные ландшафты, получившие название полесья. В этом образном названии, имеющем народное происхождение, отражена важнейшая естественная особенность таких пространств, покрытых сосновыми лесами. Полесские ландшафты, полесья – это низменные равнины, приуроченные к песчаным и супесчаным флювиогляциальным и древнеаллювиальным отложениям, покрытые преимущественно светлохвойными сосновыми лесами.

В центральной и восточной частях Русской равнины выделяется пояс низменных равнин, пространства которого заняты болотами и лесами: Мещера, Верхне-Волжская низина, Ветлужская низина, Камско-Вятская низина. Генезис этих территорий связан со скоплениями талых ледниковых вод в тектонических депрессиях в период материковых оледенений, с последующим отложением масс песчаного материала и формированием переувлажненных ландшафтов, изобилующих озерами и болотами, что, по утверждению А. М. Абатурова (1968), дает основание в ландшафтном отношении считать их полесьями.

Полесья – это ровные, частично заболоченные пространства, сложенные речными, озерными и водно-ледниковыми отложениями (галькой, гравием, песками с валунами, суглинками и глинами, торфяниками). Расположены полесья в большинстве своем в бывшей приледниковой полосе древнего материкового оледенения.

Полесские ландшафты возникли в постгляциальный период в результате таяния огромных ледников. Обильные водные потоки размывали толщи моренных отложений. В непосредственной близости от этих многометровых моренных толщ осаждался грубоскелетный материал, образованный крупнозернистым песком с включением слабоокатанного некрупного камня. Эти отложения перигляциальной зоны получили название зандер.

Южнее, вниз по течению, потоки транспортировали относительно хорошо отсортированный средне- и мелкозернистый песок. Эти вновь образованные песчаные арены отличаются мощной толщей рыхлых флювиогляциальных и древнеаллювиальных супесчано-песчаных отложений на основной площади полесских ландшафтов. Как правило, они повсеместно на глубине более 10–15 м подстилаются размытой мореной. Однако на их периферии, где скорость потока заметно ослабевала, а гипсометрические уровни оказывались повышенными, откладывался незначительный по своей мощности легкий нанос (1–2 м или меньше). Таким образом формировались двучленные отложения с разной мощностью легкого наноса (маломощные – менее 60 см; среднемощные – 60–120 см; мощные – более 120 см). Чаще всего маломощная толща песка подстилается кислой или карбонатной суглинистой или глинистой мореной, реже – ленточными, пермскими, лёссовидными и другими тяжелыми породами.

Эти вновь образованные песчаные пространства в раннем голоцене были сравнительно быстро завоеваны сосновыми лесами, под пологом которых возникали в основном три крупных группы минеральных кислых почв: бурые, подзолистые и болотно-подзолистые, формирование и эволюция которых происходит в условиях автономных и супераквальных ландшафтов. Субаквальные пространства полесий заняты, главным образом, органомными торфяными почвами верхового, переходного и низинного типов.

Полесья тяготеют к южным окраинам моренных приподнятых равнин и простираются на европейской территории от Предуралья до долины р. Эльбы. Полесья сформировались в прадолинах крупных рек и их притоков, поэтому в их названия входят наименования речных систем, образованных в период таяния ледников. На территории Восточно-Европейской равнины находится одиннадцать крупных полесий, занимающих весьма значительные пространства: Березинское, Припятское, Деснинское, Окско-Мещерское, Молого-Шекснинское, Мокшинское, Верхневолжское, Вятско-Камское, Балахнинское, Ветлужское и другие более мелкие полесья.

Деятельность ледника проявилась с особой силой на Русской равнине, на севере и северо-западе которой толщина льда достигала 2–3 км. Огромные движущиеся массы льда изменяли рельеф территории, формируя его морфоскульптуру – в направлении движения ледника видны ледниковые шрамы в виде трещин и борозд. В тектонических трещинах сформировались озёрные котловины, вытянутые с северо-запада на юго-восток. Так образовались многочисленные озёра Карелии.

В более южных районах при таянии льда из него выпадали валуны, пески, суглинки – так называемые моренные отложения, или морена. Морена покрывала территорию, освободившуюся из-под льда, почти сплошным плащом. Из-за разности её толщины сформировались моренные равнины, холмы и гряды, придавая местности пологоволнистый характер. По краю ледника возникли конечно-

моренные гряды. Считается, что на территории России в четвертичное время образовалось несколько конечно-моренных гряд, входящих в состав Валдайской возвышенности, Смоленско-Московской возвышенности, Среднерусской возвышенности.

К югу от конечно-моренных гряд возникли обширные водно-ледниковые равнины. Огромные массы воды, вытекающие из-под тающего ледника, содержали песчаный материал, который откладывался в низинах. В результате поверхность выравнивалась и формировались плоские песчаные поля (Полесская низменность, Мещёрская низменность, Верхневолжская низменность и другие).

В полесьях осадочные отложения, главным образом песчаные, заполнили тектонические прогибы древних платформ (в Европе они приурочены к тектоническим понижениям Русской платформы). Рельеф полесий, как правило, плоский, это обширные озерно-аллювиальные равнины. Почвы в основном подзолистые. Избыточное увлажнение, малые уклоны рельефа, выходы на поверхность подземных вод обусловили значительную заболоченность территорий полесий. Преобладают высокотравные и осоковые болота, низинные по своему характеру.

Полесские ландшафты представляют собой низменные, сложенные флювиогляциальными и древнеаллювиальными песками, равнины с широким распространением сосновых боров, кустарниковых пустошей, лугов, низинных и переходных болот, расположенные вблизи главного ландшафтного рубежа Русской равнины, отделяющего зоны тайги и хвойно-широколиственных лесов от лесостепи [23].

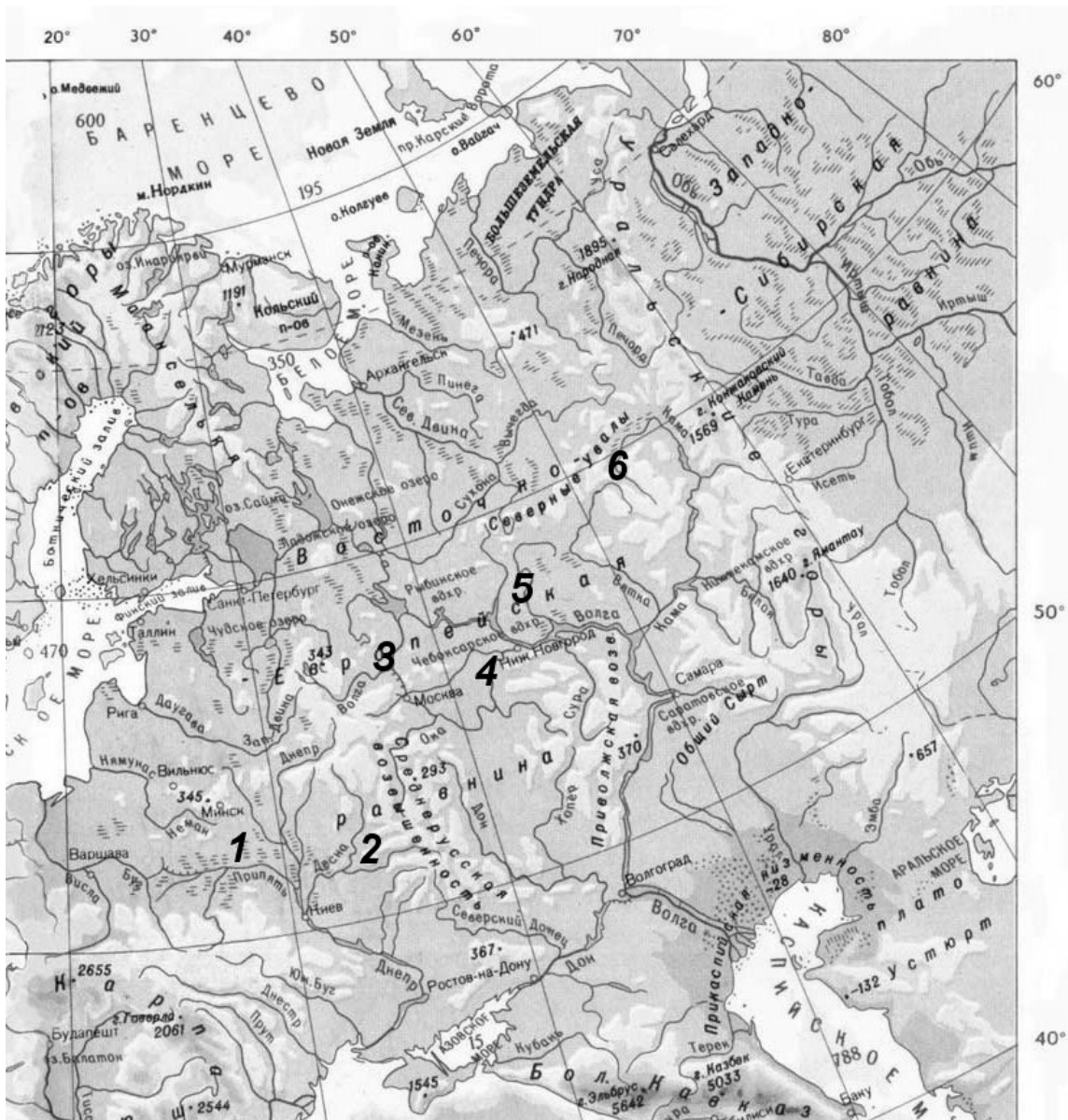


Рисунок 1.1 – Полесья Восточно-Европейской (Русской) равнины: 1 – Припятское, 2 – Неруссо-Деснянское, 3 – Верхневолжское, 4 – Окско-Мещерское, 5 – Веглужское, 6 – Вятско-Камское

Для полесий Русской равнины характерны аллювиальные и флювиогляциальные пески, высокая степень залесенности и заболоченности территории, с проникновением северо-таежной и тундровой растительности, эвтрофные тростниково-кустарниковые и темнохвойно-широколиственные леса.

Здесь преобладают низменные природно-территориальные комплексы (ПТК), в меньшей степени распространены средневысотные. Своеобразие ландшафтной структуры определяют геокомплексы нескольких родов: аллювиальные террасированные вторичные водно-ледниковые ландшафты и нерасчленённые комплексы с преобладанием болот.

В России и сопредельных странах находится одиннадцать крупных полесий – Припятское (Беларусь, Украина, Польша), Неруссо-Деснянское (Брянская область), Окско-Мещерское, Верхневолжское, Ветлужское, Вятско-Камское и др. (рис. 1.1). Они обрамляют с юга зону моренных отложений и простираются от Урала на востоке до р. Эльбы на западе [95, 104].

Для человека, побывавшего в полесских лесах и болотах, сомнений не остается: в этих краях природа допустила явное расточительство. Излишки воды! Избыточное увлажнение [23]. Полесье представляется как бы гигантским плоским блюдом, чуть наклоненным на восток, что затрудняет сток поверхностных вод. А если учесть преобладание атмосферных осадков над испарением, то нетрудно догадаться, почему здесь так много болот.

Припятское полесье – это самое значительное из полесий и самое представительное для такого типа ландшафтов. Его часто называют просто Полесьем (с большой буквы). Оно на 100–200 м ниже соседских холмов Беларуси и уступов Воляно-Подолии. Располагается оно в Полесской низменности: в южной части Беларуси (Белорусское Полесье), в северной части Украины (Украинское Полесье), в Брянской и Орловской областях России (Неруссо-Деснянское полесье, Брянско-Жиздринское полесье, Орловское полесье) и Польши.

Большая часть Полесской низменности занята лесами и болотами. В почвенном покрове преобладают дерново-подзолистые, торфяно-болотные и луговые почвы. Крупнейшие реки, протекающие по Полесской низменности, – Днепр (в среднем течении), Припять, Десна. Для них характерен высокий уровень грунтовых вод.

Восточная часть Полесья, захватывающая территорию России, отличается более континентальным климатом и меньшей заболоченностью. Для неё характерно также наличие островов распространения лессовидных суглинков. Река Днепр образует четкую естественную западную границу Восточного Полесья.

Крайняя восточная часть Восточного Полесья – Неруссо-Деснянский физико-географический район – находится в бассейне среднего течения р. Десны и охватывает территорию между Десной и ее левыми притоками – реками Неруссой и Навлей, а также левобережную долину реки Неруссы. На востоке территория района ограничена отрогами Среднерусской возвышенности.

Восточное Полесье имеет разветвленную гидрологическую сеть. Река Днепр принимает здесь реки Сож и Десну, а также их маленькие левобережные притоки. По сравнению с другими полесскими регионами реки Восточного Полесья отличаются меньшей продолжительностью весеннего наводнения.

Верхневолжское полесье – зандрово-аллювиальная низменность на Русской равнине, расположенная на севере Московской области, на юго-востоке Тверской области и юго-западе Ярославской области. В пределах Верхневолжской низменности выделяют три физико-географических района: Приволжскую плоскую низменность, Лотошинскую ступенчатую равнину и Яхромско-Дубнинскую древнюю ложбину стока ледниковых вод [51].

Приволжская плоская низменность сложена мощными водно-ледниковыми отложениями. Выделяются невысокие моренные холмы и гряды. Почвы в основном подзолистые и болотно-подзолистые. Покрыта сосново-еловыми лесами с примесью осины.

Лотошинская ступенчатая равнина сложена покровными суглинками. Почвы дерново-подзолистые (степень оподзоленности средняя и слабая). В основном распахана, встречаются небольшие сосновые и мелколиственные рощи.

Яхромско-Дубнинская ложбина исходно сильно заболочена и закустарена, с черноольшанниками. Почвы торфяноболотные. В настоящее время осушена и используется для выращивания овощной продукции.

Окско-Мещерское полесье расположено в Мещёрской низменности в центре Восточно-Европейской равнины. Занимает северную часть Рязанской области, южную – Владимирской и восточную – Московской области, в связи с чем различают Подмосковную, Владимирскую и Рязанскую Мещёру. Рязанскую Мещёру также называют Мещёрским краем, или Мещёрской стороной. Название произошло от финно-угорского племени «мещёра», жившего здесь до XVI века.

Наиболее характерной особенностью природы Мещерской низменности является господство полесского типа ландшафтов, среди которых островами разбросаны ландшафты типа ополей с лёссовидными покровными суглинками [1].

Мещёрская низменность представляет собой дикий и довольно живописный уголок нашей планеты. Территории хотя и обживаются людьми, находятся под охраной, что даёт надежду на сохранение экосистем равнины. С этой целью был создан национальный парк «Мещёра», расположенный на территории Владимирской и Рязанской областей. Продолжает он свою деятельность и по сей день.

Славится Мещёрская сторона своими болотами. Здесь они тянутся почти непрерывной широкой полосой. В Подмосковной Мещёре это Шатурские и Радовицкие болота, Туголесский Бор, во Владимирской – Гусевские, в Рязанской – Клепиковские. Называются они по-местному «мшары» или «омшары». Большая часть болот представляет собой топи, покрытые моховыми кочками и лесной порослью; по ним раскинуты места озёра, которые имеют песчаный или торфяной грунт. У них нет четко обозначенных границ. При весеннем разливе рек болота заливаются водой и становятся совершенно непроходимыми. Болотные испарения, обилие мошек, комаров и оводов – всё это характерно для Мещёры.

В конце XIX века мелиоративная экспедиция под руководством генерала Жилинского предприняла попытку провести осушение болот низменности. Экспедиция работала в течение 20 лет. Работа проводилась на 16 тысячах десятин земли, было прорыто более 60 вёрст основных каналов. Постепенно работы сами по себе прекратились.

В настоящее время основным занятием населения является сельское хозяйство: мясомолочное животноводство и птицеводство. Развита торфоразработка. На Мещёрской низменности проводятся работы по осушению и сельскохозяйственному освоению заболоченных земель.

Волго-Ветлужская низменность расположена между Северными Увалами на севере и Приволжской возвышенностью на юге. На западе район соприкасается с холмистыми равнинами, на востоке – с Вятским Увалом. Абсолютные высоты колеблются от 50–80 до 170–180 м. В четвертичном периоде во время Днепровского оледенения территория района была занята ледником, который оставил моренные отложения. Талые ледниковые потоки при отступании ледника размывали морену и отложили пески. Морена сохранилась отдельными участками в северных, более повышенных местах. Четвертичные отложения представлены в основном песками, суглинками и глинами. Мощность песков достигает 80 м в террасах, соответствующих по возрасту Днепровскому оледенению.

В геоморфологическом отношении территория представляет собой низменную песчаную равнину, которая постепенно понижается в сторону Волги. Долина р. Волги занимает южную часть района и состоит из широкой поймы и двух надпойменных террас. Наибольшей ширины достигает вторая надпойменная терраса.

Для песчаной низины, и особенно для речных террас, характерны эоловые формы рельефа – холмы, гряды, дюны, которые образовались в послеледниковое время в результате ветровой переработки незакрепленных песков. Чередование беспорядочно разбросанных песчаных холмов, разделенных блюдцеобразными понижениями, – типичная черта рельефа полесья. Дюны имеют обычно высоту 5–7 м и длину 200–500 м. Наибольшими размерами отличаются параболические – дугообразные – дюны, достигающие 15 м высоты и более 2 км длины.

Участки, сложенные глинистыми песками, отличаются однообразным рельефом, лишенным дюн. В восточной части района развиты карстовые формы рельефа. Эрозионные процессы в районе развиты слабо. Овраги и балки можно встретить по окраинам низменности, особенно в северной части и в уступах речных террас.

Водораздельные участки имеют плоский характер, и к ним в большинстве случаев приурочена основная масса озер. Главная река – Волга с многочисленными притоками, которые пересекают песчаную равнину. Из крупных притоков здесь выделяются: Ветлуга, Унжа, Керженец, Большая и Малая Кокшага и др. Реки текут с севера на юг; большинство из них является древними образованиями и имеет широкие, хорошо разработанные долины. Большие площади пониженных участков заболочены.

Полесье расположено в полосе умеренно континентального климата. Господствующей воздушной массой является континентальный воздух умеренных широт. Средняя годовая температура колеблется в пределах +3,0, +4,0 °С, средняя температура июля +18, +19 °С, января –16, –20 °С. Годовые суммы осадков колеблются по району в среднем от 500 до 600 мм.

Почвы Волго-Ветлужской низменности представлены в основном подзолистыми супесчаными и песчаными. Дерново-подзолистые почвы занимают небольшие площади ввиду того, что большая часть территории сложена песчаными грунтами.

В растительном покрове господствуют сосновые леса, произрастающие на песчаных грунтах. Еловые леса селятся на суглинистых почвах, имеющих ограниченное распространение, и занимают в связи с этим небольшие площади. К хвойным примешиваются широколиственные породы – липа, дуб, остролистный клен, вяз и др. Большое распространение имеют мелколиственные – береза, осина. По долинам рек Керженца и Ветлуги распространены остепненные боры, в которых произрастают степная тимофеевка, полынь, дрок, ракатник и др. В этих борах встречаются как северные, так и южные виды растений. Большое развитие в районе имеют низинные и верховые болота.

В народном хозяйстве Волго-Ветлужской низменности получили большое развитие заготовка и сплав леса. Сельское хозяйство имеет зерново-животноводческое направление. Производятся технические культуры (лен, конопля). На местном торфе длительное время работала Балахнинская электростанция.

Вятско-Камское полесье простирается вдоль склона Северных Увалов. Заболоченность Вятско-Камского полесья составляет около 15 %. Для его северо-восточной половины характерны крупные сильно обводненные болота, из которых на долю низинных и переходных болот приходится более 6 % общей заторфовой площади. Примером служит торфяное месторождение «Дымное», которое занимает вторую левобережную террасу, первую надпойменную террасу и пойму р. Камы и составляет около 25 тыс. га. Лежит на древне-аллювиальных и зандрово-аллювиальных песках, подстиланных на небольшой глубине глинами верхней юры. Уклон от второй террасы к пойме пологий, без резко выраженных террасовых уступов.

Со стороны р. Камы залежь состоит из древесно-осокового низинного торфа, затем переходит в низинную осоковую залежь со слоем шейхцериевого торфа на глубине 1–2 м; выше по склону лежит участок переходной залежи, а на второй террасе – участок верхового болота. В фитоценозах переходного типа часто встречаются северные *Sphagnumjensenii* и *Sph. aongstroemii*. Болота юго-западной половины полесья обводнены сравнительно меньше и относятся в подавляющем большинстве к низинному типу. Притеррасные торфяники длинными полосами тянутся по слабо пониженным притеррасным участкам пойм и питаются за счет подтока грунтовых вод из террасы и полыми водами. Пойменные торфяники иногда занимают всю ширину пойм. Первая надпойменная терраса в левобережье часто по всей ширине занята болотами со сложным сочетанием разнотипных торфяников на их площади.

Минеральное дно торфяников образовано обычно древнеаллювиальными песками. В основании залежи лежит пласт низинного торфа. Иногда низинная залежь перерастает в смешанную. Верховой торф встречается только в верхних горизонтах залежи. Шире распространены в области торфяники смешанного типа строения.

Полесские агроландшафты характеризуются слабой выраженностью эрозионных процессов и малой закаменностью почв, но отличаются высокой кислотностью почв, их низким плодородием и слабой водоудерживающей способностью.

Исследования ВНИИМЗ показали, что ПТК на песках и мощных двучленах отличаются почвенно-ландшафтной мелкоконтурностью, хаотическим разбросом в пространстве ареалов с округлыми или лопастными формами. При этом фоновый геокомплекс, как правило, выражен очень слабо. Все это свидетельствует о закрытости ландшафтной системы, способствующей замедлению миграции веществ, попавших в нее либо с осадками, либо с техногенезом. Превалирует грунтовый отток веществ, что приводит к заболачиванию и загрязнению ПТК [161].

Современный этап эволюции ландшафтов полесских равнин характеризуется ярко выраженным сочетанием активного выщелачивания химических элементов с их биогенной аккумуляцией, которая осуществляется в верхних горизонтах автоморфных почв и в подчиненных геохимических ландшафтах. Особенно мощная аккумуляция макро- и микроэлементов происходит в поймах крупных рек. Для автономных ландшафтов междуречий и террас характерен дефицит элементов питания растений. Это способствует развитию болот на месте сосняков, а также развеванию плохо закрепленных растительностью песчаных холмов и гряд. В пределах этих ландшафтов прежде всего необходимо комплексное воздействие на плодородие почв.

Высокая степень антропогенной трансформации ландшафтов обусловила возникновение таких экологических проблем, как снижение уровня грунтовых вод, пересыхание торфа, ветровая и водная эрозия, снижение флористического и фаунистического разнообразия. Важнейшим направлением по оптимизации экологической ситуации является расширение сети охраняемых природных территорий на участках с низкой степенью антропогенной трансформации.

В основном полесья следует рассматривать как типологические ландшафты, поскольку их почвы и почвообразующие породы, гидрогеологические и геологические особенности в пределах клима-

тических зон тождественны или весьма близки, вне зависимости от их географической приуроченности. Близость природных условий определяет сходство или тождество агрономических, агромелиоративных, гидротехнических и экологических особенностей, а следовательно, состав мероприятий, направленных на оптимизацию их свойств и режимов, на защиту почв от деградации при антропогенном воздействии.

В составе полесий (зандровых и аллювиально-зандровых равнин) выделяются следующие категории земель:

- плоские вершины холмов, дюн и гряд, возвышенные равнины (10–12 % площади);
- склоновые земли (до 40–45 %), в основном имеющие уклон 1–3°;
- межхолмные депрессии, ложбины, основания склонов (до 30–5 %);
- низменные заболоченные равнины (до 10–15 %).

Плоские вершины. Основные особенности земель этой категории: господство слабодифференцированных почв, весьма однородных в пространстве; элювиальный вынос элементов питания и энергичная минерализация органического вещества. Негативными аспектами для производства здесь являются: низкое плодородие почв, отсутствие агрономически ценной структуры, частые периоды недостатка влаги, слабая отзывчивость почв на антропогенное воздействие. Благоприятными условиями можно считать: сравнительную однородность почвенного покрова, легкость почв для обработки, малую закамененность полей, благоприятный термический режим, слабое развитие процессов заболачивания.

Склоновые земли – основные их особенности зависят от экспозиции и наиболее вероятной глубины залегания УГВ: южные склоны характеризуются частыми термическими стрессами (повышенной разностью суточных температур) и ощутимым недостатком влаги во время вегетационного периода; северные склоны в целом более благоприятны для возделывания культур, средние и нижние части склонов характеризуются преобладанием иллювиально-железисто-гумусовых почв, в профиле которых присутствует горизонт ожелезнения. Негативными аспектами для производства здесь являются: макро- и микропестрота почвенного покрова, выражающаяся в пространственном изменении запасов органического вещества, степени заболоченности почв; близость залегания ортзандровых и рудяковых прослоек, которые, являясь мощным водоупором, способствуют вторичному (верховому) заболачиванию почв, а также в ряде случаев препятствуют обработке почв и проведению гидромелиоративных мероприятий. Положительные свойства этих местоположений: практическое отсутствие эрозионного смыва, сравнительно высокое плодородие почв, благоприятный, на северных склонах, водно-воздушный и температурный режим.

Межхолмные депрессии отличаются преобладанием почв гидроморфного ряда. Профили большинства почв характеризуются наличием иллювиально-гумусовых и ожелезненных горизонтов. Местоположения отличаются сравнительно низкими значениями суммы активных температур. Неблагоприятными условиями для производства здесь являются: сильная заболоченность почв как за счет грунтового подхода влаги, так и в результате ее застаивания на вторичных водоупорах; железистые прослойки, лежащие здесь близко от поверхности, являющиеся препятствием для обработки почв и проведения гидромелиоративных мероприятий; недостаток тепла, а также нередкие температурные стрессы. Благоприятными для производства условиями является повышенное плодородие почв, отсутствие эрозионных процессов.

Пониженные равнины характеризуются заметной литологической и почвенной пестротой. Коллевание мощности верхнего кроющего наноса, а также его гранулометрического состава приводит к распространению почвенных мозаик, пестрота которых не исчезает при сельскохозяйственной эксплуатации территории. Неблагоприятными условиями для сельскохозяйственного использования здесь являются: трудноустраняемая микропестрота почвенного покрова на уровне рода почв, закамененность почв, сравнительно низкое плодородие. Как положительные моменты можно отметить: сравнительно благоприятные температурные условия произрастания культур, возможность нарезки больших массивов угодий.

Природные условия основных категорий земель полесий приведены в таблице 1.1.

Полесья отличаются своеобразием контрастных, принципиально противоположных по свойствам, почв. Они представлены, во-первых, минеральными почвами супесчано-песчаного гранулометрического состава. Последние относительно устойчивы по своим свойствам, обладают высокой водопроницаемостью и водоотдачей, низкой влагоемкостью и емкостью катионного обмена. Эти почвы являются ареалами расселения светлохвойных лесов. Во-вторых, в полесьях широко распространены торфяные (органогенные) почвы различной мощности и ботанического состава.

Таблица 1 – Почвенно-мелиоративная характеристика полесских (на флювиогляциальных песках) агроландшафтов

Факторы/ Характеристики	Категория земель			
	плоские вершины	склоны	межхолмные депрессии	пониженные равнины
Почвообразующие породы, %	песчаные (70), супесчаные (30)	песчаные (80), супесчаные (20)	супесчаные (50), и мощные двучленные отложения (50)	мощные (70) и сред- немощные (30) дву- членные отложения
Почвы и их площадь, %	неоглеенные + глубо- кооглеенные (70), глееватые (25), глеевые (5)	Дерново-подзолистые		неоглеенные + глуро- бокооглеенные(30), глееватые (30), глее- вые (10), торфяни- сто-глеевые (20), торфяные (10)
		неоглеенные + глуро- бокооглеенные (50), глееватые (40), глеевые (10)	неоглеенные + глуро- кооглеенные(20), глее- ватые (40), глеевые (20), торфянисто- глеевые (20)	
Доля смытых и намытых почв, %		слабосмытые (5)	намытые (5)	
$A_{\text{пах}}$, см	15–22	13–20	20–25	18–22
Гумус, %	0,9–1,3	1,3–1,5	2,0–2,5	1,5–2,0
P_2O_5 мг/ кг	30–50	70–90	120–140	80–100
K_2O мг/ кг	30–70	50–80	100–120	80–100
Ph_{kcl}	4,3–4,7	4,7–5,0	5,0–5,3	4,8–5,3
Плотность, г/см ³	1,3–1,4	1,3–1,4	1,2–1,6	1,2–1,5
Причины заболачивания	характерен дефицит почвенной влаги в период вегетации культур	застой влаги в локаль- ных замкнутых пони- жениях и на водо- упорных горизонтах	аккумуляция склоно- вых вод и близкое за- легание верховодки	близкое залегание верховодки
Факторы, лимити- рующие продук- ционный процесс	очень высокая водо- проницаемость, низкая водоудержи- вающая способ- ность, дефицит поч- венной влаги, си- льная кислотность почв, низкое соде- ржание гумуса и элементов питания малая мощность гумусового горизон- та, интенсивное вымывание пита- тельных веществ	то же + локальное заболачивание почв в местах залегания водоупорных желе- зистых или карбо- натных прослоек.	сильное заболачи- вание почв грунто- выми водами и вер- ховодкой, пони- женное содержание элементов питания, сильная пестрота почвенного покрова	то же + малая мощ- ность пахотного горизонта, некото- рая закаменность почв

В отличие от минеральных этим почвам свойственны высокая влагоемкость, незначительная водоотдача, невысокая фильтрация (за исключением почв на древесной торфяной залежи). Торфяные почвы – нестабильные образования. Это особенно отчетливо проявляется после понижения уровня грунтовых вод на болотных массивах. В этом случае торфяные почвы легко подвергаются биохимическому разложению, пирогенной и гидротермической деградации, нередко приводящим к быстрому распаду и исчезновению органического вещества, если своевременно не предпринимаются необходимые меры по их защите. Минеральные и торфяные почвы резко отличаются и по своему составу. Первые состоят на 85–95 % из оксида кварца, вторые – на 85–95 % из органических остатков растений-торфообразователей.

В различных полесьях торфяные почвы занимают относительно близкую площадь, которая обычно составляет около 30–35 % от общей территории каждого полесья. Наряду с этими, весьма распространенными вариантами почвы полесий часто несут четко выраженные индивидуальные особенности, которые детерминированы своеобразием их геологического строения и гидрохимических условий. Так, в тех полесьях, где жесткие воды карбона не были перекрыты глинистыми юрскими или другими водоупорами, формировались дерново-карбонатные, дерново-глеевые и гумусово-железисто-иллювиальные оглеенные подзолы и подзолистые почвы.

Торфяные почвы здесь нередко характеризуются присутствием под толщей органогенных горизонтов отложений луговой извести, лугового мергеля и лугового туфа.

В центре Нечерноземной зоны, в частности, в границах Московской синеклизы на известняках карбона покоится региональный водоупор, образованный пиритовыми глинами юры. Здесь формирование почв происходит под влиянием ожелезненных грунтовых вод. Чем ближе к дневной поверхности залегают пиритовые глины, тем выше в грунтовых водах содержание двухвалентного железа. В зависимости от его концентрации в почвах появляются в разной степени ожелезненные горизонты и железистые новообразования – ортзанцы, рудяки, железистые коры, скопления мощных горизонтов аморфной гидроокиси железа гидрогенно-аккумулятивного происхождения. Вместе с тем при увлажнении пресными атмосферными водами на наиболее дренированных автономных позициях полесских ландшафтов возникают псевдофибровые почвы. При заболачивании почв и активном влиянии пресных грунтовых вод на формирование почвенного профиля образование псевдофибр резко ослабевает. В глеевых почвах они не формируются вообще. Таковы общие закономерности распространения почв в полесьях.

Полесские ландшафты, таким образом, отличаются рядом весьма важных природно-хозяйственных особенностей: они формируют не только огромные ресурсы леса, но одновременно, как следствие, производят значительные массы кислорода, необходимого для крупнейших мегаполисов страны. Полесья обладают лучшими торфяными низинными почвами, которые следует использовать прежде всего для развития интенсивного животноводства и кормопроизводства. В полесьях складываются благоприятные условия для развития орошаемого земледелия и выращивания картофеля, овощных, зерновых и плодово-ягодных культур.

Это, несомненно, ландшафты с большим будущим. Однако следует всегда иметь в виду, что только в полесьях возможны одновременно пожары не только лесов, но и торфяных почв. Только в полесских ландшафтах возможно возгорание в особо крупных размерах. Поэтому здесь необходимо с особым вниманием относиться к защите лесов и торфяных почв от уничтожения в результате разрушительных пожаров.

Выше подчеркивалось, что полесья Восточно-Европейской равнины образуют типологические ландшафты. Они обладают близкими или тождественными геологическим строением, гидрологическими, литологическими, гидрогеологическими и другими особенностями. Эта генетическая общность естественных условий определяет сходство способов их мелиорации и использования, ведения лесного и водного хозяйства в разных полесьях европейской территории России.

Полесья играют важную экологическую роль в формировании условий жизни человека. Прежде всего они производят огромные массы кислорода, в них складываются благоприятные рекреационные условия, они являются местообитанием значительного числа видов животных и растений, зонами отдыха, туризма, рыболовства, охоты. Полесья – зоны рационального сельского и лесного хозяйства. При правильной организации лесопользования на этих территориях можно производить значительные массы деловой древесины и использовать ценные продукты леса: грибы, ягоды, лекарственные растения, живицу.

Здесь издавна развивались стекольная, текстильная и другие виды промышленности. Во времена Петра I на базе месторождений болотных железных руд в Окско-Мещерском полесье было организовано металлургическое литейное производство по изготовлению артиллерийских орудий. Леса полесий, их озера и пойменные луга являются прекрасными охотничьими угодьями. Поэтому полесья на протяжении многих веков активно осваивались человеком.

Археологические источники свидетельствуют о том, что в полесьях, в частности в Окско-Мещерском полесье, задолго до прихода славян существовала развитая угро-финская культура, возникшая в 3–4 тысячелетии до новой эры. Трудно переоценить выдающееся экологическое и хозяйственное значение этих уникальных ландшафтов страны, воспетых С. А. Есениным и К. Г. Паустовским.

Тем не менее очевидно, что в основе благополучия полесий, их стабильности и сохранения находятся в первую очередь почвы. Если они будут устойчивы, устойчивыми окажутся и все элементы этих ландшафтов. Однако нестабильность почв, связанная прежде всего с антропогенным воздействием, приведет к опасным, нередко деградиционным изменениям самих ландшафтов. Этим объясняется пристальное внимание исследователей природных условий к почвам полесий.

У истоков их изучения стояли В. В. Докучаев и Н. М. Сибирцев. Докучаев в 1875 г. в статье «К вопросу об осушении болот вообще и, в частности, об осушении Полесья» впервые отметил особенности водного режима таких ландшафтов и показал необходимость всестороннего анализа последствий любых антропогенных мероприятий в полесьях, связанных с изменением водного режима почв. Закономерности формирования структуры почв полесий были исследованы затем Н. М. Сибирцевым [326] на примере Окско-Клязьминского междуречья во время его работы в Нижегородской экспедиции под руководством В. В. Докучаева в 1882–1885 гг. Результаты этих исследований были положе-

ны в основу его магистерской диссертации. В последующие годы изучение почв полесий в России было продолжено М. М. Филатовым, Б. Д. Оношко, Е. В. Аринушкиной, П. И. Фадеевым, Н. П. Ремезовым, Д. Г. Виленским, Б. Г. Розановым, А. А. Молчановым. В последние десятилетия разносторонние работы по изучению почв полесий были написаны А. Г. Гаелем, Л. Ф. Смирновой [64], Е. П. Пановым, Д. Г. Головкин, А. А. Исполиновым.

Значительный вклад в познание почв полесских ландшафтов и их плодородия был сделан почвоведом и мелиоратором Беларуси – И. С. Лупиновичем, Н. И. Смеяном, К. П. Лундиным, Н. Н. Бамбаловым, А. С. Мееровским, А. П. Лихацевичем, Т. А. Романовой, Н. К. Чертко, В. И. Белковским, С. М. Зайко, Г. С. Цытрон, Л. Ф. Вашкевичем, Л. Я. Свирновским, Э. И. Михневичем и другими исследователями.

В Украине существенные исследования почв полесий были предприняты С. Т. Вознюком, Д. В. Лыко, Р. С. Трускавецким. В Польше работы по изучению органо-генных и минеральных почв полесий выполняли Г. Окрушко, Ц. Прусинкевич, Р. Беднарк, Я. Островски и многие другие авторы. В целом проблема изучения почв полесских ландшафтов в настоящее время приобрела интернациональный многоплановый характер.

1.1. Минеральные почвы полесий [104]

В полесьях доминируют две группы почв, тесно связанные между собой географическим положением и гидрогеологическими условиями, но принципиально отличающимися своими физическими свойствами и водным режимом. Первую образуют минеральные бурые и подзолистые (дерново-подзолистые) почвы разной степени оглеения на флювиогляциальных и древнеаллювиальных супесях и песках грунтового увлажнения и заболачивания. Среди минеральных почв на ограниченных площадях получили распространение минеральные бурые и дерново-подзолистые почвы на двучленных отложениях. Их верхние горизонты образованы легкими супесчано-песчаными отложениями, близко подстилаемые вторым горизонтом почвообразующих пород. Это обычно кислые или карбонатные моренные отложения, лёссовидные, пермские красноцветные, ленточные и другие суглинки и глины.

Почвы на этих породах преимущественно поверхностного переувлажнения и заболачивания. Все эти минеральные почвы приурочены к повышенным элементам рельефа и формируют почвенный покров автономных и супераквальных территорий. В естественном состоянии они покрыты светлохвойными сосновыми лесами, переходящими в приболотном поясе в елово-сосновые мелкокустарничковые леса.

Вторую группу образуют органо-генные (торфяные) верховые, переходные и низинные почвы, подстилаемые флювиогляциальными и древнеаллювиальными супесями и песками. Причиной заболачивания этих почв являются грунтовые воды. Торфяные массивы переходного и низинного типов приурочены к равнинным субаквальным пространствам полесских ландшафтов. Верховые и переходные торфяные (болотные) почвы нередко используют для индустриальной добычи торфа в промышленных целях. В ареалах низинных болот часто встречаются массивы торфяных почв, осушаемых в сельскохозяйственных целях. Как правило, в условиях европейских полесий минеральные и торфяные почвы формируются под влиянием пресных, жестких гидрокарбонатно-кальциевых и железистых грунтовых вод.

1.1.1. Условия формирования и морфология почв в ареалах слабожелезистых грунтовых вод [104]

Одним из наиболее замечательных и ярких природных явлений на поверхности Земли следует признать почти повсеместное присутствие почв, в верхней толще которых формируются светлые кислые элювиальные горизонты различного гранулометрического состава. Такие почвы возникают в условиях нормального, т. е. атмосферного, увлажнения и получают в течение года сумму осадков, свойственную данной местности.

Вместе с тем почвы со светлыми кислыми элювиальными горизонтами не менее широко представлены на территориях, где почвы возникают в условиях увлажнения дополнительными источниками влаги, например, в результате поступления намывных склоновых и русловых, грунтовых, напорных, ирригационных и других вод. Непременной и характерной гидрологической особенностью таких почв является периодический застой влаги в их поверхностных горизонтах, сопровождаемый их переувлажнением, анаэробизмом и глееобразованием.

Вполне естественно, что именно эти почвы с момента становления почвоведения как фундаментальной науки привлекали внимание многих выдающихся почвоведов России. Впервые почвы со

светлыми кислыми элювиальными горизонтами были описаны основоположником научного почвоведения В. В. Докучаевым в 1880 г. в статье «О подзоле», опубликованной в Трудах Вольного экономического общества России. Эта работа – одна из первых научных публикаций в области теоретического почвоведения. Она не только положила начало новой науке – почвоведению, но и впервые обратила внимание на почвы со светлыми кислыми элювиальными горизонтами – их морфологию, генезис и свойства.

На протяжении последующих 125 лет представление о таких почвах существенно изменялось, возникало множество теорий об их происхождении и распространении на поверхности Земли. В процессе детальных и мелкомасштабных картографических исследований было установлено, что такие почвы в условиях бореального климата формируют обширные почвенно-географические зоны. В странах с засушливым климатом почвы со светлыми кислыми элювиальными горизонтами приурочены к локальным массивам, подверженным периодическому переувлажнению. Эти почвы, таким образом, распространены в весьма разнообразных гидротермических условиях и существенно различаются по своим агроэкологическим особенностям.

Эти разные по названиям и экологическим особенностям почвы объединяет один общий обязательный признак – присутствие в их профиле светлых кислых элювиальных горизонтов, практически тождественных по свойствам твердой фазы.

Очевидно, этот перечень генетических групп почв не является исчерпывающим. Следует, однако, отметить, что разнообразие этих почв не ограничивается упомянутыми генетическими выделами. Их разнообразие существенно возрастет, если принять во внимание приуроченность таких почв к различным по генезису и составу почвообразующим породам, а также разную степень их переувлажнения (оглеения).

Сложившуюся ситуацию в отношении механизма образования, генезиса и классификационного положения почв со светлыми кислыми элювиальными горизонтами весьма образно отразил Б. Г. Розанов (1983). Спустя более 100 лет после того, как В. В. Докучаев сформулировал представление о подзолах и описал их основные признаки, Б. Г. Розанов следующим образом характеризовал сложившуюся в наши дни общую ситуацию, связанную с пониманием рассматриваемых почв: «Оподзоливание – процесс, которому посвящена огромная литература... и который до сих пор остается невыясненным и спорным, различно характеризуемым разными школами почвоведов. Легче назвать признаки оподзоливания, и то разные, согласно концепциям разных школ, чем определить существо процесса из-за противоречивости взглядов».

Разработка проблемы происхождения светлых кислых элювиальных горизонтов была начата более 40 лет тому назад, в 1965 г., когда на страницах журнала «Почвоведение» была опубликована статья Ф. Р. Зайдельмана «Минеральные гидроморфные почвы лесной зоны». Его представления о генезисе светлых кислых элювиальных горизонтов были связаны с изучением и оценкой роли процесса глееобразования в формировании почв со светлыми кислыми элювиальными горизонтами.

Впервые в монографии «Подзоло- и глееобразование» [106] им было высказано предположение о том, что такие горизонты являются одной из форм проявления процесса глееобразования, которое осуществляется в условиях застойно-промывного водного режима на кислых, нейтральных или щелочных почвообразующих породах при отсутствии в них сульфатов щелочных и щелочноземельных металлов. Это представление было основано на материалах длительных режимных исследований в природных условиях эволюции почв при постепенном усилении в пространстве степени их гетероморфизма.

Однако очевидно, что в этом случае строго вычленив влияние этой формы оглеения (т. е. глееобразования в условиях застойно-промывного водного режима) на формирование почв в естественной обстановке было невозможно из-за одновременного влияния на них других процессов почвообразования (в частности, дернового процесса, лессиважа, гидрогенной миграции металлов в ландшафте и других факторов). Поэтому позднее основное внимание Ф. Р. Зайдельмана было сосредоточено на моделировании глееобразования в лабораторном эксперименте.

Эти модельные эксперименты, материалы которых получили отражение в двух монографиях Ф. Р. Зайдельмана: «Естественное и антропогенное переувлажнение почв» [98] и «Процесс глееобразования и его роль в формировании почв» [111] позволили дифференцировать и установить особенности глееобразования в условиях застойного и застойно-промывного водного режима, раскрыть роль этих факторов в трансформации химических, физико-химических, физических, реологических и минералогических свойств почв.

В те годы суждение указанного автора о том, что в результате глееобразования в условиях застойно-промывного водного режима происходит интенсивное подкисление минерального субстрата и

элюирование не только марганца и железа, но и магния, кальция, алюминия, щелочных металлов, относительное накопление кварца, вынос и разрушение илистой фракции мелкозема и образование светлых кислых элювиальных горизонтов, получило определенное признание. Это явление, обнаруженное и исследованное им в 1970–1980 гг., было признано в 1996 г. научным открытием (диплом РАЕН и ААНО РФ на научное открытие № 37 от 26.11.1996 с приоритетом от 28.07.1974).

Во всех этих работах, в частности, было экспериментально показано, что светлые кислые элювиальные горизонты песчаных, суглинистых и глинистых почв имеют генетически единое происхождение. В целом им было подтверждено, таким образом, что определяющим фактором формирования этих горизонтов является глееобразование, которое осуществляется в условиях застойно-промывного (или застойного) водного режима на кислых, выщелоченных и нейтральных породах при отсутствии сульфатов. Однако сложность восприятия этой проблемы была обусловлена в значительной мере еще и тем, что наши экспериментальные данные и результаты исследований на протяжении длительного времени публиковались во многих отдельных изданиях, часто труднодоступных для читателя.

В данной монографии на основе всей суммы полученных ранее данных впервые дано общее представление о механизме формирования светлых кислых элювиальных горизонтов и показано единство их генезиса. Это необходимо было систематизировать и потому, что в современной отечественной литературе о почвах господствует представление о полигенетическом происхождении светлых кислых элювиальных горизонтов. При этом полагают, что такие горизонты возникают под непременным влиянием трех обязательных почвообразовательных процессов – лессиважа, кислотного гидролиза и глееобразования. В монографии детально рассмотрена роль каждого из этих процессов в образовании светлых кислых элювиальных горизонтов. Особое внимание было уделено их взаимосвязи с гидрологическим режимом почв.

Следует подчеркнуть, что одним из первых исследователей, обративших особое внимание на необходимость глубокого изучения гидрологического режима при решении генетических проблем, был В. А. Ковда. В частности, во второй книге учебника «Основы учения о почвах» [204] он рассматривает вопросы теории почвообразовательного процесса в связи с «основными положениями почвенной гидрологии».

Такой подход, принятый и нами, позволил установить множественность различных форм кислотного гидролиза и роль каждой из них в образовании генетически принципиально различных типов почв. Наконец, наряду с решением вопросов теории образования светлых кислых элювиальных горизонтов в профиле почв здесь впервые рассмотрены практические аспекты этой важной проблемы. Последнее актуально и потому, что деятельность человека в сельском, лесном и водном хозяйстве (например, при дренаже субкавальных минеральных почв, при орошении, выполнении агромероприятий, при агротехнологической обработке почв и в других случаях) неминуемо сопровождается созданием условий для возникновения застойно-промывного водного режима и, как следствие, для образования светлых кислых элювиальных деградированных горизонтов в профиле почв.

Особое значение в связи с этим имеют публикации В. В. Докучаева, Н. М. Сибирцева, А. Георгиевского, П. С. Коссовича и других выдающихся исследователей в области почвоведения, работавших на стыке XIX и XX столетий.

К настоящему времени накоплены новые, ранее неизвестные современные данные, отражающие особенности формирования светлых кислых элювиальных горизонтов, заложены основы концепции механизма возникновения подзолистых горизонтов. Появилась возможность построения теории их образования на основе синтеза всей суммы известных данных по этой важной проблеме современного генетического почвоведения. Наконец, были получены сведения о свойствах твердой фазы светлых кислых элювиальных горизонтов в профиле почв других генетических групп. В значительной мере обозначились прикладные аспекты такой теории, имеющие актуальное значение для почвоведения как фундаментальной науки, а также для земледелия, мелиорации и лесного хозяйства [111].

Следует отметить, что в последнее время нередко высказывается мнение о том, что оценивать состояние тех или иных научных проблем надо с учетом самых последних достижений науки, давность публикаций о которых не превышает пяти лет. Возможно, такой подход и целесообразен для молодых наук, например для науки о компьютерах, где предлагаемые конструкции существуют относительно короткий период и быстро сменяются принципиально новыми устройствами, нередко не связанными с их предшествующими генерациями. Вместе с тем такой подход неприемлем для познания природных явлений в целом, для естественных наук, исследующих фундаментальные закономерности формирования почв, биоты, геологической и гидрологической сред, климата и других разделов наук о мироздании. Их формирование и развитие, как правило, подчиняются постоянно действующим закономерностям, которые актуальны на протяжении неопределенно долгого периода.

Так, речные долины, геологические среды, почвы, биота и другие естественные объекты возникают и функционируют на протяжении тысячелетий. Многие общие закономерности их формирования, развития и функционирования были раскрыты гениями естествознания – Дарвином, Линнеем, Ламарком, Гумбольдтом, Менделем, Докучаевым и многими другими – достаточно давно. Но и сегодня установленные ими законы сохраняют своё актуальное фундаментальное значение и определяют перспективные направления современного научного поиска. К этому следует добавить, что все они обладали удивительной наблюдательностью и глубоким проникновением в сущность исследуемых явлений. Поэтому автор этих строк считал необходимым, в частности, обратить особое внимание на выдающуюся роль наших предшественников в области изучения подзоло- и глееобразования.

Глееобразование – почвообразовательный процесс, протекающий в анаэробных условиях при обязательном участии гетеротрофной анаэробной микрофлоры и наличии сбраживаемого органического вещества в условиях постоянного или периодического увлажнения отдельных горизонтов или всего профиля. Глееобразование сопровождается восстановлением окисных соединений металлов и несбалансированным выносом железа, марганца, калия, алюминия, фосфора и тонкодисперсной фракции мелкозема (<0,001 мм).

Вызванный к действию процесс глееобразования, казалось бы, потенциально должен вызывать мощное воздействие на минеральный субстрат почв. Однако реальные изменения химического, гранулометрического и минералогического состава рыхлых отложений определяются прежде всего особенностями их гидрологического режима. Нами установлено, что наиболее существенные различия проявляются при глееобразовании на фоне двух основных типов водного режима – застойного и застойно-промывного.

В природе условия *застойного типа водного* режима можно наблюдать на примере болотных почв. Их глеевые горизонты, подстилающие торфяные, постоянно затоплены. Они отличаются от исходной породы лишь небольшим выносом железа и марганца, несущественным увеличением рН. При этом не происходит заметного изменения их химического состава и физико-химических свойств. В этом случае практически незаметен вынос элементов со стабильной валентностью.

Наряду с условиями застойного режима глееобразование часто протекает на фоне *застойно-промывного типа водного режима*. В этом случае, в отличие от застойного, происходит вынос из мелкозема значительных масс железа, марганца, алюминия, кальция и магния, калия, фосфора и других элементов, проявляются признаки глубокой деградации почв. Следствием элювиирования щелочноземельных металлов в условиях застойно-промывного водного режима является увеличение кислотности мелкозема на 1,5–2,0 единицы рН, снижение водопрочности агрегатов, вынос ила.

Действие оглеения в условиях застойно-промывного режима не ограничивается выносом железа и марганца. Оно вызывает выброс в раствор практически всех элементов, необходимых для нормального функционирования растений и почв. Глееобразование в условиях застойно-промывного водного режима оказывает заметное влияние на минералогический состав мелкозема, является фактором деструкции алюмосиликатов, в состав которых входит железо, например, биотита, хлорита, роговых обманок. Наконец, глееобразование способно трансформировать минералогический состав почв. В частности, оно может быть причиной внедрения железа в кристаллическую решётку монтмориллонита.

Немецкий исследователь Фогель был одним из первых, кто обратил внимание на широкое распространение в Германии переувлажненных почв на тяжелых почвообразующих породах. Они обладали характерным синеватым оттенком и белесоватым – в верхней части почвенного профиля, поэтому автор дал им название «молочные почвы». Кроме того, у данных почв отмечались четкие признаки гидроморфизма, а их сельскохозяйственное использование было тесно связано с необходимостью осушения.

В дальнейшем Краус предложил новый термин – «глееподобные почвы» (*glyartjge Boden*), или «псевдоглей», который получил значительное распространение и был подробно описан Е. Muckenhausen. Одна из наиболее характерных особенностей псевдоглея заключается в контрастном водном режиме, сухая и сырая фазы которого сменяются в соответствии со степенью оглеения. В России синонимом термина «псевдоглей» явилась новая дефиниция – псевдоподзол. По определению Мюккенхаузена, псевдоглей – это почва, которая формируется на тяжелых породах или при подстилании легкого наноса тяжелым, с профилем, дифференцированным на водоносную (*Stauzome*) и водоупорную (*Staukorper*) зоны. Псевдоглей характеризуется следующими четырьмя признаками: 1) светлым кислым элювиальным горизонтом; 2) сегрегацией железа; 3) мраморовидной окраской иллювиального горизонта; 4) лессиважем. В настоящее время накоплен значительный материал, который позволяет оценить роль лессиважа в формировании почв со светлыми кислыми элювиальными (т. е. подзоли-

стыми) горизонтами. Так, результаты исследований А. А. Роде (1964) показали, что в весьма представительной выборке из 45 разрезов дерново-подзолистых почв только 7 % обладали признаками лессиважа.

1.1.2. Условия формирования и морфология почв в ареалах слабожелезистых грунтовых вод. Павлово-Посадский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар. Московская Мещера [104]

Заболачивание минеральных почв на маломощных и среднемощных двучленных отложениях обусловлено преимущественно поверхностными пресными водами. Многолетние комплексные исследования почв полесских ландшафтов Восточно-Европейской равнины выполнялись под руководством Ф. Р. Зайдельмана в двух основных регионах Окско-Мещерского полесья – на территориях Московской и Рязанской Мещеры, а также на территории Верхневолжского полесья.

Территория Павлово-Посадского гидрологического почвенно-мелиоративного стационара расположена на юго-востоке Московской области в пределах Клязьминско-Москворецкого равнинного междуречья в трех километрах западнее г. Павловского Посада. Почвы этого стационара типичны для всей территории Московской Мещеры. Их наиболее существенной особенностью является формирование профиля под влиянием железистых грунтовых вод. Именно поэтому все минеральные почвы отличаются присутствием в их профиле ортзандовых горизонтов. Наблюдения за гидрологическим режимом и изучение их свойств выполняли на территории трёх типичных для этого региона угодий: в лесном массиве; на пашне, почвы которой обладали водным режимом, не измененным мелиоративными мероприятиями; на пашне, почвы которой характеризовались режимом, существенно измененным влиянием примыкающего к ней осушаемого низинного торфяного болота «Черное».

Все почвы стационара сформированы на мощной толще флювиогляциальных и древнеаллювиальных мелкозернистых песков. В границах рассматриваемой территории их мощность колеблется от 4 до 20 м. Толща песка покоится на суглинистой морене. Глубже залегает региональный водоупор Московской синеклизы – темно-серые пиритовые юрские глины мощностью 4–10 м. Последние покоятся на трещиноватых известняках карбона. В условиях переувлажнения и заболачивания происходит формирование почв под влиянием слабожелезистых (2–12 мг/л FeO) грунтовых вод. Однако локально там, где юрские глины поднимаются близко к дневной поверхности, содержание железа в грунтовых водах резко возрастает и достигает весьма значительных величин (20–100 мг/л FeO). Поэтому в границах рассматриваемого стационара доминируют ортзандовые почвы, которые локально в ареалах высоких концентраций железа в грунтовых водах сменяются рудяковыми и железистыми коровыми почвами.

Рудяковые почвы содержат в поверхностных горизонтах крупные железистые лимонитовые отделимости. Они имеют эллипсоидную форму, больший диаметр достигает 35–40 см. Железистые коры, формирующиеся в ареалах сильно железистых грунтовых вод, обладают мощным (до 60 см) поверхностным железистым горизонтом, состоящим из множества рудяковых лимонитовых отделимостей разного размера. Это специфические почвы, в профиле которых отсутствуют цементационные ортзандовые горизонты. Автором этого раздела были исследованы почвы, отличающиеся обязательным присутствием железистых цементационных горизонтов – ортзандов. Непосредственным объектом изучения явились почвы, образующие покров единых в геохимическом отношении катен, приуроченных к однородным легким (преимущественно мелкопесчаным) флювиогляциальным отложениям. В каждом случае на наиболее высоких гипсометрических отметках поверхности в лесу и на пашне доминировали кислые-бурые или слабоподзоленные ортзандовые почвы, далее вниз по склону располагались соответственно дерново-слабоподзолистые ортзандовые глубокоогуленные, дерново-подзолистые ортзандовые глееватые.

Гранулометрический состав всех почв до глубины 30–50 см – рыхлосупесчаный, далее по всему профилю – песчаный. Такое закономерное распределение почв имело место на всех трех упомянутых выше участках стационара.

1.1.3. Условия формирования и морфология почв в ареалах слабожелезистых грунтовых вод [104]

Исходя из общих представлений о повышенной аэрации легких почв, казалось бы, можно предполагать, что в них признаки заболачивания подвержены наибольшей изменчивости. В действительности, однако, происходящие изменения оказываются значительно сложнее. Не исключена вероятность того, что многие легкие почвы, однажды испытав влияние гидроморфного режима, в дальнейшем неопределенно долго сохраняют черты приобретенной в этот период морфологии.

В целом морфология почв полесских ландшафтов отличается значительной информативностью, важнейшими элементами которой являются мощность и глубина залегания псевдофибровых, ортзандовых, подзолистых и глеевых горизонтов, виды и глубины нахождения новообразований в профиле почв. Рассмотрим особенности диагностики таких почв полесий на примере почв территории Павлово-Посадского мелиоративного почвенно-гидрологического стационара на мощных песчаных отложениях, расположенного на территории Московской Мещеры. Почвы этого стационара увлажнены или заболочены слабожелезненными грунтовыми водами.

Почвы, господствующие на стационаре, ранее рассматривались как скрытоподзолистые (или криптоподзолистые). Однако аналитические исследования не выявили наличия в поверхностных слоях профиля выраженных признаков оподзоливания. Поэтому такие почвы целесообразнее отнести к бурым, используя удачную, по нашему мнению, номенклатуру Н. П. Ремезова [307]. По своей морфологии они близки к бурым почвам, описанным Р. Stefanovic [460] на легких породах в Центральной Европе.

Необходимо подчеркнуть специфические условия формирования этих почв. В полесьях на легких породах при наличии грубого гумуса (мор, реже модер), часто мертвопокровной подстилки, кислой реакции породы и органического вещества, промывного водного режима, т. е. при наличии условий, казалось бы, необходимых для оподзоливания, в поверхностных слоях этих хорошо аэрируемых почв нет четко морфологически и химически выраженных элювиальных горизонтов. Вместе с тем в почвах более низких элементов катены, там, где грунтовые воды активно влияют на режим поверхностных слоев профиля [125], повсеместно появляются подзолистые горизонты, нередко отличающиеся значительной мощностью.

Отсутствие или слабая выраженность подзолистых горизонтов в легких почвах водоразделов Мещеры не является эндемичной особенностью этой территории. Ранее [131] было высказано утверждение о том, что вообще так называемые кислые скрытоподзолистые почвы Европейских полесий целесообразно относить к бурым. Существует ряд указаний на то, что водоразделы названных территорий нередко заняты неоподзоленными почвами. С. А. Ковригин [206] наблюдал аналогичное явление на территории Вятско-Камского полесья. Он писал: «На глубоких песчаных наносах боровой террасы р. Вятки подзолистый горизонт имеет место только в подзолисто-глееватых и торфянисто-подзолисто-глеевых почвах под пологом сосняка-черничника». Для более сухого леса – сосняка-беломошника и сосняка-брусничника по С. А. Ковригину «характерно отсутствие A_2 ».

Известны наблюдения ряда авторов в других регионах, подтверждающих эту закономерность. Так, М. А. Каплан [176] в легких почвах Припятского полесья обнаружил резкое увеличение мощности горизонта A_2 в глеевых почвах, заболоченных грунтовыми водами. При этом весьма характерной особенностью рассматриваемых почв является и то, что мощность гор. A_2 и оподзоленных горизонтов увеличивается от нескольких сантиметров в глубокооглеенной почве до 20–40 см в глееватых и глеевых. Это явление присуще не только исследованным почвам, но закономерно проявляется в почвах других ландшафтов.

В рассматриваемых почвах прежде всего привлекают внимание свойства трех горизонтов – подзолистых, глеевых и ортзандовых. Сопряженный анализ морфогенетических и гидрологических данных [126] позволяет признать, что подзолистых горизонтов в их профиле нет или они выражены очень слабо в тех случаях, когда грунтовые воды в теплый период не поднимаются выше 1,2–1,5 м от поверхности. Вместе с тем в глееватых и глеевых почвах, где грунтовые воды вызывают продолжительное избыточное увлажнение поверхностных горизонтов, мощность горизонта A_2 , как правило, весьма значительна и нередко превышает 20–40 см.

Глеевые песчаные горизонты, в отличие от суглинистых, имеют не синевато-сизую или синюю окраску, а белую со слабым голубоватым или сизоватым оттенком. Такая окраска связана с потерей кварцевыми зернами песка окисных пленок железа. Особенностью этих почв является и то, что в их профиле, непосредственно над глеевыми, формируются ортзандовые горизонты. Возникновение ортзанда нередко связывают с подзолообразованием.

Однако три следующих факта указывают скорее на его гидрогенное происхождение и не позволяют согласиться с элювиально-иллювиальной концепцией происхождения ортзандового горизонта. Во-первых, ортзандовые горизонты формируются в зоне близкого залегания к поверхности только железненными грунтовыми вод; во-вторых, они всегда располагаются в зоне аэрации непосредственно над глеевыми горизонтами; в-третьих, они возникают в профиле не только подзолистых, но и бурых почв, вообще не имеющих элювиальных горизонтов.

В связи с изложенным необходимо обратить внимание на следующее обстоятельство. Изучение почв практически всегда начинается с исследования их морфологии. Так, выполняют полевые поч-

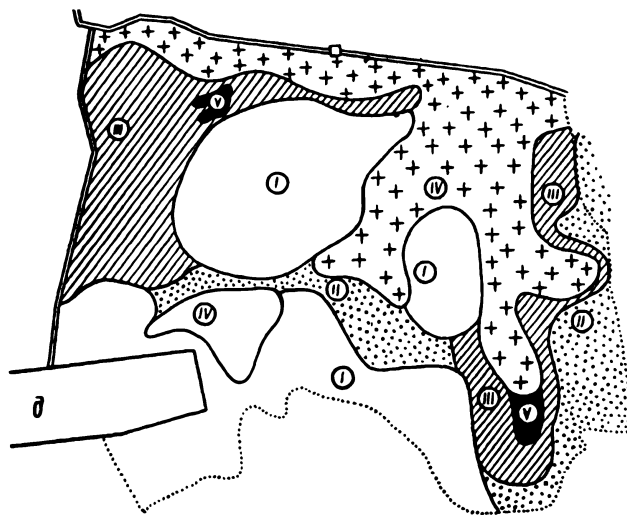


Рисунок 1.2 – Фрагмент совмещенной почвенно-гидрохимической карты Павлово-Посадского стационара. Совмещенная почвенно-гидрогеологическая карта зоны распространения ожелезненных (ортзандовых, оруденелых и рудяковых) почв. Московская Мещера. I, II, III, IV, V – группы почв по концентрации железа в грунтовых водах: I – пресные воды, содержание FeO меньше 3мг/л, ортзандовые дерново-подзолистые неоглеенные, глубокооглеенные, глееватые и глеевые песчано-супесчаные почвы; II – слабоминерализованные воды, FeO – 3–15мг/л, ортзандовые дерново-подзолистые глеевые супесчано-суглинистые почвы; III – среднеминерализованные воды, FeO – 15–25 мг/л, мощные ортзандовые и оруденелые дерново-подзолистые глеевые и дерново-глеевые почвы; IV – сильноминерализованные воды, FeO – 25–100 мг/л, торфянисто-глеевые и оторфованные дерново-глеевые почвы; V – высокоминерализованные воды, FeO – больше 100 мг/л, рудяковые глеевые почвы. Масштаб 1:500

1.1.5. Морфология почв, образованных под влиянием пресных неминерализованных грунтовых вод на мощных песках. Спас-Клепиковский гидрологический почвенно-мелиоративный стационар. Рязанская Мещера [104]

В полесьях широкое распространение получили легкие автоморфные и гидроморфные почвы на пресных неминерализованных грунтовых водах, приуроченных к мощным песчаным отложениям. В границах Окско-Мещерского полесья такие почвы, в частности, занимают территорию Рязанской Мещеры. Они были исследованы нами на территории Спас-Клепиковского гидрологического почвенно-мелиоративного стационара, расположенного в Приозёрной Мещере.

Это полесье является обширной пологоволнистой аллювиально-зандровой низменностью, приуроченной к внутриплатформенному прогибу. Его абсолютные высоты – 100–120 м. Рельеф равнинный, слаборасчлененный эрозией. Основными геоморфологическими элементами рельефа являются водораздельные повышения, обширные, часто заболоченные депрессии и крупные речные долины.

Поверхностные четвертичные постледниковые флювиогляциальные пески мощностью до 12 м залегают на суглинисто-супесчаной днепровской морене, в основании которой – верхнемеловые отложения, подстилаемые юрскими глинами; ниже – трещиноватые известняки карбона.

Нами были исследованы почвы единой катены, почвенный покров которой был образован четырьмя разновидностями разной степени заболоченности (рис. 1.3): песчаными псевдофибровыми бурой неоглеенной, подзолистой глубокооглеенной и подзолистой глееватой почвы. Четвертая разновидность, замыкающая катену, приуроченная к приболотному поясу, дерново-подзолистая гумусово-иллювиальная глеевая.

1.1.6. Морфология почв полесий на среднемощных двучленных отложениях, увлажняемых или заболоченных поверхностными пресными водами. Общие положения [104]

На периферии полесий часто формируются полноразвитые почвы, близко подстилаемые различными по составу и генезису суглинистыми и глинистыми почвообразующими породами. На территории Восточно-Европейской равнины это преимущественно кислые или карбонатные моренные суглинки и глины. Кроме того, такой второй материнской породой могут быть лессовидные суглинки и глины, а также озерно-ледниковые ленточные, пермские и другие глинистые отложения. Обычно они формируются на периферии полесий и занимают подчиненные площади таких ландшафтов. Поскольку верхняя кровля второй материнской породы отличается низкой водопроницаемостью и играет роль водоупора, такие почвы по глубине его залегания надо подразделять на три следующие группы.

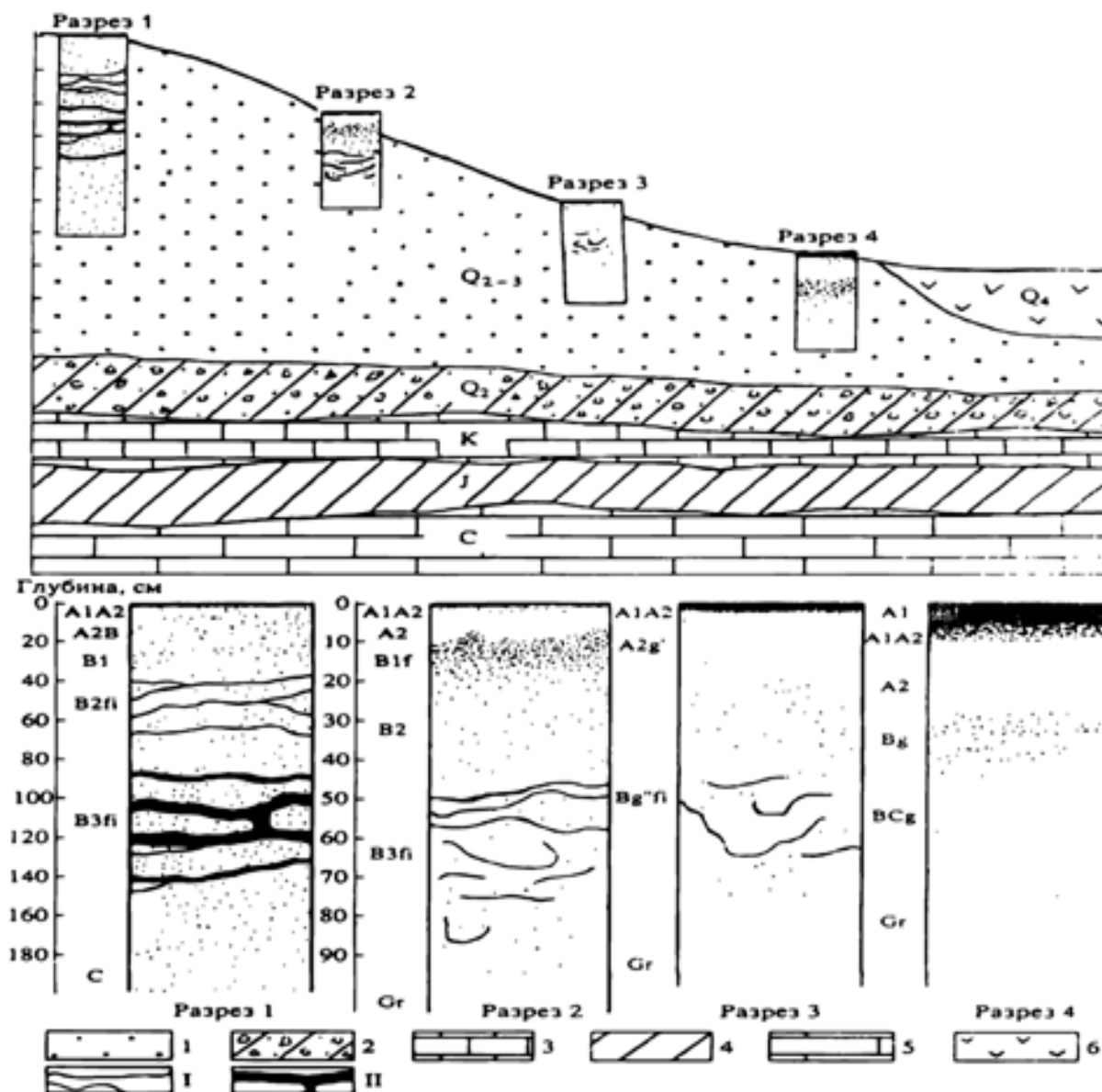


Рисунок 1.3 – Схема литологического строения и морфология почв катены в Рязанской Мещере.

Спас-Клепиковский район. Условные обозначения: 1 – флювиогляциальный песок; 2 – супесчано-суглинистая морена; 3 – известняки мела; 4 – юрские глины; 5 – известняки карбона; 6 – торф.

Почвы: разрез 1 – буры неоглеенные псевдофибровые песчаные; разрез 2 – подзолистые глубокооглеенные псевдофибровые песчаные; разрез 3 – подзолистые глееватые псевдофибровые песчаные; разрез 4 – дерново-подзолистые глеевые гумусово-железисто-иллювиальные песчаные.

Почвенные новообразования: I – маломощные псевдофибры; II – мощные псевдофибры

Во-первых, верхняя кровля второй материнской породы залегает на глубине 60 см. Мощность первой супесчано-песчаной породы, переработанная процессами почвообразования, составляет 60 см. Как правило, эта свита состоит из генетических горизонтов A_1 , A_1A_2 , A_2 , A_2B , преимущественно эти горизонты имеют супесчано-песчаный гранулометрический состав. Такие почвы следует относить к почвам на маломощных двучленных отложениях.

Во-вторых, почвы на среднемощных двучленных отложениях. Их верхняя супесчано-песчаная толща имеет мощность 60–120 см. Большинство или все генетические горизонты профиля размещаются в этой толще. Во второй материнской породе присутствуют лишь горизонты B_3 , BC_2 и C_2 . В сельскохозяйственном отношении это наиболее благоприятный вариант почв на двучленных отложениях.

В-третьих, почвы на мощных двучленных отложениях с залеганием верхней кровли второй почвообразующей породы на глубине более 120 см. Практически все генетические горизонты почвенного профиля находятся в супесчано-песчаной толще выше верхней кровли второй материнской породы.

1.1.7. Морфология почв полесий на среднемоощных двучленных отложениях на примере Верхневолжского полесья [104]

В этом разделе рассматриваются морфологические особенности и гранулометрический состав почв на среднемоощных отложениях на примере почв Верхневолжского полесья, приуроченных к территории Загорского гидрологического почвенно-мелиоративного стационара, расположенного на северо-западе Московской области. Все почвы находятся в границах одной катены и имеют тождественное литологическое двучленное строение. Их верхние супесчано-песчаные горизонты образованы на кислых флювиогляциальных отложениях мощностью 60–120 см. Они покоятся на многометровой толще легко- и среднесуглинистой карбонатной мелкокаменистой морены. Супесчаный гранулометрический состав свойствен только верхним горизонтам профиля. Их мощность не превышает 40–50 см. Ниже до верхней кровли суглинистой морены следуют пески. Их характерной особенностью является существенное обезыливание песчаных горизонтов на их контакте с верхней кровлей моренных суглинков.

Эту особенность можно легко проследить в профилях всех почв катены. В их супесчано-песчаной толще преобладают фракции среднего, мелкого песка и крупной пыли. В толще моренных отложений доминируют фракции мелкого песка, крупной пыли и ила. На наиболее высоких, хорошо дренируемых участках катены формируются недифференцированные или слабо дифференцированные бурые и бурые слабоподзоленные почвы. На более низких отметках поверхности повсеместно присутствуют дерново-подзолистые почвы. Мощность их светлых кислых элювиальных горизонтов существенно возрастает по мере усиления морфохроматических признаков оглеения. Так, мощность горизонта A_2 в профиле дерново-подзолистой слабogleеватой почвы – 21 см; в профиле дерново-сильноподзолистой глеевой – мощность горизонта A_2 – 42 см.

Бурые и дерново-подзолистые почвы на двучленных отложениях с различной мощностью флювиогляциального супесчано-песчаного наноса на суглинистых и глинистых моренных отложениях широко распространены в лесной зоне европейской территории страны. Эти почвы на огромных пространствах Нечерноземной зоны вовлечены в сельскохозяйственное производство, используются в естественном состоянии как ценные лесные угодья и часто оказываются объектом мелиорации. Исследованию генезиса этих почв посвящена значительная литература. Особая роль в изучении почв на двучленных отложениях Русской платформы принадлежит исследованиям Глинки, Красюка, Кашанского, Апарина, Рубилина и других авторов.

Почвы на двучленных отложениях широко представлены автоморфными и гидроморфными видами, отличающимися разной степенью заболоченности. Нами ранее были изучены свойства и режим почв на двучленных отложениях с маломощным верхним супесчаным наносом – 40-60 см [141, 134].

Предпринятые многолетние гидрологические стационарные исследования позволили дифференцировать почвы на среднемоощных отложениях (супесчано-песчаный флювиогляциальный нанос мощностью 60–120 см, подстилаемый суглинистой мореной) на виды. Вместе с тем диагностика этой своеобразной группы почв остается неразработанной. Ниже рассмотрены морфологические свойства бурой неоглеенной и оглеенных дерново-подзолистых почв на среднемоощных двучленных отложениях. Изучаемый ряд почв состоял из бурой недифференцированной неоглеенной почвы (A_{II} - AB - B_1 - BC_1 - BC_2 - C_2 – пашня на слабо выраженном водоразделе); бурой слабоподзоленной глубокооглеенной (A_{II} - AB - B_1 - B_2 - $BC_{1fo,g'}$ - BC_2g' – пашня в верхней части склона); дерново-подзолистой слабogleеватой (A_{II} - A_2fs - B_1g' - $BC_{1fo,g'}$ - B_1C_2g' - B_2C_2g' – пашня на средней части склона); дерновосильноподзолистой глееватой (A_{II} - A_1g' - A_2fs,g' - $BC_{1fo,g'}$ - BC_2g''' – пашня на нижней части склона) супесчаных и глеевой (A_1g''' - A_2/g''' - A_2g'' - $BC_{1fo,g'}$ - Gr – залежь, основание склона) песчаной.

В ряду рассматриваемых почв морфологические признаки гидроморфизма проявляются в следующем. Бурая недифференцированная неоглеенная почва – горизонт A_2 и цветовые признаки оглеения в верхней 1,5 м толще отсутствуют. Очень мелкие темные ортштейны в аккумулятивном горизонте (0,6 % от нее массы почвы) в моренных горизонтах мелкие марганцевистые пятна.

Дерново-подзолистая слабogleеватая почва – впервые в этом виде почв формируется самостоятельный горизонт A_2 , в нем обилие мелких охристых пятен и темных ортштейнов (до 2,5 %). В супесчано-песчаных горизонтах – сеть оглеенных горизонтальных прожилок и оглеение по ходам корней в горизонте B_1 ; скопления яркоокрашенной гидроокиси железа в контактном надморенном горизонте; грани структур тяжелых моренных горизонтов интенсивно оглеены (до 30–40 % от площади).

Дерново-подзолистая глееватая почва – пятна оглеения в горизонте A_{II} ; горизонт A_2 – сизовато-серый оглеенный, обилие мелких ортштейнов, преимущественно мягких (твердых – до 0,7 %); небольшие участки горизонтального ожелезнения типа ортзандов, сизые и белесые прослойки оглеен-

ного песка, скопления яркоокрашенной гидроокиси железа в надморенном контактном горизонте; контактные тяжелые моренные горизонты – сизые с бурыми пятнами, оглеенные.

Дерново-подзолистая глеевая почва – интенсивное оглеение всего профиля, горизонт A_2 – мощный (до 60 см), оглеенный, обилие ржаво-бурых мягких ортштейнов (твердых – до 0,5 % от веса почвы), ярко окрашенная аморфная гидроокись железа в надморенной толще. Тяжелые моренные горизонты сизые – сплошное интенсивное оглеение.

Таким образом, наиболее интересными в диагностическом отношении следует признать два существенных морфологических признака. Во-первых, возникновение в профиле подзолистых горизонтов и увеличение их мощности с нарастанием степени гидроморфизма почв и, во-вторых, усиление интенсивности оглеения контактных моренных горизонтов. Наличие в почвах на среднемощных двучленных отложениях хорошо водопроницаемых супесчано-песчаных горизонтов мощностью 120 см обуславливает ряд отличий в свойствах этих почв по сравнению с аналогичными почвами на маломощном двучлене.

По гранулометрическому составу профили всех почв дифференцированы на две зоны по «физической глине» и илистой фракции. Причем если на мелком подстилании верхний нанос имеет преимущественно супесчаный или легкосуглинистый состав, то на среднемощных – песчаный (рыхлый и связанный песок). Контактные надморенные горизонты на 89–95 % состоят из песчаных фракций (сумма частиц 1–0,05 мм); в вышележащих (супесчано-песчаных) и нижележащих моренных (суглинистых) горизонтах эта фракция распределена равномерно (40–55 %). Заметны различия и в распределении крупной пыли: на мелком подстилании вся верхняя легкая толща обогащена этой фракцией, на среднемощном – лишь верхние два горизонта.

В рассматриваемом ряду почв на среднемощном подстилании можно проследить некоторые изменения в распределении ила с нарастанием оглеения: в неоглеенной почве минимальное содержание илистой фракции приходится на контактный надморенный горизонт, в глубокооглеенной – на горизонт АВ, в слабоглееватой – на контактный надморенный горизонт, в глееватой – два минимума, в горизонте A_2 и в контактном надморенном горизонте; верхняя песчаная толща глеевой почвы вся предельно обеднена илом. Эти особенности обусловлены своеобразным водным режимом исследуемых почв – увеличением продолжительности обводнения контактной зоны верховодкой и увеличением ее мощности.

Морфологический анализ позволяет сделать следующие выводы об изменениях почв под влиянием нарастающего (в пространстве) переувлажнения.

1. В автоморфных почвах, занимающих наиболее возвышенные и хорошо дренированные позиции полесских ландшафтов южной тайги, подзолистые горизонты выражены слабо. Вместе с тем с усилением заболачивания (т. е. в глееватых и глеевых почвах) признаки оподзоливания проявляются весьма отчетливо в виде самостоятельных весьма мощных подзолистых профилей.

2. В зонах распространения слабожелезистых грунтовых вод в почвах разных генетических типов (бурых, подзолистых и других) в результате гидрогенной аккумуляции гидроксидов железа происходит цементация песка и формирование характерных ортзандовых горизонтов. Общая закономерность их изменения в ряду почв с нарастающей степенью заболоченности следующая. Чем интенсивнее их переувлажнение и степень гидроморфизма, тем значительнее их мощность и тем ближе к дневной поверхности поднимается их верхняя кровля. Отличительной особенностью ортзандовых горизонтов является и то, что они всегда (в отличие от псевдофибр) залегают непосредственно на глеевом горизонте.

3. Рассмотренные данные позволяют признать, что морфологические признаки заболачивания легких подзолистых почв существенно отличаются от признаков гидроморфизма суглинистых подзолистых почв. Так, в отличие от сизого цвета глеевых горизонтов почв тяжелого гранулометрического состава, окраска глеевых песчаных горизонтов обычно белая со слабым голубоватым оттенком или, в мокром состоянии, серовато-белая.

4. В ареалах неминерализованных пресных грунтовых вод в профилях автоморфных почв и в почвах со слабо выраженными признаками гидроморфизма обычно присутствуют бурые или, реже, серые железистые горизонтальные цементационные слои, псевдофибры, мощность которых не превышает 1–5 см. Псевдофибры встречаются практически во всех автоморфных песчаных почвах полей. Они свойственны хорошо дренированным почвам, профили которых не подвержены или слабо подвержены влиянию неминерализованных грунтовых вод. Псевдофибры отличаются более тяжелым гранулометрическим составом, низкими значениями пористости и водопроницаемости по сравнению со свойствами вмещающих их легких супесчано-песчаных горизонтов.

1.2. Химические и минералогические свойства почв полесских ландшафтов [104]

Химические и минералогические свойства почв полесских ландшафтов были исследованы на примере почв Окско-Мещерского и Верхневолжского полесий, увлажняемых или заболоченных грунтовыми водами. Химические свойства почв обусловлены их гидрологическим режимом, генезисом и составом грунтовых вод, почвообразующих пород, длительностью переувлажнения. Объектами исследований всегда являлись ряды почв, приуроченные к единым в геохимическом отношении катенам, образующие постепенные переходы от автоморфных (бурых) к дерново-подзолистым почвам с непрерывно нарастающей (в пространстве) степенью их оглеения. Таким образом были исследованы почвы автоморфных, супераквальных и субаквальных позиций полесских ландшафтов. В этих почвах прежде всего привлекают внимание генезис и химические свойства трех горизонтов – подзолистых, глеевых и ортзандовых. Сопряженный анализ морфологических и гидрологических данных позволяет признать, что подзолистые горизонты в их профиле выражены очень слабо в тех случаях, когда грунтовые воды в теплый период не поднимаются выше 1,2–1,5 м от поверхности. Эти горизонты отличаются незначительной отмывкой «несиликатного» железа на общем буроватом фоне. Вместе с тем в глееватых и глеевых почвах, где грунтовые воды вызывают продолжительное избыточное увлажнение, поверхностные горизонты A_2 , как правило, обладают весьма значительной мощностью и нередко превышают 20–40 см.

1.2.1. Кислотность, поглощенные основания, гумус [104]

В суглинистых и глинистых подзолистых почвах с усилением степени оглеения происходит закономерное уменьшение актуальной, обменной, гидролитической кислотности всего профиля. Это обусловлено, как уже отмечалось, по крайней мере, тремя факторами. Поступлением в почвы субаквальных территорий щелочноземельных металлов, элювирированных на водоразделах; застойным водным режимом сильнооглеенных почв и их относительно слабым выщелачиванием; возможным замещением и вытеснением в раствор кальция и магния силикатных минералов ионами двухвалентного железа, водорода и других элементов. Однако такое закономерное изменение кислотности, свойственное тяжелым гидроморфным почвам водоразделов, не имеет повсеместного распространения.

Как показали наши исследования морфогенетических и химических свойств почв Мещерского стационара [131], в легких подзолистых почвах в горизонтах активного водообмена заболачивание может сопровождаться увеличением актуальной и потенциальной кислотности. Здесь в поверхностных горизонтах в результате их интенсивного выщелачивания и накопления грубого гумуса нередко можно обнаружить определенное увеличение кислотности почв. В соответствии с изменением актуальной, обменной и гидролитической кислотности меняется и содержание обменного алюминия. Его концентрация возрастает с усилением заболоченности и оказывается максимальной в верхних горизонтах дерново-подзолистых глеевых почв (0,40–0,48; 1,16–1,39 и 1,16–2,33 ммоль на 100 г почвы в незаболоченных, глееватых и глеевых видах).

Таким образом, если в тяжелых дерново-подзолистых почвах усиление оглеения сопровождается уменьшением кислотности и содержания подвижного алюминия, то в легких почвах того же генезиса заболачивание может вызывать известное увеличение кислотности и содержания подвижного алюминия в аккумулятивно-элювиальных горизонтах.

Близкие данные по изменению кислотности почв под влиянием оглеения получены и другими авторами. Так, Т. А. Романова [317], исследуя реакцию заболоченных почв Беларуси, установила увеличение рН по профилю оглеенных почв, развитых на тяжелых породах, и относительно однородную кислую реакцию солевой вытяжки из всех горизонтов хорошо водопроницаемых легких почв. В. А. Бутенко [49] при характеристике оглеенных супесчаных дерново-подзолистых почв Украинского Полесья отмечал, что при нарастании степени заболоченности увеличивается их кислотность.

Вместе с тем значения рН оглеенных почв могут существенно не меняться по сравнению с автоморфными вариантами или несколько подщелачиваться в зависимости от химического состава грунтовых вод. Например, в почвах под лесом на территории Мещерского стационара было установлено закономерное уменьшение кислотности нижних горизонтов профиля с нарастанием степени заболоченности. При этом наиболее отчетливо увеличение рН наблюдается в глеевом горизонте почв рассматриваемого ряда. рН солевой вытяжки из незаболоченных, глубокооглеенных, глееватых и глеевых почв равен соответственно 4,68, 4,75, 4,90, 5,18.

Значения рН водной вытяжки глеевых горизонтов увеличиваются с нарастанием продолжительности их обводнения, а затем в почвах с постоянным затоплением грунтовыми водами приобретают предельные, стабильные величины, свойственные самим грунтовыми водам. Так, в незаболочен-

ных и глубокооуглеенных почвах рН водной вытяжки из глеевых горизонтов равен соответственно 5,82 и 6,00, а в глееватой и глеевой почвах – 6,25 и 6,25. Именно такие или близкие значения рН были свойственны грунтовым водам лесного профиля, вызывающих заболачивание почв (табл. 2). Таким образом, глеевые горизонты характеризуются минимальными значениями кислотности, а величины рН определяются химическими свойствами грунтовых вод.

Таблица 1.2 – Химический состав грунтовых вод, вызывающих заболачивание легких дерново-подзолистых ортзандовых почв, г/л. Московская Мещера. Профиль в лесу. Разрез 44, глубина 1,6 м

рН	Сухой остаток	SO ₄	CO ₃	HCO ₃	Cl	K	Na	Ca	Mg	Mn	Fe (общее)
6,4	0,188	0,077	нет	0,024	0,029	0,002	0,005	0,04	0,006	следы	0,0014

Высокое содержание гидроокисных форм железа (и алюминия) и амфолитоидный характер ортзандовых горизонтов обуславливают обычно наблюдаемые здесь минимальные величины рН водной и солевой вытяжек по сравнению с глеевыми и вышележащими иллювиальными горизонтами почвенного профиля. Эти же причины определяют часто наблюдаемую в ортзандовых горизонтах оуглеенных почв максимальную емкость поглощения, высокую гидролитическую кислотность, значительную концентрацию обменного алюминия. В ортзандовых горизонтах обычно удается обнаружить также повышенное (по сравнению с иллювиальными горизонтами) содержание органики.

Эти особенности ортзандового горизонта, установленные нами для почв Мещерского стационара, справедливы, по-видимому, вообще для широкого ареала подзолистых ортзандовых почв. Так, Е. В. Аринушкина [19], исследовавшая химическую природу и условия образования ортзандов на значительном аналитическом материале, установила, что этим горизонтам свойственны высокие значения актуальной и обменной кислотности, концентрации органического вещества, некоторое накопление ила и др. Наконец, следует подчеркнуть и то, что в подзолистых горизонтах дерново-подзолистых ортзандовых почв нарастание степени оуглеения не всегда сопровождается адекватным снижением их кислотности. Здесь часты случаи, когда рН элювиальных горизонтов уменьшается с нарастанием степени оуглеения.

1.2.2. Валовой химический состав почв [104]

При оценке валового химического состава легких почв, формирующихся на кварцевых песках с высоким содержанием SiO₂ > 2 (88–90 %), особое внимание привлекает содержание железа и алюминия. Распределение именно этих элементов определяет наиболее важные морфогенетические особенности почв рассматриваемого ряда.

В тех случаях, когда формирование почв происходит под влиянием пресных, неминерализированных или слабожелезненных (Fe < 1–1,5 мг/л) грунтовых вод, в целом в мелкозем глеевых горизонтов по сравнению с подзолистыми происходит предельное элювиирование полуторных окислов из всех почв, независимо от степени их гидроморфизма. В горизонтах редуцированного глея (Gr) обычно наблюдается наиболее высокое содержание общего кремнезема (SiO₂ > 2 – 95,9–96,1 %) и минимальное – железа и алюминия (Fe₂O₃ 0,6–0,9 %; Al₂O₃ 1,6–1,7 %). Здесь часто глеевые (а не подзолистые, как это имеет место в суглинистых и глинистых почвах) горизонты – зоны максимального элювиирования железа, алюминия, марганца и наиболее высокого накопления кремнезема.

Эти горизонты в супесчаных и песчаных почвах нередко представляют собой предельно промытую и элювиированную природными растворами огромную толщу кварцевого песка. Под микроскопом мелкозем глеевого горизонта – это скопление стекловидных прозрачных, лишенных окисных оболочек кварцевых зерен. В связи с этим отметим, что в почвах с застойным режимом, особенно в зонах распространения сильножелезненных грунтовых вод, обезжелезнение при определенных условиях может оказаться несколько менее выраженным (% Fe₂O₃ – в породе 1,4; в глеевых горизонтах из почв на слабожелезненных – 0,64–0,64 и – 0,81 на железных грунтовых водах). Возможно, это связано с известным депонированием железа при новообразовании таких вторичных минералов, как сидерит, вивианит и др. Тем не менее как в первом, так и во втором случае общий вынос железа из глеевых горизонтов оказался весьма близким и значительным. Он составил около 40–50 % валового содержания этого элемента в породе.

Следует подчеркнуть, что с нарастанием степени заболоченности легких почв рассматриваемого ряда, в отличие от тяжелых, наблюдается непрерывное усиление морфологических признаков оподзоливания. Относительно слабо выраженные (или не выраженные вообще) в бурых (бурых оподзоленных) почвах, химические признаки оподзоливания рельефно проявляются в интенсивно заболоченных дерново-подзолистых глеевых и, особенно ярко, в торфянисто-подзолистых глеевых почвах.

С нарастанием заболоченности в подзолистых горизонтах легких почв возрастает концентрация общего кремнезема и несколько уменьшается содержание алюминия (по сравнению с поверхностными горизонтами слабоподзоленных почв).

В дерново-подзолистых глеевых и более заболоченных почвах происходит наиболее интенсивное элювирование железа. Только здесь общее содержание железа во всей массе мелкозема горизонта A_2 оказывается сопоставимым с содержанием этого элемента в глеевых горизонтах или меньшим, чем в глеевых. Наконец, содержание алюминия в подзолистых горизонтах остается весьма стабильным и обычно более высоким по сравнению с его содержанием в глеевых горизонтах этих почв (Al_2O_3 в подзолистых горизонтах глубокооглеенных, глееватых и глеевых почв 2,8, 2,8, 2,9 %; в глеевых горизонтах глубокооглеенной и глееватой почв – 1,5–1,7 %). Необходимо отметить, что в глеевых горизонтах легких почв процесс элювирования тесно связан с их обезыливанием. Эти слои почвенного профиля всегда характеризуются предельным выносом частиц $< 0,001$ мм независимо от степени заболоченности почв.

В отличие от этих мощных гидрогенных горизонтов элювирования, подзолистым горизонтам свойственно значительное содержание илистой фракции даже в тех случаях, когда они четко выражены морфологически (например, содержание частиц $< 0,001$ мм в гор. A_2 глееватой и глеевых почв равно соответственно 4,5 и 7,5 %, в Gr – 4,1 %). Почвы на кварцевых песках, по-видимому, при конкретных условиях могут иметь морфологически определенно оформленные подзолистые горизонты при неясном химическом проявлении признаков элювирования полуторных окислов и относительной аккумуляции кремнезема.

Необходимо, однако, подчеркнуть, что нечеткое проявление химических признаков оподзоливания (вынос трехвалентных металлов, накопление кремнезема и др.) при морфологически выраженном A_2 в глееватых почвах наблюдается только в тех случаях, когда анализируется общая средняя проба мелкозема из этого горизонта. При визуальном изучении легко обнаружить, что этот горизонт неоднороден и состоит из участков ярко-белесого и желтовато-серого цвета. Химически наиболее контрастно оподзоливание таких (и более заболоченных) почв можно обнаружить при анализе только белесого материала, освобожденного от рыхлого мелкозема желтоватого цвета.

Таким образом, белесый мелкозем поверхностных подзолистых горизонтов глееватых (и более заболоченных) почв и мелкозем глеевых горизонтов, приуроченных к нижним слоям почв разной степени заболоченности, характеризуются максимальным и сопоставимым выносом алюминия, железа и наиболее высоким содержанием кремнезема.

Заслуживает внимания и то, что между валовым химическим составом глеевых и подзолистых горизонтов таких легких почв часто исчезает принципиальное различие по распределению кремнезема и трехвалентных металлов. Нередко в глеевых горизонтах в целом элювиальные явления протекают особенно интенсивно. Здесь наблюдается значительный вынос железа и алюминия и максимальное накопление кремнезема. Наконец, несколько повышенное содержание кальция и особенно магния в глеевых горизонтах (по сравнению с подзолистыми) объясняется, очевидно, тем, что нейтрализация основной массы органических кислот происходит в поверхностных горизонтах почв.

Определенная часть железа, элювированная из подзолистых и особенно из глеевых горизонтов, мигрирует за пределы почвенного профиля с током грунтовых вод. Но одновременно с этим в верхней части зоны капиллярного поднятия происходит окисление подвижного закисного железа, его выпадение из раствора в виде гидроокиси и дегидратация. Этот процесс цементации песчаных слоев почвенного профиля и приводит к возникновению ортзандовых горизонтов. Они обладают наиболее высоким содержанием железа, и здесь нередко можно обнаружить значительные (нередко максимальные по сравнению с другими горизонтами профиля) концентрации алюминия и фосфора.

Ортзандовые горизонты – весьма своеобразные и характерные для легких почв образования. Они могут встречаться не только в подзолистых, но и вообще в легких почвах вне связи с подзолистыми горизонтами. Таким образом, ортзандовые горизонты могут формироваться в профиле неоподзоленных почв, быть отделены от подзолистых горизонтов серией переходных слоев или находиться непосредственно под подзолистым горизонтом. Но они всегда залегают на глеевых горизонтах, и им свойственно преимущественно горизонтальное простирание. Эти ортзанды строго связаны с положением глеевых горизонтов, образуют их верхнюю кровлю и формируются в районах распространения слабо минерализованных железом грунтовых вод.

Все это позволяет признать их первичное гидрогенное происхождение. Это подтверждает и баланс общего железа, элювированного из горизонта A_2 и аккумулярованного в ортзандах бурых и дерново-подзолистых оглеенных почв. Как следует из этих данных, объем выноса железа из оподзоленных горизонтов в количественном отношении несопоставим с аккумуляцией этого элемента в

ортзанде даже при условии, что всё элювированное железо будет сосредоточено в этом горизонте. Концентрация железа в гидрогенном ортзанде в несколько раз превышает вынос этого элемента из элювиальных горизонтов толщи профиля A₁-A₂-B-Ort.

Можно допустить, что ортзандовые горизонты после возникновения в результате вторичных явлений улавливают некоторое количество органического вещества и отдельных элементов из инфильтрующихся в вертикальном направлении почвенных растворов. Именно с этим может быть связана химическая неоднородность поверхностных и глубинных слоев ортзанда, на что ранее справедливо обратила внимание Е. В. Аринушкина [19].

1.2.2.1. Валовой химический состав илистой фракции почв [104]

Рассмотрению химического и минералогического состава илистой фракции легких почв необходимо предпослать следующее замечание. В России незаболоченные кислые почвы с элювиально-иллювиальным профилем, независимо от их состава, традиционно относят к подзолистому типу, а их гидроморфные варианты – к болотно-подзолистому. Вместе с тем за рубежом, например, во Франции, Германии и других странах принят несколько иной подход к классификации этих почв и их номенклатуре. Здесь только кислые легкие почвы с элювиально-иллювиальным профилем относят к подзолистым и подзолам, тогда как суглинистые и глинистые почвы с элювиальными горизонтами рассматривают преимущественно как лессивированные (например, бурые лессивированные почвы), а их оглеенные варианты – как псевдоглеи, параподзолы, псевдоподзолы и т. д.

Этот подход нашел отражение, в частности, и в легенде почвенной карты мира. Он осуществляется на весьма высоком таксономическом уровне, главным образом на уровне типов. Такая дифференциация в основном по гранулометрическому составу кислых почв с элювиально-иллювиальным профилем имеет свое объяснение, традиции и преемственность. Ниже будет предпринята попытка более полного рассмотрения этого важного вопроса. Здесь, однако, необходимо обратить внимание на следующее обстоятельство. Так как только легкие почвы с элювиально-иллювиальным профилем в отечественной и зарубежной литературе согласованно относят к подзолистым, то, очевидно, именно в них наиболее рельефно должны проявляться химические и морфологические признаки, свидетельствующие о разрушении глинистых минералов в элювиальных горизонтах, о трансформации свойств почв под воздействием органических кислот растительного происхождения, т. е. те признаки, которые в современном понимании этого процесса наиболее характерны для подзолообразования. В связи с этим особое значение приобретают сведения о свойствах илистой фракции супесчаных и песчаных подзолистых почв.

Рассмотрим такие данные на примере почв Мещерского стационара (Московской Мещеры), формирующихся под пологом хвойного леса. Переходя к анализу этих данных, следует прежде всего отметить, что в почвах стационара, как и во многих других случаях, обычно весьма сложно обнаружить сохранившиеся горизонты исходной материнской породы. Трудность нахождения такой эталонной породы в этих условиях объясняется тем, что, как правило, толща почвы глубже 1,0–1,5 м от дневной поверхности существенно изменена интенсивным оглеением.

Общий валовой анализ почвы показывает, что глеевые горизонты находятся в условиях наиболее энергичного элювирования. Но поверхностные осветленные горизонты подзолистых почв также подвержены выщелачиванию. В этом случае, как показали полевые и аналитические исследования, ближе всего соответствуют материнской породе по химическим свойствам и минералогическому составу иллювиальные горизонты бурых почв, не затронутые ни оглеением, ни оподзоливанием. Если согласиться с этим несколько условным, но необходимым и, по-видимому, единственно возможным приемом реставрации свойств исходной породы и принять за эталон мелкозем горизонта В₂ бурой почвы, то его химические свойства можно характеризовать следующими параметрами (табл. 1.3).

Таблица 1.3 – Зависимость содержания валовых форм некоторых элементов от гранулометрического состава почвенных тел

Параметр	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Ил «породы»	60,2	23,0	10,7
«Порода» в целом	92,8	3,1	1,4

Целесообразность использования гор. В₂ в качестве аналога исходной почвообразующей породы обусловлена и тем, что в этой части профиля бурой почвы отсутствуют гумусово-железистые или железистые аккумуляции, а также не наблюдаются новообразования иллювиального происхождения. Исходя из предположения, что свойства мелкозема и ила этой «породы» существенно не отли-

чаются от исходного материнского материала, рассмотрим изменения почвы и илистой фракции по сравнению с этой «породой» в условиях нарастающего (в пространстве) оглеения.

В целом мелкозем поверхностных горизонтов бурой почвы характеризуется аккумуляцией алюминия, незначительным выносом железа, заметной потерей кремнезема, т. е. здесь признаки оподзоливания почти не выражены, что хорошо совпадает с результатами морфогенетического анализа почвенного профиля. Таким образом, наиболее определенно подзолообразование проявляется в тех случаях, когда почвы формируются в условиях более близкого залегания к поверхности грунтовых вод и продолжительного избыточного увлажнения. Здесь происходит формирование особенно мощных светлых элювиальных горизонтов в верхней части профиля, накопление кремнезема, вынос трехвалентных металлов.

В почвах Мещерского стационара эти признаки наиболее отчетливо проявлялись в дерново-подзолистых глееватых и, особенно, в глеевых почвах. Только здесь в гор. A_2 удается одновременно с появлением белесой окраски обнаружить незначительное увеличение содержания кремнезема, уменьшение железа и алюминия. Вместе с тем сопоставление химического состава мелкозема отдельных горизонтов профиля со свойствами «породы» позволяет подчеркнуть следующее весьма интересное обстоятельство. Глеевые горизонты всех почв резко отличаются от других горизонтов наиболее высоким содержанием кремнезема (95,9–96,1 % SiO_2) и экстремальным выносом алюминия и железа.

Таким образом, здесь в известном смысле наблюдается парадоксальное явление. В глеевых горизонтах легких почв, можно сказать, в классическом виде проявляются наиболее характерные признаки подзолистых горизонтов – обезыливание, вынос алюминия и железа, максимальное (по сравнению с другими горизонтами профиля) накопление кремнезема. Из этого следует, что в результате оглеения, протекающего на фоне медленной миграции грунтовых вод, могут возникать своеобразные глеевые горизонты, отличающиеся относительным обогащением кремнеземом и предельным выносом алюминия, железа, марганца. Эти натурные наблюдения и выводы достаточно хорошо согласуются с результатами наших исследований глееобразования [106, 111, 115], а также с результатами работ Я. Сюты [346]. Они позволяют полнее понять причины возникновения мощных элювиальных горизонтов в профиле ненасыщенных почв.

Следует в связи с этим отметить и то, что, по-видимому, образование огромных массивов белых, хорошо отмытых кварцевых песков в гумидных ландшафтах лесной зоны также связано с интенсивно протекавшим здесь некогда глееобразованием в легких почвах в иные геологические периоды. В илистой фракции оподзоленных, подзолистых (A_1A_2 и A_2) и иллювиальных горизонтов бурой, дерново-слабоподзолистой глубокооглеенной и дерново-подзолистой глееватой почв содержатся весьма близкие количества кремнезема и алюминия (SiO_2 соответственно 59–62 % в гор. A_1A_2 и A_2 и 58–60 % в гор. В; Al_2O_3 22–24 % в гор. A_1A_2 , A_2 и В). Наиболее стабильной по химическому составу оказалась илистая фракция глеевых горизонтов всех почв, независимо от степени их избыточного увлажнения. В иле этих мощных элювируемых слоев содержится 58,0–59,5 % SiO_2 ; 22,8–22,9 % Al_2O_3 и 11,1–11,7 % Fe_2O_3 (табл. 1.3). Удивительное постоянство состава илистой фракции этих горизонтов в почвах разной степени заболоченности объясняется, очевидно, общностью их гидрологического режима и условий элювирувания. Диагностическое значение такой стабильности химического состава ила, несомненно, весьма существенно.

Свойства илистой фракции, однако, не всегда адекватны химическому составу мелкозема. Наряду с четким соответствием свойств почв и ила здесь можно обнаружить и серьезные аномалии, заслуживающие дополнительного изучения и объяснения. Так, в почвах Мещерского стационара илистая фракция глеевых горизонтов отличалась по составу как от мелкозема в целом, так и от ила тяжелых почв: здесь не удавалось обнаружить ее обеднения железом. Независимо от степени гидроморфизма ил глеевых горизонтов отличается близким (или несколько меньшим) по сравнению с породой содержанием кремнезема и алюминия и неизменно более высоким содержанием железа (11,1–11,7 % Fe_2O_3 в гор. G и 10,7 % – в «породе»).

Можно предполагать, что такое поведение железа в иле глеевых горизонтов связано с предельным выносом нестабильных аморфных гидроокисных соединений этого элемента и относительным накоплением здесь устойчивых кристаллических минералов железа типа гетита. На возможность нахождения железа именно в такой форме в глеевых почвах грунтового заболачивания указывали Швертманн и Тэйлор (U. Schwertmann, R. M. Taylor, 1971).

Весьма своеобразен химический состав илистой фракции гидрогенных ортзандовых горизонтов. Выше подчеркивалось, что ортзанд в почвах рассматриваемого ряда всегда залегает непосредственно над глеевыми горизонтами, а его верхнюю кровлю образуют иллювиальные слои профиля.

Ил ортзандовых горизонтов всегда отличается несколько более высоким содержанием алюминия (на 1–3 % Al_2O_3 по сравнению с иллювиальными и глеевыми горизонтами) и весьма постоянным содержанием этого элемента (24,5–26,6 % Al_2O_3). В диагностическом отношении этот факт, несомненно, интересен, хотя само явление аккумуляции алюминия в иле ортзанда не получило еще исчерпывающего объяснения.

Наконец, следует подчеркнуть и то, что в отличие от глеевых, в ортзандовых горизонтах наблюдается закономерное увеличение содержания общего железа в илистой фракции с усилением степени заболоченности почв рассматриваемого ряда (14,7–14,9–19,6–25,2 % Fe_2O_3 во фракции < 0,001 мм). Такое увеличение происходит за счет накопления несиликатного гидроокисного железа. Однако это явление следует рассматривать скорее как вероятную тенденцию, а не закономерность.

Полученные данные, таким образом, не подтверждают справедливость высказанного предположения об интенсивном разрушении глинистых алюмосиликатов легких почв в процессе подзолообразования. Силикатный ил подзолистых, иллювиальных и ортзандовых горизонтов по содержанию алюминия почти тождествен илу породы. Лишь в глеевых горизонтах наблюдалось весьма несущественное, но систематически повторяющееся уменьшение его содержания на 1–1,5 %. Вероятно, в иле этих горизонтов, находящихся в условиях постоянного избыточного увлажнения, происходит известное разрушение наименее стабильных алюмосиликатов и удаление продуктов их разрушения. Прежде всего этим можно объяснить минимальное и строго повторяющееся содержание силикатного железа и алюминия (6–8 % Fe_2O_3 и 20,4–20,9 % Al_2O_3) в редуцированных глеевых горизонтах (Gr) бурых, дерново-подзолистых глубокоогулеенных и глееватых почв.

При рассмотрении судьбы глинистых минералов в легких почвах необходимо обратить внимание на следующее обстоятельство. В поверхностных горизонтах дерново-подзолистых глеевых почв наблюдается увеличение содержания силикатного алюминия (21,8 % Al_2O_3 в породе и 24,0–25,0 % в гор. А₂). Можно предполагать, что в этом наиболее оподзоленном и освобожденном от железа горизонте происходит известное накопление глинистых минералов монтмориллонитовой группы. Вероятность этого в известной мере подтверждают результаты непосредственного изучения минералогического состава илистой фракции почв.

1.2.3. Химические свойства почв полесий на двучленных породах [104]

Минеральные почвы на двучленных породах заметно отличаются по своим химическим свойствам от однородных по гранулометрическому составу полноразвитых почв. Эти различия обусловлены преимущественно двумя факторами. Во-первых, их переувлажнением и заболачиванием поверхностными водами. Во-вторых, формированием почв на двучленных породах разного генезиса и состава. Морфология почв на двучленных отложениях, их свойства и водный режим были рассмотрены нами ранее [96]. Химические свойства почв на двучленных отложениях были исследованы в ходе работ на территории Верхневолжского полесья [135].

Содержание органического вещества в рассматриваемых почвах сравнительно невелико и несколько уменьшается с нарастанием оглеения (2,5 % – в неоглеенной почве, 1,9 % – в глеевой). Обращает на себя внимание примерно одинаковое содержание органического вещества в подстиляющих моренных горизонтах – 0,4–0,5 % независимо от степени оглеения.

Для исследуемого ряда почв характерно изменение кислотности с изменением степени гидроморфизма: в супесчано-песчаных горизонтах наблюдается подкисление от неоглеенной до глееватой почвы, а в суглинистых моренных горизонтах в том же направлении идет подщелачивание. В глеевой почве происходит выравнивание значений рН по всему профилю до нейтральных величин.

Таким образом, изменения кислотности верхней части профилей аналогичны изменениям кислотности в дерново-подзолистых почвах на песчаных отложениях, тогда как кислотность суглинистых горизонтов с усилением степени гидроморфизма меняется так же, как в суглинистых почвах [106]. Гидролитическая кислотность и содержание обменного алюминия изменяются аналогично изменению рН. По содержанию обменных Са и Mg закономерных изменений, обусловленных нарастанием гидроморфизма почв, не установлено.

Валовой химический состав почв имеет четко выраженную двучленность по содержанию кремнекислоты и полуторных окислов. Наиболее элювируемыми оказались контактные легкие по гранулометрическому составу горизонты – в них содержится максимальное количество $\text{SiO}_2 > 2$ и минимальное Fe_2O_3 и Al_2O_3 . С нарастанием степени гидроморфизма можно отметить некоторое увеличение содержания железа в контактных надморенных горизонтах (с 0,8 в неоглеенной до 1,3 % в глееватой и глеевой почвах). Подзолистые горизонты обедняются железом адекватно степени оглеения (1,95 в гор. А₂ слабogleевой; 1,73 – глееватой и 1,65 – глеевой почвах); содержание Al_2O_3 в кон-

тактных песчаных горизонтах также несколько увеличивается с нарастанием степени гидроморфизма, в подзолистых горизонтах содержание этого окисла примерно одинаково.

Суглинистые моренные горизонты всех исследуемых почв независимо от степени оглеения близки по валовому составу. По молекулярным отношениям закономерные отличия не наблюдаются. Лишь по отношению $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ в контактных надморенных горизонтах исследуемый ряд почв можно разделить на две группы. Первую образуют неоглеенная, глубокооглеенная и слабоглееватая почвы с соотношением 273–296. Вторая группа представлена глееватой и глеевой почвами с отношением $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3 \sim 200$.

В почвах на среднемощном подстилании не возникает условий для формирования твердых конкреционных новообразований, которые можно было бы выделить из почвенного мелкозема. Ортштейнов в этих почвах мало и они в основном рыхлые.

Провести диагностику по степени гидроморфизма по соотношению Fe/Mn , извлекаемых из ортштейнов $1 \text{ nH}_2\text{SO}_4$, как это было сделано нами в ряду почв на мелком подстилании [134], не удалось. Поэтому была предпринята попытка выявить иные диагностические критерии, основанные на определении несиликатного железа в вытяжках Мера-Джексона, Тамма и др. Несомненно, эти определения условны, поскольку вытяжки не полностью извлекают свободное железо и, в то же время, могут затрагивать железо, входящее в кристаллическую решетку силикатов. Тем не менее данные по содержанию различных форм соединений железа имеют существенное диагностическое значение.

Рассмотрим некоторые из них. Верхние горизонты (Ap , AB/A_2) неоглеенной, глубокооглеенной, слабоглееватой и глееватой почв содержат примерно одинаковое количество железа, извлекаемого вытяжкой Мера – Джексона (0,4–0,6 %); в глееватой почве – 0,2–0,3 %. Контактные песчаные горизонты всего ряда почв предельно обеднены несиликатным железом (0,20–0,17 %). В подстилающей морене с нарастанием степени гидроморфизма можно проследить некоторое уменьшение содержания Fe от 1,17 % в неоглеенной (1,29 % – в породе) до 0,91–0,95 % – в глубокооглеенной, слабоглееватой и глееватой и 0,81 % – в глеевой почве.

Н. Blume и U. Schwertmann [405] отмечают важное диагностическое значение отношения Fe_d : ил и его различное распределение по профилю почв с хорошим и затрудненным дренажем. Н. Н. Матинян также использует это отношение для диагностики временно переувлажненных почв. Однако в нашем ряду почв каких-либо закономерных изменений этого отношения по профилям обнаружено не было. По содержанию общего аморфного железа Fe_o наблюдается следующее. Во всех изученных почвах минимальное содержание Fe_o приурочено к контактным супесчаным горизонтам (0,05–0,07 % от массы почвы; в % от валового содержания железа можно отметить уменьшение в глееватой и глеевой почвах до 6–7 %).

В подстилающих моренных горизонтах с нарастанием оглеения абсолютное содержание аморфного железа увеличивается: в неоглеенной, глубокооглеенной и слабоглееватой – 0,23–0,24 % (0,28 % – в породе); в глееватой – 0,38 %; в глеевой – 0,48 % на прокаленную почву. По данным Ф. Р. Зайдельмана и Р. П. Нароковой [132] при оглеении в модельных условиях в застойном режиме в карбонатной морене содержание аморфного железа также увеличивается в 1,5–2 раза.

Т. А. Романова [316] в качестве диагностического критерия степени увлажнения почв независимо от генезиса и гранулометрического состава почвообразующей породы предложила отношение Fe_o : ил и его относительное распределение по почвенному профилю. Наши попытки использовать этот критерий для оценки почв на мелком и среднемощном двучленах не показали его связи со степенью почвенного гидроморфизма.

Еще одним из диагностических критериев гидроморфных почв является отношение активности Fe_o : Fe_d , предложенное У. Швертманном и определяющее степень окристаллизованности свободных окислов железа.

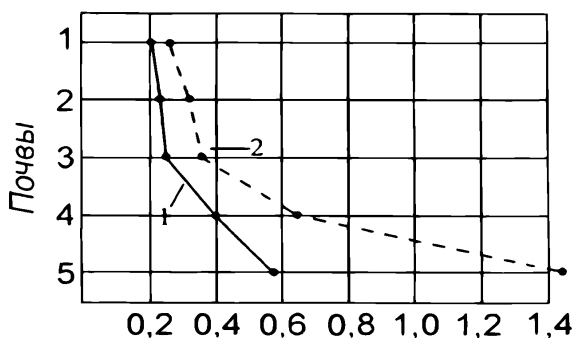


Рисунок 1.4 – Изменение значений критерия Швертмана (1) и его модификации (2) в контактных моренных горизонтах почв на среднемощном двучлене с усилением степени гидроморфизма [Зайдельман, Никифорова, 2001].

Условные обозначения почв:

- 1 – бурая неоглеенная; 2 – бурая глубокооглеенная;
- 3 – дерново-подзолистая слабоглееватая;
- 4 – то же, глееватая; 5 – то же, глеевая

Рассмотрим показатели этого отношения для исследованных нами почв на двучленных отложениях. В почвах на маломощном двучлене, где водопроницаемая толща мала, при выпадении большого количества осадков даже неоглеенные почвы бывают переувлажненными. Здесь суглинистые моренные горизонты оказываются в близких условиях. В этом случае отношение $Fe_o : Fe_d$ довольно стабильно независимо от степени оглеения и невелико (0,08–0,14); лишь в контактных подзолистых (супесчаных) горизонтах можно отметить небольшое увеличение этого отношения с 0,15–0,16 в неоглеенной и слабogleевой почвах до 0,22–0,19 в глееватой и глеевой.

В почвах на среднемощных породах, где водопроницаемая толща в 2 раза больше и различия ее отдельных слоев в водном режиме более существенны по значениям критерия У. Швертманна ($Fe_o : Fe_d$), в суглинистых моренных горизонтах исследованные почвы можно четко дифференцировать по степени гидроморфизма.

Это соотношение меняется следующим образом: 0,20 – в неоглеенной; 0,24 – в глубокооглеенной; 0,26 – в слабogleевой; 0,40 – в глееватой и 0,59 – в глеевой почвах. Обращает внимание также высокое значение этого показателя в подзолистом горизонте глеевой почвы – 0,73.

Наиболее четкие результаты могут быть получены (рис. 1.4) при использовании модифицированного критерия У. Швертманна

$$\frac{Fe_o}{Fe_d - Fe_o}, \quad (1.1)$$

где Fe_o – железо аморфных несиликатных соединений, по методу Тамма;

Fe_d – железо общее несиликатных соединений, по методу Мера и Джексона;

$Fe_d - Fe_o = Fe_{НСО}$ – железо окристаллизованное несиликатное.

1.2.4. Минералогический состав почв полесий. Минералогический состав илстой фракции почв

При рассмотрении судьбы глинистых минералов в легких почвах нужно обратить внимание на следующее обстоятельство. В поверхностных горизонтах дерново-подзолистых глеевых почв наблюдается увеличение содержания силикатного алюминия (21,8 % Al_2O_3 в породе и 24,0–25,0 % в гор. A_2). Можно предполагать, что в этом наиболее оподзоленном и освобожденном от железа горизонте происходит известное накопление глинистых минералов монтмориллонитовой группы. Вероятность этого в известной мере подтверждают результаты непосредственного изучения минералогического состава илстой фракции почв.

Рентгендифрактометрические исследования показали, что минералогический состав ила в почвах рассматриваемого ряда весьма однороден. В илстой фракции преобладают диоктаэдрический иллит, каолинит и вермикулит, а также смешаннослойные слюдисто-вермикулитовые и хлорит-вермикулитовые минералы. В небольшом количестве присутствует кварц, а в отдельных горизонтах – разбухающий минерал монтмориллонитовой группы. Изменения илстой фракции под влиянием почвообразования в целом, однако, весьма незначительные и заключаются в следующем. В поверхностных наиболее кислых горизонтах бурой, дерново-подзолистых глубокооглеенной и глееватой почв удается обнаружить превращение хлорит-вермикулитовых минералов в вермикулит за счет растворения межпакетных прослоек гидроокисей R_2O_3 .

В дерново-подзолистых глубокооглеенных и глееватых почвах наблюдается некоторая дополнительная хлоритизация 2 : 1 силикатов за счет внедрения в межпакетные промежутки ионов гидроокиси алюминия и их последующей полимеризации. Существенный интерес вызывает распределение минералов монтмориллонитовой группы в почвах рассматриваемого ряда.

С одной стороны, в дерново-подзолистых оглеенных почвах удается обнаружить известное обеднение верхних горизонтов этими минералами. С другой стороны, при рассмотрении валового состава илстой фракции было показано известное увеличение содержания общего алюминия в ортандовых горизонтах, а в глееватых и глеевых почвах – незначительное увеличение содержания алюминия по основным горизонтам профиля.

Примечательно то, что в илстой фракции этих почв наблюдается появление минералов монтмориллонитовой группы не только в ортандовых и глеевых (глееватая почва), но и в поверхностных горизонтах (B_{1g}) дерново-подзолистой глеевой почвы. Очевидно, предстоит выяснить причину такого распределения минералов монтмориллонитовой группы в условиях прогрессирующего заболачивания, поскольку полученные данные недостаточны для законченного суждения по этому вопросу.

Отметим лишь следующее. Появление минералов группы монтмориллонита в подзолистых почвах с элювиально-иллювиальным профилем на легких породах было обнаружено ранее в более высоких широтах Т. А. Соколовой, В. Д. Тонконовым и Р. В. Шостак [339].

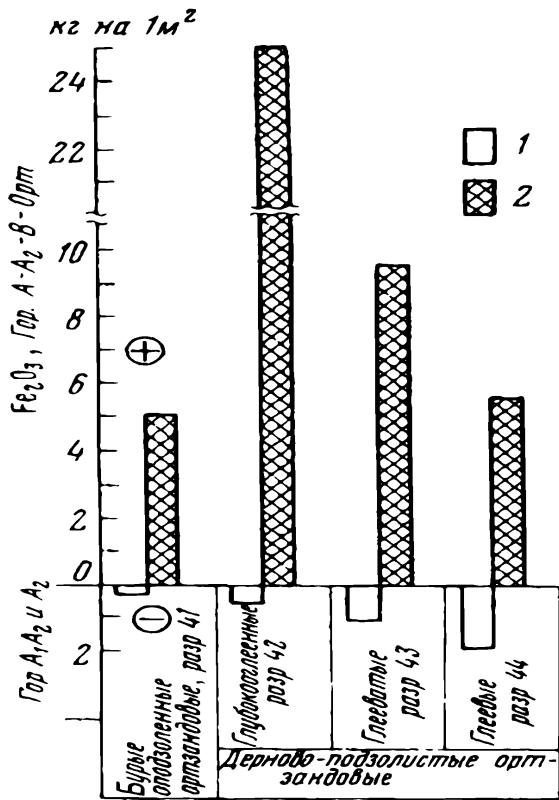


Рисунок 1.5 – Аккумуляция и вынос железа в горизонтах профиля легких бурых и дерново-подзолистых ортзандовых почв, приуроченных к зонам распространения слабожелезненных грунтовых вод.

Условные обозначения: 1 – вынос Fe₂O₃;
2 – накопление Fe₂O₃

Прежде всего четко выраженные элювиальные горизонты в поверхностных слоях возникают лишь на фоне и в результате активного влияния грунтовых вод. Однако даже в тех случаях, когда подзолистые горизонты приобретают четкий морфологический облик, в их толще наблюдаются весьма незначительное накопление кремнезема и вынос алюминия. Лишь в сильно заболоченных (глеевых) подзолистых почвах удастся обнаружить интенсивный вынос железа (рис. 1.5).

Это позволяет высказать предположение, что светлая окраска элювиального горизонта в этом случае, вероятно, связана преимущественно с выносом несиликатного железа и освобождением кварцевых зерен от гидроокисных пленок железа. Подчиненную роль при этом могут играть явления трансформации алюмосиликатов.

Таким образом, в подзолистых горизонтах почв, за которыми всегда сохраняется название «подзолистые», не удалось обнаружить резко выраженных признаков распада вторичных алюмосиликатов. Однако элювирование глеевых горизонтов, цементация профиля в зонах аккумуляции несиликатного железа, формирование подзолистых горизонтов меняют физические свойства некогда однородной почвообразующей породы. Эти изменения тесно связаны с характером водного режима почв разной степени заболоченности.

1.2.5. Физические свойства легких почв полесских ландшафтов. Общие сведения [104]

Сведения о физических свойствах легких почв полесских ландшафтов имеют важное значение при обосновании основных параметров дренажа, прогнозе изменения гидрологического режима почв в постмелиоративный период, расчете противофильтрационных мероприятий, для оценки целесообразности применения агро-мелиоративных мероприятий по ускорению поверхностного и внутритпочвенного стока и решения других актуальных задач.

1.2.5.1. Гранулометрический состав [104]

Одной из наиболее примечательных особенностей гранулометрического состава почв полесий Восточно-Европейской равнины является почти повсеместное накопление тонких фракций мелкозема

Авторы показали, что в иле элювиальных горизонтов песчаных подзолов, подверженных, как это будет показано ниже, систематическому переувлажнению весной и в начале лета, в процессе почвообразования появляется бейделлит.

В нашем случае целесообразны дополнительные исследования, раскрывающие причины появления минералов монтмориллонитовой группы в процессе подзоло- и глееобразования. Однако главный вопрос, затронутый в этом разделе, решается на основе рассмотренных данных достаточно определенно.

Рентгендифрактометрический анализ позволяет признать высокую однородность илистой фракции легких почв рассматриваемого ряда независимо от степени проявления признаков подзоло- и глееобразования. В процессе подзолообразования на легких породах не происходит заметного разрушения алюмосиликатной части илистой фракции. Масштабы этого явления, вероятно, несущественны.

Результаты дифференциального термического анализа илистой фракции подтверждают значительную однородность минералогического состава подзолистых, иллювиальных горизонтов и «породы». Они свидетельствуют также о близком минералогическом составе глеевых горизонтов и высокой концентрации несиликатного железа в ортзандовых слоях почвенного профиля.

Рассмотренные данные валового химического анализа почвы в целом и ила, минералогического состава илистой фракции отражают определенную специфику подзолообразования на легких породах.

в верхней части почвенного профиля. Обычно в легких почвах полесий их верхние горизонты мощностью от 30 до 70 см имеют супесчаный гранулометрический состав, который ниже сменяется однородной многометровой толщей мелко- и среднезернистого песка. На эту закономерность, по-видимому, впервые обратил внимание в 1937 г. А. А. Роде, который установил, что в легких подзолистых почвах содержание мелких фракций обычно максимально в верхних горизонтах. Последнее объясняется, по А. А. Роде, «большой проявленностью в верхних горизонтах физического выветривания, являющегося главной, если не единственной, причиной дробления почвенных частичек». Аналогичное явление наблюдал В. Д. Тонконогов [356] при изучении легких подзолистых почв севера Русской платформы. Этот автор объяснял рассматриваемое явление как результат трансформации полевошпатных минералов и вторичной аккумуляции минералов монтмориллонитовой группы в поверхностных горизонтах.

Закономерности, описанные этими авторами, распространяются, вероятно, и на легкие почвы всех полесий южной тайги. Так, П. И. Фадеев [362] установил, что на территории Мещерской низменности преимущественное распространение в пределах верхних горизонтов (до 2 м) имеют супеси и мелкозернистые пески. С глубиной дисперсность песчаного материала уменьшается. Вместе с тем, по Ковригину [206], такая закономерность характерна только для начальных стадий подзолообразования. С развитием этого процесса наблюдается обеднение мелкими фракциями элювиального и обогащение ими иллювиального горизонта. Повышенное содержание глинистых частиц ($< 0,002$ мм) в горизонте V_1 дерново-сильноподзолистой почвы, развитой на песке, Фадеев, как и Ковригин, объясняет влиянием «подзолообразовательного процесса в данной почве, сопровождаемого вымыванием тонкозернистого материала в горизонт V_1 ». Однако приведенные им данные по содержанию частиц $< 0,002$ мм в горизонтах A_1 , A_2 , V_1 и C_1 (соответственно 1,71–1,28, 8,36 и 1,04 %) говорят скорее о неоднородности самого песчаного наноса, так как частиц $< 0,002$ мм в аккумулятивном и элювиальном горизонтах оказалось больше, чем в материнской породе.

Таким образом, в легких подзолистых почвах поверхностные горизонты оказываются более тяжелыми, чем иллювиальные и, особенно, глеевые горизонты. Только в ортзандовых горизонтах в результате гидрогенной аккумуляции окиси железа наблюдается несколько повышенное содержание физической глины и ила. Глеевые горизонты обычно отличаются предельным обезыливанием и обогащением фракциями мелкого и среднего песка. В целом, однако, особенности гранулометрического строения профиля легких почв в значительной мере определяются характером исходного наноса, на котором они образовались.

В связи с этим следует отметить, что в полесьях мощность поверхностного супесчаного слоя имеет значительную пространственную вариабельность. Часто на протяжении нескольких десятков метров глубина залегания песка под супесью изменяется от нескольких дециметров до 2 метров и более. Такое явление позволяет предполагать, что изменение гранулометрического состава с глубиной в большей мере связано с характером самого наноса, чем с почвообразованием. Наши наблюдения [126] показывают, что современные почвообразовательные и гидрогенно-аккумулятивные процессы оказывают весьма существенное влияние на гранулометрический состав почв. Влияние этих процессов значительно превышает масштабы физического выветривания. Об этом можно судить по результатам гранулометрического состава, приведенного в первой главе монографии. Из этих данных следует, что под влиянием иллювиальных и гидрогенно-аккумулятивных процессов в псевдофибрах и ортзандах (горизонты PF и ORT) содержание ила возрастает в 2–4 раза. Напротив, под влиянием подзоло- и глееобразования в условиях застойно-промывного водного режима содержание илистой фракции уменьшается также в 2–4 раза.

1.2.6. Взаимодействие твердой и жидкой фаз легких почв. Влагоемкость [104]

При оценке влагообеспеченности растений на легких почвах существенное значение приобретает вопрос о закономерностях взаимодействия жидкой и твердой фаз. В легких песчаных почвах после полного и свободного стекания гравитационной влаги оставшаяся вода в почве содержится, главным образом, в углах пор в виде «манжет». Она получила название стыковой, или пендулярной, влаги [464].

С гидрологической точки зрения важно то, что эта влага не способна к активному перемещению в жидком виде даже при ее содержании, близком, но меньшем НВ. «Для данной группы почв и грунтов, – отмечает Роде, – характерна резкая граница между подвижным и неподвижным состоянием влаги, соответствующая истинной наименьшей влагоемкости, которая в этом случае совпадает с влажностью разрыва капиллярной связи (ВРК)». Супесчаные и песчаные почвы полесий обладают невысокой влагоемкостью (табл. 1.4).

Таблица 1.4 – Физические свойства супесчаных ортантовых почв Московской Мещеры. Павлово-Посадский стационар. Пашня и луг

Глубина, см	Бурая оподзоленная				Дерново-подзолистые							
					глееватая				глеевая			
	ρ_v	ϵ	ППВ	ВЗ	ρ_v	ϵ	ППВ	ВЗ	ρ_v	ϵ	ППВ	ВЗ
0-5	1,40	46	19	3	1,30	47	25	10	0,74	68	14	6
10-20	1,43	45	18	3	1,52	41	21	10	1,50	41	8	4
20-30	1,56	41	17	2	1,59	39	21	9	1,70	35	9	4
30-40	1,58	41	16	2	1,57	40	18	4	1,71	34	9	3
40-50	1,49	43	16	2	1,58	39	16	3	1,53	41	12	не опр.
50-60	1,50	44	14	2	1,65	35	12	2	1,53	41	7	-/-
60-70	1,49	43	14	2	1,66	36	12	не опр.	1,60	38	10	-/-
70-80	1,62	38	14	не опр.	1,63	36	13	-/-	1,66	35	14	-/-
80-90	1,66	37	15	-/-	1,59	38	12	-/-	1,69	38	13	-/-
90-100	1,61	39	15	-/-	1,60	38	13	-/-	1,66	40	10	-/-
100-110	1,58	41	17	-/-	1,68	37	13	-/-	1,70	38	10	-/-
110-120	1,56	40	19	-/-	1,66	38	12	-/-	1,70	37	10	-/-
120-130	1,53	41	16	-/-	1,69	37	12	-/-				
130-140	1,51	42	12	-/-	1,66	38	12	-/-				
140-150	1,50	43	8	-/-	1,66	38	не опр.	-/-				

Примечание: ρ_v – плотность почвы, г/см³; ППВ – предельная полевая влагемкость, % от массы почвы; ϵ – общая пористость; ВЗ – влажность завядания, % от массы почвы.

По данным И. С. Васильева [53], в колонках из песка разной крупности (от 5 до 0,1 мм) по окончании стекания избытка влаги величина остаточной влажности колебалась в пределах от 4,2 до 5,8 % от объема. Низкие значения водоудерживающей способности песков показаны А. Аттербергом [402], М. М. Абрамовой [3] и другими. Физиологическое значение влаги, удерживаемой на поверхности частиц, в значительной мере определяется толщиной водной пленки. Следует отметить, что максимальная гигроскопичность песков мала по сравнению с НВ (около 2 % от НВ), тогда как соотношение этих двух величин для суглинков колеблется в интервале от 30 до 50 %. Вместе с тем в опытах П. А. Рыжова (в 1937 г.) наибольшая толщина пленки сорбированной воды (превышающей 100 диаметров молекулы) наблюдалась в кварцевых песках. Б. Н. Мичурин (в 1957 г.), исследуя модели почв из однородных фракций, приходит к выводу о том, что при равных давлениях, меньших атмосферного ($pF < 3$), содержание влаги в материалах различной дисперсности прямо пропорционально их удельной поверхности.

Таким образом, при одном и том же pF в песчаных почвах содержится влаги меньше, чем в суглинистых. Однако при одинаковой влажности суглинистых и песчаных почв в последних толщина слоя пленки, а следовательно, и доступность влаги для растений больше. Леген и Стейпл (Lahane, Staple, 1953) отмечают, что степень доступности влаги для растений определяется не только величинами всасывающего давления и влагопроводности, но и гранулометрическим составом. Эти авторы указывают, что «на тяжелых почвах, из которых растения извлекают влагу с большим трудом, в начале вегетационного периода растения растут медленнее, но зато в почвах под ними сохраняется больше влаги к моменту выколашивания и созревания. На более легких почвах влага извлекается легче и расходуется в первую половину вегетационного периода».

В связи с гидрологической оценкой легких почв особое внимание привлекают сведения о высоте капиллярного поднятия. В. Я. Стапренс [342] отмечает определенную условность этого понятия применительно к песчаным почвам. Он показал, что в песчаных почвогрунтах «никаких водных столбиков» или «нитей», увенчанных менисками, нет. Все поровое пространство состоит из регулярно чередующихся каверн, непосредственно соприкасающихся друг с другом. Находящаяся в этом пространстве вода покрывает все поверхности, сглаживая угловатости форм, и распределена, следовательно, не в виде нитей, а пленок. Абсолютная высота капиллярного подъема влаги в легких почвах, очевидно, определяется прежде всего гранулометрическим составом песков, их генезисом и другими факторами.

По П. И. Фадееву [362], средняя высота капиллярного подъема в мелко- и среднезернистых песках Мещеры различного возраста и генезиса колеблется в интервале 30–50 см, а максимальная достигает 120 см. По наблюдениям Л. В. Яковлевой (1969), в Молого-Шекснинском полесье мощность зоны капиллярного насыщения мелкозернистых песчаных и песчано-супесчаных грунтов колеблется в пределах 45–100 см.

1.2.7. Водопроницаемость легких почв [104]

Существенное влияние на водопроницаемость почв в зоне распространения слабожелезненных грунтовых вод оказывает ортзанд – плотный железненный сцементированный горизонт. Его коэффициенты фильтрации (КФ), несмотря на высокую плотность и большую мощность, в исследованных почвах Московской Мещеры оказались весьма значительными – 1,8 м/сутки. В целом в толще почвы ниже горизонта Ап минимальные значения КФ были свойственны ортзандовым горизонтам.

Однако в зависимости от содержания железа и степени заболоченности почв значения КФ ортзандовых горизонтов могут заметно варьироваться, причем общая закономерность такова, что с нарастанием гидроморфизма профиля содержания железа в ортзандовых горизонтах и его плотность несколько уменьшаются, а значения КФ возрастают. В экстремальных условиях ортзандовые горизонты могут приобретать свойства локальных водоупоров; ниже ортзандовых горизонтов в слое редуцированного оглеенного песка коэффициент фильтрации увеличивается в 4 раза и оказывается максимальным по сравнению со всеми другими горизонтами почвенного профиля – 7,4 м/сутки (табл. 1.5).

Это объясняется существенным обезжелезнением глеевого горизонта и, как следствие, его предельным обезыливанием. Эти данные, полученные методом заливаемых квадратов по Н. А. Качинскому, отражают основные закономерности изменения вертикальной водопроницаемости почв на мощных флювиогляциальных песках при глубоком залегании грунтовых вод. С учетом анизотропии слоистых почвогрунтов на дерново-подзолистых глеевых почвах в период их полного обводнения были определены значения коэффициента боковой фильтрации в горизонтах железненного и пылуновского песка (табл. 1.6) методом восстановления воды в скважине после однократной откачки методом Доната – Эркина в нашей модификации [103].

Таблица 1.5 – **Водопроницаемость (м/сутки)* легких ортзандовых почв Окско-Мещерского полесья в зоне распространения слабожелезненных грунтовых вод. Павлово-Посадский стационар. Московская Мещера**

Время, мин		Почва					
Интервал	Сумма	Бурая супесчано-песчаная ортзандовая пашня				Дерново-подзолистая супесчано-песчаная ортзандовая	
						глееватая, луг	глубокооглеенная, залежь
		Сумма, глубины установки и характеристика горизонта					
		поверхность почвы	30 см	100 см (на верхней кровле ортзанда)	165 см (под ортзандом на белесом оглеенном песке)	поверхность почвы	30 см
2	2	3,70	7,00	1,44	17,30	2,88	4,32
3	5	1,30	7,00	2,80	13,40	1,10	2,68
5	10	0,90	7,00	3,20	13,20	0,86	1,73
10	20	0,75	5,00	2,45	13,30	0,65	2,02
10	30	0,75	4,20	2,88	12,66	0,65	2,00
10	40	0,52	4,20	2,30	12,60	0,60	1,74
10	50	0,51	4,15	2,60	12,60	0,50	1,70
10	60	0,50	3,70	2,88	12,60	0,47	1,63
30	90	0,47	3,40	2,00	12,10	0,43	1,58
30	120	0,47	2,95	2,80	12,20	0,40	1,50
30	150	0,47	2,95	2,27	11,70	0,40	1,44
30	180	0,47	3,05	2,10	9,88	0,33	1,39
60	240	0,45	2,80	2,20	10,00	0,26	1,39
60	300	0,45	2,80	1,78	7,60	0,29	1,39
60	360	0,45	2,15	1,78	7,40	0,28	1,39
60	420	0,45	1,90	-/-	-/-	480	1,39
60	480	-/-	1,90	-/-	-/-	-/-	-/-

Примечание: * В период определения водопроницаемости уровень грунтовых вод находился на глубине 3 м и более от поверхности почв.

Анализ полученных данных показал, что и в этих условиях КФ ортзандового песчаного горизонта существенно меньше КФ глеевого. При этом абсолютные значения коэффициентов вертикальной и боковой фильтрации ортзанда и глеевого горизонта близки между собой. При оценке фильтрации и гидрологической роли относительно маломощных псевдофибр был использован метод Хануса. Эти данные, полученные для легких почв в зонах распространения неминерализованных грунтовых вод, также позволили установить весьма высокую фильтрацию глеевых горизонтов – 7,4–12,0 м/сут.

Таблица 1.6 – Коэффициент боковой фильтрации песчаных горизонтов дерново-подзолистых глеевых ортзандовых почв на мощных флювиогляциальных песках Московской Мещеры. Павлово-Посадский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар. Луг

Исследуемый горизонт	Глубины скважины, см	Мощности слоя воды в скважине, см	Коэффициент боковой фильтрации, м/сутки
Ортзанд песчаный	75	50	1,6 ± 0,14
Песок оглеенный пльвунный	130	50	5,8 ± 0,30

Вместе с тем их минимальные величины (0,06 м/сут) были свойственны псевдофибрам. Абсолютные значения фильтрации этих новообразований позволяют признать, что в профиле легких почв с весьма высокими значениями КФ в гор. А₁А₂, А₂ и В (0,2–5 м/сут) присутствуют маломощные, сцементированные гидроокисью железа горизонтальные водоупорные слои. На таких водоупорах, обладающих высокой влагоемкостью, может длительно удерживаться гравитационная влага. Именно это обстоятельство объясняет появление светлых пятен (т. е. участков, отмытых от гидроокислов железа) непосредственно над псевдофибрами.

Однако установленные нами зависимости повышения содержания тонких фракций мелкозема в результате гидрогенной аккумуляции железа или выноса ила в результате оглеения объясняют возможные причины локального изменения водоудерживающей способности легких почв полесий. Так, в условиях увлажнения и заболачивания легких почв слабо ожелезненными водами в их профиле формируются ортзандовые более тяжелые по гранулометрическому составу горизонты и одновременно происходит оглеение в зоне замкнутой капиллярной каймы грунтовых вод и ниже их зеркала. Зоны ортзандовых горизонтов характеризуются определенной тенденцией повышения плотности, влагоемкости и снижением пористости. Вместе с тем эти изменения не отличаются строгой закономерностью, поскольку в каждом отдельном случае возможны, во-первых, конкурентные соотношения влияния обезжелезнения минерального субстрата, с одной стороны, и поступления гидрогенного железа, с другой; во-вторых, известное различие гранулометрического состава толщи флювиогляциального песка; в-третьих, разная продолжительность оглеения и действия других процессов почвообразования. Рассматриваемые почвы отличаются существенным уплотнением псевдофибр по сравнению с плотностью вмещающего горизонта. Их наиболее высокая плотность – 1,97–2,01 г/см³.

Абсолютные значения пористости псевдофибр близки к теоретическим значениям этого параметра при гексагональной упаковке частиц (25 %). При нарастании степени оглеения почв наблюдается существенное уменьшение плотности сложения псевдофибр (в глубокооглеенных и глееватых почвах – 1,72–1,69 г/см³) и увеличение их общей пористости (соответственно 34,8 и 36,2 %). Эти причины определяют весьма высокую водоудерживающую способность псевдофибровых новообразований в автоморфных почвах. Их предельная полевая влагоемкость составляет 16,6 %, тогда как во вмещающем горизонте она не превышает 8,8 %. Минимальное содержание илстых частиц (< 0,001) в профиле любых легких почв полесий всегда свойственно глеевым горизонтам.

Обычно содержание ила в горизонтах глея редуцированного (Gr) колеблется в интервале 0,3–4 %, тогда как в песчаных вышележащих горизонтах содержание ила, как правило, заметно превышает эти значения. Второй минимум содержания ила в профиле рассматриваемых оглеенных почв имеет место в их подзолистых горизонтах. Заметное увеличение ила и физической глины установлено в ортзандовом горизонте, причем максимальные значения этих фракций имеют место в автоморфных почвах и значительно ниже – в интенсивно оглеенных почвах этого ряда. Так, содержание ила и физической глины в ортзандовых горизонтах (Ort) бурой оподзоленной, дерново-слабоподзолистой глубокооглеенной, дерново-подзолистой глееватой, дерново-сильноподзолистой глеевой составило соответственно 8,4–11,7; 11,0–17,7; 4,5–10,0; 3,6–6,5 %.

Под влиянием глееобразования происходит существенное изменение содержания илистой фракции и физической глины в псевдофибрах, играющих важную роль во влагообороте поверхностных горизонтов почвенного профиля. Так, в бурых неоглеенных почвах содержание ила и физической глины во вмещающем горизонте составило 0,5 и 1,5 %, в псевдофибре – 7,2 и 8,8 %; соответственно в подзолистой глубокооглеенной почве – 1,4 и 4,3 % и 7,4 и 11,3 %; в подзолистой глееватой – 0,3 и 5,1 % и 5,8 и 9,1 %. Легкие почвы полесий отличаются весьма неоднородными значениями водопроницаемости. Они определяются, главным образом, двумя факторами – выносом или накоплением илстого и коллоидального материала, образованного гидроксидом железа. Типичными горизонтами с относительно пониженными значениями КФ являются горизонты аккумуляции железа – ортзанды и псевдофибры. Вынос железа имеет место в глеевых горизонтах – глее окисленном (Go) и глее редуцированном (Gr).

Таким образом, в отличие от суглинистых и глинистых, в легких подзолистых почвах не выражена дифференциация профиля на две резко отличные по своим свойствам зоны. Здесь обычно отсутствуют также выраженные водоупорные горизонты, и почвам свойственна весьма невысокая влагоемкость. В этих почвах наиболее контрастные особенности водно-физических свойств связаны преимущественно с процессами цементации песчаных горизонтов гидроокисью железа, с одной стороны, и оглеением, с другой. В легких подзолистых почвах глеевые горизонты часто имеют такие же или меньшие значения плотности, что и неоглеенные, а максимальная плотность и минимальная пористость (35–37 %) наблюдаются в ортзандовых сильно ожелезненных и плотно сцементированных слоях.

Необходимо прежде всего обратить внимание на три особенности, которые, по-видимому, являются общими для всех почв этой группы. Во-первых, несмотря на легкий гранулометрический состав, их вертикальная водопроницаемость с поверхности остается весьма невысокой (0,3–0,8 м/сут), причем в этом случае можно проследить некоторое падение скорости фильтрации с возрастанием степени заболоченности почв. Во-вторых, в более глубоких горизонтах профиля (в том числе в иллювиальных) происходит значительное увеличение водопроницаемости. Наконец, определенное влияние на их фильтрационные свойства оказывают плотный ожелезненный ортзандовый горизонт и псевдофибры.

1.2.8. Водный режим минеральных почв полесских ландшафтов, их агроэкологическая и мелиоративная оценка. Общие положения [104]

Для рациональной оценки почв полесий как естественно-исторических образований, определения возможности и целесообразности их хозяйственного использования и применения оптимальных способов регулирования водного режима особое значение приобретают сведения о гидрологическом режиме автоморфных и гидроморфных почв, образующих континуальные ряды в границах разных по своему генезису, составу и гидрохимическим особенностям катен. Такие сведения до последнего времени оставались весьма ограниченными или отсутствовали вообще, а ведь они необходимы для понимания генезиса почв, целесообразности их мелиорации и поиска путей рационального использования. Наконец, они нужны для прогноза изменения гидрологической обстановки ландшафта в результате локальных мелиораций. Поскольку в полесских ландшафтах все его элементы находятся в тесной гидрологической взаимосвязи, объектом таких исследований должны быть континуальные ряды автоморфных и гидроморфных почв разной степени заболоченности, приуроченные к единым в биогеохимическом отношении катенам. В таблице 1.7 отражены результаты исследований по этому вопросу.

Таблица 1.7 – Изменение почв в результате глееобразования на фоне разных типов водного режима

Свойства почв и процессы	Изменения в результате глееобразования на фоне водного режима *)	
	застойного	застойно-промывного
1. Вынос Fe	умеренный	интенсивный
2. Вынос Al	не выражен	интенсивный
3. Вынос Ca и Mg	не выражен или слабый	интенсивный
4. pH	без изменений или слабое подщелачивание	резкое подкисление (на 1–2 ед. pH)
5. Подвижный Al	без изменений	резкое увеличение (на 1–2 порядка)
6. Гидролитическая кислотность	без изменений	резкое увеличение (в 2–3 раза)
7. Степень насыщенности основаниями	несущественные изменения	резкое уменьшение (в 3–4 раза)
8. Содержание ила (частицы < 0,001 мм)	несущественные изменения	интенсивный вынос (лессиваж)
9. Верхняя удельная поверхность	слабое или заметное увеличение	уменьшение
10. Сегрегация железа (конкрециеобразование)	не выражена	заметная или интенсивная
11. Цвет горизонта	сизый, синеватый, голубовато-зеленый	белесый, ярко-белый, сероватый

Примечание: * – Изменение по сравнению с исходной почвообразующей породой.

1.2.8.1. Основные элементы водного режима минеральных почв полесий, увлажняемых или заболоченных слабожелезненными грунтовыми водами [104]

В полесских ландшафтах особым разнообразием гидрологического режима отличаются минеральные почвы, образованные на супесчано-песчаных флювиогляциальных и древнеаллювиальных почвообразующих породах. К ним относятся преимущественно бурые, подзолистые, подзолисто-глеевые, торфянисто-глеевые и торфяные почвы, т. е. основные почвы Европейских полесий. Ниже рассматриваются результаты предпринятых нами исследований водного режима почв в Московской Мещере на территории Павлово-Посадского стационара. Они выполнялись в 1965–1970 гг. на открытых массивах (пахотные угодья, заболоченные луга) и в лесу. Непосредственным объектом исследования были автоморфные и гидроморфные минеральные супесчано-песчаные почвы. Погодные условия этого периода отличались следующими особенностями. На территории Павлово-Посадского мелиоративного почвенно-гидрологического стационара (Московская Мещера) 1965 г. характеризовался высокой влажностью, низкими температурами и частыми дождями. Обеспеченность осадков теплого периода 1965 г. составила 17 %, сухого 1967 г. – 90 %. Осадки и температурные условия 1966 г. были близки к многолетней норме. Известной сухостью отличался 1968 г., а 1969 г. с апреля по октябрь – пониженными температурами при несколько повышенной влажности вегетационного периода (обеспеченность осадков 30–35 %). Предпосевной, посевной периоды и начало вегетации 1970 г. (до середины июня) были холодными и очень влажными (по количеству осадков близок к 10%-ной обеспеченности). Лето и начало осени – сухое и жаркое. Обращают на себя внимание две особенности легких почв на песчаных флювиогляциальных отложениях. Во-первых, весьма низкая предельная полевая влагоемкость всех почв и, во-вторых, исключительно высокая воздухоемкость.

1.2.8.2. Режим влажности и грунтовых вод почв открытых территорий Окско-Мещерского полесья на мощных песчаных отложениях [104]

Каждой разновидности исследуемого ряда легких почв свойственны своеобразные особенности режима влажности и грунтовых вод. Рассмотрим основные элементы водного режима этих почв, приуроченных к открытым территориям на пахотных и луговых массивах Окско-Мещерского полесья. В годы, близкие по влажности к средним (1966 г.), бурые кислые оподзоленные почвы, приуроченные к наиболее высоким элементам рельефа, отличаются резко выраженным ксероморфизмом профиля. В самом начале теплого периода (первая декада апреля) непосредственно после таяния снега и размерзания почвы грунтовые воды залегают на глубине 110 см, а влажность почвы в верхней корнеобитаемой толще мощностью 30–35 см находилась в интервале ВРК-ППВ. Между этим слоем капиллярно-подвешенной влаги и капиллярной каймой залежала сухая прослойка с влажностью ВРК-ВЗ. Мощность прослойки в апреле не превышала 20 см, но под влиянием нарастающих температур воздуха и почвы, транспирации, быстрого падения уровня грунтовых вод в начале мая влажность всего верхнего слоя (до 70 см) опустилась ниже 0,7 ППВ (ВЗ-ВРК).

Этот процесс быстрого и интенсивного иссушения почвы к началу лета, несмотря на выпавшие осадки, распространился на значительную толщу, мощность которой уже в июне достигла 140–150 см в средние по влажности годы. Максимальная зона иссушения наблюдалась в конце теплого периода (третья декада октября – начало ноября). Мощность слоя почвы с влажностью ВЗ-ВРК составила 180–190 см. Столь глубокое иссушение профиля свойственно только легким бурым оподзоленным почвам. На суглинистых и глинистых подзолистых почвах столь интенсивное иссушение не наблюдается даже в исключительно засушливые годы.

Следует отметить и то, что осадки, выпадающие в теплый период сухих и средних по влажности лет, почти не изменяют влажности корнеобитаемой толщи, и она во время вегетации остается на уровне ВЗ-ВРК. Лишь поздней осенью после выпадения продолжительных осадков и снижения температуры воздуха до 0 °С влажность верхнего 70-сантиметрового слоя увеличивается до ВРК-ППВ. Однако и в этом случае в зоне, расположенной между капиллярной каймой и подвешенной влагой поверхностных горизонтов, влажность почвы в слое мощностью до 100 см равна ВЗ-ВРК. Грунтовые воды, залегающие на глубине 100–110 см от дневной поверхности, со второй декады апреля непрерывно опускаются и в начале зимы устанавливаются на глубине 280 см.

Таким образом, в годы, близкие по сумме осадков к среднему, амплитуда колебания их уровня достигает 170 см. Такое резкое падение уровня грунтовых вод в значительной мере обусловлено интенсивным внутрпочвенным испарением. Расход влаги на испарение оказывался довольно значительным и был равен в июне 65–70 мм, а в июле и августе при более глубоком положении составил 40–45 мм. В результате аккумуляции влаги осенне-зимних и весенних осадков к концу снеготаяния влажность лишь верхней 30-сантиметровой толщи была равна ВРК-ППВ. Глубже этого слоя к началу

следующего сухого (1967) года устойчиво сохранялась метровая зона с влажностью ВЗ-ВРК. Это дает основание предполагать, что здесь не было сквозного промачивания почвы в предшествующий осенне-зимне-весенний период, несмотря на легкий гранулометрический состав и высокие коэффициенты вертикальной фильтрации горизонтов. С середины мая – начала июня начинается интенсивное иссушение почвенного профиля. К началу июня влажность, соответствующая ВЗ-ВРК, распространяется на глубину до 130–140 см, а во время июльской засухи – до 200 см. В поверхностных слоях образуются очаги с влажностью ниже влажности устойчивого завядания. Осенние осадки не изменяют существенно влажность профиля, и корнеобитаемая толща остается на зиму обезвоженной.

Непосредственно под пахотным горизонтом с влажностью ВРК-ППВ устойчиво сохраняется зона с влажностью ВЗ-ВРК, мощность которой достигает 120 см. Амплитуда колебания уровня грунтовых вод в сухие годы невелика – 40–50 см. Во время наблюдений в сухие годы, наступившие после средних по влажности, уровень грунтовых вод непосредственно после снеготаяния и до наступления устойчивых заморозков залегал на глубине 230–280 см.

Несколько иначе складывался режим влажности рассматриваемых почв в 1965 г., отличавшемся повышенной влажностью. В такие годы режим поверхностных корнеобитаемых горизонтов изменчив. Выпадение осадков вызывает обычно увеличение влажности верхнего корнеобитаемого слоя до ВРК-ППВ. Однако влажность более глубоких слоев до верхней границы капиллярной каймы не превышает ВЗ-ВРК. Грунтовые воды, опустившиеся в предшествующие засушливые годы (1963–1964) на глубину до 330 см, к концу вегетационного периода 1965 г. повысились и залегали на глубине 280 см. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что в почвах песчаного гранулометрического состава высота капиллярного поднятия осенью значительна (90–110 см).

Таким образом, на легких автоморфных бурых оподзоленных почвах всегда сохраняется глубокий дефицит влажности независимо от влажности года. Режим влажности и грунтовых вод дерново-подзолистых глубокооглеенных почв на супесчано-песчаных отложениях отличается следующим. В средние по количеству выпавших осадков годы до начала июня и со второй-третьей декады сентября влажность толщи почв от дневной поверхности до зеркала грунтовых вод находится в интервале ППВ-0,8 ПВ, а в самых верхних слоях равна ВРК-ППВ. Вместе с тем летний температурный максимум обуславливает иссушение профиля почв на глубину более 100 см. В этой толще влажность почвы ниже ВЗ-ВРК сохраняется почти два месяца. Обильные осадки даже в такой засушливый период вызывают сквозное промачивание почвы и значительное увеличение влажности всего профиля.

Грунтовые воды в годы, близкие по влажности к среднему, характеризуются быстрым снижением их уровня (глубина залегания с 50–60 см непосредственно после снеготаяния увеличивается до 180 см в конце вегетации). В сухие годы (1967) сквозное промачивание происходит главным образом после выпадения апрельских и майских осадков или осенних дождей. Весь летний и ранневесенний периоды влажность почвы в слое мощностью до 80 см устойчиво сохраняется в интервале ВЗ-ВРК, причем в отдельные сроки она снижается до таких значений и в более глубоких слоях (до 150 см) профиля. В эти периоды влажность поверхностных горизонтов была ниже влажности устойчивого завядания. Грунтовые воды, залегающие весной на глубине 110 см, опускаются к осени на 190 см от дневной поверхности.

Во влажные годы, следующие за сухими (влажный 1965 г. после засушливых 1963 и 1964 гг.), грунтовые воды, благодаря значительной аккумулялирующей емкости почв, образованной в засушливый предшествующий период, не поднимались выше 150 см. Вместе с тем влажность почвы в течение всего теплого периода в поверхностных горизонтах остается ниже ППВ, а в более глубоких слоях – ниже 0,8 ПВ.

Дерново-подзолистые глееватые почвы на супесчано-песчаных отложениях отличаются тем, что в средние по количеству осадков годы их влажность находится преимущественно в интервале ППВ-0,8 ПВ. Ее падение ниже ВРК происходит лишь в наиболее засушливый период вегетации в весьма ограниченных слоях профиля. Колебания уровня грунтовых вод, значительные в целом за весь теплый период (110–120 см), во время вегетации относительно невелики (70–80 см). В сухие годы (1967) почвы испытывают глубокое иссушение, несмотря на то, что уровень грунтовых вод остается на тех же глубинах, что и в соответствующие периоды лет, близких по влажности к среднемноголетним. Иссушение почв во время летней засухи в такие годы настолько значительно, что осенние осадки, выпадающие в конце теплого периода, формируют своеобразный поверхностный ярус капиллярно-подвешенной влаги, ниже которого долго сохраняется слой почвы с влажностью меньше ВРК. Во влажные годы режим почвы в течение всего теплого периода остается стабильным. Влажность почти во всех слоях профиля находится в интервале ППВ-0,8 ПВ, амплитуда колебаний уровня грунтовых вод не превышает 90–120 см.

Водный режим дерново-подзолистых глеевых почв на супесчано-песчаных отложениях на протяжении большей части теплого периода средних по влажности лет в целом остается близким к режиму глееватых почв. Влажность во всех горизонтах профиля удерживается в пределах ППВ – 0,8 ПВ. Лишь в наиболее засушливый период вегетации влажность поверхностных горизонтов снижается до ВЗ-ВРК, а в более глубоких слоях (20–40 см) – до ВРК-ППВ. Положение уровня грунтовых вод во время наблюдений в средние по количеству осадков годы было на 30–50 см выше, чем в глееватых почвах. В сухие годы быстрее снижается уровень грунтовых вод после снеготаяния. Во время вегетации он не поднимается выше 100–130 см. Во влажные годы грунтовые воды весь теплый период находятся близко к дневной поверхности (50–60 см), а влажность почвы устойчиво удерживается в интервале ППВ-0,8 ПВ. Глубокое просыхание профиля глеевых и, особенно, глееватых почв в наиболее засушливые периоды вегетации в условиях близкого залегания грунтовых вод усугубляется наличием здесь мощных ортзандовых горизонтов, которые, по-видимому, в значительной мере ослабляют скорость подпитывания корнеобитаемых горизонтов капиллярной влагой.

Торфянисто-глеевые почвы в средние по влажности годы освобождаются от затопления во второй половине мая. Выход грунтовых вод на поверхность наблюдается лишь в ноябре. Максимальное понижение уровня грунтовых вод (со второй декады июля по третью декаду сентября) было равно 70 см. Влажность почвы в этот период находилась в интервале ВРК-ППВ, а после выпадения осадков возрастала до ППВ-0,8 ПВ. В сухие годы (1967) режим влажности почв и режим грунтовых вод резко не изменяются. Отличие заключается лишь в более глубоком залегании грунтовых вод (70–90 см от дневной поверхности). В годы повышенной влажности (1965) торфянисто-глеевые почвы характеризуются субкавальным режимом, причем в них длительное время сохраняются обводненные горизонты с высоким содержанием защемленного воздуха.

Отметим некоторые общие особенности режима грунтовых вод в почвах на супесчано-песчаных отложениях. Во влажные годы уровень грунтовых вод характеризуется известной стабильностью, что свидетельствует о сбалансированном расходе влаги грунтового потока в теплый период на испарение, транспирацию и отток с ее притоком и поступлением осадков. В средние по влажности и, особенно, в сухие годы резко преобладает расход влаги на поверхностное и внутрипочвенное испарение, транспирацию и отток. Происходит непрерывное падение уровня грунтовых вод весной и в ранне-летний период со скоростью в незаболоченных, глубокооуглеенных и глееватых почвах 2–4 см/сут. Амплитуда колебаний уровня грунтовых вод 100–250 см и более. Это, в частности, исключает возможность достоверно решить вопрос о необходимости осушения легких почв по одномоментному замеру их уровней при изысканиях.

Следовательно, большое значение приобретает диагностика степени заболоченности легких почв по почвенным признакам, находящимся в тесной связи с водным режимом. Существенно и то, что непосредственно выше уровня грунтовых вод объем свободной пористости даже во влажные годы остается столь значительным (более 10–15 %), что в почвах сохраняются благоприятные условия для жизнедеятельности корней растений. В крупнопористых песчаных почвах в течение теплого периода мощность капиллярной каймы не остается стабильной. Весной и осенью, а также при залегании грунтовых вод глубже 200 см от дневной поверхности высота капиллярного подъема влаги достигает 90–120 см, но в середине вегетационного периода она уменьшается до 40–50 см. В результате усугубляется летний дефицит влаги и травянистые растения страдают от засухи даже при относительно близком залегании грунтовых вод (120–140 см от дневной поверхности).

1.2.8.3. Динамика запасов влаги [104]

В сухих горизонтах легких почв грунтового заболачивания запасы влаги значительно увеличиваются в нижних слоях профиля. Выше уровня грунтовых вод во всех горизонтах легких почв независимо от степени заболоченности при влажности, равной ППВ, объем воздухоносных пор столь значителен, что здесь всегда сохраняются благоприятные условия для сельскохозяйственных культур. Более того, при увеличении влажности до 80 % полной влагоемкости (0,8 ПВ) сохраняются достаточно благоприятные условия для развития корневых систем растений во всех слоях профиля. На основании приведенных данных можно полагать, что для легких почв именно такая влажность (0,8 ПВ) оптимальна в агрономическом отношении. При этом следует иметь в виду, что при влажности, соответствующей 0,8–0,9 ПВ, многие сельскохозяйственные растения развиваются нормально.

Принимая во внимание изложенное, рассмотрим динамику запасов влаги в почвах исследованного ряда. В бурых супесчаных незаболоченных почвах в теплый период средних по влажности, сухих и влажных лет запас влаги в толще 0–30, 0–70 и 0–100 см находится в интервале ВЗ-ВРК. Незначительное превышение запасов влаги, соответствующих ВРК, наблюдается в пахотном горизонте и

реже на глубине 70–100 см в годы повышенной влажности (1965). Более дифференцированы изменения запасов влаги в дерново-подзолистых глубокооугленных супесчаных почвах. Запас влаги в слое 0–30 см во влажные годы в некоторые периоды на 5–10 мм превышает ППВ. Однако диапазон колебаний влажности находится преимущественно в интервале ВРК-ППВ. В засушливые периоды и годы запас влаги не превышает ВЗ-ВРК. В толще глубокооугленных почв 0–70 см во влажные годы запас влаги, как правило, превышает ППВ на 20–50 мм, тогда как в сухие годы в течение всего теплого периода он находится в интервале ВРК-ППВ или снижается до ВЗ-ВРК в период летней засухи. Промежуточное положение занимает динамика запасов влаги в средние по количеству осадков (1966) годы. В таком же состоянии находятся и запасы влаги в толще 0–100 см. Различия между этим слоем и слоем 0–70 см заключаются лишь в том, что превышение запасов влаги, соответствующих ППВ, во влажные годы достигало 80–90 мм, а их падение в сухие годы ниже ППВ составляло 50–60 мм. Несмотря на резкие изменения запасов влаги в 30-, 70- и 100-сантиметровой толщах, они всегда оставались намного ниже 0,8 ПВ, и в почве, таким образом, постоянно сохранялась значительная свободная пористость.

В дерново-подзолистых глееватых супесчаных почвах наблюдается тесная зависимость изменений запаса влаги в верхнем 30-сантиметровом слое от влажности года. В сыром 1965 г. в этом слое он на 10–20 мм превышал ППВ, а влажной весной 1970 г. во всех слоях профиля был равен ПВ. В средние по влажности годы запас влаги был близок к ППВ, в засушливые оставался на уровне ВРК. Во влажные годы в глееватых почвах запас влаги в слоях 0–70 см и 0–100 см устойчиво превышал ППВ соответственно на 60–80 мм и 100–120 мм, в то же время он был ниже 0,8 ПВ. В средние по влажности и сухие годы в апреле-июне запасы влаги почти синхронно снижаются до ППВ. На этом уровне они остаются на протяжении всех последующих сроков наблюдений. В сухие годы во время летнего температурного максимума запас влаги в слоях 0–70 и 0–100 см опускается на относительно короткие сроки ниже ВРК. Вместе с тем в средние и во влажные годы запас влаги в апреле несколько превышает 0,8 ПВ.

Динамика запасов влаги в дерново-подзолистых глеевых супесчаных почвах (по сравнению с глееватыми) отличается тем, что в поверхностном слое во влажные годы запас влаги в теплый период не опускается ниже ППВ, а в 70- и 100-сантиметровой толщах постоянно остается выше ППВ. В апреле и в начале мая он соответствует интервалу 0,8–0,9 ПВ. Но после первой декады мая запас влаги и в этих слоях ниже 0,8 ПВ. Таким образом, верхняя метровая толща глеевых почв независимо от влажности года характеризуется высокой свободной пористостью и значительным запасом гравитационной влаги (100–200 мм). Во влажные годы запас влаги в торфянисто-глеевой почве постоянно близок к ПВ. В средние по влажности и в засушливые годы он укладывается соответственно в интервалы 0,8–0,9 ПВ и 0,8 ПВ-ППВ. Как правило, в апреле и в первой декаде мая все слои почвенного профиля имеют запас влаги, равный ПВ.

1.2.8.4. Динамика воздухоносной пористости. Агроэкологическая и мелиоративная оценка водного режима легких почв, заболоченных слабожелезненными грунтовыми водами [104]

Общая особенность почв этого ряда – исключительно высокая воздухоносная пористость всех корнеобитаемых слоев профиля даже в тех случаях, когда грунтовые воды залегают близко от дневной поверхности. Так, в бурых оподзоленных почвах объем воздухоносной пористости, равный 10–20 %, наблюдается лишь непосредственно у зеркала грунтовых вод в слое, не превышающем 30–50 см. Все остальные горизонты профиля во влажные и средние по количеству осадков годы характеризуются высоким содержанием воздухоносных пор (30–35 % в слое мощностью до 200–280 см). Такие же значения воздухоносной пористости присущи и дерново-подзолистым глубокооугленным супесчаным почвам во влажные и в средние по количеству осадков годы. Почти весь период наблюдений в этих почвах объем свободных пор в слое мощностью 120–160 см составлял 25–35 % и более. Зона с меньшей свободной пористостью во влажные годы распространялась от уровня грунтовых вод на высоту не более 50–60 см, а в средние по количеству осадков годы – на 20–40 см.

Если учесть, что максимальное капиллярное поднятие в этих почвах равно 90–110 см, то можно утверждать, что здесь в теплый период не образуется зона замкнутой каймы, даже непосредственно у зеркала грунтовых вод. Поэтому в зоне капиллярной каймы на таких почвах обычно создаются благоприятные условия для развития растений, а все полевые культуры, травы и лесные сообщества на глубокооугленных почвах отличаются более высокой продуктивностью, чем на неоглеенных (табл. 1.8).

Для дерново-подзолистых глееватых супесчаных почв во влажные годы характерно формирование непосредственно у зеркала грунтовых вод зоны (10–30 см) с низкой воздухоносной пористостью. Выше нее образуется устойчивая прослойка примерно такой же мощности с объемом свобод-

ных пор 8–12 %. Основная же толща почвенных горизонтов, лежащих выше уровня грунтовых вод, имеет воздухоносную пористость 12–20 % и более. Можно предполагать на основе анализа всех имеющихся данных, что именно в такие годы на глееватых почвах легкого гранулометрического состава складываются оптимальные условия для роста и развития трав. В средние по влажности годы глееватые почвы в поверхностных корнеобитаемых горизонтах (верхние 70 см) в апреле и мае имеют воздухоносную пористость преимущественно 12–20 %. В дальнейшем под влиянием нарастающего температурного максимума она значительно увеличивается. Летом в слое мощностью 90–100 см объем свободных пор находится в интервале 20–30 %. Осенью после выпадения продолжительных осадков их объем равен 12–20 % в самых поверхностных слоях и в наиболее выраженных ортзандовых прослойках, а между ними составляет более 20 %. На глееватых почвах всегда имеет место более высокая урожайность естественных и сеяных трав, чем на глубокооглеенных.

Таблица 1.8 – Урожай (т/га) районированных культур на бурых и дерново-подзолистых оглеенных супесчано-песчаных почвах Павлово-Посадского мелиоративного почвенно-гидрологического стационара на мощных флювигляциальных песках. Московская Мещера. Московская область

Культура	Почва				
	бурая	дерново-подзолистая			торфянисто-глеевая
		глубокооглеенная	глееватая	глеевая	
1966 год					
Овес	0,82 ± 0,07	не опред.	1,16 ± 0,15	-	-
Вико-овсяная смесь	4,80 ± 0,25	5,70 ± 0,35	не опред.	6,90 ± 0,02	не опред.
Естественные травы	не опр.	0,62 ± 0,21	1,60 ± 0,14	2,30 ± 0,19	2,18 ± 0,28
1968 год					
Озимая рожь	2,00 ± 0,05	не опред.	2,65 ± 0,07	-	-
1969 год					
Озимая рожь	1,72 ± 0,12	1,63 ± 0,19	1,12 ± 0,15	-	-
Ячмень	1,73 ± 0,21	1,70 ± 0,08	1,21 ± 0,12	0,55 ± 0,14	-
Картофель	27,60 ± 0,21	29,40 ± 0,25	23,70 ± 0,33	18,40 ± 0,31	
Тимофеевка	0,90 ± 0,10	2,40 ± 0,36	5,06 ± 0,47	4,34 ± 0,45	
Естественные травы	не опред.	1,20 ± 0,12	4,24 ± 0,39	3,60 ± 0,36	3,16 ± 0,30
1970 год					
Озимая рожь	0,68 ± 0,11	1,69 ± 0,12	-	-	-

Примечание: прочерк означает гибель урожая от вымокания.

Здесь нецелесообразно осушение пастбищ и сенокосов. Полевые культуры дают максимальные урожаи в средние по влажности и засушливые годы. В холодные и влажные годы урожайность яровых на этих почвах ниже (на 20–40 %), чем на глубокооглеенных; озимые и картофель в такие периоды, как правило, вымокают. Динамика воздухоносной пористости в дерново-подзолистых глеевых супесчаных почвах близка к ее изменениям в глееватых почвах как во влажные, так и в средние по количеству осадков годы. Различие этих двух почв заключается, главным образом, в том, что изменения в глеевых разновидностях протекают в условиях более высокого стояния уровня грунтовых вод и меньшей (на 30–50 см) мощности корнеобитаемых горизонтов.

Следует, однако, подчеркнуть, что и в этом случае в их поверхностных слоях наблюдались высокие значения воздухоносной пористости. Вместе с тем во влажные годы можно было обнаружить заметное уменьшение объема воздухоносных пор непосредственно в подзолистом горизонте этих почв. В средние по влажности годы в их поверхностном горизонте, а в дальнейшем (конец мая) и в глубоких слоях профиля резко увеличивается объем воздухоносной пористости (более 20 %). В торфянисто-подзолисто-глеевых почвах большую часть теплого периода все поры заполнены водой. После кратковременного обсыхания в поверхностные слои почвы внедряется воздух. В условиях последующего обводнения здесь образуются своеобразные островные зоны с содержанием свободных пор, равным 4–12 %. В средние по влажности годы в поверхностных горизонтах объем свободных воздухоносных пор находится в интервале 12–20 %, а в самых верхних слоях относительно небольшой мощности превышает 20 %. Вместе с тем, в такие годы выпадение осадков обуславливает быстрое снижение воздухоносной пористости этих почв до 0–6 %. Таким образом, в средние по влажности годы формируются неблагоприятные условия даже для естественных луговых трав, а во влажные годы эти почвы находятся в условиях устойчивого субкавального режима, исключаяющего их любое

сельскохозяйственное использование без осушения. На дерново-подзолистых глеевых и особенно на торфянисто-подзолисто-глеевых почвах полевые культуры всегда испытывают угнетение или полностью вымокают, поэтому их возделывание на таких почвах возможно только после осушения.

На дерново-подзолистых глеевых почвах в средние по влажности и сухие годы, а также в годы с влажной весной и сухим летом без осушения могут быть получены максимальные урожаи естественных сеяных трав и вико-овсяной смеси. Во влажные годы при кратковременном переувлажнении поверхностных горизонтов травы (за исключением некоторых влаголюбивых видов – лисохвоста, тимофеевки и др.) испытывают известное угнетение и снижают урожай. В этом случае для трав, очевидно, целесообразно лишь незначительное (по сравнению с естественным режимом во влажные годы) и кратковременное понижение уровня грунтовых вод (на 20–30 см).

1.2.9. Эколого-гидрологическая оценка целесообразности осушения легких почв разной степени заболоченности на мощных песчаных отложениях, увлажняемых или заболоченными грунтовыми водами [104]

Результаты рассмотренных выше исследований гидрологического режима легких незаболоченных и заболоченных почв полесских ландшафтов на мощных песчаных отложениях в зонах близкого залегания слабо ожелезненных грунтовых вод позволили разработать рекомендации по оценке целесообразности их осушения в годы разной влажности. При этом были использованы методологические предложения автора, опубликованные ранее в разные годы [134, 96, 103, 95]. Все они разработаны на основе результатов многолетнего изучения водного режима почв разной степени оглеения в годы различной влажности, реакции основных районированных культур на условия переувлажнения, собственные почвам разной степени оглеения. Поэтому диагностика степени заболоченности почв может быть выполнена в полевых условиях по морфохромохимическим признакам гидроморфизма. Кроме того, в диагностической таблице 1.9 приведены сведения об индексе степени заболоченности почв (ИСЗ) применительно для условий Окско-Мещерского и других полесий [110].

Таблица 1.9 – Диагностика степени заболоченности и оценка целесообразности осушения бурых и болотно-подзолистых почв на мощных супесчано-песчаных флювиогляциальных отложениях, увлажняемых или заболоченными слабоожелезненными грунтовыми водами (Зайдельман, Закс, 1982; Зайдельман, 1987, 2008, 2009)*

Почва*	Индекс степени заболоченности	Диагностические морфологические признаки гидроморфизма почв полесий					Возможность сельскохозяйственного использования почв в естественном состоянии (без дренажа) в годы		Целесообразность осушения в годы 10%-ной обеспеченности осадками и менее	
		цветовые признаки оглеения	Горизонт			псевдофибры	ортштейны и др. типичные новообразования	сухие и средние		влажные
			A ₂	ортзанд	Gr					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Буряя ортзандовая	0	Отсутствуют в верхней метровой толще	Нет	Мощность 20 см с глубины 110–120 см	130 см и глубже	Тонкие и редкие псевдофибры в верхней метровой толще; ортзанд плотно сцементированный	нет	Возможно использование для размещения всех культур		Осушение нецелесообразно для всех культур
Дерново-слабо-подзолистая ортзандовая-глубоко-оглеенная	0	Отсутствуют в верхней метровой толще	A ₂ пятнами или поверхностный	Мощность 20–30 см с глубины 90–100 см	100 см и глубже	Тонкие и редкие псевдофибры в гор. В; ортзанд плотно сцементированный	Нет	Возможно использование для размещения всех культур		Осушение нецелесообразно для всех культур

Продолжение таблицы 1.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дерново-подзолистая ортзандовая глееватая	3	интенсивная светло-серая или сероватосизая окраска глубже 80 см	A ₂	мощность 30–40 см с глубины 60–70 см	80 см и глубже	Псевдофибры отсутствуют или ортзанд не плотный	Темные и ржаво-охристые мягкие и редкие ортштейны	Возможно размещение всех полевых, овощных и кормовых культур, сенокосных и пастбищных угодий	Возможно размещение большинства яровых – овса, ячменя, вико-овсяной смеси, капусты, турнепса и др.; пастбищ и сенокосов	Осушение целесообразно для садов, озимых зерновых, картофеля; без осушения – пастбища, культурные сенокосы, влаголюбивые яровые культуры
Дерново-сильно-подзолистая и дерново-средне-подзолистая ортзандовая глеевая	7	Интенсивная светло-серая или сероватосизая окраска глубже 60 см	A _{2g} '	Мощность 30–50 см с глубины 40–50 см	60 см и глубже	псевдофибры отсутствуют ортзандрыхлый	ржаво-охристые мягкие округлые новообразования редко – крупные трубчатые конкреции	Возможно размещение сенокосных и пастбищных угодий, влаголюбивых яровых культур (овса, гороха, вико-овсяной смеси, брюквы, турнепса, капусты)	Без осушения – естественные и улучшенные сенокосы	Осушение необходимо при размещении всех озимых и яровых полевых культур, садов, пастбищ; без осушения – естественные и улучшенные сенокосы
Торфянисто-подзолистая глеевая	0	Интенсивно-оглеенная белесоватосерая толща песка глубже 10–30 см	A _{2g} '''	Нет	30 см и глубже	Псевдофибры и ортзанды отсутствуют	Нет	Естественные сенокосы низкого качества		Осушение необходимо при любом сельскохозяйственном использовании

Примечание: * Здесь рассмотрены признаки почв, заболоченных слабожелезными грунтовыми водами. При оценке целесообразности осушения легких подзолистых почв, заболоченных нежелезными водами, руководящие диагностические признаки следующие: положение глеевого горизонта Gg; положение глеевого горизонта Go, обычно соответствующее по мощности и глубине ортзандовому горизонту; степень выраженности и мощности гор. A₂; железо-марганцевые новообразования и др. Рекомендации по осушению легких почв здесь даны для условий, не учитывающих дренажное влияние проводящей сети. Такие коррективы надо предусматривать в проекте на основе дополнительного прогноза режима грунтовых вод после осушения массива с учетом дренажной роли коллекторов и магистральных каналов. Нередко может оказаться нецелесообразным строительство дренажа в зоне распространения легких подзолистых глееватых и, часто, глеевых почв после осушения сильнозаболоченных (торфяных) почв. Поэтому на объектах, образованных рассматриваемыми в таблице 1.9 почвами, на мощных хорошо водопроницаемых породах при самотечном осушении площадь заболоченных почв оказывается, как правило, больше площади дренажа. Это в равной мере относится к другим почвам, развитым на породах иного генезиса, но близкого состава, и обладающих высокой водопроницаемостью. Прогноз влияния проводящей сети и осушительной системы в целом разрабатывается совместно инженером-гидротехником, гидрогеологом и почвоведом в процессе проектирования. На основе прогноза при проектировании с учетом исходного естественного режима выясняют необходимость осушения таких почв.

Это понятие в условной шкале отражает реакцию сельскохозяйственных растений на агроэкологические особенности почв и целесообразность применения дренажа. Дифференциация почв по степени заболоченности в этом случае производится по реакции растений. Используя индекс степени заболоченности, можно количественно установить возможность использования почв в естественном состоянии (т. е. без дренажа), оценить целесообразность его применения и экономическую эффективность этого мероприятия. Все эти данные позволили разработать необходимую для практики классификацию и диагностику почв по степени заболоченности и оценке целесообразности их осушения.

Эти рекомендации были рассмотрены и одобрены научно-техническим советом Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР 4 сентября 1984 г. (протокол НТС Минводхоза СССР № 422) как методическое пособие к ВСН 33-2.1-02-85 (Почвенные изыскания для мелиоративного строительства). Введены в действие с 1 января 1987 г. Однако поскольку почвы полесий всегда находятся в тесной гидрологической взаимосвязи с другими элементами ландшафта, очевидно, предложенная эколого-гидрологическая классификация по оценке потребности в осушении отвечает только на один вопрос: целесообразно или нецелесообразно понижение грунтовых вод в ареале конкретных почв? Следует подчеркнуть, что эти рекомендации недостаточны для принятия решения о целесообразной площади строительства дренажа в рассматриваемом контуре почв полесий, поскольку на положение уровня грунтовых вод всегда будут оказывать существенное влияние сопредельные дренажные системы.

Вывод об осушении заболоченных легких почв в зависимости от их использования в условиях полесских ландшафтов не следует рассматривать как обязательное указание на необходимость строительства дренажа в контурах их распространения. Следовательно, в полесьях на мощных песках площадь проектируемого строительства дренажа должна быть меньше, а часто – существенно меньше общей площади заболоченных почв. В этом, в частности, заключаются одна из важнейших особенностей и отличие конструкции дренажных систем на легких почвах полесий, заболоченных грунтовыми водами, от их конструкции на тяжелых почвах. Вследствие этого зоны влияния дренажных систем на легких почвах полесий следует рассчитывать в проектах осушения по формуле Бочевера [46].

1.2.10. Пояснение понятия «индекс степени заболоченности» и его прикладного значения

В заключение следует подчеркнуть, что приведенные рекомендации по осушению могут быть использованы только для таких территорий, применительно к которым установлена экологическая, социальная и экономическая целесообразность их сельскохозяйственного использования. Эти рекомендации, очевидно, нельзя распространять на территории, где после осушения возможна неблагоприятная трансформация их водного режима (например, многие узкие поймы малых рек, особенно в южных районах Нечерноземья; заповедные массивы и рекреационные зоны и др.).

Для наименования отдельных видов почв в классификации используются в основном традиционные дефиниции, обычно принятые в названиях гидроморфных почв. Однако в старые понятия внесено новое содержание, которое заключается в том, что выделы почв, их информативная значимость и диагностика строго увязаны со свойствами почв как среды обитания сельскохозяйственных растений. В связи с этим необходимо остановиться еще на одном актуальном вопросе. В настоящее время в почвенной терминологии отсутствует унифицированная номенклатура для обозначения разной степени проявления почвенного гидроморфизма. Вместе с тем использование некоторых традиционных терминов позволяет произвести сравнительную оценку степени заболоченности почв только в том случае, если почвы приурочены к одним и тем же по составу и генезису породам и находятся в одной почвенно-климатической провинции. При сопоставлении почв на разных породах, выступающих под одним и тем же видовым названием (глееватые, глеевые и т. д.), можно допустить серьезные ошибки при выработке практических решений. Например, дерново-подзолистые глееватые глинистые почвы на ленточных глинах почти при любом сельскохозяйственном использовании необходимо предварительно осушать.

Дерново-подзолистые глееватые супесчаные почвы на флювиогляциальных песках часто оказываются оптимальным субстратом для возделывания широкого набора яровых культур, размещения культурных лугов и пастбищ без осушения. Осушение, напротив, может непоправимо ухудшить благоприятные в экологическом отношении исходные свойства этих почв. Поэтому названия почв «глеевые», «глееватые» и другие в тех случаях, когда они применяются для характеристики разновидностей почв с доказанными эколого-гидрологическими различиями, все же не являются достаточно информативными. В дополнение к названиям для их расшифровки необходимы специальные текстовые пояснения, которые позволяют направленно характеризовать агрономические и мелиоративные особенности почв (примером могут служить пояснения, приведенные в таблице 1.9). Для количествен-

ной оценки степени заболоченности в явном, а не в скрытом виде, как это имеет место в настоящее время, мы предлагаем в прикладных классификациях ввести ее характеристику непосредственно в наименование почвы. Это удобно сделать с помощью специального **индекса степени заболоченности** почв (ИСЗ), придав ему цифровую форму (табл. 1.10). Индекс степени заболоченности следует располагать после полного наименования почвенной разновидности (например, дерново-сильнопodzолистая глееватая супесчаная почва, ИСЗ-3).

Таблица 1.10 – **Индекс степени заболоченности (ИСЗ) минеральных почв гумидных ландшафтов и целесообразность их осушения при сельскохозяйственном использовании**

Индекс степени заболоченности почв	Целесообразность осушения
0	Нецелесообразно при любом использовании
1	Только для садов*
2	Для садов и (или) озимых (в поймах – для садов и теплолюбивых пропашных)
3	Для садов, озимых зерновых, картофеля
4	Для садов, озимых зерновых, картофеля и пастбищ
5	Для садов, всех зерновых, картофеля, льна, пастбищ
6	Для садов, всех зерновых, картофеля, овощных, льна, пастбищ
7	Для садов, всех зерновых, картофеля, овощных, льна, пастбищ, культурных сенокосов
8	При любом использовании, кроме улучшенных сенокосов
9	При любом использовании, кроме естественных сенокосов

Примечание: * Садовые деревья с глубокой корневой системой.

Шкала ИСЗ составлена на основе анализа эколого-гидрологических особенностей основных групп почв Нечерноземной зоны и отражает возможность их использования в естественном состоянии и необходимость осушения. Приведенные в таблице 1.11 индексы разработаны для условий влажного года с расчетной обеспеченностью осадками 10 % и менее. Таким образом, рекомендуемое цифровое выражение степени заболоченности позволяет производить сравнительную характеристику почв по этому важнейшему параметру и сопоставлять целесообразность их осушения независимо от приуроченности к тем или иным почвообразующим породам и климатическим условиям (табл. 1.10).

Таблица 1.11 – **Индекс степени заболоченности некоторых неоглеенных и оглеенных дерново-подзолистых почв на различных почвообразующих породах Нечерноземной зоны**

Почва	Дерново-подзолистые почвы			
	на мощных флювиогляциальных супесях и песках	на тяжелых покровных суглинках и глинах	на маломощных флювиогляциально-моренных двучленах	на тяжелых ленточных* глинах
Глеевая	0	0	0	2
Глубокоглеенная (или слабogleеватая)	0	1	6	6
Глееватая	3	7	8	8
Глеевая	7	9	9	9

Примечание: * На безуклонных равнинных территориях.

Этот способ характеристики степени заболоченности может оказаться полезным при крупномасштабных картографических работах, но особенно при составлении земельного кадастра, мелкомасштабных мелиоративных схем и технико-экономических обоснований перспектив развития мелиоративного и сельскохозяйственного производства в Нечерноземье. Естественно, что при этом в целом эколого-гидрологический подход к классификации и оценке почв следует применять в тех случаях, когда, безусловно, целесообразному сельскохозяйственному освоению территории препятствует заболоченность почв.

1.3. Почвы болот и лесов полесских ландшафтов

1.3.1. Прогноз изменения режима и состава грунтовых вод на осушаемых массивах и сопредельных территориях. Общие положения [104]

Полесья являются уникальными ландшафтами прежде всего потому, что все их элементы находятся в тесной гидрологической взаимосвязи. Впервые на эту особенность полесий обратил внимание В. В. Докучаев, который в 1875 г. ознакомился с крупными мелиоративными работами в Припятском полесье. В то время они выполнялись под руководством генерала И. И. Жилинского. Результатом ра-

бот экспедиции В. В. Докучаева явилась его статья, опубликованная в журнале Вольного экономического общества, под названием «Об осушении болот вообще и, в частности, об осушении Полесья».

Именно в этой работе ученый впервые обратил особое внимание на необходимость глубокого изучения особенностей гидрологического режима мелиорируемых полесских ландшафтов и почв подобных территорий. Актуальность такого подхода очевидна и в настоящее время. Именно поэтому в данной монографии особое внимание уделено гидрологии почв полесий в естественном состоянии и ее изменениям в результате дренажа, агромелиорации и использования. В этой общей проблеме важное значение приобретает вопрос о прогнозе изменения уровней грунтовых вод на неосушаемом водосборе после завершения строительства дренажа на избыточно увлажненных торфяных почвах. Очевидно, в этом случае необходимо прогнозировать такие явления, как опасное понижение уровня грунтовых вод в лесах, обезвоживание колодцев, интенсификация эрозии и пожаров и другие подобные негативные явления.

1.3.2. Изменение режима влажности и уровней грунтовых вод в минеральных почвах разной степени заболоченности неосушаемых водосборов в результате осушения сопредельных торфяных болот [104]

В полесьях при проведении осушительных мероприятий всегда необходимо прогнозировать изменение гидрологической обстановки и, в частности, положения уровня грунтовых вод и влажности почв на прилегающем участке водосбора. В связи с этим для количественной оценки влияния дренажной осушительной сети мелиоративной системы на прилегающие недренированные водосборные территории в Московской Мещере в районе озера Черное были выбраны два профиля почв, приуроченных к тождественным почвенно-гидрологическим условиям.

Оба профиля представляли собой ряд почв одного и того же генезиса и гранулометрического состава: дерново-подзолистые неоглеенные, глубокооглеенные, глееватые, глеевые и торфянисто-глеевые. Первый ряд таких почв (контроль) завершился переходом в недренированное болото. Вторым ряд заканчивался переходом в хорошо дренированное болото. Оба ряда почв располагались на мощных хорошо водопроницаемых песках. Полученные данные показывают, что в полесьях вопрос о строительстве мелиоративных систем в каждом отдельном случае следует решать на основе анализа водного режима и прогноза возможного использования данной почвенной разновидности в естественном (неосушенном) состоянии.

При этом особое значение приобретает прогноз изменения режима заболоченных почв в результате осушения прилегающих к ним болот (или, реже, сильнозаболоченных минеральных почв), поскольку для осушения всего избыточно увлажненного ландшафта нередко может оказаться достаточно дренажа только торфяных почв. Это подтверждают и наши прямые наблюдения за режимом грунтовых вод на неосушаемом массиве и на массиве, образованном аналогичными легкими заболоченными почвами, но примыкающем к болоту, торфяно-глеевые и торфяные маломощные почвы которого были осушены сетью каналов.

В рассматриваемом случае каналы глубиной 1,2–1,4 м прорезали слой торфа (0,5–0,8 м) и врезались в толщу подстилающего песчаного почво-грунта. На участке с естественным режимом сразу после снеготаяния (28.IV) грунтовые воды стояли на поверхности дерново-подзолистых глеевых и торфянисто-глеевых почв и подтапливали глееватые почвы. Однако уже к началу сева (6.V) грунтовые воды на глееватых почвах не препятствовали выполнению полевых работ. В конце весны на всех вариантах подзолистых почв (глубокооглеенных, глееватых, глеевых) с естественным режимом грунтовые воды опустились на глубину 1 м и более. Поэтому на глееватых неосушенных почвах произошло вымокание озимых культур и вместе с тем сложились весьма благоприятные условия для трав и яровых культур. Иначе формировался водный режим на массиве, примыкающем к осушенному болоту. На ранее сильнозаболоченных торфянисто-глеевых почвах после снеготаяния грунтовые воды находились на глубине 1,2–1,3 м (т. е. на глубинах, соответствующих отметкам дна осушительного канала), а на менее заболоченных дерново-подзолистых глеевых и глееватых – соответственно, на глубине 1,5–1,7 и 2 м.

Заметное понижение грунтовых вод в почвах разной степени заболоченности, испытывающих влияние сопредельных осушенных территорий по сравнению с естественным режимом, произошло на глубокооглеенных и неоглеенных бурых почвах (на 0,6–0,8 и 0,2–0,4 м). Важно подчеркнуть высокую стабильность во времени этого вновь созданного режима грунтовых вод, при котором становится вообще нецелесообразным осушение торфянисто-глеевых, дерново-подзолистых глеевых и глееватых почв. Этот вывод подтверждают и данные урожайности сельскохозяйственных культур (табл. 1.12) на почвах, примыкающих к осушенному торфяному болоту. Поэтому при проектировании осушитель-

ных систем рекомендации почвенно-мелиоративных карт о целесообразности осушения заболоченных легких почв должны обязательно дополняться последующим расчетом зоны влияния дренажа, заложенного на сильнозаболоченных почвах. Очевидно и то, что на таких «подсушенных» почвах единственным целесообразным видом гидромелиорации является орошение.

Таблица 1.12 – Урожайность (ц/га) овса и озимой ржи на массиве, примыкающем к осушенному торфяному болоту

Культура	Дерново-подзолистые легкие почвы				Торфянисто-глеевые почвы
	бурые неоглеенные	глубоко-оглеенные	глееватые	глеевые	
Овес	26,8 ± 1,1	-	29,2 ± 1,9	34,0 ± 2,2	41,0 ± 0,2
Озимая рожь	11,2 ± 1,3	11,2 ± 1,3	14,4 ± 2,0	12,1 ± 1,1	-

1.3.3. Двустороннее регулирование режима грунтовых вод и влажности почв [104]

Необходимо отметить важное значение регулирования дренажного стока на осушительных системах в полесьях. Приведенный выше анализ водного режима и данные по урожайности культур на легких почвах показывают, что мелиоративные системы в лесостепных и южнотаежных полесьях не должны работать на систематический сброс. Здесь следует стремиться к созданию таких систем, которые бы обеспечивали регулирование объема дренажного стока, прекращение дренажного стока и активный подъем грунтовых вод, поскольку в средние по влажности и сухие годы на легких глееватых и глеевых почвах при определенном характере их использования нецелесообразно осушение.

Эффективность регулируемого шлюзования в Припятском полесье была показана А. М. Янголем [390], Г. И. Лашкевичем [224] и другими исследователями, главным образом, на примере торфяных почв. Положительный опыт регулирования дренажного стока и уровней грунтовых вод осушаемых легких почв накоплен в Дании, Германии и других странах. Здесь показана высокая эффективность регулируемого шлюзования в условиях польдерной мелиорации при возделывании многолетних трав на легких почвах. Одним из наиболее убедительных примеров такого рода является польдерная система Zingst, расположенная в Германии на побережье Балтийского моря на общей площади около 100 тыс. га. Субирригация в этом случае осуществляется слабо минерализованными морскими водами Балтики с общим содержанием солей 6–8 г/литр. Такой уровень минерализации положительно влияет на рост и состояние молодняка крупного рогатого скота, а условия влажного климата и легкий гранулометрический состав почв исключают опасность накопления водорастворимых солей в верхних горизонтах их профиля.

Осушительные системы, расположенные на торфяных массивах полесий, оказывают существенное влияние не только на режим грунтовых вод и их уровни, но и на влажность почв, обуславливая ее снижение. Из этих данных, в частности, следует, что обширная группа минеральных заболоченных почв – дерново-подзолистых глееватых, глеевых, дерново-глеевых, торфянисто-глеевых – может быть вовлечена в земледелие для производства основных районированных культур без предварительного осушения. При проектировании систем двустороннего регулирования режима грунтовых вод следует дифференцированно подходить к ирригации почв разной степени заболоченности.

На незаболоченных и глубокооглеенных почвах весьма перспективно дождевание, тогда как на глееватых и глеевых почвах, так же как и на почвах болотного ряда, может оказаться перспективным субирригация в сочетании с дождеванием. Отметим в связи с этим и то, что регулируемое шлюзование торфяных почв в полесьях особенно актуально еще и потому, что оно существенно ослабляет сработку торфа, уменьшает или устраняет угрозу пожаров, препятствует развитию эрозии, создает наиболее благоприятные условия для длительного сохранения плодородия органогенных почв.

Следует иметь в виду, что в глееватых почвах в средние по влажности годы объем свободных пор при влажности, равной ППВ, превышает 20 %. Можно предполагать, что именно в такие годы на глееватых почвах легкого гранулометрического состава складываются оптимальные условия для роста и развития трав. В средние по влажности годы дерново-подзолистые супесчаные глееватые почвы в поверхностных горизонтах (верхние 70 см) на протяжении апреля и мая характеризуются воздухоносной пористостью в интервале 12–20 %. Летом в слое 90–100 см объем свободных пор составляет 20–30 %, а осенью, после выпадения продолжительных осадков – 12–20 % в поверхностных и в наиболее выраженных ортантовых слоях, тогда как между ними он превышает 20 %.

Динамика воздухоносной пористости в дерново-подзолистых глеевых почвах близка к ее изменениям в глееватых. Их различие заключается, главным образом, в том, что эти изменения в глеевых разновидностях протекают при более высоком (на 30–50 см) уровне грунтовых вод. В торфянисто-

глеевых почвах на протяжении большей части теплого периода влажных лет все поры заполнены водой. После кратковременного обсыхания в поверхностные слои почвы внедряется воздух. При последующем обводнении здесь образуются своеобразные островные зоны заземленного воздуха с количеством свободных пор от 4 до 12 %. В средние по влажности годы в поверхностных горизонтах на протяжении большей части теплого периода объем свободных воздухоносных пор находится в интервале 12–20 %, а в самых верхних слоях относительно небольшой мощности превышает 20 %. Вместе с тем в такие годы выпадение осадков обуславливает быстрое снижение воздухоносной пористости до 0–6 %.

Таким образом, можно считать, что в легких подзолистых почвах разной степени заболоченности лимитирующим экологическим фактором является положение уровня грунтовых вод, тогда как влажность почвенного профиля почти всегда находится в таком сочетании с воздухоносной пористостью, при котором сохраняются благоприятные условия для развития сельскохозяйственных растений. В этом, в частности, заключается одно из существенных мелиоративных и агроэкологических отличий гидроморфных подзолистых легких почв от суглинистых и глинистых почв той же генетической группы. Изложенное позволяет остановиться на оценке свойств легких дерново-подзолистых почв разной степени заболоченности, оказывающих влияние на развитие растений. В годы повышенной влажности в корнеобитаемых горизонтах глубокооглеенных почв избыточное увлажнение отсутствует.

Глееватые почвы в такие годы характеризуются благоприятным водным режимом для относительно влаголюбивых растений, главным образом, естественных и культурных луговых трав. Наряду с этим в средние и засушливые годы на данных почвах получены значительно более высокие урожаи целого ряда сельскохозяйственных культур, чем на менее заболоченных или вообще незаболоченных почвах. Все это позволяет признать, что они успешно могут использоваться в качестве естественных и искусственных лугов и пастбищ без осушения. Вместе с тем в годы максимального увлажнения здесь возможно угнетение садовых деревьев, многих зерновых и овощных культур. Наконец, на глеевых почвах без осушения травы, зерновые и овощные культуры можно выращивать только в среднеувлажненные и сухие годы. Нередко именно здесь в такие годы получают наиболее высокие (по сравнению с менее заболоченными легкими почвами) урожаи многих сельскохозяйственных культур. Однако во влажные годы вероятно вымокание большинства растений.

Лишь некоторые устойчивые к избыточному увлажнению травы (тимофеевка, лисохвост, клевер белый и др.) смогут при этом давать стабильный урожай. На торфянисто-глеевых почвах в средние по влажности годы наблюдается угнетение даже вико-овсяной смеси. Во влажные годы субаквальные условия исключают любое сельскохозяйственное использование этих почв без осушения. Заболоченные легкие почвы полесий отличаются глубоким иссушением корнеобитаемых горизонтов в средние и засушливые годы, высокой аэрацией профиля во влажные годы, значительными амплитудами колебаний грунтовых вод. Поэтому в отличие от торфяных почв, осушение которых необходимо при любом использовании, целесообразность осушения легких почв должна определяться степенью их заболоченности и характером использования после мелиорации.

На неосушенных легких почвах урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность лугов и лесных насаждений наиболее значительны на гидроморфных почвах разной степени заболоченности (урожай зерновых по сравнению с сухими почвами выше на 20–100 %, трав – в 2–3 раза, выход древесины больше на 20–40 %). Поэтому при осушении заболоченных легких почв не следует стремиться к приведению их водного режима к режиму незаболоченных почв, как это обычно целесообразно на тяжелых почвах Нечерноземной зоны.

При проектировании мелиоративных систем в условиях полесий экологическая оценка целесообразности осушения каждой почвенной разновидности должна всегда сопровождаться гидротехническим расчетом влияния дренажа на сопредельные территории, поскольку нередко после осушения только наиболее заболоченных (главным образом, торфяных) почв на значительной площади избыточно увлажненного массива, образованного минеральными оглееными почвами, может быть достигнуто благоприятное или чрезмерное снижение влажности почв и горизонта грунтовых вод.

Систематический дренаж всех заболоченных легких почв в условиях полесий при безнапорном грунтовом питании может иметь своим следствием не только нерациональное превышение необходимых объемов мелиоративного строительства, но и снижение продуктивности полевых культур, трав и лесных насаждений по сравнению с их продуктивностью на неосушаемых почвах. Осушительные системы в полесьях целесообразно проектировать таким образом, чтобы при их эксплуатации имелась возможность эффективно регулировать и полностью прекращать дренажный сток, а при благоприятных условиях рельефа – обычно на сильнозаболоченных минеральных и торфяных почвах –

активно регулировать уровни грунтовых вод. При экономической оценке эффективности осушительных систем в полесьях на легких почвах необходимо учитывать не только возможное увеличение урожая во влажные годы, но и его вероятное уменьшение в результате излишнего обезвоживания в средние, засушливые и сухие годы.

1.3.4. Прогноз изменения режима грунтовых вод на неосушенном водосборе под влиянием сопредельных мелиоративных систем [104]

В условиях полесских ландшафтов, где причиной заболачивания являются грунтовые воды, а почвы и почвообразующие породы отличаются высокой водопроницаемостью, при проектировании мелиоративной системы необходим прогноз изменения уровней грунтовых вод как локально в границах систем, так и за ее пределами на водосборной площади. Такой прогноз актуален не только при дренаже почв территорий, образованных флювиогляциальными отложениями в полесьях, но и при образовании территорий аллювиальными отложениями – в поймах рек, а также легкими песчано-супесчаными моренными породами. Именно в этих условиях проявляются влияние дренажа и проводящей сети на уровни грунтовых вод примыкающей к осушительной системе площади недренированного водосбора.

1.3.5. Особенности водного режима легких почв разной степени заболоченности в лесу на мощных песчаных отложениях и их продуктивность [104]

Огромные площади полесий покрыты лесами. Их сохранение и улучшение – важнейшая задача мелиорации. Между тем следует иметь в виду, что в результате иссушения почв при мелиорации может снизиться продуктивность лесных угодий. Предварительный прогноз только по Припятскому полесью оценивает этот ущерб в ежегодном недоборе 600 тыс. м³ древесины [337]. Поэтому важно установить особенности водного режима почв под лесами и оценить изменение продуктивности лесов на почвах разной степени заболоченности. Полученные данные в известной мере отвечают на эти вопросы.

Особенности режима бурых неоподзоленных или слабо-оподзоленных и дерново-подзолистых оглеенных почв в лесу определяют два важных в гидрологическом отношении факта. Во-первых, под пологом леса сход снега и оттаивание почв по сравнению с полем задерживается в зависимости от характера весны на 5–15 дней и более. Во-вторых, в результате глубокого проникновения корней деревьев иссушение почвенного профиля под лесом в летний и осенний периоды оказывается особенно интенсивным. Поэтому под лесом весной всем почвам свойственны сквозное промачивание до грунтовых вод и более благоприятный режим вод и влажности (по сравнению с полем).

Однако с начала лета наблюдается исключительно интенсивное иссушение профиля почв (в том числе профиля дерново-подзолистых глеевых). В почвах под лесом более резко снижается общий запас влаги, а мощность капиллярной каймы уменьшается до 0,3–0,4 м. В результате интенсивной транспирации под лесом грунтовые воды залегают на 20–40 см (и более) ниже, чем под пашней. В дерново-подзолистых глеевых и менее заболоченных почвах не только в средние по влажности, но и во влажные годы в теплый период грунтовые воды находятся на таких отметках, когда понижение их уровня с помощью мелиоративных мероприятий нецелесообразно. Иссущающее влияние лесной растительности на легкие автоморфные почвы известно давно. Оно было показано в работах А. А. Измайловского [171], Г. Н. Высоцкого [62] и других авторов. Предпринятые нами исследования позволили установить, что это явление наблюдается не только в автоморфных, но и в гидроморфных почвах полесий.

Гидроморфные почвы в лесу подвержены более интенсивному иссушению, чем их полевые аналоги. Наиболее рельефно это установлено для дерново-подзолистых глееватых почв. Последнее связано с тем, что относительно «сухие» (бурые оподзоленные и в значительной мере глубокооглеенные) почвы теряют летом почти всю подвижную влагу как в поле, так и в лесу. Поэтому в этих почвах различие режима влажности почв лесов и полей проявляется нечетко. В наиболее влажных глееватых почвах различия между лесными и полевыми вариантами сглажены потому, что здесь имеет место интенсивный приток капиллярной влаги от зеркала грунтовых вод к корневым системам деревьев. В этом случае расход влаги растительностью относительно быстро компенсируется капиллярным притоком от зеркала грунтовых вод. Вместе с тем промежуточные глееватые почвы характеризуются, с одной стороны, относительно интенсивным поступлением капиллярной влаги в корнеобитаемую толщу, а с другой – недостаточно интенсивной компенсацией расхода влаги на эвапотранспирацию восходящим капиллярным притоком. В результате режим влажности глееватых почв наиболее сильно подвержен влиянию древесной растительности.

Особого внимания заслуживает вопрос о влиянии заболачивания легких подзолистых почв на бонитет и продуктивность леса. Это обусловлено не только его хозяйственным значением, но и тем, что многолетние насаждения отражают, можно сказать, суммарную реакцию древесных растений на гидрологический режим каждого вида почв. В рассматриваемом ряду почв (бурые оподзоленные – дерново-подзолистые глеевые) наблюдается тенденция увеличения выхода древесины, устойчивость бонитета сосны и повышение бонитета ели с усилением гидроморфизма почв. Так, в Рязанской Мещере бонитет ели и сосны на незаболоченных почвах соответственно II и III, а на подзолистых глееватых – II и I. На глееватых почвах выше выход древесины (на незаболоченных почвах 159 м³/га, на подзолистых глееватых – 227 м³/га, т.е. на 30% выше) (табл. 1.13).

Таблица 1.13 – Состояние соснового леса на песчаных почвах разной степени заболоченности Рязанской Мещеры [119]

Почва	Показатели состояния лесов			
	число деревьев, шт./га	диаметр на высоте 1,3 м, см	запасы древесины, м ³ /га	бонитет
Бурая (слабоподзоленная) псевдофибровая	268	25	159	II-III
Подзолистая глубокооглеенная псевдофибровая	313	27	206	II-I
Подзолистая глееватая псевдофибровая	365	27	227	II-I
Дерново-подзолистая гумусово-железисто-иллювиальная глеевая	сосновые насаждения отсутствуют			

Поскольку продуктивность леса и его бонитет отражают многолетнее влияние среды, можно предполагать, что в полесьях южнотаежной подзоны и особенно лесостепной зоны на этих почвах складываются такие экологические условия, когда осушение лесных угодий оказывается нецелесообразным. На более заболоченных почвах осушение может быть необходимым для многих древесных пород и всегда для полевых и кормовых культур. Однако дренажные работы в этом случае, очевидно, необходимо вести таким образом, чтобы не нарушался естественный водный режим лесных массивов, приуроченных к подзолисто-глеевым и менее заболоченным почвам (табл. 1.13).

1.3.5.1. Диагностика степени заболоченности лесных почв полесских ландшафтов на мощных флювиогляциальных песках и их лесорастительная оценка [104]

В полесьях Восточно-Европейской равнины широко распространены супесчано-песчаные почвы разной степени заболоченности. К этим почвам, как правило, приурочены естественные лесные массивы. Значительно реже они используются в сельском хозяйстве. Вместе с тем диагностика степени их гидроморфизма и заболоченности остается практически нераскрытой, а лесорастительные особенности, обусловленные разным положением уровня грунтовых вод, почти неизвестны. В отличие от большинства суглинистых и глинистых почв, для которых ранее были предложены качественные и количественные методы полевой и аналитической диагностики [110, 96, 113, 117, 135], для минеральных почв таких зандровых пространств под лесом эти вопросы остаются пока неизученными.

Ниже предпринята попытка изложить принципы диагностики легких минеральных почв по степени заболоченности в зонах близкого залегания неминерализованных грунтовых вод, предложить их диагностику и систему методов аналитической (количественной) оценки, раскрыть лесорастительные особенности. Непосредственным объектом наших исследований стали минеральные автоморфные и гидроморфные почвы разной степени оглеения, образованные на песчаных флювиогляциальных отложениях Рязанской Мещеры (Ф. Р. Зайдельман, 1994). Почвы формируются под влиянием грунтовых вод. Естественный растительный покров на водораздельном участке катены – сосновый бор с подлеском можжевельника (*Juniperus communis* L.) и рябины (*Sorbus aucuparia* L.). По мере усиления заболоченности появляются береза (*Betula verrucosa* L.), осина (*Populus tremula* L.), единично встречается ель (*Picea excelsa* L.).

Для дифференциации непрерывного ряда сопряженных в геохимическом отношении почв единой катены по степени их заболоченности был применен метод эколого-гидрологической диагностики [117]. Этот метод предполагает одновременное изучение водного режима почв разной степени оглеения, продуктивности лесной и (или) сельскохозяйственной растительности, морфологии почвенного профиля, их физических и химических свойств. Низкая обеспеченность этих почв биогенными элементами и ежегодное глубокое иссушение профиля почв (в случае залегания грунтовых вод глубже 70 см) приводят к тому, что в полесьях абсолютно преобладает сосна (*Pinus silvestris* L.).

Работами ряда исследователей была показана зависимость качества сосновых лесов от степени увлажнения биоценоза [258, 277 и др.], но в их работах не была раскрыта связь состояния сосновых лесов с условиями местообитания, определяемыми режимом и свойствами почв разной степени оглеения. Мы попытались восполнить этот пробел и получить сведения о состоянии и продуктивности лесов на почвах разной степени заболоченности. Была проведена оценка влияния некоторых составляющих гидрологического режима на качественные показатели состояния сосновых насаждений, развивающихся на песчаных почвах полесий разной степени заболоченности, и рассмотрены: 1) доступность влаги грунтовых вод; 2) наличие или отсутствие периодов длительного затопления и анаэробногения в зоне распространения основной массы корней; 3) наличие в почвенном профиле прослоек более тяжелого гранулометрического состава (в частности, псевдофибр) и их влияние на водный режим почв.

По доступности влаги грунтовых вод для растений сосны и их влагообеспеченности весь изученный почвенный ряд (от водораздела до приболотного пояса) можно разделить на три зоны. Верхняя зона включает в себя бурые и подзолистые глубокооглеенные почвы. В ней на протяжении большей части вегетационного периода основу водного питания растений составляет влага атмосферных осадков, а участие грунтовых вод в водопотреблении сосны исключено или весьма незначительно. К средней зоне приурочены подзолистые глееватые почвы. Здесь грунтовые воды длительное время находятся на глубинах 70–120 см. В этом случае создается ситуация, когда верхняя корнеобитаемая часть почвенного профиля хорошо аэрируется и осуществляется капиллярное подпитывание верхних горизонтов влагой грунтовых вод. Нижняя зона – область дерново-подзолистых глеевых почв, где грунтовые воды в течение длительного периода затапливают поверхностные корнеобитаемые горизонты на фоне полного отсутствия воздухообмена. Это условие лимитирует развитие сосны.

Важным фактором, влияющим на водообеспеченность сосны на песчаных почвах, является наличие в их профиле неглубоко от поверхности псевдофибр – ожелезненных, преимущественно горизонтальных прослоек более тяжелого гранулометрического состава [344, 277]. Почвы с псевдофибровыми новообразованиями известны не только в пределах Русской равнины, но и в других регионах Европы [460, 450], на Американском [404] и Африканском [458] континентах. Нами установлено [118], что псевдофибры бурых оподзоленных почв аккумулируют в корнеобитаемой зоне до 50 % доступной влаги. В ходе проведения лесооценочных работ было показано, что наилучшее состояние сосновых лесов наблюдается на глееватых подзолистых почвах (табл. 1.13). Именно здесь была зафиксирована максимальная численность деревьев на единицу площади, высокий бонитет, максимальные запасы древесины. Причина этого явления – более благоприятные для сосны гидрологические условия глееватых почв по сравнению с другими, как более сухими, так и более влажными разновидностями. Так, дерново-подзолистым глубокооглеенным и особенно бурым оподзоленным почвам в летний период почти каждого года свойственно значительное иссушение поверхностных горизонтов.

В глеевых почвах развитию сосны препятствуют периодическое полное затопление почвенного профиля и глубокий анаэробногения. Именно поэтому среди лесов исследуемого района наблюдается отсутствие сосны на глеевых почвах. Таким образом, с эколого-гидрологических позиций удалось установить продуктивность сосновых лесов – наиболее актуальной растительности в условиях полесских ландшафтов. Из всего разнообразия рассматриваемых почв целесообразно выделять четыре следующих вида, существенно различающихся по состоянию сосновых лесов: бурая (слабооподзоленная) псевдофибровая песчаная; подзолистая глубокооглеенная псевдофибровая песчаная; подзолистая глееватая псевдофибровая песчаная; дерново-подзолистая гумусово-железисто-иллювиальная песчаная. Одновременно для таких индивидуальных в эколого-гидрологическом отношении видов нами была разработана система качественной и количественной диагностики степени заболоченности, основанная на анализе морфологических и химических свойств песчаных почв полесий в зоне распространения неминерализованных грунтовых вод.

Установлены следующие морфогенетические признаки, имеющие важное значение для их диагностики. Для автоморфной бурой (слабооподзоленной) псевдофибровой песчаной почвы характерны: 1) слабая дифференциация почвенного профиля на горизонты; 2) отсутствие или фрагментарность горизонтов A_1 и A_2 ; 3) наличие в почвенном профиле специфических новообразований – красно-бурых хорошо оформленных псевдофибр. Нарастание степени заболоченности почв, связанное с поднятием уровня грунтовых вод к поверхности по мере понижения гипсометрических отметок, оказывает заметное влияние на морфологию изучаемых почв.

В профиле глубокооглеенных почв, отличающихся от автоморфных более высоким залеганием грунтовых вод и повышенным увлажнением верхних почвенных горизонтов в период снеготаяния, появляются четко оформленные сплошные горизонты A_2 и Gr. При дальнейшем усилении заболоченности происходит «поднятие» горизонта Gr и увеличение мощности иллювиальных горизонтов (глееватые почвы). Одновременно ослабевают признаки илювиального горизонта, значи-

тельно сокращается число псевдофибр, приобретающих серую окраску. Глееобразованием затрагивается весь профиль глееватых почв и в его окраске преобладают серые тона. Глеевые почвы формируются в условиях длительного затопления. Застой влаги в почвенном профиле наблюдается на протяжении 4–5 месяцев и более.

По сравнению с остальными рассматриваемыми почвами глеевая почва представляет совокупность контрастных между собой по цвету горизонтов. Эти почвы – единственный вариант, в профиле которого обнаружен самостоятельный горизонт A_1 , четко оформленный горизонт A_2 , хорошо выраженный иллювиальный гумусово-железистый горизонт Vf, h, g. Однако в профиле этих почв полностью отсутствовали псевдофибровые новообразования.

Вместе с изменением общей морфологии горизонтов заметную трансформацию с усилением заболоченности претерпевают и псевдофибры. Во-первых, псевдофибры почв разной степени гидроморфизма несут определенные морфохроматические различия. Так, при переходе от неоглеенных почв к глееватым цвет псевдофибр меняется от красно-бурого через буровато-серый до серо-сизого. Во-вторых, в том же направлении происходит сокращение количества псевдофибр в почвенном профиле. Они становятся узкими и прерывистыми.

Таким образом, в качестве основных морфологических диагностических признаков степени заболоченности рассматриваемых почв рекомендуется использовать следующие: наличие и мощность подзолистого горизонта; глубину залегания глеевого горизонта; наличие, морфологию и цвет псевдофибровых новообразований. Различия между рассматриваемыми почвами по мощности и выраженности подзолистого горизонта проявляются весьма отчетливо. Удобство этого признака для достоверного суждения о степени заболоченности почв заключается, в частности, также в том, что его оценка не требует значительных усилий на подготовку разрезов и их полного описания.

В этом случае диагностика может выполняться по неглубоким прикопкам. Так, для бурой слабоподзоленной почвы всегда характерно отсутствие самостоятельного горизонта A_2 и наличие четко выраженных псевдофибр красно-бурой окраски. В глубокооглеенной почве появляется относительно маломощный, сплошной кислый белесый элювиальный горизонт. Однако его мощность невелика (часто не более 1 см). Для подзолистого горизонта этой почвы свойствен резкий переход по окраске. В глееватых почвах при интенсивном воздействии грунтовых вод на почвенный профиль горизонт A_2 приобретает значительную мощность – от 18 до 23 см. Переход элювиального горизонта в нижележащий Vf,g в глееватой почве заметный. Как горизонт A_2 , так и горизонт Vg окрашены в сероватые тона.

Своеобразна картина строения верхней части почвенного профиля в длительно обводненной дерново-подзолистой глеевой почве. Главным отличием морфологии профиля глеевой почвы от менее заболоченных является наличие в их профиле самостоятельных гумусово-аккумулятивного горизонта (A_1) и находящегося непосредственно под элювиальным горизонтом A_2 гумусово-иллювиальных (Vf, h, g) горизонтов. Последний выделяется темной окраской.

При анализе морфологических признаков вида псевдофибр нами впервые был обнаружен ряд их свойств, определяемых степенью заболоченности почв. Во-первых, индикатором полного отсутствия влияния грунтовых вод на процессы формирования почвенного профиля (бурые неоглеенные почвы) является присутствие в горизонтах B_2 и B_3 красно-бурых псевдофибровых новообразований большой мощности (до 3–10 см). Но в наиболее гидроморфных почвах – дерново-подзолистых глеевых – такие новообразования всегда отсутствуют. Во-вторых, важным критерием, по показанию которого можно судить о степени гидроморфизма почв, является цвет псевдофибр. В ряду почв неоглеенная-глубокооглеенная-глееватая эти новообразования обладают соответственно красно-бурой, буровато-серой и серо-сизой окраской.

Таким образом, каждый из рассмотренных видов почв, отличающихся по степени гидроморфизма, характеризуется системой достоверных качественных морфологических признаков, которые, несомненно, могут быть использованы при их полевой диагностике. Характер и наличие генетических горизонтов, особенности новообразований и накопления гумуса, другие морфологические признаки создают необходимую основу для достоверного опознания почв в полевых условиях.

Однако недостатком диагностики почвенного гидроморфизма по морфологическим признакам является их известный субъективизм. Вместе с тем, предпринятые нами исследования [122] позволяют признать, что прогрессирующее (в пространстве) заболачивание должно оказывать существенное влияние, прежде всего, на общее содержание оксидов железа в горизонтах почвенного профиля и их формы. Особое значение в этом случае приобретают соотношения общего несиликатного, окристаллизованного и аморфного железа.

В результате мы разработали систему количественной диагностики почв по их химическим свойствам, используя соотношения окристаллизованных и неокристаллизованных (аморфных) форм железа.

Экспериментально было установлено, что в почвах рассматриваемого ряда наиболее отчетливые изменения этих форм железа происходят в горизонте A_1A_2 . Это позволило, в частности, использовать критерий У. Швертманна [405] для количественной диагностики степени заболоченности рассматриваемых почв (табл. 1.14) в двух вариантах: 1. Определение доли аморфных форм железа, извлекаемых оксалатной вытяжкой Тамма, от общего содержания несиликатного железа, экстрагируемого дитионитовой вытяжкой Мера – Джексона – Fe_0/Fe_d (критерий Швертманна) для горизонта A_1A_2 . 2. Определение значений соотношения $Fe_0/(Fe_d - Fe_0)$ (модифицированный критерий Швертманна) для горизонта A_1A_2 . Кроме того, нами предлагается критерий степени заболоченности, основанный на оценке отношения аморфного железа в горизонте A_1A_2 и в следующем за ним горизонте (A_2B или A_2).

Таблица 1.14 – Химические критерии диагностики степени заболоченности почв на легких флювиогляциальных отложениях Рязанской Мещеры. Спас-Клепиковский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар

Почва	Критерии		
	Fe_0/Fe_d^*	$Fe_0/(Fe_d - Fe_0)^*$	$Fe_0(A_1A_2)/Fe_0(A_2 \text{ или } A_2B)$
Буряя (слабоподзоленная) псевдофибровая	< 0,70	< 2,3	< 1,1
Подзолистая глубокооуглеенная псевдофибровая	0,70–0,87	2,3–6,7	1,1–1,5
Подзолистая глееватая псевдофибровая	0,87–0,93	6,7–14,0	1,5–2,9
Дерново-подзолистая гумус-железисто-иллювиальная глеевая	> 0,93	> 14,0	> 2,9

Примечание: * Для гор. A_1A_2 .

Принципиальная возможность использования критерия У. Швертманна, его модификации и показателя содержания несиликатного окристаллизованного железа ($Fe_d - Fe_0$) для диагностики степени заболоченности почв полесских ландшафтов на мощных песчаных флювиогляциальных породах была рассмотрена ранее. Тот факт, что все приведенные нами соотношения охватывают исключительно верхнюю часть профилей исследованных почв, неслучаен. Было показано [118], что нижние горизонты подвергаются более или менее продолжительному затоплению грунтовыми водами. Это нивелирует различия между содержанием в них несиликатных форм железа.

С другой стороны, в поверхностных горизонтах продолжительность влияния грунтовых вод закономерно изменяется с понижением гипсометрического уровня рельефа. В целом изложенный материал позволяет предложить следующий комплекс количественных аналитических (химических) критериев, на основе которых можно судить о степени заболоченности почв полесий (табл. 1.14). В первую группу предлагаемой системы диагностики входят бурые неоподзоленные и оподзоленные почвы со значениями критерия У. Швертманна и его модификации для горизонта A_1A_2 ниже 0,70 и 2,30 соответственно.

Степень дифференциации поверхностной части почвенного профиля по содержанию аморфных форм железа [$Fe_0(A_1A_2)/Fe_0(A_2B)$] – меньше 1,1. Подзолистые глубокооуглеенные почвы характеризуются значениями критерия Швертманна 0,70–0,87, а его модификации – 2,3–6,7. Показатель $Fe_0(A_1A_2)/Fe_0(A_2)$ равен 1,1–1,5. Подзолистые глееватые почвы имеют интервал соотношений Fe_0/Fe_d , равный 0,87–0,93, а $Fe_0/(Fe_d - Fe_0)$ – 6,7–14,0. Соотношение содержания неокристаллизованных форм железа между горизонтами A_1A_2 и A_2 в этом профиле принимает значения 1,5–2,9. В дерново-подзолистых глеевых почвах показатель Fe_0/Fe_d для горизонта A_1A_2 – более 0,93; $Fe_0/(Fe_d - Fe_0)$ – более 14,0. Соотношение содержания аморфных форм железа в горизонтах A_1A_2 и A_2 [$Fe_0(A_1A_2)/Fe_0(A_2)$] – более 2,9 (табл. 1.14).

Почвы на двучленных породах со средней мощностью легкого наноса занимают одни и те же гипсометрические уровни, что и на маломощном наносе, но формируются в условиях существенно иного, более ксероморфного режима. Объектом наших исследований в этом случае послужили почвы на среднемощном наносе (глубина залегания верхней кровли моренного суглинка – 80-120 см от дневной поверхности).

Анализ рассмотренных данных показал, что морфология почв на двучленных отложениях адекватно отражает изменение степени их гидроморфизма. Из общей суммы признаков гидроморфизма в рассматриваемых почвах особое значение принадлежит подзолистым горизонтам, само возникновение которых, положение в почвенном профиле, мощность и другие важнейшие свойства детерминированы водным режимом.

1.3.5.2. Водный режим бурых и дерново-подзолистых оглеенных почв на среднемощных двучленных отложениях полесских ландшафтов. Режим влажности и верховодки [104]

Своеобразной гидрологической особенностью почв на среднемощных двучленных отложениях является то, что флювиогляциальный относительно хорошо водопроницаемый и весьма мощный слой легкого наноса и слабо пересеченный рельеф определяют перераспределение поверхностных и внутрипочвенных вод по верхней кровле суглинистых или глинистых отложений. В результате на хорошо дренированных пологих водоразделах образуются почвы с недифференцированными профилями, а на вторых и третьих нижних частях склонов – почвы подзолистого ряда, причем здесь с нарастанием степени гидроморфизма резко увеличивается мощность подзолистого (элювиального) горизонта. Наконец, на плакорах или в депрессиях образуются торфянисто-подзолистые почвы, как правило, с весьма мощными горизонтами A_2 (A_2g "").

В целом в настоящее время это одна из наименее изученных в гидрологическом отношении групп почв Нечерноземья. Исследования гидрологического режима были выполнены под руководством и при участии автора М. Е. Гинзбургом и Г. Д. Чумичевой на территории Загорского мелиоративного почвенно-гидрологического стационара. Исследования охватывали период с различными природными условиями. Так, 1975 г. был средним по количеству осадков, а 1976 г. – экстремально влажным. Обеспеченность осадков в эти годы была равна соответственно 56 и 10 %. Во время исследований были проведены наблюдения за динамикой запасов влаги в теплый период 1973 г. (май – август) с обеспеченностью осадками 78 %. Режим влажности моренных горизонтов бурых неоглеенных почв в средние по количеству осадков годы в очень малой степени связан с изменчивостью погодных условий. Влажность в теплый период в основном колебалась в узких пределах ППВ-ПВ, и только, как исключение, после очень длительной сухой осени 1975 г. в самых верхних слоях моренных отложений наблюдалось снижение влажности ниже ППВ. Верховодка в период наблюдений в моренных горизонтах неоглеенных почв отсутствовала.

Водный режим бурых неоглеенных почв в сырые годы резко отличался от режима в нормальные по влажности годы. Обильные осадки, выпавшие в мае и начале июня сырого 1976 г. вызвали значительную аккумуляцию влаги в супесчаных горизонтах. После такого дождливого периода влажность в них увеличилась до ППВ-ПВ. На контакте с мореной образовалась маломощная верховодка, которая просуществовала 10–12 дней. Однако в августе, когда осадков выпало несколько меньше нормы, интенсивная эвапотранспирация вызвала иссушение контактных горизонтов до влажности 0,7 ППВ-ППВ. Влажность моренных горизонтов бурых неоглеенных почв изменялась в узких пределах от ППВ до ПВ. Ниже 150 см отмечалось существование эфемерной верховодки.

Бурые оподзоленные глубокооглеенные почвы отличаются тем, что весной их легкие горизонты значительно больше насыщены влагой, чем такие же неоглеенные почвы на вершинах холмов. Обычно в этот период года в бурых глубокооглеенных почвах на контакте с мореной формируется верховодка, которая исчезает только в конце апреля – начале мая. С этим связано возникновение четких признаков оглеения в контактных горизонтах морены. После суровой зимы 1974–1975 гг. поверхностные горизонты бурых глубокооглеенных почв до конца второй декады апреля оказались полностью обводненными. Однако весенние запасы влаги летом быстро расходуются на внутрипочвенный сток и эвапотранспирацию, и в течение летних месяцев легкие горизонты этих почв подвергаются такому же интенсивному иссушению (до влажности ниже 0,7 ППВ), как и неоглеенные.

Осенние дожди насыщают верхние легкие горизонты влагой до значений выше ППВ. Однако и здесь в отдельные годы сквозное (до моренных горизонтов) промачивание часто отсутствует. В средние по количеству осадков годы динамика влажности и верховодки в моренных горизонтах глубокооглеенных почв в основном аналогична неоглеенным почвам. Как правило, влажность моренных горизонтов не опускается ниже ППВ. Верховодка здесь обычно отсутствует. В сыром 1976 г. в глубокооглеенных почвах на контакте с мореной образовалась верховодка, возникновение которой приурочено к максимуму осадков. В этом сыром году она не исчезала до середины лета. Весьма высокой в 1976 г. была и влажность поверхностных горизонтов (0,8 ПВ-ПВ). Водный режим моренных горизонтов глубокооглеенных почв в сырые годы мало отличен от режима в годы, близкие к климатической норме.

Дерново-подзолистые слабogleеватые почвы на среднемощных двучленах, в которых впервые появляется сплошной и четкий горизонт A_2 , близки по водному режиму к бурым оподзоленным глубокооглеенным почвам. Но весной слабogleеватые почвы подвержены более интенсивному и продолжительному обводнению, чем глубокооглеенные. В апреле и в первых числах мая поверхностные горизонты слабogleеватых почв обычно увлажнены сверх ППВ. Надмерзлотная верховодка в слабogleеватых почвах существует на 10–15 дней дольше, чем в глубокооглеенных. Моренные горизон-

ты слабogleеватых почв обычно имеют высокую влажность. Ее значения в течение большей части теплого периода колеблются в интервале ППВ-ПВ.

Дерново-подзолистые глееватые почвы на среднемощных двучленах отличаются контрастным режимом верховодки, особенности которой наиболее отчетливо проявляются в сырые годы и после суровой зимы. В отличие от стабильного во времени и в пространстве режима влажности тяжелых моренных горизонтов, динамика влажности и верховодки в супесчано-песчаном наносе зависит от времени года, погоды и положения в рельефе. Наличие на небольшой глубине водоупорного слоя, малая водоудерживающая способность супесчано-песчаных горизонтов и затрудненный водообмен с тяжелыми слоями морены – эти факторы в основном определяют контрастность их водного режима, являются причиной довольно быстрого формирования на кровле морены верховодки после снеготаяния или обильных дождей и резкого иссушения при нарастании положительных температур. Необходимо отметить своеобразие формирования верховодки в моренных горизонтах. При заполнении водой крупных трещин, гнезд и линз песка, объем которых мал по сравнению с объемом мелкопористого мелкозема, влажность последнего может оставаться ниже ПВ. Систему заполненных водой пор и пустот образует гидравлически взаимосвязанное водное тело со свободным уровнем. Он может быть либо ниже контактного горизонта, т. е. в самой морене, либо верховодка в тяжелых горизонтах морены смыкается с верховодкой в поверхностном супесчаном слое. Такое своеобразное строение верховодки в виде заполненных водой сообщающихся между собой пустот и песчаных линз, относительно малая доля объема воды к объему содержащей ее морены являются причиной ее высокой динамичности – появления и исчезновения вслед за сменой погодных условий.

В средние по влажности годы в глееватых почвах непосредственно после снеготаяния на моренном водоупоре на протяжении всего апреля устойчиво удерживалась верховодка, мощность которой над моренным водоупором составляла 30–40 см. При этом верхние корнеобитаемые горизонты профиля в толще от поверхности до глубины 0,5 м свободны от затопления. Вместе с тем толща пахотного горизонта весь предпосевной период увлажнена от 0,8 ПВ до ПВ (полной влагоемкости), что неблагоприятно сказывается на нормальном развитии озимых культур в средние по количеству осадков годы.

Наиболее контрастно особенности водного режима глееватых почв проявляются во влажные годы. Так, сразу после снеготаяния в профиле этих почв на поверхности моренных горизонтов на глубине 40–50 см возникает и стабильно удерживается на этой глубине верховодка, которая сохраняется в профиле рассматриваемых почв до середины июля, т. е. на протяжении 3–4 месяцев. При этом вся толща почвы от дневной поверхности до зеркала верховодки находится в условиях высокой влажности (0,8 ПВ-ПВ). Все это создает весьма неблагоприятную гидрологическую обстановку для возделывания большинства полевых (яровых и озимых культур), многих видов клевера и других растений.

Дерново-подзолистые глеевые почвы на среднемощных двучленах примечательны тем, что только непосредственно после снеготаяния в средние по влажности годы верховодка заполняет всю толщу легкого наноса от моренного водоупора до поверхности. Одновременно подвержены длительному обводнению моренные горизонты профиля. В этих почвах верховодку в моренной толще можно обнаружить на протяжении почти всего теплого периода. В легком наносе к концу апреля освобождаются от затопления пахотные слои профиля, а в конце мая в его толще завершается сработка верховодки. В подпахотных слоях (глубже 50–60 см) высокая влажность почвы (0,8 ПВ-ПВ) удерживалась до конца июня и с середины августа до устойчивого замерзания почвы. Во влажные годы в глеевых почвах верховодка в легких по составу слоях существует на протяжении всего теплого периода. При этом все горизонты почвы – от дневной поверхности до моренного водоупора – оказываются постоянно обводненными до начала июня, т. е. в течение двух месяцев. Это практически исключает любое использование глеевых почв в естественном состоянии.

1.3.5.3. Динамика запасов влаги и воздухоносной пористости [104]

Почвы на среднемощных двучленных отложениях существенно различаются по динамике запасов влаги. В автоморфных бурых почвах, свободных от признаков гидроморфизма на протяжении всего теплого периода, в слое 0–50 см в средние по количеству осадков годы запасы влаги не превышают ППВ или (в летний период) оказываются ниже 0,7 ППВ. Во влажные годы они меняются в наиболее оптимальном интервале – от ППВ до 0,8 ПВ. Существенно иначе складывается динамика запасов влаги в глубокооглеенных и слабogleеватых почвах. Отличие заключается в том, что в средние по влажности годы в этих почвах запасы влаги изменяются в интервале от 0,7 ППВ до 0,8 ПВ, а во влажные – оказываются близкими к 0,8 ПВ. Они превышают это значение при экстремальном обводнении на 10–15 мм в течение относительно короткого периода (12–15 суток). Индивидуальные особенности динамики запасов влаги глееватых почв наиболее отчетливо удастся проследить в по-

верхностных слоях во влажные годы. На протяжении длительного периода запасы влаги в этом слое непосредственно после снеготаяния и до второй-третьей декады июля (т. е. около трех месяцев) превышали влажность, равную 0,8 ПВ. По динамике запасов влаги в рассматриваемом ряду резко отличаются глеевые почвы. Их особенность состоит в том, что в средние по влажности годы они на протяжении всего теплого периода характеризуются влажностью выше ППВ, т. е. в поверхностном слое постоянно сохраняется гравитационная влага. Во влажные (1976) годы первые 2–2,5 месяца теплого периода отличаются полным затоплением поверхностных (0–50 см) слоев профиля, а в дальнейшем – устойчивым содержанием запасов влаги на уровне 0,8 ПВ. В средние по количеству осадков и засушливые годы лимитирующим фактором развития корней растений в толще легких по гранулометрическому составу горизонтов является верховодка. В тех случаях, когда она исчезает, т. е. обычно после завершения весеннего паводка, почти во всех почвах рассматриваемого ряда, за исключением дерново-сильнопodzolistых глеевых, объем воздухоносных пор почти сразу оказывается выше критических значений, соответствующих 6–8 %.

Только в глеевых почвах в средние по количеству осадков годы удается проследить наличие продолжительного периода неблагоприятной воздухоносной пористости в корнеобитаемой толще до первой декады мая. Существенно иначе складывается динамика воздухоносной пористости почв во влажные годы. В такие годы только в бурых неоглеенных почвах воздухоносная пористость в течение всего теплого периода меняется в узком интервале (12–20 %).

Все оглеенные виды почв характеризуются падением объема свободной пористости ниже критического уровня (т. е. ниже 6–8%). В глубокооглеенных и слабоглееватых почвах это состояние не продолжительно и охватывает преимущественно самые поверхностные слои почвы. Но в глееватых почвах при залегании верховодки на глубине около 50 см с апреля до конца июля вся вышележащая толща отличается низкой и неблагоприятной для растений воздухоносной пористостью, равной или меньшей 6–8 %. Почти независимо от влажности года такие значения воздухоносной пористости свойственны значительной толще моренных суглинистых горизонтов. Исходя из анализа основных элементов водного режима рассмотренного ряда почв, надо признать, что неоглеенные и глубокооглеенные виды обладают благоприятными агроэкологическими свойствами для их использования в средние по влажности и влажные годы без осушения. В слабоглееватых почвах, первом виде почв в рамках этого ряда с четко выраженным podzolistым горизонтом, как показывают прямые наблюдения за урожайностью, в средние по влажности годы могут возникнуть неблагоприятные условия для развития только озимых культур.

Во влажные годы на глееватых и более гидроморфных почвах неблагоприятные условия складываются для большинства сельскохозяйственных растений, а также для садов и пастбищ, хотя здесь, в отличие от глеевых почв, практически непригодных в условиях естественного режима для интенсивного использования, возможно размещение культурных и иных сенокосов.

1.3.6. Диагностика и оценка целесообразности осушения почв на среднемощных двучленных отложениях полесских ландшафтов южной тайги Восточно-Европейской равнины [104]

Исследования морфогенетических признаков современного гидроморфизма почв на двучленных отложениях полесских ландшафтов, их гидрологического режима и агроэкологических особенностей в годы разной влажности позволили предложить следующую диагностику, классификацию и оценку целесообразности осушения этой весьма перспективной в сельскохозяйственном отношении группы почв. Необходимо, однако, иметь в виду следующие особенности рассматриваемой группы почв. Ранее обращалось внимание на то, что в условиях полесий все элементы ландшафта находятся в тесной гидрологической взаимосвязи.

Данное условие справедливо для территорий, почвы которых формируются на мощных водоносных песках под влиянием грунтовых вод. Поэтому при проектировании осушения этой группы почв рекомендации, основанные на эколого-гидрологической оценке целесообразности их осушения, должны дополняться расчетом влияния дренажной сети на положение уровней грунтовых вод недренированных площадей окружающего водосбора. Это требование является неперенным условием грамотного проектирования дренажа в полесьях при осушении почв на мощных песках в условиях их грунтового переувлажнения и заболачивания, но оно утрачивает свою актуальность при проектировании осушительных систем на мелиоративных объектах, образованных почвами на двучленных породах, заболоченных поверхностными водами. Последнее обусловлено тем, что в таких случаях дренаж не влияет на режим верховодки в почвах на двучленах недренированных территорий, примыкающих к осушительным системам.

Глава 2. НЕКОТОРЫЕ АГРОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОЛЕССКИХ ЛАНДШАФТОВ

Синтез агрономии и физической географии чреват появлением нового научного направления, называемого нами «сельскохозяйственной географией», – науки о возникновении, функционировании и развитии агрогеосистем [157]. Под агрогеосистемами понимаются геокомплексы, отдельные компоненты которых изменены в результате сельскохозяйственной деятельности человека.

Агрогеографические идеи высказываются некоторыми физико-географами [250, 270, 271, 298, 377] и учеными-аграриями [188, 187, 192, 193, 384]. Для сельскохозяйственной географии большое значение имеют исследования воздействия ландшафтной среды на продуктивность культурных растений и особенности их выращивания. На основе полученных знаний можно проектировать новейшие ландшафтно-мелиоративные системы земледелия, позволяющие определять экологические адреса для агротехнических мероприятий и, тем самым, адаптировать растениеводство к условиям природной среды. Особое место занимают исследования влияния ландшафтов различных иерархических уровней на продукционный процесс растений и природно-производственные параметры хозяйств. Они позволяют создавать модели систем земледелия разного уровня и, тем самым, наиболее полно учитывать ландшафтные условия территорий при проектировании землепользований. В агрогеографической практике весьма актуальны геостатистические исследования, раскрывающие механизм воздействия агроландшафтной среды на культурные растения. В данной работе показаны результаты разнообразных геостатистических анализов пространственной изменчивости показателей урожайности культур и особенностей природно-производственной среды хозяйств в различных ландшафтах на территории Тверской области.

Исследование индивидуальных агрогеографических черт полесий проведено нами на основе анализа упорядоченности ландшафтных рисунков ПТК с различной литогенной основой. Для этого определялось значение относительной энтропии $E(A)$ картографического изображения почвенно-ландшафтного устройства различных объектов исследования на территории Тверской и Калининградской областей. Методика расчетов $E(A)$ взята из работы А. М. Берлянта (1986). Относительная энтропия ландшафтного рисунка определялась по формуле:

$$E_{(A)} = E_{(a)}/E_{(a) \max} = -\sum_{i=1}^n W_i \log W_i / \log_2 n \quad (2.2)$$

где: $E_{(A)}$ – относительная энтропия ландшафтного рисунка;

$E_{(a)}$ – абсолютная энтропия ландшафтного рисунка;

$E_{(a) \max}$ – максимально возможная энтропия ландшафтного рисунка;

W_i – вероятность определенного состояния системы;

n – число определенных состояний системы.

В данном случае W_i обозначает суммарную площадь всех контуров одного вида, n – число контуров одного вида.

Производилось также определение сложности почвенного покрова (I_a) на основе формулы, указанной в работе В. М. Фридланда [367]. Основные результаты представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Зависимость параметров почвенно-ландшафтного устройства территории от характера литогенной основы

Наименование объекта	Характер литогенной основы	Параметры почвенно-ландшафтного устройства территории	
		I_a	$E_{(A)}$
Обручево	Хорошо отсортированный песок	0,28	0,78
Ульяниха	Песок + песок с прослойками суглинка	0,15	0,70
Избрижье	Песок с прослойками суглинка	0,13	0,88
Макарьево	Песок + мощный двучлен (суглинок на глубине 120 см)	0,12	0,70
Каликино	Среднемощный двучлен (суглинок на глубине 80 см)	0,10	0,81
Абовары	Маломощный и среднемощный двучлен (средняя глубина залегания суглинка 60 см)	0,10	0,60
Грибаново	Суглинок + маломощный двучлен	0,08	0,54
Ильинское	Суглинок + супесь	0,07	0,50

Относительная энтропия позволяет судить об однородности картографического изображения и сравнивать карты, различающиеся по числу изображенных на них ареалов. Оценку структуры почвенного покрова (СПП) с помощью энтропии проводил Linkes с сотрудниками (Linkes, Simoniova, 1983). Он отмечал, что преимущество энтропии состоит в том, что с её помощью од-

новременно можно оценить размеры выделяемых участков и определить их количество.

В ходе расчетов установлено, что изученные объекты можно отнести к двум большим группам:

1. Территории с преимущественно песчаной литогенной основой, характеризующиеся глубиной залегания суглинистых отложений > 60 см.

2. Территории с преимущественно суглинистой литогенной основой, с мощностью верхнего флювиогляциального наноса < 60 см.

Объекты первой группы характеризуются величиной $E(A)$ от 0,88 до 0,70, то есть мера упорядоченности почвенно-ландшафтного рисунка этих территорий крайне низка. Объекты второй группы имеют показатели $E(A)$ на уровне 0,6–0,5, причем здесь выявляется закономерность повышения степени упорядоченности рисунков при утяжелении литогенной основы.

Ландшафты на песках и мощных двучленах отличаются почвенно-ландшафтной мелкоконтурностью, хаотическим разбросом в пространстве ареалов с округлыми или лопастными формами. Фоновый геокомплекс, как правило, выражен очень слабо. Это свидетельствует о закрытости ландшафтной системы полесий, способствующей замедлению миграции веществ, попавших в нее с осадками или с техногенезом. Превалирует грунтовый отток веществ, что приводит к заболачиванию и загрязнению ПТК. Основная деталь почвенно-ландшафтных карт территорий на суглинках и маломощных двучленах (ополий) – обширные ареалы ПТК с преобладанием дерново-подзолистых глееватых почв, разрезанные узкими полосами понижений с дерново-глеевыми почвами, что говорит об упорядоченности и открытости суглинистых ландшафтов. При подобном устройстве территории поверхностный сток особенно активен, и вещества, попавшие на поверхность почвы, в значительной степени покидают геокомплекс по системе оврагов и балок. При этом происходит существенный эрозионный смыл и загрязнение прилегающих территорий.

С помощью полевых опытов было выяснено, что адаптивные реакции различных групп сельскохозяйственных культур в большой степени зависят от литогенной основы ПТК. Так, агроландшафты на суглинках отличаются однонаправленностью пространственной вариабельности продуктивности основных сельскохозяйственных культур, которая управляется рельефом (зависит от относительной высоты), в то время как в пределах песчаных ландшафтов по характеру пространственной динамики урожайности можно выделить две группы культур:

1 – зависящие от относительной высоты (зерновые);

2 – зависящие от мощности флювиогляциального наноса (лен, картофель).

Для выявления наиболее значимых факторов, влияющих на продукционный процесс основных групп сельскохозяйственных культур, нами различными методами статистического анализа были обработаны данные по 274 землепользованиям Тверской области, равномерно расположенных на ее территории. Каждое хозяйство характеризовалось по 31 параметру, взятому из фондовых¹, литературных (Тяпкин, Рассадин, Пак, 1976; Агроклиматические ресурсы..., 1974) и картографических [21], (Топографическая карта..., 1992) источников. Весь массив данных делится на 5 блоков, каждый из них соответствует одному из компонентов агроландшафта:

А. Гидроклиматический блок:

1. Среднегодовое количество осадков июля²; 2. Среднегодовое количество осадков января³; 3. Среднегодовое количество осадков, мм⁴; 4. Континентальность климата⁵; 5. ГТК⁶; 6. Теплообеспеченность почв ($\sum t^{\circ}$)⁷; 7. Запас продуктивной влаги⁸, мм; 8. Сроки созревания почвы⁹, баллы; 9. Площадь заболоченных угодий, %¹⁰; 10. Площадь заболоченных пашен, %¹¹.

¹ Материалы института Тверьросгипрозем.

² Информация взята с климатической карты Атласа Калининской области [21, с. 4].

³ Там же.

⁴ Там же.

⁵ Рассчитывается по показателю Н. Н. Иванова $K = (A \cdot 100) / 0.33 \varphi$, где A – годовая амплитуда температур, φ – широта местности.

⁶ ГТК – гидротермический коэффициент равен сумме осадков за период с температурой >10°, деленной на уменьшенную в 10 раз сумму температур за этот же период.

⁷ Информация взята с карты теплообеспеченности почв в книге «Агроклиматические ресурсы Калининской области», с.25.

⁸ В метровом слое почвы на зяби на дату перехода температуры воздуха через 10° весной. (Карта запасов продуктивной влаги «Агроклиматические ресурсы...», с. 29.)

⁹ Ранее 25IV – 1 балл, 25IV – 30IV – 2 балла, 30IV – 5V – 3 балла, 5V – 10V – 4 балла. (Карта дат просыхания почвы «Агроэкологические ресурсы Калининской области», с. 55.)

¹⁰ Материалы Тверьгипрозема.

¹¹ Там же.

Б. Оролитогенный блок:

11. Абсолютная высота хозяйства, м¹; 12. Максимальный перепад высот в пределах хозяйства, м²;
13. Содержание физической глины в пахотных горизонтах, %³.

В. Блок плодородия почв:

14. Почвенный бонитет⁴, баллы; 15. Закамененность угодий, %⁵; 16. Содержание К₂О в пахотных горизонтах, мг/100 г; 17. Содержание Р₂О₅ в пахотных горизонтах, мг/100 г; 18. Показатель рН (KCL) в пахотных горизонтах.

Г. Блок биопродуктивности:

19. Среднегодовалая продуктивность зерновых культур, ц/га;
20. –“ – соломки льна, ц/га;
21. –“ – картофеля, ц/га;
22. –“ – однолетних трав, ц/га;
23. –“ – многолетних трав, ц/га.

Д. Блок организации угодий хозяйства.

24. Средний размер контура угодья, га⁶;
25. Доля пашни в территории хозяйства, %⁷;
26. –“ – залежей, %;
27. –“ – сенокосов, %;
28. –“ – пастбищ, %;
29. –“ – несельскохозяйственных территорий, %;
30. Суммарная доля лугов, %;
31. Соотношение луг/пашня.

Данные из литературных и статистических источников черпались непосредственно по выделенным хозяйствам (т.е. в таблице находилось наименование конкретного землепользования и выбиралась интересующая нас информация), в то время как работа с картографическим материалом проводилась иначе. Начальным этапом картографических работ было создание схемы расположения отобранных хозяйств в пределах Тверской области. Электронный вариант этой схемы с помощью компьютера совмещался с картами, несущими интересующую нас информацию. В ряде случаев информация с карт снималась непосредственно – параметры ареала, в который попадало конкретное хозяйство, являлись его характеристикой по данному показателю. Однако при создании банка данных по агроклиматическим показателям и некоторым другим параметрам приходилось прибегать к процедуре интерполяции – например, температуру летних месяцев в хозяйстве, расположенном между изотермами, приходилось определять по степени близости его к той или иной изолинии.

Как было сказано выше, характеристика района всегда избирательна. В данном случае мы отобрали факторы, характеризующие основные компоненты агрогеосистем – слой приземного воздуха, оролитогенную основу ПТК, культурную биоту, почвы. Антропогенный компонент отражен в виде параметров структурной организации сельскохозяйственного производства.

Начальным этапом изучения функционирования агроландшафтов Тверской области является факторный анализ приведенного массива данных. Его применение дает возможность сформировать небольшое число коррелированных между собой групп показателей из большого числа разнородных признаков, имеющих различную природу и способы измерения. Он позволяет представить их в форме факторов, определяющих особенности функционирования сложной системы. С его помощью можно выявить наиболее существенные признаки изучаемого явления (объекта), вскрыть его внутреннюю структуру (Крючков, 1978). В географии разновидности факторного анализа применяются прежде всего для формализации процедуры районирования территорий (Сербенюк, 1972; Кондратьев, Могиливер, 1983; Eder, Daves, Monahan, 1987 и др.), однако они могут

¹ Информация снята с физико-географической карты области М 1:1500 000 («Атлас Калининской области» [21, с. 2]).

² Информация снята с топографической карты Тверской области М 1:200 000 (1992).

³ Информация снята с почвенной карты атласа Калининской области [21, с. 8].

⁴ Для бонитировки земель были отобраны следующие свойства: 1. Содержание гумуса в пахотном горизонте в %. 2. Содержание физ. глины, %. 3. Сумма поглощенных оснований, мг/экв. 4. Степень насыщенности основаниями, %. 5. РН солевой вытяжки. Кроме того, введены поправки на следующие специфические свойства почв: а) степень смывости, б) каменистость, в) переувлажненность. (Оценка земель..., 1991).

⁵ Закамененность угодий и последующие факторы взяты из книги «Оценка земель..., 1991».

⁶ Имеется в виду контур конкретного поля, а не севооборотного массива.

⁷ Имеется в виду вся площадь полевых севооборотов.

помочь при изучении факторной структуры и в пределах уже выделенных ареалов (Рожков, 1975).

Результаты факторного анализа массивов данных, характеризующих каждую группу, приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Основные факторы, определяющие вариабельность параметров природной среды групп родов агроландшафтов в пределах Тверской области

Факторы	Нагрузка	Доля вариации	Интерпретация группы
Пески			
Доля пастбищ	0,83	34,43	Лугопастбищные угодья и не-сельскохозяйственные территории
Доля нес.-х. территорий	-0,84		
Доля лугов	0,76		
Абсолютная высота	-0,90	16,39	Орогидротермические условия
T° января	0,82		
Континентальность климата	0,66		
ГТК	-0,69		
Доля сенокосов	-0,72	12,32	Луго-пашенные угодья
Отношение луга к пашне	-0,83		
Продуктивность зерновых	0,76	7,10	Продуктивность агроландшафтов и их агрохимические свойства
Продуктивность картофеля	0,70		
Продуктивность многолетних трав	0,63		
Содержание калия в A _{пах}	0,64		
Содержание фосфора в A _{пах}	0,84		
Кислотность A _{пах}	0,64		
T° июля	0,72	6,25	Термические свойства агроландшафтов
Теплообеспеченность почв	0,66		
Суглинки			
Доля сенокосов	0,85	31,80	Структура угодий и осадки
Осадки	0,70		
Средний размер контура	-0,68		
Отношение луга к пашне	0,72		
Абсолютная высота	-0,74	14,89	Орогидротермические условия агроландшафтов
T° июля	0,66		
Континентальность климата	0,68		
ГТК	-0,70		
Продуктивность зерновых	0,64	11,29	Продуктивность зерновых
Доля пастбищ	0,88	7,94	Лугопастбищные угодья и не-сельскохозяйственные территории
Доля нес.-х. территорий	-0,60		
Доля лугов	0,78		
Каменистость угодий	0,51	6,53	Производственные качества почв
Запас продуктивной влаги в почве	-0,51		

Факторный анализ проводился на основе вышеприведенного массива данных, который был поделен на 2 неравные части. В каждую часть вошли хозяйства, принадлежащие к конкретной внетаксономической группе. Количество и чередование факторов остались неизменными. Сравнение факторных структур внетаксономических групп показывает, что между ними наблюдается значительное сходство. Для каждого ПТК, представленного в таблице, первые пять групп факторов определяют больше 70 % суммарной доли вариации массивов данных. Первая группа факторов, как на песках, так и на суглинках, в основном определяется структурными особенностями хозяйств. В обоих геокомплексах наблюдаются дополнительные группы факторов, интерпретируемые как набор структурных параметров. Однако суммарная доля вариации, связанная со структурным состоянием хозяйств на песках, достигает 47 %, а на суглинках только 40 %. Следует также отметить, что на суглинках, в отличие от песков, структурные параметры хозяйств существенно связаны с осадками.

Вторая группа факторов, как на песках, так и на суглинках, образована совокупностью ороклиматогенных параметров. Однако на песках выделяется отдельная группа термических факторов, определяющая более 6 % вариабельности массива данных. В целом, климатические факторы на песках определяют почти 23 % вариабельности массива данных, а на суглинках – менее 15 %. Основным отличием песков от суглинков, на наш взгляд, является различный характер взаимосвязи первой и второй групп факторов. Если на песках наблюдается прямо пропорциональная связь структурных и орогидроклиматических факторов, то в пределах суглинистых агроландшафтов – обратно пропорци-

ональная. Это объясняется тесной зависимостью в пределах агрогеосистем с суглинистой литогенной основой доли сенокосов, размера контура угодья и отношения луга и пашни от эрозионных процессов, во многом определяемых осадками.

В пределах каждой внетаксономической группы велико влияние продуктивных свойств агроландшафтов, однако если на суглинках они выражаются прежде всего через урожайность зерновых, то на песках – через широкий спектр культур, при этом связанных с агрохимическими параметрами почв. Средняя урожайность основных сельскохозяйственных культур в пределах названных групп, рассчитанная на основе тех же фондовых материалов, показана в таблице 2.4.

В данном случае результаты статистического анализа по различным методикам совпадают – учет литологических особенностей территории необходим в первую очередь при разработке пропашных и плодосменных севооборотов, в то время как размещение зернотравяных и травопольных севооборотов требует первостепенного учета других факторов.

Таблица 2.4 – Урожайность основных сельскохозяйственных культур в пределах групп родов агроландшафтов (ц/га) Тверской области

Группы родов агроландшафтов	Культуры				
	зерновые	лен	картофель	однолетние травы	многолетние травы
Песчаные	9,91	15,56	80,81	20,45	29,65
Суглинистые	10,08	16,32	66,86	19,39	27,58
НСР _{0,05} по Смиуту	0,98	2,15	6,99	2,83	2,60
НСР _{0,05} по Фишеру	-	-	8,29	-	-

Учет макроклиматических условий, а также оптимизация территориальной структуры хозяйств возможны только на основе изучения адаптивных реакций культурных растений на изменение условий макроландшафтной среды. Весьма надежным способом определения основных факторов, влияющих на продуктивность конкретной сельскохозяйственной культуры, является расчет уравнений множественной линейной регрессии. Метод множественного линейного программирования, учитывающая взаимодействие многочисленных факторов, позволяет выявить среди них существенные, провести их ранжирование по степени воздействия на производственный процесс и в конечном итоге построить математическую модель явления.

Результаты мультирегрессионного моделирования, с помощью которого были выявлены основные факторы, влияющие на продуктивность культур в пределах групп родов агроландшафтов, показаны в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Факторы, влияющие на произрастание основных сельскохозяйственных культур в пределах групп родов агроландшафтов

Культура	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации, %	Fфакт	Fтеор.
Пески				
Зерновые	$90,80 - 3,77x_1 - 15,00x_5 - 0,85x_8 + 0,27x_{18} + 0,02x_{21} + 0,22x_{23}$	75,63	49,67	2,20
Лен	$353,24 - 19,76x_1 + 9,72x_2 - 64,98x_5 - 4,43x_8 + 0,12x_{11}$	31,98	9,12	2,30
Картофель	$46,75 - 0,58x_{14} + 3,17x_{17} + 3,43x_{19}$	51,86	35,55	2,70
Однолетние травы	$-3,65 - 0,08x_{10} - 0,08x_{12} + 0,41x_{13} + 0,17x_{14} + 0,36x_{23}$	32,47	9,33	2,30
Многолетние травы	$50,57x_4 + 0,16x_{14} + 1,59x_{19} + 0,13x_{22} - 73,82$	69,98	57,11	2,50
Суглинки				
Зерновые	$3,45x_1 + 1,13x_8 + 0,20x_{17} + 0,15x_{20} + 0,02x_{21} + 0,07x_{22} + 0,05x_{23} + 0,25x_{30} - 2,42x_{31} - 60,32$	53,96	19,33	1,90
Лен	$-7,27 - 15,31x_1 + 163,78x_4 + 33,79x_5 - 4,86x_{18} + 1,33x_{19} + 0,41x_{28}$	41,36	19,86	2,10
Картофель	$492,54 - 26,96x_1 - 7,31x_8 - 0,14x_{11} + 3,14x_{17} + 2,18x_{19} + 1,83x_{24} + 6,69x_{26} + 17,00x_{31}$	37,89	12,73	2,00
Однолетние травы	$0,93x_{19} + 0,15x_{23} + 0,55x_{25} + 4,46x_{26} + 0,71x_{28} + 0,58x_{29} - 49,49$	25,05	9,41	2,10
Многолетние травы	$6,77x_2 - 0,01x_6 - 0,20x_7 + 0,06x_{11} - 0,30x_{15} + 0,88x_{16} + 10,77x_{18} + 0,64x_{19} + 0,49x_{24} - 59,35$	38,99	11,79	1,90

Анализ полученных результатов показывает, что урожайность культур на песках зависит от меньшего числа факторов, чем на суглинках. Коэффициенты множественной детерминации на песках, как правило, выше, что означает более сильное, по сравнению с суглинками, воздействие выделенных факторов на продукционный процесс.

Подобные явления можно объяснить сужением спектра факторов ландшафтогенеза в пределах песчаных ПТК. Так, на песках практически отсутствуют поверхностный сток и сопутствующие ему эрозионные процессы, которые в суглинистых геоконплексах играют заметную роль, во многом определяя ход продукционного процесса. На песках практически не проявляются солифлюкционные, оползневые и карстовые процессы, заметно влияющие на производственные параметры суглинистых ландшафтов. На суглинках шире набор типов заболачивания, тогда как на песках господствует грунтовое переувлажнение.

Ландшафтная среда суглинков более сложна, чем песков, что и отражается на результатах регрессионного и информационного анализа (табл. 2.5). Продукционный процесс, отражая реалии природной и экономической обстановки, является интегральным показателем степени сложности ПТК.

Зерновые и лен в пределах песчаных ландшафтов одинаково реагируют на пространственную вариабельность бонитета и сроков поспевания почв, а также ГТК. Остальные культуры (картофель и травы) схожи тем, что отзываются на урожайность зерновых.

В пределах суглинистых агроландшафтов все культуры, кроме трав, достоверно реагируют на изменение почвенного бонитета. Также практически на все культуры проявляется влияние абсолютной высоты местности, в то время как в условиях песчаных пространств влияние высоты сказывается на продуктивности только картофеля и многолетних трав. В результате анализа путевых коэффициентов было обнаружено отсутствие в пределах внетаксономических групп родов агроландшафтов активных и потенциальных факторов, влияющих на произрастание культур.

Весьма перспективным, на наш взгляд, методом определения факторов, влияющих на произрастание конкретной культуры, является анализ путевых коэффициентов, разработанный S. Wright в 1932 г. Он является эффективным способом определения причин и следствий в системе взаимосвязанных признаков, суть его заключается в разложении корреляции зависимой переменной с каждой независимой переменной на прямой эффект одного признака и косвенные эффекты других, входящих в массив данных. Путевые коэффициенты могут быть положительными и отрицательными. Они, в отличие от коэффициентов корреляции, по модулю могут быть больше единицы [325].

В нашей работе мы применили метод сравнения коэффициентов корреляции и путевых коэффициентов. На основе этой процедуры возможно выделить их 4 основные комбинации, характеризующие соотношение факторов в системе причина – следствие:

А. Коэффициенты корреляции и пути не являются достоверными¹ – в данном случае независимый фактор, не оказывающий воздействия на зависимый, может быть назван **пассивным**.

Б. Коэффициент корреляции достоверен, а путевой нет – это означает, что при наличии влияния независимого фактора на зависимый прямого воздействия не наблюдается. Влияние фактора, который можно назвать **индуктивным**, основано на совокупном косвенном воздействии многих причин на зависимое явление.

В. В тех случаях, когда либо путевой коэффициент достоверен, а корреляционный нет, или путевой и корреляционный коэффициенты достоверны, но имеют разные знаки, можно говорить о наличии в системе причина – следствие **потенциального** фактора. Потенциальный фактор, обладая возможностью оказать прямое воздействие на изучаемое явление, не может этого сделать вследствие противоположных косвенных воздействий других факторов.

Г. Коэффициенты корреляции и пути достоверны и имеют одинаковые знаки – причина оказывает прямое ощутимое влияние на следствие. В этом случае независимый фактор можно назвать **активным**.

Следует отметить, что наиболее полному исследованию поддаются активные факторы, в то время, как учет потенциальных и, особенно, индуктивных факторов может дать только ориентировочную информацию. Основной инструмент исследования активных факторов – полиномиальные уравнения регрессии, позволяющие определить экстремальные значения независимых факторов и, тем самым, определить критические или оптимальные интервалы и территории для произрастания той или иной культуры.

Однако при этом следует учитывать то обстоятельство, что парные уравнения регрессии не дают возможности вычлнить прямое воздействие фактора на изучаемое явление. Информация, полученная с их помощью, искажена влияниями косвенных факторов.

¹ Критерий достоверности путевых коэффициентов – удвоенное значение остаточного коэффициента R_0 .

Изучение активных и положительных потенциальных факторов является начальным этапом разработки методики агроэкологической оптимизации. Исследование активных факторов позволяет выявить их оптимальные параметры, а также косвенные факторы, усиливающие или уменьшающие их воздействие на продукционный процесс.

Полная информация о положительных потенциальных факторах позволит разработать стратегию перевода их в активную форму и тем самым улучшить условия произрастания растений. Комплекс мероприятий по переводу потенциального фактора в активную форму заключается в учете всех факторов, затушевывающих его влияние на растение, и в последующем устранении их или приспособлении к ним. Необходимо также способствовать усилению факторов, оказывающих положительное косвенное влияние на рост растения в совокупности с потенциальным фактором.

Исследование отрицательных потенциальных факторов дает базу для создания методов агроэкологического прогноза. Потенциальный фактор, прямое воздействие которого затушевано большим количеством косвенных проявлений, может на некоторое время стать активным и оказать весьма неожиданное влияние на продукционный процесс. Случай «автоактивизации» возможен при ослаблении или исчезновении ведущего косвенного фактора по каким-либо причинам.

Нахождение критических значений отрицательного потенциального фактора позволит разработать мероприятия, препятствующие агрогеосистеме достигать критических состояний. Основа комплекса мероприятий – учет всех косвенных факторов и усиление (активное или пассивное) факторов, снижающих негативный потенциальный эффект прямого фактора, а также всяческое уменьшение влияния факторов, усиливающих его негативное воздействие. Однако все это возможно только при применении механизма частных полиномиальных регрессионных моделей, позволяющих вычленить только прямые эффекты факторов.

Следует различать два вида потенциальных факторов – формально потенциальные и собственно потенциальные. Формально потенциальными факторами мы называем те, у которых знаки путей и корреляционных коэффициентов совпадают. Они не являются активными только по формальной причине – в этом случае достаточно убедительным будет предположение об «активизации» фактора при увеличении объема выборки. Собственно потенциальные факторы характеризуются «разнозначностью» сравниваемых коэффициентов, и степень их «потенциальности» не зависит от объема выборки. Это свойство весьма удобно использовать при сравнении выборок разного объема.

Исследование всего пула хозяйств, расположенных в пределах полесских ландшафтов, обнаружило наличие только индуктивных факторов, объясняющееся тем, что в условиях данных типологических образований, характеризующихся большой площадью и генетической разнородностью составляющих их частей, прямые влияния факторов неощутимы вследствие косвенного воздействия множества разнообразных причин. Данные, полученные в условиях типологических единиц, на макроуровне могут служить ценным ориентировочным материалом в процессе создания ландшафтно-адаптивных систем земледелия.

Однако сравнение параметров путевого анализа по типам агроландшафтов – территориальных мезообразований, характеризующихся индивидуальным генезисом оролитогенной основы, выявило существенные различия между полесьями и опольями. Весьма простой анализ, заключающийся в подсчете количества активных и потенциальных факторов, влияющих на произрастание культур, в пределах каждого изученного типа агроландшафтов показал, что все исследуемые агрогеосистемы Верхневолжья по числу активных факторов можно разделить на две группы – геокомплексы с относительно гомогенной литогенной основой и ландшафты на двучленных отложениях. Последние, к которым принадлежат озерно-ледниковые песчано-глинистые равнины, песчано-суглинистые моренно-озерно-ледниковые равнины и моренно-зандровые равнины, отличаются большим количеством активных факторов и, как правило, более широким диапазоном подвергающихся их воздействию культур (рис. 2.1).

Анализ факторов потенциального воздействия обнаруживает те же закономерности. При этом выясняется, что, во-первых, разница между группами в рамках потенциальных факторов еще контрастнее, во-вторых, все культуры плодосменного севооборота в ландшафтах второй группы подвергаются воздействию потенциальных факторов, в-третьих, распределение факторов по культурам здесь более равномерное, чем в первой группе (рис. 2.2).

Все это позволяет сделать вывод о том, что проектирование севооборотов в описанных группах ландшафтов должно учитывать индивидуальный набор факторов, активно или потенциально воздействующих на продукционный процесс.

Следует отметить, что сравнение условий произрастания культур плодосменного севооборота в различных геокомплексах Тверской области выявляет их достаточно четкую зависимость от генети-

ческих особенностей территории. В среднем, для всех геокомплексов наибольшая вероятность активного воздействия на продуктивность культур проявляется у факторов организации угодий в пределах хозяйств, а также продуктивности агроландшафта (по 6,7 %). Затем идут орографические (5,6 %) и агроклиматические (4,9 %) факторы, наименее значимы факторы плодородия почв (4,4 %).

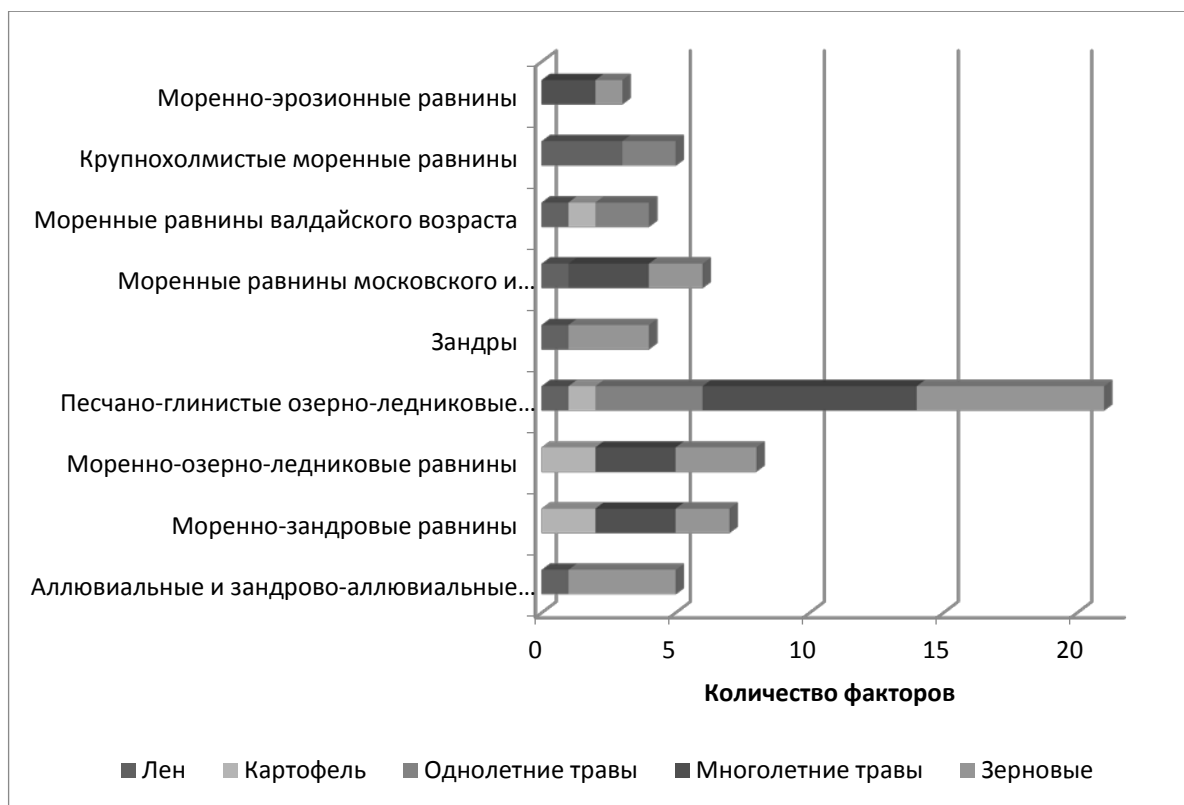


Рисунок 2.1 – Количество факторов, активно воздействующих на продукционный процесс растений в различных агрогеосистемах

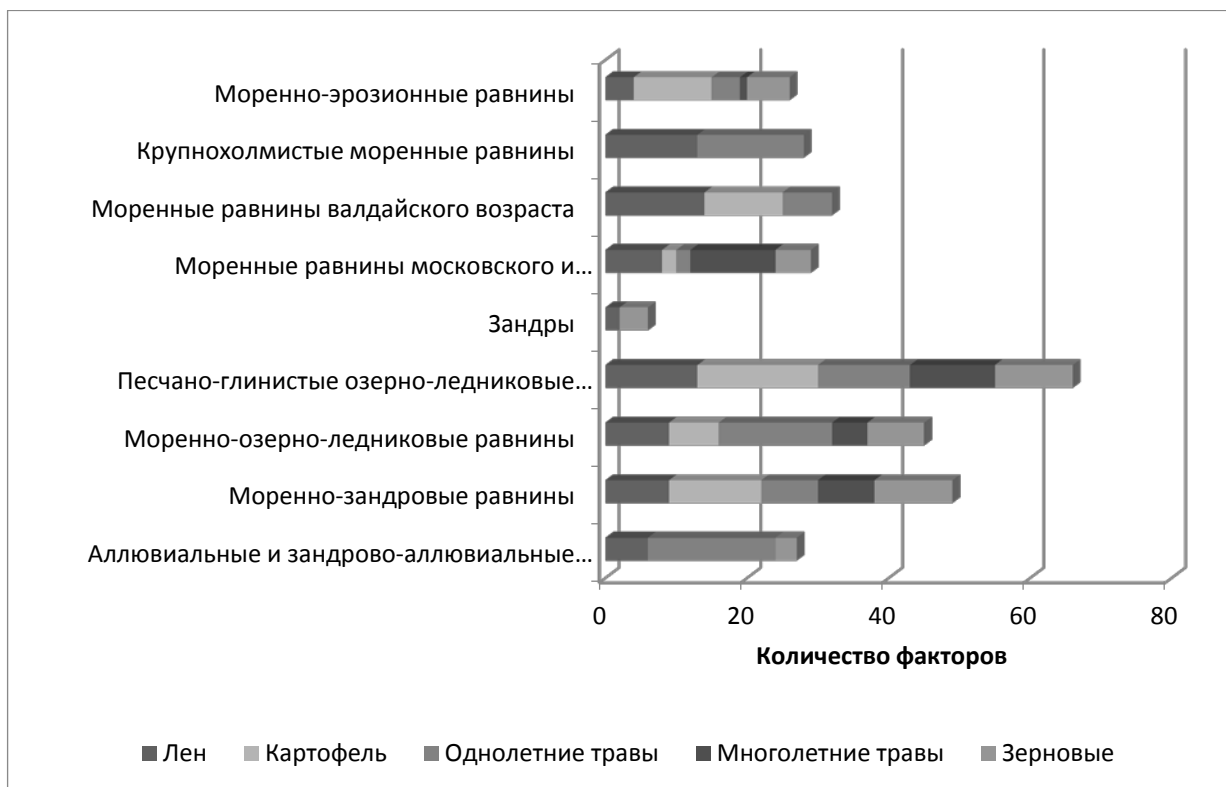


Рисунок 2.2 – Количество факторов, потенциально воздействующих на продукционный процесс растений в различных агрогеосистемах

Для геокомплексов, характеризующихся двучленностью почвообразующих пород, наиболее вероятно взаимодействие культур в севообороте (17 %), затем идут агроклиматические факторы и особенности организации территории хозяйств (по 10 %), наименее значимы орографические и агрохимические факторы (7 %). В условиях моногенности почвообразующих пород на первое место по влиянию на продукционный процесс выдвигаются факторы плодородия почв (13 %), затем идут орографические факторы (10 %) и наименьшее значение имеют агроклиматические и продукционные параметры агрогеосистем (6 %).

Исходя из этого, можно сказать, что продукционный процесс в пределах агрогеосистем с достаточно однородной литогенной основой характеризуется относительной стабильностью, так как прежде всего зависит от мало изменяющихся во времени орографических и агрохимических параметров, тогда как в условиях господства двучленных отложений продуктивность культур зависит от менее устойчивых во времени обстоятельств.

Длительность стадии постледникового развития геокомплексов и степень гомогенности их литогенной основы оказывают влияние на характер и глубину антропогенной трансформации геосистем. Так, геокомплексы валдайского (вюрмского) возраста вследствие малой гомогенизации рельефа и почвообразующих пород практически не ощущают влияния особенностей структурной организации хозяйств на пространственную вариабельность параметров природной среды. Моренные ландшафты московского (миндельского) возраста, литогенная основа которых испытала заметное влияние денудационных процессов, характеризуются значительно более сильной отзывчивостью на антропогенную деятельность.

Ландшафты с песчаной литогенной основой, формировавшиеся наиболее длительное время, отличаются еще более гомогенной литогенной основой и, как следствие, наибольшей чувствительностью к антропогенному воздействию. С увеличением континентальности климата различия в продуктивности культур между «песками» и «суглинками» возрастают.

Агрогеографические закономерности влияния природной среды полесий и их антиподов – ополей изучались нами и в пределах Евро-Северо-Востока РФ. Северо-восток Нечерноземной зоны РФ – территория, занимающая площадь почти в миллион (942 тыс.) квадратных километров. Она протягивается от 68° до 54° северной широты, (то есть около 1700 км по меридиану) и от 42° до 67° восточной долготы (около 1000 км по широте).

На севере территория практически подходит к Баренцеву морю, на западе граничит с северными и центральными областями европейской России, на юге – с областями и республиками Среднего Поволжья, а на востоке отделяется от Западной Сибири Уральским хребтом. В ходе исследований были обработаны данные по 986 землепользованиям Тверской, Костромской, Нижегородской, Кировской областей, республик Коми, Марий Эл, Мордовия, Удмуртия и Чувашия, а также Пермского края. Установлено, что геокомплексы с различно оролитогенной основой принципиально по разному влияют на произрастание многих сельскохозяйственных культур. Урожайность культур в различных группах родов агроландшафтов (в полесьях и опольях) в пределах Евро-Северо-Востока РФ показана в таблице 2.6.

Таблица 2.6. – Средняя урожайность сельскохозяйственных культур в различных группах родов агроландшафтов Евро-Северо-Востока

Зерновые и зернобобовые	Картофель	Озимая рожь	Яровая пшеница	Ячмень	Овес	Горох	Однолет. травы на зел. корм	Многол. травы на сено
Полесья								
9,25	65,53	9,63	7,33	7,57	9,71	6,4	72,79	17,13
Ополя								
13,85	80,26	14,82	12,79	12,48	14,12	10,82	84,42	21,87
Прирост урожайности, ц/га								
4,6	14,73	5,19	5,46	4,91	4,41	4,42	11,63	4,74
Прирост урожайности, %								
49,7	22,5	53,9	74,5	64,9	45,4	69,1	16,0	27,7

На суглинистых почвах (опольях) вследствие их более высокого потенциального плодородия наблюдается повышенная урожайность всех культур. Если взять урожайность культур на песках за 100 %, то урожайность яровой пшеницы на суглинках будет составлять 175 %, ячменя – 165 %, озимой ржи – 154 %, овса – 145 %, многолетних трав – 128 %, картофеля – 123 %, однолетних трав – 116 %. Достоверное превышение урожайности наблюдается только у зерновых культур.

В пределах Евро-Северо-Востока «суглинистые – опольные» ПТК доминируют, занимая более 85 % площади. Они являются фоновой агрогеосистемой, в то время как «пески – полесья» достаточно равномерно располагаются в пределах региона в виде пятен различной величины. Следует отметить, что равномерное распределение «песчаных» ландшафтов в пределах «суглинистых» позволяет весьма корректно сравнивать их природные условия.

Анализ данных по Евро-Северо-Востоку показывает, что «суглинистые» роды агроландшафтов отличаются от «песчаных» ПТК по агроклиматическим показателям. В пределах «суглинистых» ПТК лето более прохладное, чем на песках, хотя зимние температуры такие же. Это обстоятельство обуславливает снижение континентальности климата в пределах «суглинистых» агрогеосистем, что приводит к увеличению здесь продолжительности вегетационного периода и суммы температур выше 10°, а также к снижению ГТК.

Среднее содержание физической глины в почвах «суглинистых» ПТК равно 39,5% – то есть в этих агрогеосистемах преобладают среднесуглинистые почвы. В «песчаных» ПТК преобладают супесчаные почвы. Различия в гранулометрическом составе почв определяют разницу в запасах продуктивной влаги и долях эродированной пашни.

Наши исследования [161] показали, что ПТК на песках и мощных двучленах отличаются почвенно-ландшафтной мелкоконтурностью, хаотическим разбросом в пространстве ареалов с округлыми или лопастными формами. При этом фоновый геокомплекс, как правило, выражен очень слабо. Все это свидетельствует о закрытости полесской ландшафтной системы, способствующей замедлению миграции веществ, попавших в нее либо с осадками, либо с техногенезом. Превалирует грунтовый отток веществ, что приводит к заболачиванию и загрязнению ПТК.

Основная деталь почвенно-ландшафтных карт территорий на суглинках и маломощных двучленах – обширные ареалы ПК с преобладанием дерново-подзолистых глееватых почв, разрезанные узкими полосами понижений с дерново-глеевыми почвами, что говорит об упорядоченности и открытости суглинистых (опольных) ландшафтов. При подобном устройстве территории поверхностный сток особенно активен, и вещества, попавшие на поверхность почвы, в значительной степени покидают геокомплекс по системе оврагов и балок. При этом происходит существенный эрозионный смыл и загрязнение прилегающих территорий.

В почвах «суглинистых» ПТК наблюдаются значительные, по сравнению с «песчаными», запасы продуктивной влаги вследствие их повышенной влагоемкости. Сильно развитый поверхностный сток обуславливает здесь высокую степень эродированности пашни. На «песках» эрозия развита слабее, зато степень заболоченности угодий существенно выше.

Анализируемые геокомплексы различаются также по структурной организации хозяйств. Хозяйства в пределах «суглинистых» ПТК характеризуются большей долей пашни и меньшей залуженностью, чем землепользования на «песках». Большое соотношение луга к пашне на «суглинках» объясняется тем, что в пределах этой агрогеосистемы имеются хозяйства (север Коми), где пашня практически отсутствует. Большая распаханность «суглинков» объясняется их повышенным потенциальным плодородием. Из таблиц 2.7 и 2.8 видно, что агрохимические параметры почв «суглинистых» ПТК значительно выше таковых на «песках». Это обстоятельство объясняет различия в урожайности основных культур.

Сопоставление результатов статистического исследования адаптивных реакций растений в пределах полесий и ополей Евро-Северо-Востока РФ показало их существенные отличия. Так, в пределах «песчаных» ландшафтов наиболее часто на продуктивность растений влияют размеры контуров угодий, ГТК, бонитет почв и содержание в них физической глины. Эти факторы взаимосвязаны – значение ГТК влияет на степень заболоченности почв, с которой также связаны размеры контуров угодий и почвенный бонитет. Содержание физической глины также во многом определяет бонитет почв.

В пределах «суглинистых» агроландшафтов продуктивность большинства культур достоверно зависит от доли пропашных в структуре посевных площадей и содержания фосфора в почвах. Весьма часто влияет на урожайность культур и доля яровых зерновых. Эти факторы и доля в хозяйствах эродированной пашни находятся в тесной взаимосвязи и определяют значительную долю вариабельности урожайности большинства культур.

Таблица 2.7 – Агроэкологические и агропроизводственные особенности встаксономических групп суглинистых родов агроландшафтов Евро-Северо-Востока, Тверской и Нижегородской областей и Удмуртской Республики

Факторы	Евро-Северо-Восток			Удмуртская Республика			Нижегородская область			Тверская область		
	средн	V	min	max	средн	V	min	max	средн	V	min	max
Температура июля	18,3	4,7	14,8	20,4	18,0	3,3	16,8	19,0	18,6	2,2	18,0	19,2
Температура января	-14,1	13,6	-19,1	-10,8	-14,6	3,4	-15,5	-14,0	-12,3	4,1	-13,3	-11,3
Продол-ность периода с $\geq 5^{\circ}$	158	15,2	82	217	162	3,1	152	171	171	2,1	165	175
$\Sigma \geq 10^{\circ}$	1890	19,7	835	2370	1842	7,7	1600	2100	2035	7,3	1750	2250
Сумма осадков	545	11,3	420	685	536	11,3	450	650	537	7,4	500	600
Континентальность климата	173	10,1	144	200	174	3,1	169	200	167	2,2	159	173
ГТК	1,34	17,2	1,04	2,0	1,34	12,0	1,1	1,5	1,26	6,4	1,15	1,43
Запасы продукт. влаги в почве	168	11,4	130	225	176	9,1	132	225	173	12,8	130	195
Доля переувлажненных с.-х. уг.	5,4	165,0	0,0	62,2	2,1	85,2	0,1	8,3	7,3	8,2	0,0	21,1
Доля переувлажненной пашни	1,4	279,7	0,0	36,4	1,3	108,0	0,03	8,2	1,8	139,0	0,0	10,8
Абсолютная высота хозяйства	174,2	29,3	60,0	378,0	234,0	16,7	160,0	321,0	172,0	21,0	103,0	288,0
Максимальный перепад высот	62,8	65,0	3,0	202,0	124,0	34,7	20,0	202,0	44,0	86,4	3,0	130,0
Доля эродированной пашни	48,1	70,7	0,0	100,0	86,0	22,4	28,0	100,0	14,5	13,0	0,0	60,0
Доля пашни в хозяйстве	46,6	46,8	0,0	90,0	61,0	18,5	23,1	79,4	60,0	25,0	24,8	80,8
Доля сенокосов в хозяйстве	4,6	93,5	0,0	20,5	5,5	52,7	1,6	13,3	5,2	81,0	0,1	15,2
Доля пастбищ в хозяйстве	7,5	68,0	0,05	26,8	8,3	34,9	1,9	17,9	13,2	46,2	1,7	26,8
Доля нес.-х. территорий	41,7	59,0	1,3	99,8	25,8	51,6	2,8	79,3	21,1	70,0	2,2	58,0
Доля луга в хозяйстве	12,1	61,2	0,2	39,5	13,9	28,1	7,2	28,3	18,2	34,1	7,2	36,0
Соотношение луг-пашня	1,06	344,4	0,03	40,0	0,25	40,0	0,1	0,7	0,33	61,0	0,1	1,1
Содержание физ. глины в Апах	39,5	28,9	25,0	82,0	34,3	12,3	25,1	43,7	36,4	25,0	25,0	50,0
Содержание калия в Апах	12,6	29,1	3,0	24,6	12,0	15,0	6,8	16,7	14,2	24,6	5,0	23,3
pH (kcl) Апах	5,18	8,5	3,8	8,0	5,2	5,2	4,5	5,6	5,0	5,6	4,3	5,6
Содержание гумуса в Апах	3,0	58,7	1,0	10,1	2,2	16,4	1,0	3,6	2,7	60,0	1,2	7,6
Содержание фосфора в Апах	11,5	50,0	2,5	30,0	7,3	35,6	3,4	18,4	10,1	36,0	3,0	19,7
Урожайность зерн. и зернооб.	12,1	63,6	0,0	64,5	11,5	31,3	5,3	23,0	12,3	31,7	4,3	22,8
Урожайность картофеля	77,7	47,4	0,0	397,0	69,8	69,5	18,6	397,0	78,9	43,3	32,0	237,0
Урожайность многолетних трав	20,7	62,8	0,0	130,0	17,4	39,1	6,4	37,1	19,4	33,5	5,5	33,1
Урожайность однолетних трав	74,0	58,1	0,0	212,0	12,8	29,7	5,9	25,0	69,5	52,5	14,0	190,0
									20,0	60,0	0,0	66,0

Таблица 2.8 – Агробиологические и агропроизводственные особенности вневаксономических групп песчаных родов агроландшафтов Евро-Северо-Востока, Тверской и Нижегородской областей и Удмуртской Республики

Факторы	Евро-Северо-Восток			Удмуртская Республика			Нижегородская область			Тверская область		
	средн	V	min	max	средн	V	min	max	средн	V	min	max
Температура июля	18,1	5,0	16,0	20,3	18,2	2,2	17,3	18,8	18,5	2,0	18,0	18,9
Температура января	-14,1	13,6	-18,4	-10,7	-14,4	2,8	-15,2	-14,0	-11,9	3,8	-12,8	-11,3
Продол-ность периода с $\geq 5^{\circ}$	155	16,4	102	184	164	1,8	157	170	172	1,4	170	175
$\Sigma \geq 10^{\circ}$	1885	15,4	1150	2331	1915	6,4	1700	2150	2060	6,1	1750	2250
Сумма осадков	538	9,6	435	659	506	8,5	450	600	537	6,4	500	600
Континентальность климата	186	18,9	153	200	174	1,5	170	178	164	1,8	158	171
ГТК	1,37	16,8	1,03	1,9	1,30	10,0	1,2	1,5	1,30	4,6	1,22	1,43
Запасы продукт. влаги в почве	161	14,0	120	210	160,0	18,1	125,0	201,0	168,0	9,2	150,0	195,0
Доля переувлажненных с.-х. уг.	10,8	119,4	0,0	68,0	2,9	93,0	2,1	8,7	14,8	47,3	2,5	31,0
Доля переувлажненной пашни	2,6	162,0	0,0	28,0	1,7	94,0	0,1	4,1	3,5	137,0	0,0	28,5
Абсолютная высота хозяйства	164,0	30,5	50,0	263,2	200,0	9,3	180,0	235,0	133,0	23,4	91,0	200,0
Максимальный перепад высот	53,0	64,3	2,0	140,0	98,0	31,2	40,0	140,0	15,0	102,0	2,0	50,0
Доля эродированной пашни	30,0	102,0	0,0	100,0	93,4	13,9	57,2	100,0	3,4	256,0	0,0	45,0
Доля пашни в хозяйстве	37,3	43,4	0,5	69,6	51,0	24,7	29,3	68,4	43,0	29,8	20,5	69,6
Доля сенокосов в хозяйстве	7,7	57,1	0,0	25,0	6,3	38,1	3,2	10,3	8,3	72,3	1,8	25,0
Доля пастбищ в хозяйстве	9,6	60,4	0,5	24,0	5,8	29,3	3,4	9,7	10,2	49,0	0,9	19,8
Доля нес.-х. территорий	46,3	35,9	14,0	94,0	37,0	30,5	22,1	58,1	38,4	33,3	14,4	64,9
Доля луга в хозяйстве	17,4	46,0	1,5	44,8	12,1	26,5	8,9	18,4	19,0	49,1	7,7	44,8
Соотношение луг-пашня	0,73	116,4	0,03	6,0	0,22	36,4	0,14	0,42	0,51	78,4	0,2	1,8
Содержание физ. глины в Апах	15,0	40,7	0,8	24,4	19,2	19,3	14,2	24,4	15,0	14,3	10,0	20,0
Содержание калия в Апах	10,5	295,0	5,0	23,0	9,7	1,9	6,2	12,5	11,8	23,7	6,6	17,8
pH (kcl) Апах	5,0	8,0	3,8	6,0	5,3	6,6	4,4	5,7	4,9	6,9	4,0	5,5
Содержание гумуса в Апах	1,8	33,0	1,0	5,9	1,6	12,5	1,4	2,1	1,5	14,4	1,1	2,0
Содержание фосфора в Апах	9,3	48,4	3,0	25,0	7,7	50,6	3,9	18,7	11,7	39,3	4,0	14,5
Урожайность зерн. и зернобоб.	10,6	54,7	0,0	27,0	9,5	32,6	5,4	16,7	11,8	33,1	4,8	19,8
Урожайность картофеля	70,3	58,9	0,0	192,0	72,2	26,0	40,0	103,5	86,2	36,3	40,0	192,0
Урожайность многолет. трав	17,3	49,7	0,0	45,0	19,0	31,6	8,0	29,7	20,9	47,0	3,5	45,0
Урожайность однолетних трав	70,9	51,6	0,0	148,6	10,0	36,0	5,3	19,6	71,7	58,0	0,0	145,0

Следует выделить и вторую группу факторов, наиболее часто влияющих здесь на продуктивность растений – это сумма температур выше 10 градусов и сроки поспевания почв. Следовательно, на «песках» наиболее часто на продуктивность растений влияют показатели почвенного плодородия, структурной организации хозяйств и гидротермические условия территории, а на «суглинках» – факторы, определяющие эрозионное состояние АГС, а также ее тепловые ресурсы.

Обратно пропорциональная зависимость урожайности совокупности зерновых и зернобобовых культур в пределах «песчаных» ландшафтов от соотношения луга и пашни в агроландшафте объясняется экстенсивным характером освоения этих агрогеосистем человеком. В местах, где урожайность этих культур значительна, наблюдается увеличение пашни за счет лугов, что приводит к снижению экологической устойчивости ландшафтов. При этом, как правило, возрастает размер контуров угодий, что также приводит к усилению деградационных процессов. Совокупность зерновых и зернобобовых также, как и многие отдельные культуры из этой биологической группы, сильно реагируют на изменение содержания физической глины в почвах. Обратно пропорциональная зависимость урожайности зерновых от содержания физической глины объясняется тем, что за достаточно долгое время существования этих ландшафтов произошла механическая дифференциация гранулометрического состава их почв. Нами установлено закономерное утяжеление гранулометрического состава почв по мере снижения высоты местности за счет аккумуляции илистых и глинистых частиц в наиболее низких местах. Пониженные места, сложенные относительно тяжелыми почвами, характеризуются избыточным увлажнением, что негативно сказывается на урожайности зерновых.

Негативное влияние заболачивания на продуктивность этих культур косвенно подтверждается и достоверной ее зависимостью от гидротермического коэффициента. В связи с незначительной водоудерживающей способностью песков рост значений ГТК до 1,37 приводит к увеличению продуктивности этих культур, однако при ГТК выше этого значения начинается заболачивание территории и угнетение зерновых.

В условиях «суглинистых» агроландшафтов наиболее сильное влияние на продуктивность совокупности зерновых и зернобобовых оказывает варибельность доли пашни в хозяйствах. В хозяйствах, где доля пашни превышает 60 % площади, наблюдается снижение урожайности вследствие развития эрозионных процессов и локального заболачивания. Регрессионной моделью зафиксирована прямо пропорциональная зависимость степени эродированности пашен от урожайности культур, что свидетельствует об экстенсивном характере эксплуатации агрогеосистем. Обратно пропорциональная зависимость урожайности от сроков поспевания почв говорит о недостатке термических ресурсов для нормального произрастания большинства зерновых и зернобобовых. Оптимальные для этих культур температуры января находятся в диапазоне выше -12°C , что связано не только с условиями перезимовки озимых, но и со сроками поспевания почв.

Зерновые и зернобобовые в значительной степени зависят от содержания фосфора в почве, оптимальные для них значения этого параметра агрогеосистем – 20 мг/100 г почвы.

Статистический анализ позволил обнаружить группу гидротермических факторов, значительно влияющих на продуктивность озимой ржи в условиях «песчаных» ПТК. Наиболее сильно из них на продуктивность ржи влияют осадки. В диапазоне значений их сумм от 435 до 530 мм наблюдается обратно пропорциональная зависимость ее урожайности от степени атмосферного увлажнения. Повидимому, в этих условиях при увеличении суммы осадков наблюдается усиление конкуренции за влагу между культурой и сорняками. В диапазоне значений сумм от 530 до 659 мм увеличение суммы осадков способствует повышению урожайности, так как конкурентная борьба за почвенную влагу ослабевает. Данный вывод полностью подтверждается характером зависимости урожайности ржи от запасов продуктивной влаги в почве. Установлено, что критическое значение этого параметра для нее равно 160 мм. Озимая рожь реагирует и на изменение термических ресурсов агрогеосистем. Оптимальное значение ГТК для нее в условиях песчаных равнин – 1,2. Дальнейшее повышение ГТК в данных условиях означает снижение суммы температур выше 10°C , что негативно отражается на урожае этой культуры.

Наблюдается значительное влияние на продуктивность озимой ржи характера структурной организации хозяйств. Оптимальные доля пашни и размер контура угодья для этой культуры равна 60 % площади хозяйства и 150 га соответственно. Там, где они превышены, озимая рожь страдает от деградационных процессов.

Озимая рожь, как и вся совокупность зерновых и зернобобовых культур, сильно реагирует на варибельность содержания физической глины в почвах. Механизм этой взаимосвязи описан выше.

Прежде чем описывать влияние бонитета почв на продуктивность культур, необходимо сказать, что в связи с отсутствием единой для России бонитировочной шкалы все закономерности, в которых

участвуют бонитировочные единицы, весьма условны. Однако следует отметить, что во всех бонитировочных шкалах, во-первых, увеличение балла означает повышение плодородия почв, во-вторых, диапазон шкал практически одинаков. Эти обстоятельства не позволяют нам отвергать полученные закономерности, а анализировать их с известной долей осторожности.

Критическое значение бонитета песчаных почв для озимой ржи – 40 баллов. Повышение балла бонитета почв в диапазоне значений от 0 до 40, вероятно, идет параллельно с увеличением их гидроморфизма, что негативно влияет на продуктивность культуры. Дальнейшее увеличение балла бонитета вызвано процессами, не связанными с гидроморфизмом (это могут быть мероприятия по искусственному увеличению плодородия почв), что способствует росту урожайности.

В пределах «суглинистых» агрогеосистем урожайность озимой ржи в наибольшей степени зависит от сроков созревания почв. Ранние сроки способствуют повышению урожая, что свидетельствует о недостатке здесь термических ресурсов для этой культуры. Следует предположить, что прямо пропорциональная связь урожайности озимой ржи и степени эродированности пашен объясняется ее лучшими урожаями на почвах с большим содержанием пылеватой фракции. В данных условиях можно рекомендовать адаптивное размещение ее посевов в наиболее ровных местах. Нами установлено, что оптимальная для озимой ржи доля яровых зерновых в структуре посевных площадей равна 40 %. В этом случае, по-видимому, создаются наилучшие фитосанитарные условия в посевах.

В пределах «суглинистых» агроландшафтов также, как и на «песках», наблюдается зависимость урожайности зерновых культур от содержания физической глины в почве, хотя характер этой зависимости иной. Как правило, увеличение содержания частиц менее 0,01 мм в суглинистых почвах способствует увеличению урожайности культур за счет возрастания запасов питательных веществ и улучшения структуры почвы. Оптимальное для озимой ржи значение содержания физической глины в почвах – 65 % (на уровне легкой глины). Дальнейшее утяжеление гранулометрического состава приводит к снижению урожайности этой культуры вследствие ухудшения водно-физических свойств почв. Наблюдается также значительная связь урожайности озимой ржи от содержания фосфора в почве. Оптимальное значение этого параметра – 20 мг/100 г почвы.

Урожайность озимой пшеницы в пределах «песчаных» агроландшафтов в наибольшей степени зависит от сроков созревания почв. В южной части полесий Евро-Северо-Востока наблюдается обратно пропорциональная зависимость урожайности пшеницы от даты созревания почв, а на севере связь их с урожайностью прямо пропорциональная. Это объясняется тем, что урожайность озимой пшеницы в пределах Евро-Северо-Востока уменьшается с юга на север, в то время как наиболее поздние сроки созревания почв наблюдаются в центре этой территории. При движении от центра к югу и северу наблюдаются более ранние сроки наступления физической спелости почв потому, что на юге быстрее приходит весна, а на севере почвы имеют более легкий гранулометрический состав.

Оптимальное значение ГТК для этой культуры – 1,2, то есть на большей части территории песчаных равнин она ощущает недостаток тепла. Увеличение доли пастбищ в хозяйствах до 8% приводит к прогрессирующему засорению посевов и снижению урожая, дальнейшее увеличение доли этих угодий служит оптимизации водно-воздушного режима почв, что способствует повышению продуктивности культуры. Озимая пшеница повсеместно требует внесения больших доз органических удобрений.

В пределах «суглинистых» ландшафтов Евро-Северо-Востока озимая пшеница также страдает от недостатка тепла. На это указывает сильная обратно пропорциональная зависимость ее урожайности от сроков наступления физической спелости почв. Повышенная продуктивность этой культуры на пылеватых суглинках южной части описываемой агрогеосистемы обуславливает наличие статистической взаимосвязи урожайности и доли эродированных пашен в хозяйствах.

Фактором, наиболее сильно влияющим на продуктивность яровой пшеницы в пределах песчаных равнин Евро-Северо-Востока, является гидротермический коэффициент. Механизм его воздействия на урожайность и оптимальное значение такие же, как и для озимой ржи. В местах, где наблюдается повышенная продуктивность этой культуры, происходит увеличение доли яровых зерновых и снижение многолетних трав в структуре посевных площадей, что снижает степень биоразнообразия в агроландшафтах. Как и большинство зерновых, яровая пшеница сильно реагирует на вариабельность содержания физической глины в почвах. Эта культура нуждается также во внесении в почву больших доз органических удобрений.

В пределах «суглинистых» ландшафтов прямо пропорциональная зависимость продуктивности яровой пшеницы от доли эродированных пашен объясняется тем, что для этой культуры лучше подходят почвы, развивающиеся на пылеватых покровных суглинках. О более сложной зависимости урожайности культуры от интенсивности эрозии говорит то обстоятельство, что увеличение в струк-

туре посевных площадей доли пропашных до 30 % способствует росту продуктивности этой культуры вследствие улучшения фитосанитарного состояния посевов. Дальнейшее увеличение площади пропашных приводит к снижению урожайности вследствие активизации эрозионных процессов. Доля пастбищ в агроландшафте в значительной степени определяет продуктивность яровой пшеницы. Оптимальное значение этого показателя – 18 %. Его превышение приводит к перевыпасу и снижению урожайности вследствие деградации ландшафта и сильного размножения сорняков. Малое количество пастбищ в агроландшафте способствует снижению поступления органики на поля. Оптимальное для яровой пшеницы содержание физической глины в почве – 70 %.

Регрессионный анализ установил, что в пределах песчаных равнин Евро-Северо-Востока возрастание продуктивности ячменя сопровождается увеличением среднего размера контура угодья. При этом интенсивно осваиваются несельскохозяйственные территории. Отмечено также влияние вариабельности доли луговых угодий на его продуктивность. Оптимальное для него значение доли луговых угодий в агроландшафте – 18 %. Превышение этого значения приведет к усилению экспансии сорняков на поля, а при меньшей доле лугов ухудшается водно-воздушный режим почв. Отношение ячменя к запасам продуктивной влаги в почве такое же, как и у озимой ржи. При малых запасах (менее 160 мм) он проигрывает конкурентную борьбу с сорняками за влагу.

Механизм влияния вариабельности бонитета почв и содержания в них физической глины на продуктивность ячменя такой же, как и в случае с озимой рожью.

В опольях урожайность ячменя в наибольшей степени зависит от степени распаханности агроландшафтов. Оптимальное для ячменя значение доли полевых севооборотов в агроландшафте – 75% его площади. Превышение его приведет к столь сильному развитию эрозии, что никакие технологические приемы не смогут увеличить продуктивность этой культуры. Однако надо отметить, что увеличение доли пропашных в структуре посевных площадей приводит к росту урожайности ячменя, так как при этом его посевы меньше страдают от засоренности. Ячмень, как и многие зерновые культуры, ощущает недостаток термических ресурсов. Ранние сроки поспевания почв способствуют увеличению его урожайности. Оптимальное значение для ячменя содержания физической глины и фосфора в почве – 65 % и 17 мг/100 г соответственно.

Доля полевых угодий в агроландшафте наиболее заметно влияет на продуктивность овса в пределах «песчаных» агрогеосистем. Оптимальное для него значение этого показателя структурной организации АГС – 60 % площади. Оптимальный размер контура – 140 га. Механизм влияния вариабельности содержания физической глины на продуктивность овса подобен описанному.

Оптимальная для овса доля пашни в пределах «суглинистых» агрогеосистем равна 75 % их площади. Как и многие зерновые, овес в данных условиях сильно реагирует на сроки поспевания почв. Оптимальны ранние сроки, что свидетельствует о дефиците тепла для этой культуры. Оптимальное значение содержания фосфора – 17 мг/100 г почв.

Наиболее существенное прямо пропорциональное влияние на урожайность гороха в пределах песчаных равнин Евро-Северо-Востока показывает вариабельность доли яровых зерновых в структуре посевных площадей. Наблюдается также обратно пропорциональная ее зависимость от доли многолетних трав. По-видимому, в местах, наиболее благоприятных для выращивания гороха, происходит увеличение его посевов за счет многолетних трав. Растут также площади под яровыми зерновыми, для которых горох является хорошим предшественником. Повсеместно происходит освоение залежей под посевы этой культуры.

В пределах «суглинистых» агроландшафтов самое большое влияние на продуктивность гороха оказывает пространственная вариабельность летних температур. Наибольшая его урожайность наблюдается в местах со среднемноголетней температурой июля равной 18,5 °С. В более теплых местах, вероятно, ему не хватает влаги, в более холодных – тепла. Увеличение пылевой фракции в гранулометрическом составе почв способствует как росту урожайности гороха, так и степени эродированности пашни, поэтому его культивация должна сопровождаться противозерозионными мероприятиями. Возрастание доли залежей в агроландшафте от 0 до 6 % приводит к снижению урожайности гороха вследствие усиления засоренности посевов, хотя дальнейшее увеличение площадей залежей способствует улучшению водно-воздушного режима почв и увеличению продуктивности этой культуры.

Наиболее значительное влияние на продуктивность картофеля в условиях «песчаных» агроландшафтов оказывает продолжительность периода с температурой выше 5 °С. Оптимальное значение этого параметра – 150 дней, то есть картофель предпочитает места с относительно коротким вегетационным периодом. Наблюдается значительная зависимость урожайности этой культуры и от суммы температур выше 10 °С. Оптимальное значение этого параметра – 2000 °С, что выше среднего по агрогеосистеме «песчаных» агроландшафтов. Исходя из этого, можно сказать, что в условиях пес-

чанных и супесчаных равнин Евро-Северо-Востока наилучшие условия для выращивания картофеля складываются в местах с относительно коротким и жарким летом. Это подтверждается прямо пропорциональной достоверной, хотя и незначительной, зависимостью урожайности этой культуры от континентальности климата.

Обратно пропорциональная взаимосвязь продуктивности картофеля с долей лугов в хозяйствах объясняется экстенсивным характером освоения агрогеосистем – в местах с наиболее высокими урожаями наблюдается распахивание лугов и изменение структуры севооборотов – вместо многолетних трав выращивают картофель.

В пределах «суглинистых» агрогеосистем отмечается только одна значительная прямо пропорциональная зависимость урожайности картофеля от температуры июля.

В условиях «песчаных» АГС наблюдается прямо пропорциональная взаимосвязь урожайности однолетних трав и доли яровых зерновых в структуре посевных площадей. Это объясняется тем, что однолетние травы, являясь, в случае высоких урожаев, интенсивным поставщиком биологического азота, способствуют расширению площадей, пригодных для выращивания яровых зерновых культур, при этом земледелец экстенсивно увеличивает размер контуров угодий. Выявлено, что оптимальное значение континентальности климата для однолетних трав равно 170 %, то есть они предпочитают места со сравнительно жарким летом и суровой зимой. Однолетние травы, являясь смесью зерновых и бобовых, также реагируют на пространственную вариабельность почвенного бонитета, как и большинство яровых зерновых культур.

Урожайность однолетних трав в условиях господства суглинистых почв в наибольшей степени зависит от вариабельности среднемесячных июльских температур. Прямо пропорциональная зависимость их продуктивности от летних температур свидетельствует о недостатке термических ресурсов для гороха в этих агроландшафтах. Увеличение продуктивности однолетних трав приводит к экстенсивному возрастанию размеров полей, что способствует активизации деградационных процессов в агроландшафте. Нами зафиксирована прямо пропорциональная зависимость продуктивности однолетних трав от содержания физической глины в почвах.

Наиболее сильная зависимость урожайности многолетних трав в пределах «песков» Евро-Северо-Востока наблюдается от сроков поспевания почв. Механизм этой зависимости описан при анализе адаптивных реакций озимой пшеницы.

Характер структурной организации хозяйств также играет большую роль в формировании урожайности многолетних трав. Обратно пропорциональная взаимосвязь урожайности трав от доли сенокосов в хозяйствах означает, что в местах, где наблюдается повышенная урожайность трав, зеленый корм предпочитают получать с севооборотных площадей. Расширение производственных площадей за счет несельскохозяйственных территорий нецелесообразно, так как травы дают наибольшие урожаи в хозяйствах, где эти территории занимают более 60 % площади агроландшафта. Повышение плодородия песчаных почв положительно сказывается на урожайности многолетних трав.

Для «суглинистых» АГС характерна только одна значительная прямо пропорциональная связь продуктивности многолетних трав и доли эродированной пашни в хозяйствах. При этом доля эродированной пашни выступает в роли маркера содержания в почвах пылевой фракции. Пылевые суглинки в основном сосредоточены на юге АГС. О негативном влиянии эрозионных процессов на продуктивность трав косвенно указывает ее обратно пропорциональная зависимость от перепада высот.

Изучение адаптивных реакций растений на условия внетаксономических групп родов агроландшафтов, выделенных в пределах таких огромных территорий, как Евро-Северо-Восток, дает настолько интегрированные результаты, что их весьма затруднительно использовать в конкретном производстве. Применение в производстве полученных результатов осложняется также тем, что в единую группу входят генетически разнородные ПТК, близкие только по гранулометрическому составу почв. Однако сравнение результатов исследований, полученных при изучении различных групп родов, представляет несомненный интерес, поскольку позволяет выявить влияние самых общих черт литогенной основы на продуктивность растений.

Приведенные материалы показывают, что на «песках» сельскохозяйственные культуры больше реагируют на факторы, так или иначе зависящие от степени заболоченности АГС или влияющие на нее, в то время как на «суглинках» наиболее значимы факторы, влияющие на степень развития эрозионных процессов. Это объясняется различиями в характере накопления и перемещения влаги в АГС различного генезиса. Следует отметить, что на «суглинках» большинство культур ощущает недостаток тепла, а на «песках» – влаги.

Более значимую для целей планирования развития сельскохозяйственного производства информацию можно получить, сравнивая адаптивные реакции растений в условиях групп родов агро-

ландшафтов, выделенных в пределах конкретных административных единиц. В данной работе сравниваются группы родов агроландшафтов, выделенных в пределах Тверской и Нижегородской областей, а также Удмуртской Республики.

Качественный анализ агроэкологических и агропроизводственных условий выделенных агрогеосистем производится на основе данных, помещенных в таблицах 2.7 и 2.8.

Из таблиц видно, что существенная разница между «песками» и «суглинками» по континентальности климата наблюдается только в пределах Нижегородской области – там, где пролегает рубеж между умеренно-континентальным и среднеконтинентальным секторами. Значительные различия в сумме осадков отмечаются только для Удмуртии. Это объясняется тем, что в условиях более сухого климата разница в средних абсолютных высотах играет важную роль в изменении климатических характеристик. Надо отметить, что во всех административных единицах «суглинки» располагаются на более значительных высотных отметках, нежели «пески», что объясняется резкими различиями в их генезисе. «Суглинистые» ландшафты представляют собой либо древние доледниковые поверхности, либо места аккумуляции донных или конечных морен. Песчаные отложения возникли при аккумуляции отсортированного ледникового или аллювиального материала в макро- и мезопонижениях. «Суглинки», располагаясь на более высоких отметках, характеризуются низкими значениями базиса эрозии, что обуславливает здесь значительный перепад высот, возникший вследствие эрозионных процессов. На «песках» при слабом развитии поверхностного стока и неглубоком залегании базиса эрозии перепад высот не столь значителен вследствие преобладания процессов заболачивания. Из таблиц видно, что «пески» повсеместно заболочены сильнее «суглинков». В условиях влажного климата (Тверская область) перепад высот достигает значительной амплитуды и на песках, но степень заболоченности угодий также значительно возрастает.

Наиболее значительные различия между родами агроландшафтов по гранулометрическому составу почв отмечаются в Нижегородской области, что можно объяснить значительным возрастом ПТК и относительно влажным климатом, который способствует энергичному вымыванию тонких фракций из песчаных отложений. По-видимому, это обстоятельство определяет здесь и наибольшую дифференциацию характера структурной организации хозяйств, расположенных в различных родах агроландшафтов. Как правило, степень распаханности «песков» ниже, чем «суглинков», особенно это характерно для Нижегородской области, однако в Тверской области эта закономерность не проявляется, вероятно, вследствие влажного климата и слабой дифференциации почв по гранулометрическому составу.

Значение соотношения луга к пашне снижается как на «песках», так и на «суглинках» по мере увеличения континентальности климата. Максимальные различия по этому показателю между родами агроландшафтов наблюдаются в Нижегородской области, что можно объяснить указанными выше причинами. Повсеместно почвы «песчаных» родов агроландшафтов, по сравнению с «суглинистыми», отличаются меньшими запасами калия, однако рН и запасы фосфора в них более значительны, так как в пределах «песчаных» родов намного больше аккумулятивных фаций, чем на суглинках. В пределах «песчаных» АГС наблюдается меньшая урожайность зерновых и зернобобовых культур, в то время как картофель и многолетние травы здесь плодоносят лучше, чем на «суглинках», что отличает юг Нечерноземья от Евро-Северо-Востока.

Сравнение результатов статистического анализа показало, что количество факторов, достоверно влияющих на продуктивность одной и той же культуры (зерновые и зернобобовые, картофель, однолетние и многолетние травы) в пределах различных АГС, существенно различается. Надо отметить, что, несмотря на формальность процедуры сопоставления количества факторов, она позволяет определить степень устойчивости сообщества растений к условиям конкретной агрогеосистемы. Культура, урожай которой зависит от небольшого количества факторов, заметно откликается на изменение любого из них, в то время как в случае влияния на урожай большой группы факторов изменение одного из них не приведет к коренной трансформации характера адаптивных реакций растения. В таблице 2.9 приведены частные от деления количества факторов, достоверно влияющих на конкретную культуру в пределах песчаных равнин (числитель) на количество факторов, зафиксированных при изучении этой же культуры, на «суглинках» (знаменатель).

Сравнивая количество факторов, влияющих на урожайность культур в условиях «песчаных» и «суглинистых» агроландшафтов в пределах изучаемых территорий, можно отметить, что в большинстве случаев в «песчаных» ПТК наблюдается большая устойчивость растений к условиям природной среды. Исключение составляют картофель в Верхневолжском регионе, а также зерновые и зернобобовые в пределах Тверской области и Удмуртии. Практически равная устойчивость здесь картофеля и зерновых в различных родах агроландшафтов объясняется их сравнительно однородными агроклима-

тическими условиями, а также меньшей дифференциацией гранулометрического состава почв различных родов агроландшафтов.

Таблица 2.9 – Соотношения количества факторов, влияющих на продуктивность культур в условиях «песчаных» и «суглинистых» ПТК

Культуры	Территории		
	Тверская обл.	Нижегородская обл.	Удмуртская Республика
Зерновые и зернобобовые	0,86	3,33	0,80
Картофель	1,00	3,67	2,30
Однолетние травы	5,00	4,00	2,00
Многолетние травы	2,00	3,00	3,70

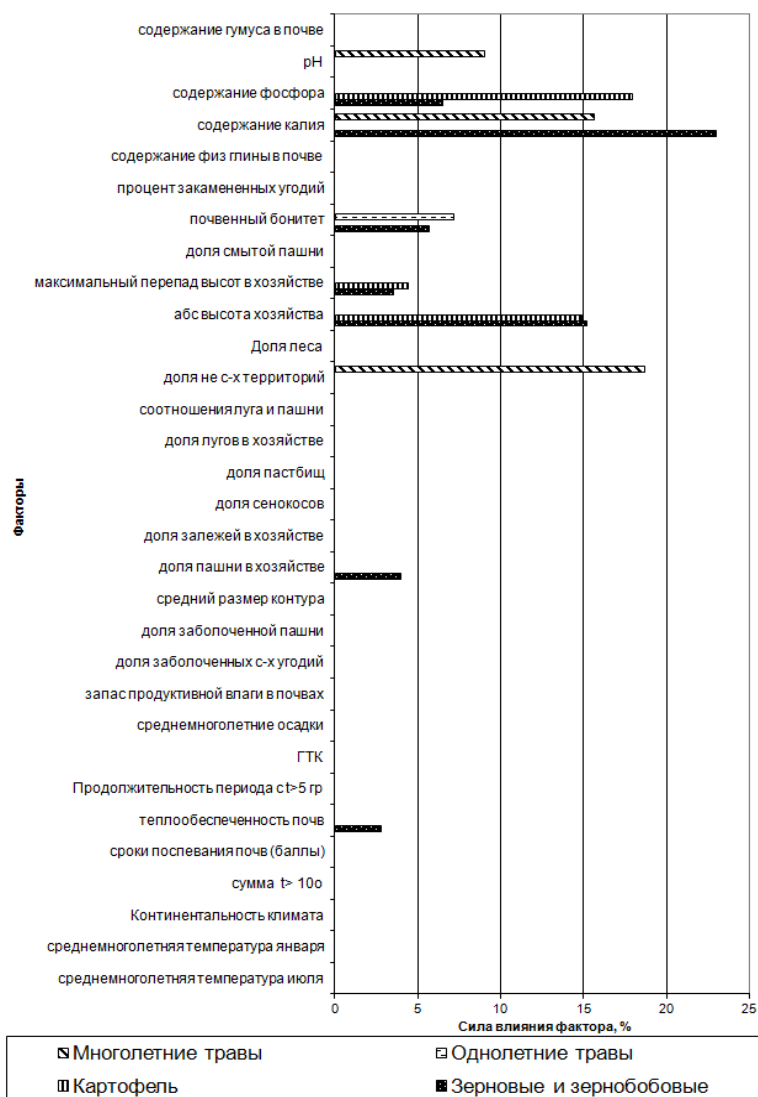


Рисунок 2.3 – Адаптивные реакции культур на природные условия группы суглинистых родов агроландшафтов в пределах Тверской области

ской области это соотношение равно пяти, то в пределах Удмуртии количество факторов на «песках» лишь в два раза превышает таковое на «суглинках». Для многолетних трав наблюдается прямо противоположная закономерность.

Изучение закономерностей изменения спектра факторов, оказывающих воздействие на все изучаемые культуры в различных родах агроландшафтов в пределах отдельных административных единиц, показало, что на «суглинках», по мере увеличения континентальности климата, наблюдается постепенное усиление влияния на растения агроклиматических факторов (рис. 2.3–2.5).

В условиях «песчаных» родов агроландшафтов усиление влияния агроклиматических факторов происходит в основном на рубежах климатических секторов (рис. 2.6–2.8). В местах с господ-

В пределах Нижегородской области отмечается значительно большая устойчивость всех культур к условиям песчаных равнин. Это объясняется тем, что в зоне резкой смены агроклиматической обстановки (перехода от умеренно-континентального климата к средне-континентальному) агроэкологические характеристики песков становятся очень пестрыми вследствие того, что наряду с переувлажнением пашни здесь наблюдается и ее эрозия. Данные таблиц 2.7 и 2.8 показывают, что коэффициенты вариации площадей переувлажненной и эродированной пашни максимальны в условиях «песков» Нижегородской области. В условиях умеренно-континентального климата, при высоком стоянии уровня грунтовых вод капиллярная кайма залегает недалеко от поверхности, что способствует заболачиванию большинства песчаных почв Тверской области. В Удмуртии, где климат средне-континентальный, капиллярная кайма залегает слишком низко, не оказывая существенного влияния на большинство почв.

Однолетние травы характеризуются закономерным снижением соотношения количества факторов, влияющих на их продукционный процесс на «песках» и «суглинках», по мере усиления континентальности климата. Если в условиях Твер-

ством одного типа климата преобладающее влияние на продуктивность культур оказывают агрохимические свойства почв и особенности структурной организации хозяйств. В условиях «суглинков» на территории Тверской области продуктивность совокупности зерновых и зернобобовых обратно пропорционально зависит от абсолютной высоты местоположения, вследствие того, что здесь при увеличении абсолютной высоты возрастает количество осадков. Наблюдается также прямо пропорциональная зависимость их урожайности от почвенного бонитета, содержания калия и фосфора в почвах (рис. 2.3).

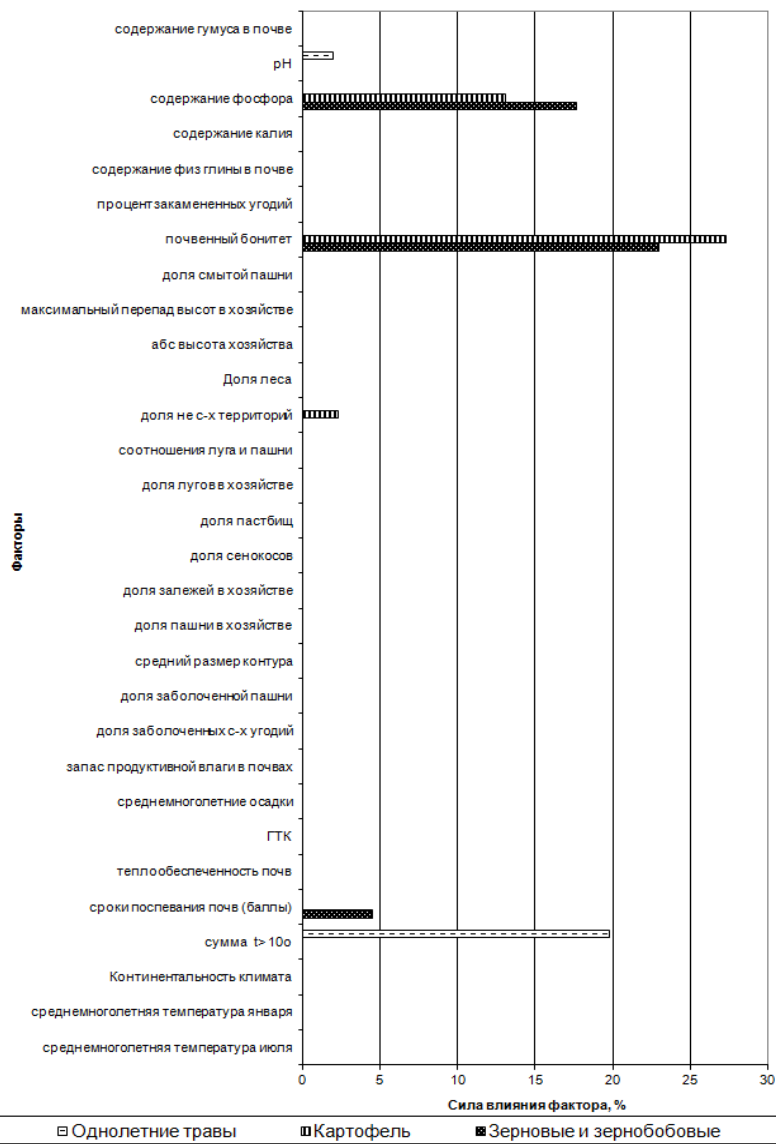


Рисунок 2.4 – Адаптивные реакции культур на природные условия группы суглинистых родов агроландшафтов в пределах Нижегородской обл.

ландшафтах Удмуртии урожайность картофеля во многом зависит от характера структурной организации хозяйств.

Наличие критического значения доли пашни в хозяйствах, равного 60%, свидетельствует о том, что в пределах «суглинков» Удмуртии господствуют два типа агроландшафтов: 1) на пылеватых покровных суглинках, где увеличение доли пашни в хозяйстве приводит к усилению эрозии и снижению урожайности; 2) на пермских и моренных суглинках, где увеличение доли пашни не приводит к резкой активизации эрозионных процессов. Наблюдается также критическое значение доли леса в агроландшафтах. При изменении доли леса в диапазоне от 0 до 20 % площади хозяйства происходит снижение урожайности картофеля вследствие усиления засорения посевов.

О том, что посадки картофеля повсеместно страдают от засорения, свидетельствует и обратно пропорциональная зависимость его урожайности от доли сенокосов в агроландшафте. В агроландшафтах, где доля леса превышает 20 %, происходит коренная перестройка гидротермических режимов, оптимизирующая продукционный процесс картофеля.

На «суглинках», в пределах Нижегородской области, зерновые и зернобобовые в значительной степени зависят от почвенного бонитета и содержания в почвах фосфора. Увеличение плодородия почв и, в частности, содержания в них фосфора, ведет к возрастанию урожайности этих культур (рис. 2.4).

В условиях суглинистых агроландшафтов Удмуртии зерновые и зернобобовые ощущают сильное положительное влияние увеличения континентальности климата и среднеголетних июльских температур. Внесение больших доз калийных удобрений способствуют здесь увеличению урожайности этих культур (рис. 2.5).

Картофель, как и зерновые, в пределах суглинистых ландшафтов Тверской области имеет наибольшую урожайность в пониженных местах – там, где наблюдается геохимическая аккумуляция элементов питания. Внесение больших доз фосфорных удобрений приводит к увеличению урожайности картофеля. Урожайность картофеля на «суглинках» Нижегородской области в основном зависит от тех же причин, что и продуктивность зерновых и зернобобовых. Всемерное повышение плодородия почв, особенно содержания в них фосфора, приведет к увеличению урожайности картофеля. В суглинистых

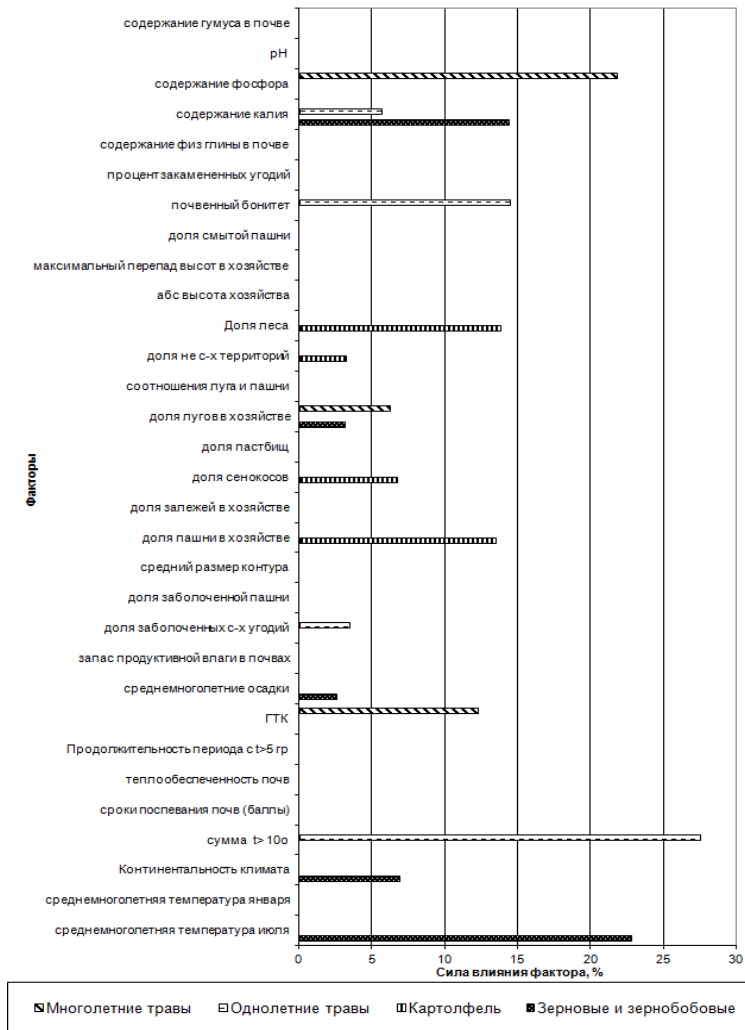


Рисунок 2.5 – Адаптивные реакции культур на природные условия группы суглинистых родов агроландшафтов в пределах Удмуртии

детельствует о недостатке здесь термических ресурсов для этой культуры. Многолетние травы страдают от дефицита фосфора в почвах. В местах, где наблюдается повышенная продуктивность многолетних трав, происходит расширение площадей под полевыми севооборотами за счет луговых угодий.

Исследование адаптивных реакций совокупности зерновых и зернобобовых культур на условия песчаных равнин в пределах отдельных административных единиц подтверждает изложенный тезис о более сложной закономерности изменения спектра достоверно влияющих факторов в пределах этой группы родов агроландшафтов при изменении климатической обстановки.

В пределах Тверской области их урожайность в наибольшей степени зависит от содержания фосфора в почвах. Оптимальное значение этого параметра – 20,0 мг/100г. Доля несельскохозяйственных территорий также оказывает заметное влияние на их продуктивность. Там, где они занимают около 40% территории хозяйства, наблюдается повышение урожайности культур. В агрогеосистемах, где доля несельскохозяйственных территорий меньше указанной величины, происходит снижение урожайности зерновых и зернобобовых вследствие разбалансировки водно-воздушного и гидротермического режима природных комплексов. Там, где эта доля выше, происходит угнетение посевов сорняками (рис. 2.6).

В Нижегородской области на урожайность зерновых и зернобобовых в условиях песчаных равнин основное влияние оказывает вариабельность ГТК. Оптимальное значение этого параметра в «песчаных» АГС – 1,38. При его увеличении растения страдают от заболоченности почв, а при уменьшении – от недостатка запасов продуктивной влаги. Важное значение имеет среднеголетняя температура января, оптимальное значение которой равно –12,2 °С. При более высоких температурах урожайность понижается за счет выпревания озимых и недостаточного обеззараживания полей вследствие слабого промерзания. Там, где зимы более суровы, урожаи понижаются в результате позднего наступления физической спелости почв.

В Тверской области урожайность однолетних трав на суглинистых равнинах прямо пропорционально зависит от бонитета почвы, в Нижегородской области – обратно пропорционально от суммы температур выше 10°. В Удмуртии продуктивность этих культур прямо пропорционально зависит от суммы температур выше 10°, бонитета почв и содержания в них калия.

Многолетние травы на «суглинках» Тверской области сильно реагируют на вариабельность доли несельскохозяйственных территорий в агроландшафтах.

Обратно пропорциональная зависимость урожайности трав от данного параметра АГС объясняется сильным их засорением аборигенными видами. Многолетние травы положительно отзываются на внесение калийных удобрений и известкование почв. Оптимальное для них значение pH – 5,8.

Ни один из факторов, включенных в регрессионную модель, не оказывает достоверного влияния на продуктивность многолетних трав в пределах суглинистых равнин Нижегородской области.

В пределах Удмуртской Республики на «суглинках» наблюдается обратно пропорциональная зависимость урожайности многолетних трав от гидротермического коэффициента, что сви-

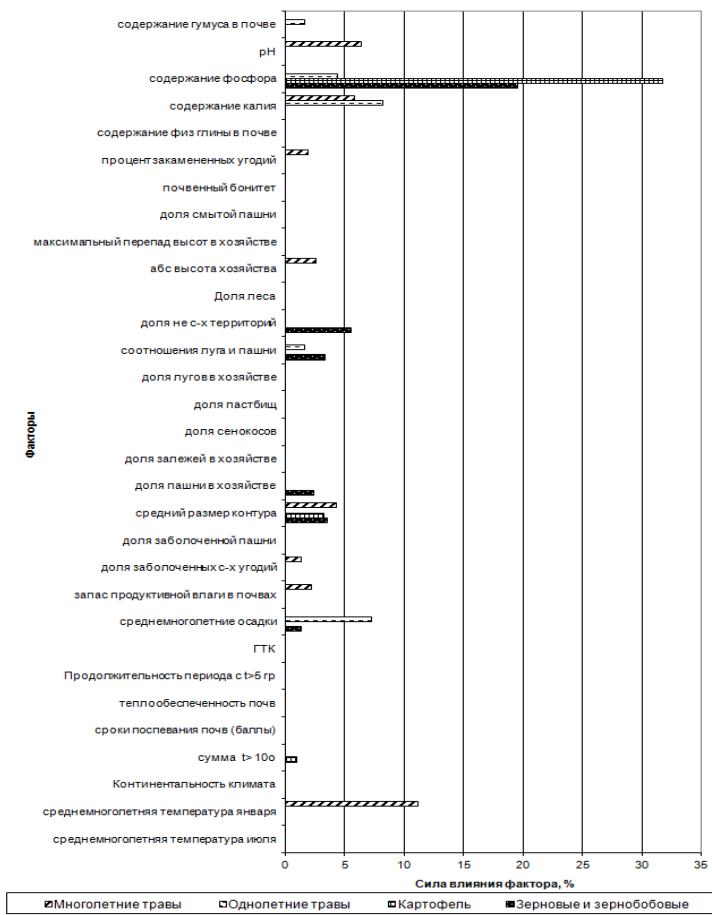


Рисунок 2.6 – Адаптивные реакции культур на природные условия группы песчаных родов агроландшафтов в пределах Тверской области

ное значение этого параметра АГС – 47 % территории агроландшафта. Картофель на «песках» в Тверской области в основном реагирует на содержание фосфора в почвах. Прямо пропорциональная зависимость урожайности от его содержания свидетельствует о резко выраженном дефиците для него этого элемента. Неоднородность континентальности климата определяет около 11 % вариальности урожайности картофеля в пределах «песков» Нижегородской области.

Обратно пропорциональная зависимость урожайности от значений этого агроклиматического показателя свидетельствует о недостатке для картофеля влаги в ряде районов этой области.

Это подтверждается и фактом прямо пропорциональной зависимости урожайности этой культуры от изменения доли переувлажненных пашен в хозяйствах. Пространственная вариальность среднеголетних январских температур также оказывают существенное влияние на произрастание этой культуры. В условиях анализируемых агрогеосистем для картофеля оптимальны температуры января ниже $-12,7^{\circ}\text{C}$. По-видимому, в этом случае происходит значительное промерзание почв и, как следствие, их обеззараживание. Абсолютная высота хозяйства также является фактором, существенно влияющим на продуктивность картофеля в пределах песчаных равнин Нижегородской области.

Оптимальны для произрастания картофеля средние высотные отметки (130 м над уровнем моря), где, по всей вероятности, наблюдается оптимальный водно-воздушный режим почв. Обратно пропорциональная зависимость урожайности от доли пашни в хозяйстве говорит о сильном влиянии деградиционных процессов (минерализации гумуса, эрозии, дефляции, вторичного заболачивания и т. д.) на продукционный процесс картофеля. Это подтверждается и сильной зависимостью урожайности картофеля от содержания гумуса в почвах. Оптимальное значение этого параметра – 1,6 % – показывает, что наилучшие условия для его произрастания создаются на дерново-подзолистых незеро-дернованных слабооглеенных почвах. Усиление процессов эрозии приводит к снижению запасов гумуса и уменьшению продуктивности картофеля. Такое же воздействие на урожайность оказывает и усиленная минерализация гумуса при неумеренной распашке. Увеличение запасов гумуса в естественных условиях свидетельствует о прогрессирующем заболачивании почв, что также негативно отражается на картофеле.

При увеличении продолжительности периода со среднесуточной температурой выше 5°C наблюдается снижение продуктивности зерновых и зернобобовых. Это объясняется тем, что при увеличении продолжительности переходных периодов (весны и осени), которое сопровождается снижением континентальности климата, зерновые не получают достаточного количества тепла в летние месяцы.

Вариабельность содержания калия в почвах песчаных равнин Нижегородской области является единственным параметром плодородия почв, существенно влияющим на продуктивность зерновых и зернобобовых. Оптимальное содержание этого элемента – 15,0 мг/100 г (рис. 2.7).

В пределах Удмуртской Республики агрохимические свойства почв играют определяющую роль в формировании урожайности зерновых и зернобобовых. Наиболее остро здесь эти культуры ощущают недостаток калия. Обнаружена прямо пропорциональная зависимость урожайности от его содержания в почвах. Оптимальное значение содержания фосфора в почве – 14,0 мг/100 г (рис. 2.8).

Значительное влияние на продуктивность этих культур оказывает вариабельность доли несельскохозяйственных территорий в агроландшафтах. Оптималь-

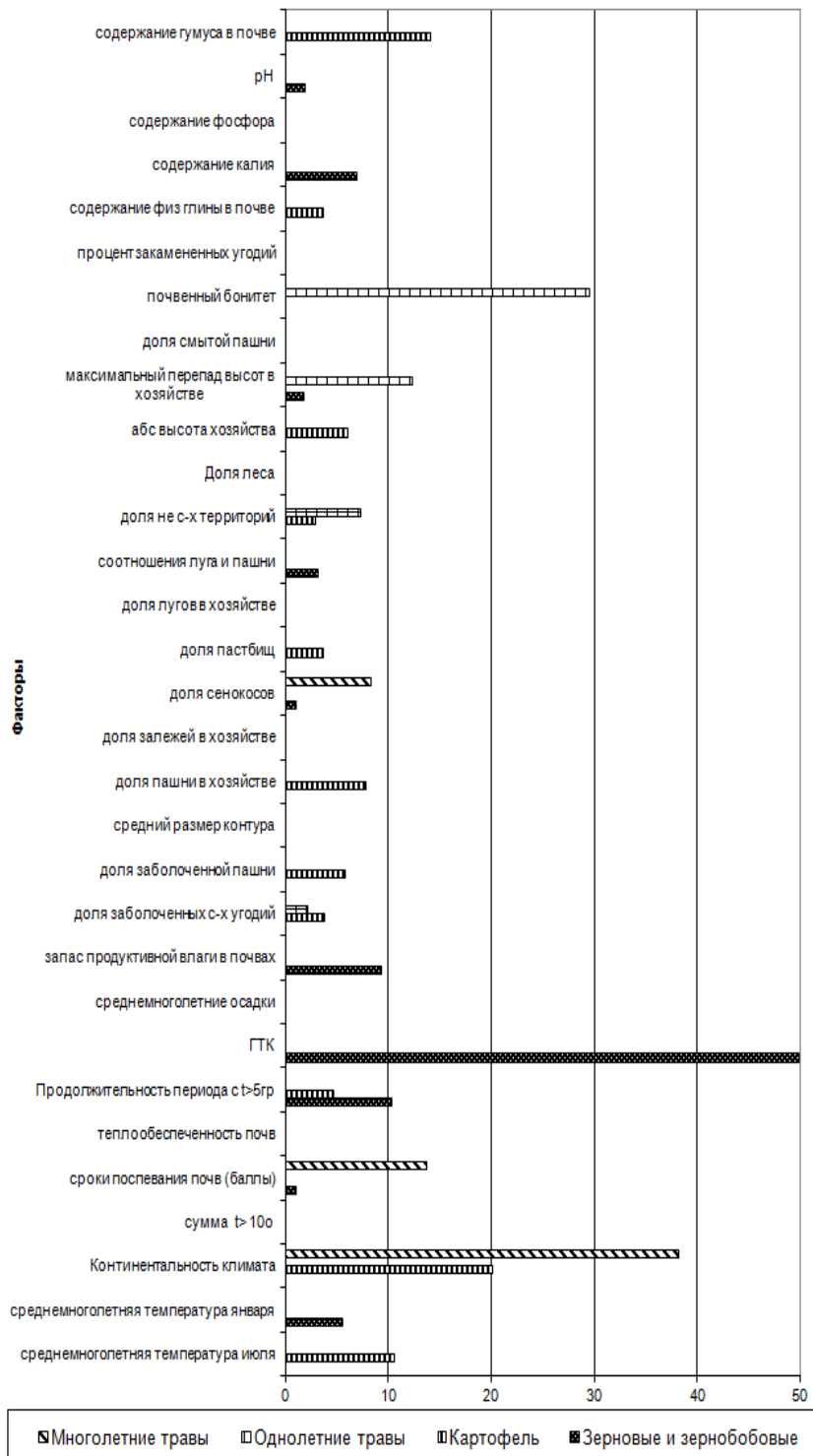


Рисунок 2.7 – Адаптивные реакции культур на природные условия группы песчаных родов агроландшафтов в пределах Нижегородской области

туры от содержания калия в почвах. Оптимальное значение этого параметра – 13,0 мг/100 г.

В пределах песчаных равнин Тверской области продуктивность однолетних трав в значительной степени зависит от характера пространственной вариабельности среднегодовое количество осадков. Обратной пропорциональной зависимостью урожайности от осадков объясняется угнетением их зерновых компонентов на заболоченных почвах и значительной потерей питательных веществ при интенсивной инфильтрации. Вариабельность содержания калия в почвах определяет около 8 % изменчивости урожайности однолетних трав. Оптимальное для этой культуры значение его содержания в почвах – 13,0 мг/100 г.

Максимальное воздействие на урожайность картофеля в пределах «песчаных» ландшафтов Удмуртской Республики оказывает вариабельность доли пастбищ в хозяйствах. Обратной пропорциональной зависимостью урожайности от этого структурного параметра АГС объясняется не только усилением экспансии сорняков на поля при увеличении доли пастбищ, но и негативной трансформацией многих режимов компонентов агроландшафта при перевыпасе.

Как и в Нижегородской области, в Удмуртии урожайность картофеля прямо пропорционально зависит от абсолютной высоты агроландшафта, что объясняется улучшением фотосинтетических и термических условий с высотой. Изменение степени пересеченности рельефа также оказывает существенное влияние на урожайность. Критическое значение этого параметра (90 м) приближается к его среднему значению для данного рода агроландшафтов. Снижение урожайности картофеля в ряду агрогеосистем, в котором наблюдается увеличение пересеченности рельефа от 0 до 90 м, идет за счет снижения размеров контуров. Агрогеосистемы, характеризующиеся большим перепадом высот, в условиях Удмуртии отличаются повышенным плодородием почв, что способствует увеличению урожайности картофеля.

Прямой пропорциональной зависимостью урожайности картофеля от бонитета почв подтверждает вышеприведенный тезис. Следует отметить также зависимость продуктивности этой культуры

В Нижегородской области на «песках» наблюдается обратно пропорциональная зависимость урожайности однолетних трав от степени пересеченности рельефа. Это можно объяснить уменьшением размеров контуров, что препятствует применению высокопроизводительных машин, а также снижает устойчивость агроценозов к сорнякам и болезням. Прямо пропорциональная зависимость урожайности от доли несельскохозяйственных территорий в агроландшафтах объясняется оптимизацией при ее возрастании их водно-воздушного и гидротермического режимов. Наибольшее прямо пропорциональное влияние на продуктивность однолетних трав оказывает почвенный бонитет.

В условиях песчаных агроландшафтов Удмуртии на продуктивность однолетних трав существенное влияние оказывает доля переувлажненной пашни в хозяйствах. Ее увеличение от 0 до 1% приводит к увеличению продуктивности трав вследствие возрастания запасов продуктивной влаги в почвах. Дальнейшее заболачивание пашни приведет к снижению урожая. Увеличение содержания физической глины в почвах в большинстве случаев способствует увеличению урожая. Оптимальное ее содержание – 21%, превышение которого способствует угнетению растений вследствие изменения водно-воздушного режима почв. Повсеместно однолетние травы ощущают недостаток калия, который определяет треть вариабельности их урожайности. Внесение больших доз органических удобрений позволит повысить их урожайность более чем на 20%.

Многолетние травы на «песках» Тверской области ощущают заметное влияние среднесезонных температур января. Наиболее подходят для них места с температурами января ниже $-11,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, которые создают наилучшие условия для перезимовки. Эти культуры повсеместно ощущают недостаток калия и кальция в почвах.

В «песчаных» ландшафтах Нижегородской области наблюдается обратно пропорциональная связь урожайности многолетних трав с континентальностью климата, сроками созревания почв и долей сенокосов в хозяйствах. Зависимость урожайности от агроклиматических характеристик объясняется тем, что наиболее благоприятные условия для трав создаются в местах с относительно прохладным летом и длинными демисезонными периодами. Увеличение их урожайности приводит к снижению доли сенокосов, так как большую часть сена получают с севооборотных массивов.

В Удмуртии, на «песках», наблюдается обратно пропорциональная зависимость урожайности многолетних трав от среднесезонной температуры января. В условиях относительно сухого климата, при низком стоянии УГВ низкие зимние температуры не повреждают корни растений, однако способствуют обеззараживанию почвы. Многолетние травы повсеместно страдают от недостатка влаги и питательных веществ в почвах. Наблюдается прямо пропорциональная зависимость их урожайности от степени переувлажнения пашни и бонитета почв.

Наиболее сильное влияние на продуктивность трав здесь оказывает вариабельность содержания калия в почвах. Оптимальное значение этого параметра – 12,2 мг/100 г. Оптимальное значение pH – 0,5.

Из приведенного материала видно, что гранулометрический состав литогенной основы оказывает огромное влияние на характер адаптивных реакций культур на ландшафтные условия. Самое большое влияние на особенности протекания продукционного процесса культур оказывает степень открытости агрогеосистем, которая в основном выражается характером накопления и трансформации веществ (прежде всего влаги) и энергии в их пределах. Суглинки, по сравнению с песками, являются

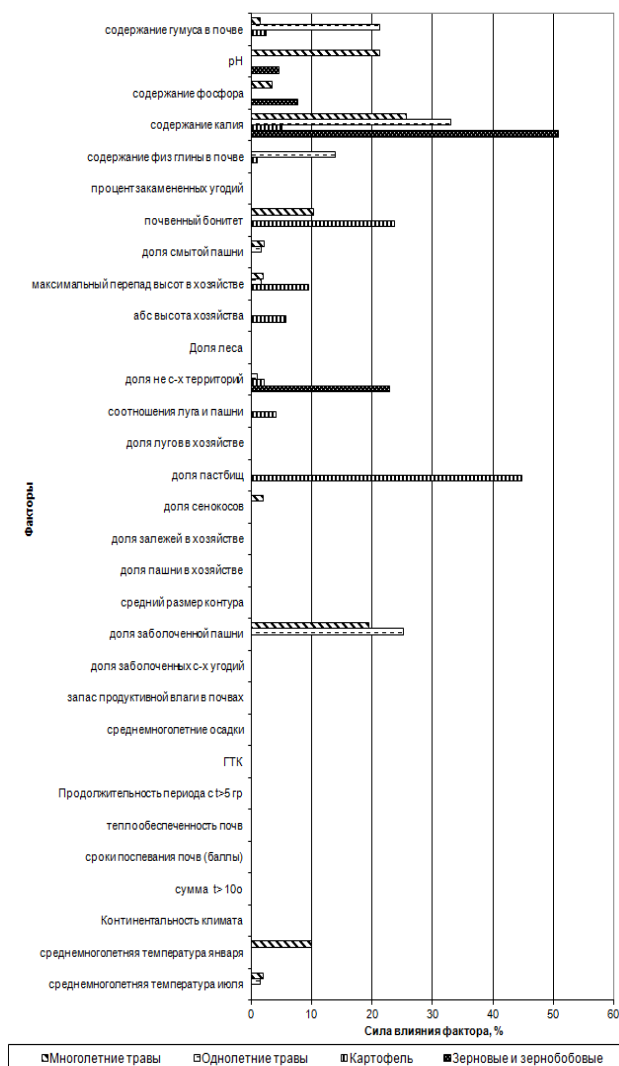


Рисунок 2.8 – Адаптивные реакции культур на природные условия группы песчаных родов агроландшафтов в пределах Удмуртии

более открытыми системами, так как большая часть влаги, попадающей в них, быстро удаляется из АГС в виде поверхностного стока. Остальная часть влаги попадает в грунтовые воды и, за счет мощной капиллярной каймы, достаточно равномерно распределяется в пространстве АГС.

В песчаных ландшафтах поверхностный сток развит слабо, поэтому большая часть выпавших осадков попадает в грунтовые воды и покидает АГС посредством медленного грунтового стока. Капиллярная кайма в этих агроландшафтах развита слабо, что приводит к резкой дифференциации степени заболоченности почв в пространстве. В местах с развитым мезо- и микрорельефом на небольшом расстоянии наблюдается смена почв различной степени заболоченности. Это способствует усилению внутриландшафтной пестроты, что, в свою очередь, приводит к увеличению числа факторов, активно влияющих на продукционный процесс.

Сравнение адаптивных реакций растений на условия территорий, расположенных в различных агроклиматических секторах, позволило установить факт закономерной трансформации спектра и числа факторов влияющих на продукционный процесс культур. Можно сказать, что в ряду «песчаных» агрогеосистем, расположенных по мере увеличения континентальности климата, будет наблюдаться псевдоциклическое изменение числа агроклиматических факторов, влияющих на продуктивность культур. Максимальное количество этих факторов будет наблюдаться на границах смены климатических подсекторов. В центральных частях подсекторов можно прогнозировать снижение влияния агроклиматических условий на продуктивность растений в «песчаных» ландшафтах. На «суглинках» по мере усиления континентальности климата наблюдается закономерное увеличение количества агроклиматических факторов, влияющих на формирование продуктивности культур.

Результаты исследования адаптивных реакций растений на условия различных групп родов агроландшафтов могут быть использованы прежде всего в целях осмысления теоретических аспектов агроландшафтоведения. Практическое их использование затруднено вследствие того, что в пределах конкретного рода агроландшафтов встречаются геоморфологические образования, сильно различающиеся по генезису. Агрогеосистемы, в которых генетически однородны как почвообразующие породы, так и рельеф, называются типами агроландшафтов. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия, учитывающие природные и агропроизводственные условия внетаксономических групп типов агроландшафтов, называются базовыми моделями АЛСЗ.

2.1. Принципы ведения современного сельского хозяйства в пределах полесий

Основным приемом экологизации антропогенной сельскохозяйственной деятельности в пределах полесий является разработка для их условий адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ).

АЛСЗ – это система использования земель определенной агроэкологической группы, ориентированная на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия [7, 8]. Она отличается от зональной системы земледелия более определенным экологическим адресом и адаптивностью к различным уровням интенсификации производства, хозяйственным укладам и требованиям рынка. Пространственное размещение АЛСЗ в значительной мере обусловлено эколого-ландшафтными условиями.

Механизм формирования АЛСЗ заключается в нахождении агроэкологических ниш или создании их путем последовательной оптимизации лимитирующих факторов для размещения посевов сельскохозяйственных культур, продукция которых пользуется спросом на рынке, с учетом их биологических и агротехнических требований и экологических ограничений техногенеза. За счет рациональной организации территории и оптимизации технологий возделывания растений обеспечивается экологическая устойчивость производства и агроландшафтов. При разработке и освоении АЛСЗ решаются следующие задачи: 1. Агроэкологическая оценка земель по ресурсам плодородия, тепла и влагообеспеченности; 2. Система агроэкологической оценки сельскохозяйственных культур; 3. Сближение хозяйственных и экологических целей на основе рационального природопользования; 4. Рациональное использование природных и хозяйственных ресурсов земледелия; 5. Комплексный учет организационно-экономических и природных особенностей сельхозпредприятий при выборе их специализации и формировании структуры посевных площадей; 6. Адаптация агротехнологий, системы обработки почвы, удобрений и других элементов системы земледелия к конкретным агроэкологическим группам земель и с учетом экономических условий; 7. Эффективное использование материальных и денежных ресурсов, достижение потенциальной продуктивности земель.

Основными принципами формирования АЛСЗ являются: 1. Дифференцированная, на уровне агроэкологических групп земель, адаптация земледелия к условиям ландшафта. Выделяются эколо-

гически однородные типы, виды земель и для них разрабатываются структура использования пашни и соотношение угодий, севообороты, агротехнологии различной интенсивности. Агроэкологическим адресом такой системы земледелия становится агроэкологическая группа земель зональной (подзональной) провинции почвенно-экологического или природно-сельскохозяйственного районирования. Она характеризуется однотипным набором лимитирующих факторов сельскохозяйственного землепользования, по интенсивности проявления которых выделяются агроэкологические подгруппы. Выделяемые в их пределах элементарные земельные участки (элементарные ареалы агроландшафта, элементарные структуры почвенного покрова или элементарные структурные единицы агроландшафта) однородные по агроэкологическим требованиям основных сельскохозяйственных культур, формируют агроэкологические типы земель, для условий которых и разрабатываются севообороты с адаптированными технологиями возделывания включенных в них культур. 2. Соответствие агроэкологической оценки земель требованиям сельскохозяйственных культур. В системе адаптивно-ландшафтного земледелия в основу агроэкологической оценки земель положено соответствие эталонных значений их основных диагностических параметров (ОДП) основным агроэкологическим требованиям растений: к литолого-геоморфологическим, почвенно-агрохимическим, климато-гидрологическим и санитарно-экологическим условиям произрастания. При наличии существенных различий в уровне производственно-финансового и кадрово-технического обеспечения сельхозтоваропроизводителей в пределах всех основных природно-сельскохозяйственных регионов России АЛСЗ должны быть четко дифференцированы и по уровню рекомендуемой технологической интенсификации земледелия, реально обеспеченного ресурсными возможностями хозяйства [7, 8].

Ландшафтно-мелиоративные системы земледелия (ЛМСЗ) являются следующим этапом развития теории адаптивного земледелия для условий Нечерноземной зоны. Основываясь на изложенных принципах, теория ЛМСЗ уточняет и дополняет их, учитывая природные и производственные особенности переувлажненных земель. Основной отличительной особенностью ЛМСЗ является всемерный учет ландшафтно-мелиоративной обстановки в пределах определенного географического выдела. Следует отметить многоступенчатый алгоритм ее создания, который учитывает природные особенности различных иерархических уровней биосферы.

При разработке ЛМСЗ различных уровней, кроме агроэкологических требований растений, определяются и учитываются их адаптивные реакции на изменение природной среды внутри изучаемого выдела в различной агроклиматической обстановке, поэтому особую значимость приобретают многолетние мониторинговые наблюдения за продукционным процессом растений в пределах агроэкологических полигонов. Основным способом адресного размещения посевов в пределах агрогеосистем является метод прогнозирования урожайности и устойчивости агроценозов в различных ландшафтных условиях с помощью математического моделирования продукционного процесса и визуализации его результатов на основе ГИС-технологий [158].

ЛМСЗ является современной системой планирования экологизированного сельскохозяйственного производства на уровне регионов и отдельных хозяйств. Она предусматривает оптимизацию соотношения луга, леса и пашни в пределах регионов и хозяйств, максимальное использование природно-ресурсного потенциала геосистемы и биопотенциала сельскохозяйственных культур вследствие рационального размещения их посевов в пределах ландшафта, производство дешевой и экологически чистой продукции при сохранении почвенного плодородия и биоразнообразия экосистем.

ЛМСЗ разрабатывается на основе синтеза новейших достижений географов, экологов, агрономов и мелиораторов в области оптимизации производства сельскохозяйственной продукции и охраны окружающей среды. Организация хозяйств на принципах ЛМСЗ позволяет резко снизить себестоимость продукции и затраты на ирригацию ландшафта, учесть экологические нормативы и требования рынка, повысить эстетическую привлекательность окружающих пейзажей.

ЛМСЗ дает возможность предотвратить деградиционные процессы в ландшафте, уменьшить затраты труда и материально-денежных ресурсов на 15–20% на единицу продукции по сравнению с традиционными технологиями, снизить зараженность и засоренность посевов путем их рационального размещения в ландшафте, максимально адаптировать новейшие (точные, координатные) технологии выращивания культур к природно-экономическим условиям хозяйства.

Первые исследования по мелиорации полесий проводились еще в конце позапрошлого столетия. И. И. Жилинским был осуществлен ряд экспедиций по осушению Мещеры. В 1950–1960 гг. был накоплен огромный научно-практический опыт по гидромелиорации, сельскохозяйственному и промышленному освоению различных районов пояса полесий [2]. В настоящее время для полесий характерна высокая мелиоративная, земледельческая, пастбищная, лесохозяйственная, водохозяйственная и локально-горнодобывающая освоенность [238].

В условиях ЛМСЗ полесских ландшафтов на территориях с атмосферным типом водного питания целесообразно применять интенсивные технологии выращивания культур (в структуре угодий преобладает пашня с плодосменными севооборотами). В условиях грунтового типа водного питания необходимо развивать землепользования с преобладанием лугопастбищных угодий и зернотравяными севооборотами на пашне.

Как уже отмечалось, большая часть усилий исследователей, работающих в области создания ЛМСЗ, направлена на определение основных приемов адаптации производства на микроуровне. При этом за основной принцип территориальной адаптации производства принималась привязка его элементов к элементарным агроареалам – мельчайшим территориальным ячейкам, однородным в агропроизводственном отношении. Большинство авторов [188, 187, 192, 193], (Сорокина, 1993, 1995; Карманов, Булгаков, 1997) за элементарные агроареалы принимают либо ЭПА – элементарный почвенный ареал, либо ЭПС – элементарную почвенную структуру. Исходя из приведенных положений, попытаемся проанализировать возможности использования параметров структуры почвенного покрова (СПП) в целях создания ландшафтно-адаптивных систем земледелия.

Почвенный покров, являясь результатом взаимодействия всех компонентов ландшафта, трансформируется при изменении любого из них. Наиболее существенную и резкую трансформацию почвенного покрова (ПП) вызывает антропогенная деятельность, под воздействием которой естественная СПП переходит в новое качество.

Для правильного понимания сущности процессов антропогенной эволюции СПП ландшафтов гумидной зоны необходимо изучать почвенный покров лесных биогеоценозов.

Лесные биогеоценозы (БГЦ) характеризуются наличием большого числа связей между компонентами, составляющими их, сложной пространственной структурой, неоднородностью строения как по горизонтали, так и по вертикали (Дылис, 1969, 1976). Под пологом коренных лесов формируется почвенный покров, зависящий и от современных параметров БГЦ, и от прошлых фаз почвообразования (Таргульян, Соколов, 1978; Роде, 1980). В отличие от других биоценологических систем (степей, тундры и др.), в лесном БГЦ растительность играет значительно большую роль в развитии индивидуального почвенного профиля и в формировании всего почвенного покрова (Ефремов, 1975).

Древесная растительность, во-первых, в большей мере определяя направленность почвообразовательных процессов, создает крайне неравномерное биоценологическое поле, которое способствует созданию достаточно пестрого почвенного покрова (Уранов, 1965; Карпачевский, 1981; Дмитриев и др., 1979; Холопова, 1982 и др.), во-вторых, педотурбационные процессы, присущие лесным БГЦ, постоянно изменяют как строение индивидуальных профилей почв, так и характеристики биоценологических полей, а также микро- и нанорельеф земной поверхности. В силу этих причин возраст различных горизонтов профилей почв неодинаков: иллювиальные горизонты отражают воздействия прошлых циклов почвообразования, а верхняя часть профиля формируется под воздействием современных процессов [180].

Неоднородность воздействия биологических факторов, выражающаяся в возникновении горизонтальной (парцеллярной) структуры БГЦ, приводит к дифференциации почвенного покрова и формированию тессер-системы анизотропности почв. Границы тессеры определяются биоценологическим полем конкретных эдификаторов. Если под напряженностью биоценологического поля понимать степень воздействия его на почву (поступление опада, осадков, света и т.д.), то по мере удаления от центра тессеры (эдификатора парцеллы, организатора системы) напряженность меняется, что приводит к закономерной смене профилей в пространстве (по радиусу тессеры). От размеров биоценологического поля зависит и размер тессеры, и степень ее дифференциации. Так, деревья имеют биоценологическое поле с радиусом n м и площадью $n \cdot 10$ м, кустарники – радиус n м, площадь $n \cdot 1$ м. Травы обладают биоценологическим полем диаметром до 1 м и площадью $n \cdot 1$ дм (Карпачевский, 1979). Площади геоконсорции – ценочайки (Зубков, 2000) в травянистых сообществах составляют, по В. И. Василевичу (1983), около 1 м^2 . В агроценозах пшеничных полей ценочайки занимают площадь существенно меньшую. Так, на посевах пшеницы обнаружена самая низкая вариабельность показателей при площади учетной делянки в $0,5 \text{ м}^2$. Наименьшая вариабельность проективного покрытия у дикорастущих растений также обнаружена при площади учетной делянки в $0,5 \text{ м}^2$ (Kershaw, 1957). По Б. М. Миркину (1976), площадки размером $0,1\text{--}0,25 \text{ м}^2$ соответствуют площади опознания травянистых фитоценозов.

Взаимное наложение биоценологических полей различных растений создает сложную и пеструю почвенно-географическую картину. Так, А. Ф. Циганенко (1967) подчеркивает, что на территории лесных угодий, где влияние человека было минимальным, неоднородность почвенного покрова часто может наблюдаться даже в пределах 1 м^2 . А. М. Кремер (1970) отмечает «ритмичную карликовую пятнистость» глубины оподзоливания в тайге.

При детальном изучении лесного участка Верхневолжской низины Л. П. Ильина (1970) отметила резко выраженную комплексность почвенного покрова. Здесь на протяжении 10 м 9 раз наблюдался четкий переход среднеподзолистой почвы в сильноподзолистую и сильноглубокоподзолистую почву. Структурные элементы комплекса имели площадь 0,5–1,4 м², что связано с их биогенным происхождением (размером приствольных оторфованных повышений, муравейников и т.д.).

Е. А. Дмитриев и В. П. Самсонова (1979) выявили ряд статистически значимых квазипериодичностей с длиной периода от 0,3 до 4 м и более. Низкочастотную составляющую (4 м) в пространственной изменчивости свойств почв они объясняют воздействием древесной растительности.

Строение и рисунок почвенного покрова лесных угодий сравнительно динамичны и могут изменяться в течение десятков лет, в то время как состав его достаточно стабилен (Карпачевский, Киселева и др., 1968; Дмитриев, Карпачевский и др., 1979). Кроме фитогенных полей, на характер СПП лесных БГЦ влияет мезо-, микро- и нанорельеф земной поверхности, который ответствен, наряду с биогенными факторами, за изменение качественного состава и процентного соотношения компонентов ЭПС и почвенных комбинаций (ПК) (Шершукова, Павлова, 1975), [345,181]. Так, мезорельеф, в значительной степени управляя потоками вещества и энергии, способствует смене почв в пределах катены, а его микро- и наноформы – вариабельности свойств почв в пределах ЭПС и ЭПА.

По мнению В. М. Фридланда [367], «...почвенные комбинации и структуры почвенного покрова представляют собой лишь стадии общего процесса эволюции почвенного покрова. Исходя из него, следуя В. Б. Сочаве (1967), который создал представление об актуальной географической среде и потенциальной географической среде, ввести представление об актуальной и потенциальной структуре почвенного покрова. Актуальной СПП мы будем называть современную СПП. Потенциальная структура почвенного покрова – понятие многозначное. Оно включает те СПП, которые возникнут из актуальной в процессе ее естественного развития». Далее он продолжает: «...кроме естественных потенциальных структур существуют и искусственные потенциальные структуры почвенного покрова, которые могут возникнуть в результате хозяйственной деятельности человека, причем их возникновение может быть следствием как направленного, так и стихийного процесса» [367].

Как известно, распашке территории предшествует этап сведения леса, который также влияет на структуру почвенного покрова угодий. Г. Е. Пятецкий и Р. М. Морозов [302] изучали изменение почв на лесных вырубках в Карельской АССР. Они показали, что наибольшие изменения происходят в почвах, не заболоченных под лесом и заболочиваемых на вырубках. Менее интенсивны изменения в почвах, где и после вырубки заболочивание не наступает. Поскольку подобные почвы обычно чередуются в пространстве, образуя СПП, то она изменяется существенно, так как эволюция каждого из компонентов протекает своеобразным путем.

За многовековую историю сельскохозяйственного освоения Нечерноземной зоны площадь лесов непрерывно уменьшалась, и на месте лесных угодий возникали ПТК, функционирующие по иным законам (Осипов, Гаврилова, 1983).

При сведении леса и распашке территории сильно изменяются свойства не только отдельных почвенных разностей, но и всего почвенного покрова в целом. М. А. Глазовская (1989), отмечает, что при смене естественных БГЦ агроценозами, слагаемыми, в отличие от первых, лишь одним видом растений, устойчивость системы уменьшается. Неустойчивость агроэкосистем обусловлена законами миграции вещества и является одной из главных проблем современного почвоведения и агроценологии.

Агробιοгеоценозы, по общему признанию (Бей-Биенко, 1957; Гиляров, 1963; Григорьева, 1965; Заславский, Супоняев, 1967; Тишлер, 1971; Сытник и др., 1987; Соколов и др., 1994; Вронский, 1996), обладают пониженной способностью саморегуляции идущих в них биоценологических процессов.

Прежде всего следует отметить изменения морфологического строения почвенного профиля при освоении. По мнению В. Р. Вильямса (1938), без создания в почвах глубокого культурного пахотного слоя немыслим никакой прогресс в современной земледелии, поэтому основные изменения в морфологическом строении профиля, связанные с освоением и окультуриванием почв, затрагивают обычно верх почвенной толщи [282, 58]. Однако ряд исследователей (Строгонова, Бондарь, Карпачевский, 1989) утверждают, что при окультуривании лесных почв коренным образом меняются морфологические свойства и структурная организация всего почвенного профиля.

В. К. Пестряков [282] выделяет три стадии окультуривания почв.

1. Освоенные почвы – почва утрачивает значительную часть гумуса, элементов питания, поглощенных оснований по сравнению с целинной почвой, разрушается ее структура, т. е. наступает деградация плодородия. Явление подзолообразования на этой стадии не только не ослабевает, а заметно усиливается.

2. Окультуренные почвы – для них характерно наличие запасов органического вещества и азота в профиле на уровне исходных целинных почв или несколько большем и резкое увеличение содержания и запасов легкоподвижных форм элементов питания растений. В почвообразовательном процессе начинают доминировать процессы аккумуляции веществ в почвенном профиле, хотя вымывание веществ все же присутствует.

3. Сильноокультуренные почвы – современные огородные почвы. Для них характерно резкое увеличение содержания и запасов гумуса и азота.

Затухание элювиальных процессов по мере окультуривания почв отмечают также Н. А. Караваева и С. Н. Жариков [178, 179]. Б. А. Никитин [269] высказывает мысль о практически полном отсутствии процесса оподзоливания в пахотных почвах. В. Д. Муха [263] предлагает выделять культурное почвообразование как самостоятельный процесс, имеющий специфические особенности своего проявления, соответствующие системе сельскохозяйственного использования в каждой природной зоне.

При вовлечении лесных угодий в сельскохозяйственный оборот изменяется также СПП территории. Основным отличием пашни от леса является отсутствие на ней древесной растительности, поэтому современное фитогенное поле не оказывает какого-либо воздействия на СПП пашни, так как фитогенные поля культурных растений, накладываясь друг на друга, создают достаточно ровный фон (Федоровский, 1978; Карпачевский, 1979). Однако бывшее фитогенное поле все же оставляет свой отпечаток на СПП пашни в виде густо расположенных пятен почв небольшого размера, обусловленных следами выкорчеванного леса (Щерба, 1968). Микрокомплексность – не зависящее от микрорельефа изменение свойств дерново-подзолистой пахотной почвы на протяжении 1–2 м, обнаружил также И. С. Степанов (1958). Вслед за В. М. Фридландом [368] микропестроту ПП пашни, оставшуюся от бывшего леса, мы называем реликтовой чертой СПП пашни.

Кроме реликтовой микропестроты, облик СПП пашни определяют процессы водной эрозии, обусловленные как мезо-, так и микрорельефом. При распашке усиливаются процессы смыва и намыва почвенного материала и происходит некоторое «омоложение» территории. За счет эрозионных процессов усложняется ПП (Симакова, 1975; Сорокина, Козловский, 1977; Макаров, Басевич, 1989). Формируются новые виды элементарных структур почвенного покрова (ЭПС), в которых большое участие принимают эродированные и намывные почвы. На пашне увеличивается количество компонентов в ЭПС по сравнению с целиной. Сглаживается контрастность между компонентами, входящими в ту или иную ЭПС, однако различия в свойствах почв, входящих в состав ЭПС, остаются достаточно значительными и оказывают большое влияние на урожай сельскохозяйственных культур (Григорьев, Сорокина и др., 1975). По данным А. П. Сапожникова [324], естественные СПП имеют размытые или диффузные границы – антропогенез способствует усилению контрастности границ и пестроты ПП. Эти противоречия могут быть объяснены недостаточной изученностью вопроса.

Кроме названных процессов, на СПП пашни влияет собственно агротехническая деятельность человека. Исследования на серых лесных почвах показали, что применение глубокой вспашки усиливает неоднородность ПП за счет вовлечения в пахотный слой материала горизонта В1 на микроповышениях и второго погребенного гумусового горизонта в микропонижениях. Однако при высоком уровне агротехники существенных различий в продуктивности компонентов СПП при этом не наблюдается [84].

Влияние СПП на урожай сельскохозяйственных культур впервые описал Г. А. Маландин (1934). Исследования в Ярославской области (Важенина, Жирова и др., 1980) показали, что величина урожая клевера и тимофеевки находится в тесной связи с мощностью кроющего супесчаного слоя. Сильную зависимость поделяночных урожаев от пространственного изменения плодородия почв отмечал и Б. А. Доспехов (1985). Работа З. А. Прохоровой и Н. Н. Сорокиной (1975) показывает влияние компонентов ЭПС на величину урожая культурных растений. Недоборы урожая вследствие почвенно-экологической неоднородности полей могут достигать 30 % (Смеян, Черныш и др., 1986). А. В. Заболоцкий (1988) установил, что продуктивность ЭПС оказывается ниже там, где выше показатели сложности и контрастности в одном литогеоморфологическом районе.

По данным Н. П. Сорокиной и С. В. Склярченко (1988), даже при небольшом процентном участии в СПП оглеенных и эродированных почв (до 10–15 %) урожайность угодья в 70 % лет снижается на 30–70 %. Во влажный год возможна гибель урожая ячменя от вымокания даже при 8 % площади дерново-глееватых почв (Шишов и др., 1995).

З. А. Прохорова и А. С. Фрид (1993) установили статистически достоверные различия в урожайности между основными разностями дерново-подзолистых почв, в то время как внутри отдельных почвенных разностей им не удалось установить надежную связь урожая и агрохимических параметров.

Все эти данные заставляют некоторых исследователей (Романова, Пучкарева, 1978; Качков, 1978; Кауричев и др., 1992; Сорокина, 1983, 1993; Карманов, Булгаков и др., 1995) использовать СПП как основу для уточнения и углубления специализации сельскохозяйственного производства, привлекать данные об СПП территории при сельскохозяйственной типизации земель, так как по уровню плодородия различаются не только компоненты почвенных комбинаций, но и сами почвенные комбинации. Н. И. Смеян, А. Ф. Черныш и другие авторы (1988) предлагают на основе знаний об СПП территории выделять экологически однородные участки, так как установлено, что наибольшая продуктивность севооборота достигается там, где поле представлено одной или несколькими близкими по свойствам почвами.

Кроме пассивного учета характеристик СПП, для более рационального использования земель используется активный метод ее реконструкции [340] путем пескования, торфования и планировки микрорельефа. Но, по мнению Л. Л. Шишова, В. Д. Андронникова и других (1988), уже накоплено много примеров несостоятельности идеи гомогенизации почвенного покрова при создании культурных угодий. Это связано с известной буферностью почвенного покрова как системы, отсутствием возможностей воздействовать на причины, вызывающие развитие неоднородности, и др. Опыт освоения Нечерноземья показал, что такой подход нарушает естественноисторические связи в ландшафте.

Чисто почвенный подход в оценке продуктивности пашни критиковал А. П. Петров в 1955 г., говоря о том, что классификационно-идентичные почвы в разных условиях по-разному способствуют произрастанию культурных растений. Он ставил вопрос о необходимости создания новой почвенной классификации, учитывающей прежде всего требования растений.

К. Круминьш [217] и Р. Я. Сталбов [340, 341], изучавшие окультуренные почвы Прибалтики, пришли к выводу о том, что изменение почвенного покрова в процессе окультуривания проходит два этапа. Первый этап проявляется, главным образом, в смыве и намыве почвы, то есть в усложнении СПП и увеличении контрастности почвенного покрова. Второй этап (вторичное окультуривание по Круминьшу) заключается в выравнивании свойств почвенного покрова.

Принципиально схожий вывод был получен на основании анализа пестроты химических свойств почв [5]. Оказалось, что при переходе от целинных территорий к освоенным угодьям с недостаточно окультуренными, неправильно используемыми почвами пестрота основных агрохимических свойств (кислотность, содержание подвижных форм фосфора и калия и др.) возрастает. Территория с хорошо окультуренными почвами имеет значительно меньшую пестроту химических свойств [367]. Подобные явления отмечают также В. Ф. Басевич, В. Н. Бганцов и др. [29].

Степень контрастности почв обычно устанавливается по наиболее резко различающимся свойствам. Чем больше вариабельность одного или нескольких свойств всех почв рассматриваемой территории, тем большей можно считать их контрастность [37]. Исходя из этого можно утверждать, что по мере окультуривания изменяется и контрастность почвенного покрова.

Анализируя изложенное, отметим, что сразу после освоения наблюдается деградация как отдельных почв, так и всего почвенного покрова и лишь на последующих этапах окультуривания происходит изменение свойств отдельных почв и всего ПП в более благоприятную сторону. Таким образом, схема К. Круминьша [217] во многом совпадает со схемой В. К. Пестрякова [282], и обе они свидетельствуют о нелинейном характере изменений свойств почв и почвенного покрова при освоении.

Почвенный покров на распаханых угодьях, по-видимому, находится в неустойчивом состоянии, так как при забрасывании пашни начинается процесс «обратной» эволюции. По данным Л. О. Карпачевского и Г. В. Бобковой [180], в лесных биогеоценозах, где нарушение сложения почвы происходит без нарушения состава и строения древостоя, а его масштабы не превышают нескольких квадратных метров, восстановление почвенного профиля происходит в течение 20–50 лет.

Изменение морфологических свойств почв при забрасывании полей изучали О. Ю. Баранова и Г. Б. Номеров (1985), а также Л. О. Карпачевский и др. [181]. Они установили, что почва при забрасывании проходит ряд стадий изменения морфологического строения, но в основном новая лесная почва еще очень долго наследует признаки пахотного периода в виде слабовыраженного горизонта A_{p2} . В то же время С.В. Пономаренко и А.В. Гынинова (1988) установили, что из супесчаной распаханной почвы за 100 лет зарастания сформировался профиль, обычно характерный по мобильным химическим свойствам для зрелых дерново-подзолистых почв. Таким образом, эволюция почвенного покрова при лесовосстановлении идет со значительной скоростью. В результате восстанавливаются зональные почвы и типичная структура коренных БГЦ. Пахотный горизонт при облесении сохраняется до 100 лет и более в виде ровного горизонта A_1A_2 [181].

Одним из мощных средств изменения уровня почвенного плодородия является осушительная мелиорация земель. Начиная с 60-х годов темпы осушения земель в СССР непрерывно нарастали

(Шульгин, 1980). Осушение способствует изменению как морфологического строения почвенного профиля (Ефремов, 1975), так и структуры почвенного покрова (Петров, 1987). По данным А. А. Завалишина и Б. В. Надеждина (1954, 1961), Ф. Р. Зайдельмана (1974), а также Р. Novak (1986), при осушении ни один из морфологических признаков полугидроморфных почв не остается без отчетливо выраженного изменения, примерно соответствующего новому типу водного режима почвенного профиля. Важнейшими изменениями являются разложение органического вещества и осветление гумусовых горизонтов, исчезновение конкреций и новообразований железа и, наоборот, их образование там, где их раньше не было. Преобразование гетерогенной цветовой картины мраморизованных или пятнистых горизонтов в более ровно окрашенные – преимущественно в коричневые оттенки; переход серо-голубых и серо-зеленых оттенков глееватых горизонтов в светло-серые с одновременной трансформацией железистых трубчатых конкреций в пятнистые. А. Ю. Паас (1985), В. Н. Ефремов и Н. Ф. Лукина (1986) показали, что основным процессом превращения органического вещества торфяной почвы при длительном освоении и осушении является его минерализация.

По данным Б. А. Никитина и К. В. Федорова (1977), а также Н. В. Мелентьевой [244], Ф. Р. Зайдельмана [106, 111], наличие железистого горизонта в профиле осушенных песчаных почв низинных болот является их генетической особенностью. Запасы железа в корнеобитаемом слое этих почв в два, а иногда и в десять раз превышают запасы других зольных элементов.

И. Н. Скрынникова [333] показала, что осушение и освоение торфяно-болотных почв приводит к образованию новых типов почв, не имеющих аналогов среди целинных почв. С. М. Зайко с соавторами [144] отмечает, что осушенные торфяные почвы под влиянием сельскохозяйственного использования постепенно превращаются в дерново-глееватые, дерновые оглеенные снизу, причем скорость изменения осушаемых почв и конечная стадия их эволюции зависят от уровня грунтовых вод. При УГВ 50–80 см происходит более медленное изменение мелиорированных почв, их превращение в довольно плодородные дерново-глееватые или дерново-перегнойно-глееватые почвы. При переосушении мелиорированные торфяные почвы трансформируются в дерново-подзолистые. Отсюда следует, что при осушении заболоченных массивов происходят значительные изменения почв, при этом изменения тем сильнее, чем сильнее была заболочена осушаемая почва.

В. Б. Петров (1987) обнаружил, что в результате осушительной мелиорации может происходить как гомогенизация почвенного покрова, так и его гетерогенизация. По данным С. Н. Алексеенко (1982), даже незначительное изменение нормы осушения оказывает существенное влияние на долговечность торфяно-болотных почв. Так как норма осушения на территории всего массива неодинакова, то это приводит к возникновению резких различий по степени увлажнения почв и к распаду некогда единого почвенного контура на несколько мелких.

С. М. Зайко [144] утверждает, что в связи с эволюцией торфяных почв происходит изменение СПП в сторону ее усложнения, снижения средневзвешенного балла бонитета, усиления контрастности. С этим утверждением согласуются данные Р. Р. Руль и М. А. Климина [320], которые зафиксировали усложнение СПП при осушении песчаных торфяных массивов Приамурья. Крайне интересна в этом отношении работа Х. А. Кутыева [223], который проследил изменение СПП осушаемых угодий, находящихся на разных частях катены, и отметил, что в результате осушения изменяется соотношение компонентов СПП, увеличиваются показатели расчлененности и сложности, образуются новые техногенно измененные разновидности почв. Однако в этой работе изучалось прежде всего влияние осушения на СПП (так как сравнивались осушенные поля с неосушенными). Не зная влияния на СПП этих полей фактора агротехнического воздействия, невозможно выяснить характер взаимодействия этих двух тенденций в ходе единого процесса эволюции СПП осушенного поля, а следовательно, нельзя прогнозировать ее дальнейшее изменение.

По данным Ф. Р. Зайдельмана [117], в процессе осушения тяжелосуглинистые дерново-глеевые карбонатные почвы превращаются в дерново-подзолистые глубоко-оглеенные, тяжелосуглинистые дерново-подзолистые оглеенные – в дерново-сильноподзолистые глубокооглеенные, песчаные дерново-подзолистые глеевые – в либо дерново-подзолистые глубокооглеенные, либо, при наличии железистых грунтовых вод, в дерново-подзолистые ортзандовые глубокооглеенные.

Следует подчеркнуть, что трансформация СПП, образованной в основном полугидроморфными почвами, также часто происходит при изменении уровня грунтовых вод [173]. Так, Б. Ф. Апарин, Г. М. Быстряков и др. [18], изучая изменение под воздействием осушения СПП, состоящего из контуров среднесуглинистых дерново-подзолистых глееватых и дерново-глеевых почв, отмечали явление сильного упрощения СПП после семи лет работы дренажа. Г. И. Григорьев, А. С. Коновалова и др. [76] указывали на сильное усложнение почвенного покрова, состоящего из дерново-подзолистых среднесуглинистых и тяжелосуглинистых почв, орошаемых в течение восьми лет. Следовательно,

изменение УГВ по-разному влияет на характеристики ПП в зависимости от приуроченности территории к тому или иному участку катены. Подтверждением этой мысли может служить работа П. Н. Балабко и Е. А. Стыциной [22], в которой приводятся материалы изучения изменения СПП пойменных почв под влиянием осушительно-оросительной мелиорации. Авторы отмечают, что наиболее существенные изменения произошли в притеррасной части поймы, где в пределах ранее однородного контура легкосуглинистых аллювиальных лугово-болотных почв выделилось несколько контуров, образующих комплекс аллювиальных лугово-болотных и луговых почв. Коэффициент сложности притеррасной части поймы возрос от 0,02 до 0,45, а коэффициент контрастности – от 0 до 25,6. Почвенный покров центральной поймы стал менее контрастным. Наименьшей трансформации подвергся ПП прирусловья.

Изменение СПП при осушении может произойти не только за счет изменения УГВ, но и в результате перемещения и срезки значительных объемов почвы, создания вертикальных новообразований в виде траншейной обратной засыпки или дренажных фильтров (Зайдельман, 1988).

Таким образом, почвенный покров, одновременно являясь компонентом и функцией ландшафта, зависящим от состояния любого ландшафтного фактора, а также объектом хозяйственной деятельности человека, откликается на все изменения, происходящие в системе компонентов ПТК. Основная адаптивная реакция ПП – эволюционное изменение, по-разному протекающее в зависимости от изменяющихся факторов и ландшафтных координат конкретной СПП. Анализируя все, приведенное выше, можно сделать следующие **выводы**:

1) процесс изменения СПП под воздействием окультуривания имеет нелинейный характер: на первых этапах окультуривания СПП, как правило, усложняется, а на последующих – происходит гомогенизация почвенного покрова;

2) нелинейный характер имеет также процесс изменения СПП при понижении УГВ – из литературных данных видно, что происходит усложнение СПП при осушении болотных массивов и сильно переувлажненных минеральных почв и ее упрощение при осушении земель, занятых полугидроморфными почвами;

3) приведенный материал показывает, что каждое осушенное поле подвергается, кроме осушения, окультуриванию, и в зависимости от того, на каком элементе рельефа оно находится, а также от того, насколько оно окультурено, получается множество вариантов взаимодействия процессов осушения и окультуривания;

4) в большинстве рассмотренных работ изучение процесса изменения СПП поля под воздействием осушения проводилось без учета процесса эволюции СПП под воздействием окультуривания. При этом угодье, как правило, не воспринималось как сложная ландшафтная система, состоящая из ПТК различных рангов, почвенный покров которых неодинаково реагирует на однотипные воздействия.

Итак, прежде чем использовать параметры СПП в целях создания ландшафтно-адаптивных систем земледелия, необходимо более тонко понять механизм эволюции СПП под воздействием антропогенных и ландшафтных факторов. Попытка выяснения характера воздействия осушения и окультуривания на параметры СПП в зависимости от ландшафтных условий была предпринята нами в 1985–1990 гг.

При изучении данного вопроса единый процесс эксплуатации осушаемых угодий разбивался на два блока – осушения и окультуривания ПП, при этом под процессом окультуривания мы понимали комплекс агротехнических воздействий на почвенный покров, а под процессом осушения – мероприятия по понижению уровня грунтовых вод и организации поверхностного стока. Почвенный покров изучался на двух иерархических уровнях ПТК – на уровне урочищ, которые представлены целиком угодьями (полями севооборотов или однородными массивами лесов), а также на уровне фаций, представленных частями угодий, расположенных в пределах какого-либо элемента мезорельефа («Охрана ландшафтов. Толковый словарь», 1982; Соловьев, Карпов, 1983).

2.1.1. Оптимизация соотношения угодий в пределах полесий

Начальной стадией разработки ЛМСЗ какой-либо территории является определение для нее оптимального соотношения луга, леса и пашни. Это позволяет оптимизировать основные агроландшафтные процессы (баланс тепла и влаги, миграцию элементов питания, интенсивность и направленность поверхностного стока и т.д.), создать благоприятную обстановку для произрастания культур и проведения технологических операций, а также эстетически привлекательный облик местности. Первым этапом оптимизации структуры угодий является изучение особенностей морфологического устройства агрогеосистем, основными параметрами которого выступают средние значения площадей агромикрорландшафтов – элементарных геохимических ландшафтов (ЭГЛ) в их пределах.

В результате изучения природной среды основных типов ЭГЛ проводят анализ их производственного потенциала и определяют характер потенциального распределения угодий в пределах изучаемой территории. На основе сопоставления данных по площадям ЭГЛ и особенностей потенциального распределения угодий выявляют потенциальную структуру угодий агрогеосистемы, под которой понимается соотношение максимально возможных площадей угодий, обусловленное генетическими особенностями агроландшафтов (свойствами рельефа, пород, почв и т. д.) и его морфологической структурой.

При проведении ландшафтно-производственной оптимизации исходят из параметров потенциальной структуры угодий. При учете доли и особенностей расположения лесов, болот и прочих сельскохозяйственных территорий, а также специализации хозяйства на ее основе возможно получить оптимальную структуру угодий. Параметры оптимальной структуры определяются путем анализа агроландшафтных карт хозяйств, природных характеристик основных микровыделов и характера производства сельскохозяйственной продукции в данном хозяйстве.

В режиме ландшафтно-экологической оптимизации, кроме потенциальной структуры, производится расчет параметров адаптивной структуры угодий на основе статистического (мультирегрессионного) анализа зависимости продуктивности сельскохозяйственных растений от площадей угодий в пределах репрезентативной выборки наиболее типичных хозяйств.

Зависимость урожайности культур от доли пашни в агроландшафте обусловлена тем, что при ее малых значениях затруднительно применять интенсивные приемы обработки почв, химизации и защиты растений. Когда доля пашни превышает определенную норму, усиливаются процессы деградации почвенного покрова – эрозия, заболачивание, минерализация гумуса и т.д. Лугопастбищные угодья, влияя на энергетику и гидрологию ландшафта, являются также источниками органического вещества, поступающего в виде навоза на поля, поэтому зависимость урожайности культур от их доли в агроландшафте очевидна.

Оптимальная структура угодий определяется в результате сопоставления параметров адаптивной и потенциальной структур. Рассчитывается соотношение площадей пашен адаптивной и потенциальной структур, которое является коэффициентом пересчета площади всех параметров адаптивной структуры (табл. 2.10).

Таблица 2.10 – Значение различных параметров структур угодий в пределах полесий

Структура (севообороты)	Параметры структуры угодий, %			
	пашня	сенокос	пастбище	нес.-х. тер.
Потенциальная	23,4	60,0	7,5	
Адаптивная (Плодосменный)	28,0	9,0	12,0	51,0
Адаптивная (Зернотравяной со льном)	25,0	8,0	11,0	56,0
Оптимальная (Плодосменный)	23,0	7,2	9,6	60,2
Оптимальная (Зернотравяной со льном)	23,0	7,2	9,9	59,9
Сложившаяся	24,5	8,3	9,4	56,8

Сопоставление параметров адаптивной и потенциальной структур позволяет определить экологические границы устойчивости ландшафтов к антропогенному прессу. Так, если в пределах какой-либо территории доля пашни не превышает потенциального значения, можно говорить о том, что этот геокомплекс находится в состоянии устойчивого экологического равновесия. Когда доля пашни превышает потенциальное значение, но не достигает уровня адаптивного, можно говорить о неустойчивом равновесии в агроландшафте. При превышении доли пашни значений адаптивного параметра в ландшафте начинаются необратимые деградационные изменения.

Следует отметить, что в группе полесских типов наблюдается значительное соответствие между видами структур, что позволяет максимально адаптировать производство растениеводческой продукции к ландшафтным условиям этих геосистем.

2.1.2. Правила организации территории хозяйств

После определения принципов оптимизации соотношения угодий необходимо переходить к выработке правил организации территории хозяйств.

Организация территории внутри агроландшафтов, определяющая в большой степени адаптивные возможности ЛМСЗ, обусловлена тремя составляющими: 1) характером их микроландшафтного устройства; 2) выбором сочетания элементов систем земледелия, с которым блок организации территории связан обратной кибернетической связью – под ее воздействием происходит некоторая корректировка как организации территории урочища (в рамках мягкого ландшафтного каркаса), так и набо-

ра элементов системы земледелия, реализуемого в данном хозяйстве; 3) потенциалом агроэкологической адаптации земледелия, зависящим от специфики и экономических ресурсов предприятия. Основной трудностью в организации территории конкретных хозяйств, представляющих собой в ландшафтном смысле совокупность групп однотипных агроландшафтов (местностей), заключается в нарезке угодий в пределах урочищ. Проведение границ между урочищами при наличии ландшафтной или топографической карты не представляет серьезных трудностей, так как они, в силу своей автономности, уверенно отделяются друг от друга системой тальвегов. Совокупность границ между местностями и урочищами образует жесткий ландшафтный каркас (ЖЛК) в пределах хозяйства, видоизменить который весьма затруднительно. Характер жесткого каркаса определяет основные линии водотоков, которые надо учитывать при планировании агромелиоративных и землеустроительных мероприятий. Границы между агромикрорландшафтами (АМЛ) в пределах урочища образуют мягкий ландшафтный каркас (МЛК), далеко не всегда заметный визуально. Поля, границы которых определяются линиями мягкого ландшафтного каркаса, максимально вписаны в природную обстановку. Жесткий ландшафтный каркас достаточно полно учитывается и традиционным землеустройством, в то время как МЛК очень часто игнорируется, что приводит к объединению в одном технологическом массиве экологически различных территорий. Это объясняется тем, что очень сложный характер линий МЛК не всегда дает возможность нарезать массивы, удобные в технологическом отношении.

Особенность ЛМСЗ – повсеместный учет мягкого ландшафтного каркаса либо в виде границ полей, либо в виде маркера агромелиоративных воздействий, при этом возникает задача разработки критериев нарезки технологических границ полей на основании линий МЛК. Существуют два основных способа размещения угодий: катенарный – при котором чередование угодий и севооборотных массивов полностью подчинено закономерностям изменения рельефа территории, и мозаичный, характеризующийся регулярным (шахматным или сотовым) чередованием угодий. Первый способ предназначен для организации территорий в условиях сильнопересеченной местности, а второй – для нарезки полей в условиях пластовых равнин. Существует также масса переходных (катенарно-мозаичных) способов размещения угодий.

В условиях фермерских хозяйств, с их малой площадью и недостаточными финансовыми ресурсами, возможно применение пассивного варианта агроэкологической адаптации производственных процессов, допускающих наличие севооборотных массивов, включающих в себя лишь один агромикрорландшафт (АМЛ) (50–100 га), размещенных по катенарному способу. При таком подходе в пределах одного хозяйства может применяться относительно широкое сочетание элементов систем земледелия (севооборотов, систем обработки почв, питания и защиты растений и т. д.), наиболее полно отражающее все разнообразие природных условий хозяйства. По пути пассивной адаптации к ландшафтным особенностям территории, проводящейся без выравнивания экологических условий в пределах агроландшафта и не требующей дорогостоящих агромелиоративных мероприятий, может пойти и крупное хозяйство, однако в этом случае оно будет нести потери от разбросанности и мелкоконтурности полей.

В отличие от пассивного, активные способы адаптации земледелия к условиям природной среды подразумевают применение эффективных агромелиоративных приемов, способствующих выравниванию экологических условий в пределах агроландшафта и включению различных микрорландшафтов в единый севооборотный массив или даже поле. Роль мягкого ландшафтного каркаса в этом случае состоит в оконтуривании ареалов воздействия – он определяет рубежи осушения, орошения, химической мелиорации и т.д. Мозаичная территориальная организация хозяйства, созданная на основе активной адаптации к ландшафтным условиям, определяет меньшую адаптивность земледелия, однако большую эффективность производственного процесса.

Принципы адаптации элементов системы земледелия к микрорландшафтной обстановке зависят от многих причин. В соответствии со спецификой хозяйства границы конкретных полей могут проводиться как по линиям МЛК, так и в соответствии с жестким ландшафтным каркасом, но мягкий ландшафтный каркас всегда должен учитываться при создании ландшафтно-мелиоративной системы земледелия. В пределах крупного поля, организованного на принципах ЛМСЗ, которое включает в себя несколько АМЛ, могут находиться ареалы с различным агромелиоративным воздействием. Так, поле, включающее в себя территорию элювиального и транзитного микрорландшафтов, должно получать повышенные дозы удобрений в своей возвышенной части, в то время как в пределах всей его территории должна проводиться вспашка, ориентированная на замедление эрозионных процессов в транзитном АМЛ. Описанные операции позволяют стабилизировать временную и пространственную динамику продукционного процесса, уменьшить интенсивность смыва и вторичного заболачивания почв в связи с более рациональным размещением угодий, снизить антропогенную нагрузку на поч-

венный покров и ландшафт в целом за счет как минимализации числа проходов техники по полям, так и вследствие адресного применения агромероприятий. В конечном итоге все это приведет к уменьшению себестоимости продукции за счет как более рационального ведения хозяйства и стабилизации выхода продукции во времени и пространстве, так и экономии на затратах на рекультивацию природной среды.

2.1.3. Особенности набора культур и севооборотов в пределах полесий

В полесских агроландшафтах набор возделываемых культур ограничен. Главным фактором ограничения является недостаток в почве органического вещества, вследствие чего почвы имеют неблагоприятные физические свойства, водный и питательный режимы, низкую биогенность. Только интенсивное внесение органического вещества в виде навоза, зеленого удобрения, пожнивных остатков может привести к существенному улучшению свойств этих почв.

В пределах песчаных ландшафтов наиболее часто на продуктивность растений влияют размеры контуров угодий, ГТК, бонитет почв и содержание в них физической глины. Эти факторы взаимосвязаны – значение ГТК влияет на степень заболоченности почв, с которой также связаны размеры контуров угодий и почвенный бонитет. Содержание физической глины тоже во многом определяет бонитет почв.

Основные культуры полесских ландшафтов: люпин, сераделла, озимая рожь, овес, горох, пелюшка, гречиха. По мере окультуривания почв в посевах также включают пропашные (картофель, кукуруза, свекла), ячмень, лен, клевер, вику и другие культуры. Пропашные можно высевать на окультуренных легких почвах только при их известковании и внесении повышенных органических и минеральных удобрений. В качестве мелиорирующей культуры необходимо применение люпинов (однолетних и многолетних), растущих на самых бедных почвах с повышенной кислотностью при внесении фосфоритной муки и калийных бесхлорных удобрений. Преимущество люпина как сидерата состоит в его повышенной, в сравнении с другими бобовыми культурами, азотфиксирующей способности, глубоко проникающей в почву корневой системе, способной использовать труднодоступные фосфаты. Из зерновых экономически наиболее целесообразно выращивание озимой ржи, из пропашных – картофеля. Кормовой люпин наибольшую продуктивность дает при использовании его на зеленую массу.

Обратно пропорциональная зависимость урожайности совокупности зерновых и зернобобовых культур в пределах песчаных ландшафтов от соотношения луга и пашни объясняется экстенсивным характером освоения этих агрогеосистем человеком. В местах, где урожайность этих культур значительна, наблюдается увеличение пашни за счет лугов, что приводит к снижению экологической устойчивости ландшафтов. При этом, как правило, возрастает размер контуров угодий, что также приводит к усилению деградационных процессов. Совокупность зерновых и зернобобовых, также как и многие отдельные культуры из этой биологической группы, сильно реагируют на изменение содержания физической глины в почвах. Обратно пропорциональная зависимость урожайности зерновых от содержания физической глины объясняется тем, что за достаточно долгое время существования этих ландшафтов произошла механическая дифференциация гранулометрического состава их почв. Нами установлено закономерное утяжеление гранулометрического состава почв по мере снижения высоты местности за счет аккумуляции илистых и глинистых частиц в наиболее низких местах. Пониженные места, сложенные относительно тяжелыми почвами, характеризуются избыточным увлажнением, что негативно сказывается на урожайности зерновых.

Негативное влияние заболачивания на продуктивность этих культур косвенно подтверждается и достоверной ее зависимостью от гидротермического коэффициента. В связи с незначительной вододерживающей способностью песков рост значений ГТК до 1,37 приводит к увеличению продуктивности этих культур, однако при ГТК выше этого значения начинается заболачивание территории и угнетение зерновых.

Статистический анализ позволил обнаружить группу гидротермических факторов, значительно влияющих на продуктивность озимой ржи в условиях полесий. Наиболее сильно из них на продуктивность озимой ржи влияют осадки. В диапазоне значений их сумм от 435 до 530 мм наблюдается обратно пропорциональная зависимость ее урожайности от степени атмосферного увлажнения. По-видимому, в этих условиях при увеличении суммы осадков наблюдается усиление конкуренции за влагу между культурой и сорняками. В диапазоне значений сумм от 530 до 659 мм увеличение суммы осадков способствует повышению урожайности, так как конкурентная борьба за почвенную влагу ослабевает. Этот вывод полностью подтверждается характером зависимости урожайности ржи от запасов продуктивной влаги в почве. Установлено, что критическое значение этого параметра в полесьях равно 160 мм.

Озимая рожь реагирует и на изменение термических ресурсов агрогеосистем. Оптимальное значение ГТК для нее в условиях песчаных равнин – 1,2. Дальнейшее повышение ГТК в данных условиях означает снижение суммы температур выше 10°, что негативно сказывается на урожае этой культуры.

Наблюдается значительное влияние на продуктивность озимой ржи характера структурной организации хозяйств. Оптимальные доля пашни и размер контура угодья для этой культуры равна 60% площади хозяйства и 150га соответственно. Там, где они превышены, озимая рожь страдает от деградиционных процессов. Озимая рожь, как и вся совокупность зерновых и зернобобовых культур, сильно реагирует на вариабельность содержания физической глины в почвах.

Урожайность озимой пшеницы в пределах песчаных агроландшафтов в наибольшей степени зависит от сроков поспевания почв. В южной части Евро-Северо-Востока (Нижегородская область, республики Марий Эл и Мордовия) наблюдается обратно пропорциональная зависимость урожайности пшеницы от даты поспевания почв, а на севере этого региона (Костромская и Кировская обл.) связь их с урожайностью прямо пропорциональная. Это объясняется тем, что урожайность озимой пшеницы в пределах Евро-Северо-Востока уменьшается с юга на север, в то время как наиболее поздние сроки поспевания почв наблюдаются в центре этой территории. При движении от центра к югу и северу наблюдаются более ранние сроки наступления физической спелости почв потому, что на юге быстрее приходит весна, а на севере почвы имеют более легкий гранулометрический состав.

Оптимальное значение ГТК для этой культуры – 1,2, то есть на большей части территории песчаных равнин она ощущает недостаток тепла. Увеличение доли пастбищ в хозяйствах до 8% приводит к прогрессирующему засорению посевов и снижению урожая, дальнейшее увеличение доли этих угодий способствует оптимизации водно-воздушного режима почв, что способствует повышению продуктивности культуры. Озимая пшеница повсеместно требует внесения больших доз органических удобрений.

Фактором, наиболее сильно влияющим на продуктивность яровой пшеницы в пределах песчаных равнин Евро-Северо-Востока, является гидротермический коэффициент. Механизм его воздействия на урожайность и оптимальное значение такие же, как и для озимой ржи. В местах, где наблюдается повышенная продуктивность этой культуры, происходит увеличение доли яровых зерновых и снижение многолетних трав в структуре посевных площадей, что снижает степень биоразнообразия в агроландшафтах. Как и большинство зерновых, яровая пшеница сильно реагирует на вариабельность содержания физической глины в почвах. Эта культура нуждается также во внесении в почву больших доз органических удобрений.

Регрессионный анализ установил, что в пределах песчаных равнин Евро-Северо-Востока возрастание продуктивности ячменя сопровождается увеличением среднего размера контура угодья. При этом интенсивно осваиваются несельскохозяйственные территории. Отмечено также влияние вариабельности доли луговых угодий на его продуктивность. Оптимальное для него значение доли луговых угодий в агроландшафте – 18 %. Превышение этого значения приведет к усилению экспансии сорняков на поля, а при меньшей доле лугов ухудшается водно-воздушный режим почв. Отношение ячменя к запасам продуктивной влаги в почве такое же, как и у озимой ржи. При малых запасах (менее 160 мм) он проигрывает конкурентную борьбу с сорняками за влагу.

Доля полевых угодий в агроландшафте наиболее заметно влияет на продуктивность овса в пределах песчаных агрогеосистем. Оптимальное для него значение этого показателя структурной организации АГС – 60 % площади. Оптимальный размер контура – 140 га. Механизм влияния вариабельности содержания физической глины на продуктивность овса подобен описанному.

Наиболее существенное прямо пропорциональное влияние на урожайность гороха в пределах песчаных равнин Евро-Северо-Востока оказывает вариабельность доли яровых зерновых в структуре посевных площадей. Наблюдается также обратно пропорциональная ее зависимость от доли многолетних трав. По-видимому, в местах, наиболее благоприятных для выращивания гороха, происходит увеличение его посевов за счет многолетних трав. Растут также и площади под яровыми зерновыми, для которых горох является хорошим предшественником. Повсеместно также происходит освоение залежей под посевы этой культуры.

Значительное влияние на продуктивность картофеля в условиях песчаных агроландшафтов оказывает продолжительность периода с температурой выше 5 °С. Оптимальное значение этого параметра – 150 дней, то есть картофель предпочитает места с относительно коротким вегетационным периодом. Наблюдается значительная зависимость урожайности этой культуры и от суммы температур выше 10 °С. Оптимальное значение этого параметра – 2000 °С, что выше среднего по агрогеосистеме песчаных агроландшафтов. Исходя из этого можно сказать, что в условиях песчаных и супесчаных

равнин Евро-Северо-Востока наилучшие условия для выращивания картофеля складываются в местах относительно коротким и жарким летом. Это подтверждается прямо пропорциональной достоверной, хотя и незначительной, зависимостью урожайности этой культуры от континентальности климата.

Обратно пропорциональная взаимосвязь продуктивности картофеля с долей лугов в хозяйствах объясняется экстенсивным характером освоения агрогеосистем – в местах с наиболее высокими урожаями наблюдается распахивание лугов и изменение структуры севооборотов – вместо многолетних трав выращивают картофель.

В условиях песчаных АГС отмечается прямо пропорциональная взаимосвязь урожайности однолетних трав и доли яровых зерновых в структуре посевных площадей. Это объясняется тем, что однолетние травы, являясь, в случае высоких урожаев, интенсивным поставщиком биологического азота, способствуют расширению площадей, пригодных для выращивания яровых зерновых культур, при этом земледelec экстенсивно увеличивает размер контуров угодий. Выявлено, что оптимальное значение континентальности климата для однолетних трав равно 170 %, то есть они предпочитают места со сравнительно жарким летом и суровой зимой. Однолетние травы, представляя собой смесь зерновых и бобовых, реагируют на пространственную вариабельность почвенного бонитета так же, как и большинство яровых зерновых культур.

Характер структурной организации хозяйств играет большую роль в формировании урожайности многолетних трав. Обратно пропорциональная взаимосвязь урожайности трав от доли сенокосов в хозяйствах означает, что в местах, где наблюдается повышенная урожайность трав, зеленый корм предпочитают получать с севооборотных площадей. Расширение производственных площадей за счет несельскохозяйственных территорий нецелесообразно, так как травы дают наибольшие урожаи в хозяйствах, где эти территории занимают более 60 % площади агроландшафта. Повышение плодородия песчаных почв положительно сказывается на урожайности многолетних трав.

В условиях полесий Евро-Северо-Востока на продуктивность совокупности культур плодосменного севооборота основное влияние оказывают агроклиматические факторы (43 % вариабельности продуктивности севооборота обусловлено изменчивостью ГТК), что свидетельствует о необходимости гидромелиоративных мероприятий для оптимизации продукционного процесса культур.

Главный принцип формирования севооборотов в полесских ландшафтах – чередование культур азотонакопителей (люпин, сераделла, горох, вика и др.) и азотопотребителей (зерновых, картофеля и др.). Севообороты на рассматриваемых агроландшафтах, помимо целей получения растениеводческой продукции, имеют мелиоративную направленность, призванную улучшить агрохимические и агрофизические показатели маломощного и низкого плодородного гумусового горизонта. Из всех предшественников лучшими для зерновых являются люпин и картофель, на окультуренных землях – клевер и горохо-овсяная смесь. Целесообразно расширять промежуточные, смешанные и уплотненные посеы крестоцветных культур (рапс, горчица, сурепица, редька масличная и т. д.). На вершинах и склонах продуктивность многолетних трав неустойчива, поэтому здесь осваивают севообороты с возделыванием люпинов, в пониженных равнинах – многолетних злаково-бобовых трав (табл. 2.11).

Примеры осваиваемых зернотравянопропашных (I, II), плодосменного (III) севооборотов при условии применения необходимых агромиелоративных приемов для равнинной части пашни, плоских вершин и склонов до 30:

на связных супесчаных почвах I	на рыхлых супесчаных почвах II	на песчаных почвах III
1. Оdn. травы (овес + вика)	1. Люпин на зел. массу	1. Люпин на зел. массу
2. Оз. рожь + промежут.	2. Оз. рожь + промежут.	2. Оз. рожь + промежут.
3. Картофель	3. Картофель	3. Картофель
4. Ячмень + клевер	4. Ячмень	4. Овес
5. Клевер 1 г.п.	5. Овес	
6. Озимая рожь		
7. Овес		

Для пониженных равнин после осушения и применения агромиелоративных приемов можно рекомендовать зернотравяно-льняные, зернотравяные, травянозерновые севообороты. Без осушения здесь возможны только травопольные севообороты.

Травянозерновой

1. Вика + оves + мн. травы
- 2–3. Мн. травы
4. Оз. рожь
5. Овес

Таблица 2.11 – Адаптация севооборотов к основным категориям пахотных земель полесского агроландшафта

Категории земель	Лимитирующие факторы среды произрастания	Адаптация к естественному плодородию		Адаптация с применением приемов комплексной мелиорации		
		возможно		приемы комплексной мелиорации	возможно	
		возделывание культур	освоение севооборотов		возделывание культур	освоение севооборотов
Плоские вершины и склоны до 3 ⁰	Очень высокая водопроницаемость, низкая водоудерживающая способность, дефицит почвенной влаги, сильная кислотность, низкое содержание гумуса и элементов питания при малой мощности гумусового горизонта и промывном режиме, локальное заболачивание почв в местах залегания водоупорных железистых и карбонатных прослоек	Люпин, сераделла, овес, пелюшка, гречиха, озимая рожь и картофель – выборочно	Зерно-травяные, ограниченно – плодосменные, зернотравяно-пропашные	Выравнивание поверхности почвы, глубокое её рыхление для разрушения водоупора, выборочное бороздование, использование высоких доз органических удобрений, сидератов, цеолитов, структуров, известкование, дробное внесение минеральных удобрений, глинование, землевание, орошение	Люпин, сераделла, озимая рожь, овес, пелюшка, гречиха, яровая пшеница, ячмень, картофель с соблюдением почвозащитной технологии на склонах, клевер, вика, горох	Зернотравяно-пропашные, травяно-пропашные, плодосменные, зерно-травяные
Пониженные равнины уклон (до 1,5 ⁰)	Заболоченность почв грунтовыми водами и верхневодкой, образуемой на вторичных водоупорах и морене, повышенная кислотность, пониженное содержание элементов питания, сильная пестрота почвенного покрова, малая мощность гумусового горизонта, закаменённость	Злаковые многолетние травы	Травопольные	Систематический дренаж с обязательным учетом зоны влияния системы, глубокое рыхление, выравнивание, известкование, использование органических удобрений, сидератов, цеолитов, уборка камней, орошение	Озимая рожь, овес, лен, травы	Зернотравяно-льняные, зерно-травяные, травяно-зерновые

2.1.4. Особенности мелиоративных мероприятий в полесьях

В систему мероприятий по окультуриванию мелиорируемых земель входят приемы механического и химико-биологического воздействия на почву: углубление пахотного горизонта, известкование кислых почв, внесение органических и минеральных удобрений, залужение.

Для улучшения водно-физических свойств песчаных почв вносят глину (глинование), а также торф или озерный ил (сапропель). При благоприятных условиях применяют ярусную вспашку, когда перемешивание верхнего слоя почвы, имеющей плохие свойства (например, кислая почва), с нижележащим (карбонатным горизонтом) может улучшить весь пахотный слой.

В районах неустойчивого увлажнения приемы регулирования водного режима должны быть наиболее гибкими, так как в засушливые годы или в отдельные периоды вегетации растений надо решать задачи по накоплению, сбережению и продуктивному использованию воды, во влажные годы – по отводу ее излишков. Здесь громадное значение имеет двустороннее регулирование водного режима соответствующими агротехническими и мелиоративными приемами. Последние в этой зоне должны быть осушительно-оросительными.

Для повышения плодородия песчаных и супесчаных почв весьма эффективно применение сидеральных культур (люпин, донник, сераделла), которые хорошо развиваются на них. Пожнивные

остатки или зеленую массу этих культур запахивают, при разложении запаханной массы и мощной корневой системы значительно улучшаются физические свойства почвы, она обогащается ценными удобрениями [89].

Многие приемы, применяемые для регулирования водного режима почвы, одновременно оказывают влияние на воздушный режим. Важнейшее значение имеют те из них, которые улучшают физические, физико-химические и другие свойства почвы: накопление органического вещества, сочетание разноглубинных обработок, а при необходимости и периодические углубления пахотного слоя, щелевание и др. В засушливых условиях в почве мало влаги и много воздуха, поэтому целесообразно проводить прикатывание и выравнивание поверхности, способствующие сохранению влаги в почве. Легкие почвы не следует подвергать частому рыхлению, особенно глубокому. Их глубокая механическая обработка оправдана только при заделке органических удобрений и при борьбе с корнеотпрысковыми и корневищными сорняками.

К приемам регулирования теплового режима почвы относят поделку гребней и гряд. Гребнистая поверхность больше выровненной и поэтому в теплое время года быстрее прогревается. Борозды дренируют почву в гребнях, снижая в них влажность. Гребни позволяют также искусственно увеличивать глубину пахотного слоя.

В условиях избыточного увлажнения прогревание почвы с успехом достигается специальными приемами дренирования. Можно сильно изменить температуру почвы посредством мульчирования ее поверхности. В северных и центральных районах применяют темную мульчу (торф, перегной, темную бумагу), в южных районах – светлую мульчу (соломенную резку, белую бумагу).

Комплексная мелиорация земель в адаптивно-ландшафтных системах земледелия прежде всего должна быть направлена на сохранение экологической устойчивости агроландшафтов при повышении почвенного плодородия. Основными видами мелиораций, оптимизирующих комплекс условий роста и развития сельскохозяйственных культур, являются: водные (управление водно-воздушным режимом почв); земельные (повышение степени пригодности земель для сельскохозяйственного использования и регулирование условий питания растений) и тепловые (регулирование теплового режима почв и растений).

К блоку водных мелиораций относятся не только осушительные мероприятия (закрытый и открытый дренаж), но и приемы регуляции поверхностного и внутрпочвенного стока (планировка поверхности, узкозагонная вспашка, выборочное бороздование и т.д.). Он решает задачи оптимизации водно-воздушного режима почв, исходя из требований возделываемых культур – создания в корнеобитаемом слое нормального соотношения между содержанием продуктивной влаги и воздухом, которого в порах должно быть не менее 13–18 % от их объема. Основными регулируемыми показателями водно-физических свойств почв являются их плотность, структурное сложение и водопроницаемость.

Оптимальная влажность корнеобитаемого слоя почвы, при которой достигается максимальная интенсивность роста растений, изменяется для различных видов в пределах 65–90 % наименьшей влагоемкости, в частности: 75–90 % – для многолетних трав, 65–80 – для зерновых, 70–85 % – для овощных культур. Диапазон оптимальной влажности зависит от структурного состояния почв, их гранулометрического состава. Например, нижний оптимальный предел влажности почвы для пшеницы, кукурузы, картофеля, зернобобовых культур составляет на тяжелых, средних и легких почвах соответственно 75, 70 и 65 % НВ, для овощных культур – 80, 75 и 70 % НВ, для многолетних трав – 75, 70 и 60 % НВ. Влажность завядания зависит от плотности почвы. При ее уплотнении значительно сокращается количество водо- и воздухопроводящих пор, в которые могли бы проникать корни растений. В то же время увеличивается доля мелких неактивных пор, в которых вода удерживается с давлением более 1,6 МПа. В интервале плотности 1,50–1,55 г/см³ влажность завядания увеличивается на 28–30 % по сравнению с уплотнением 1,11–1,44 г/см³. Оптимизация плотности почв проводится такими мелиоративными приемами, как прикатывание, рыхление (в том числе глубокое мелиоративное) и т.д. Для зернопропашных севооборотов нужно ориентироваться на оптимальную плотность для картофеля (1,11 г/см³), так как зерновые могут успешно расти и при большей плотности почвы. Поэтому рыхление почвы должно производиться при подготовке почвы под посадку картофеля.

Земельные мелиорации направлены на оптимизацию пищевого режима почв путём управления содержанием гумуса и элементов питания, реакцией почвенного раствора, мощностью гумусового горизонта и его структурностью. В этом же блоке при необходимости предусматривается применение почвозащитных и культуртехнических мероприятий. Практически все культуры нуждаются в увеличении мощности пахотного горизонта почв, поэтому борьба с эрозионным смывом наиболее актуальна при возделывании пропашных культур, а система обработки почв под зерновые должна быть ком-

бинированной и включать отвальную вспашку. Содержание минеральных веществ в растениях зависит от почвенно-климатических условий, агротехники, удобрений. Интенсивность усвоения минеральных элементов характеризуется периодичностью и может различаться по фазам роста и развития в несколько раз. Например, ячмень потребляет минеральные элементы в основном в период от кущения до выхода в трубку, у пшеницы период потребления несколько более растянут, у свеклы максимальное потребление в середине вегетации, у проса – перед выметыванием. Возможности потребления минеральных элементов растениями из почвы связаны с особенностями развития корневых систем, способностью извлекать питательные вещества из труднодоступных форм. Известна повышенная усваивающая способность корней гречихи, горчицы, люпина, донника, подсолнечника по сравнению с зерновыми колосовыми, тем более льном, коноплей и т. д.

Реакция почвы также влияет на рост растений непосредственно и через снабжение питательными веществами. Различные растения имеют неодинаковый интервал рН почвенного раствора, благоприятный для их роста и развития, и обладают разной чувствительностью к отклонению его реакции от оптимальной. В этом отношении они разделяются на несколько групп:

1. Наиболее чувствительны к кислотности: люцерна, эспарцет, сахарная, столовая и кормовая свекла, конопля, капуста. Они хорошо растут только при нейтральной или слабощелочной реакции (рН 7–8) и очень сильно отзываются на внесение извести, даже на слабокислых почвах.

2. Чувствительны к повышенной кислотности: ячмень, яровая и озимая пшеница, кукуруза, соя, фасоль, горох, кормовые бобы, клевер, подсолнечник, огурцы, лук, салат. Они лучше растут при слабнокислой или нейтральной реакции (рН 6–7) и хорошо отзываются на известкование не только сильнокислых, но и среднекислых почв. На известкованных почвах урожайность этих культур значительно повышается, резко уменьшается выпадение озимой пшеницы и клевера при перезимовке.

3. Слабочувствительны к повышенной кислотности: рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка, томат, редис, морковь. Эти культуры могут удовлетворительно расти в широком интервале рН, при кислой и слабощелочной реакции (рН 4,5–7,5), но наиболее благоприятна для их роста слабокислая реакция (рН 5,5–6,0). На сильно- и среднекислых почвах они положительно реагируют на известкование полными нормами, что объясняется не только снижением кислотности, но и усилением мобилизации питательных веществ и улучшением питания растений азотом и зольными элементами. Лен и картофель нуждаются в известковании только на сильнокислых почвах. Картофель хорошо растет на кислых почвах. Для льна характерен узкий интервал оптимальной реакции. Он чувствителен и к повышенной кислотности почвы, и к щелочной реакции. Наиболее благоприятны для его роста слабокислые почвы (рН 5,5–6,0). При внесении высоких норм извести и доведении реакции среды до нейтральной урожай картофеля и льна и особенно его качество могут снижаться, картофель сильно поражается паршой, а лен – бактериозом.

5. Люпин синий и желтый, сераделла лучше растут на кислых почвах (рН 4,5–5,0) и плохо – при щелочной и даже нейтральной реакции. Эти культуры чувствительны к избытку водорастворимого кальция в почве, особенно в начале роста, поэтому отрицательно реагируют на повышенные нормы извести. Однако при внесении пониженных норм известковых удобрений, содержащих магний, уменьшения урожая этих культур не наблюдается.

По чувствительности к кислотности и отзывчивости на известкование различаются не только разные сельскохозяйственные растения, но и различные их сорта (особенно ячменя, яровой пшеницы, кукурузы, гороха, клевера, люцерны). Зоны оптимальных значений рН в значительной мере изменяются в зависимости от гранулометрического состава почв, содержания в них гумуса.

Наиболее общие принципы подбора культур для условий питания связаны с оценкой уровня требовательности их к условиям почвенного плодородия. С известной долей условности сельскохозяйственные культуры могут быть разделены на группы: высокотребовательные (сахарная свекла, овощные, подсолнечник, картофель, озимая и яровая пшеница, просо, кукуруза); среднетребовательные (ячмень, гречиха, сорго, зернобобовые, однолетние травы); малотребовательные (овес, озимая рожь, многолетние травы).

Блок тепловых мелиораций обеспечивает регулирование теплового режима пахотного слоя почвы в предпосевной, вегетационный периоды и при перезимовке озимых культур и многолетних трав. Здесь же применяются комплексы приемов по борьбе с экстремальными температурными явлениями: заморозками, почвенной и атмосферной засухой. Пескование тяжелых почв, мульчирование и профилирование поверхности земли способствуют лучшему прогреву территории. Осушительные мелиорации также приводят к повышению температуры почв.

Важнейшим приемом тепловых мелиораций является управление отражательной способностью угодий и всего агроландшафта. Так, зеркало водоема и поверхность болота отражают около 12 % па-

дающих на них солнечных лучей, поверхность пашни в зависимости от типа почвы – от 20 до 30 %, луга – около 22 %, лиственного леса – 15 %, хвойного – 10 %. Из этих данных следует, что замена лесов на луга и пашни приводит к увеличению отражательной способности агроландшафта и, как следствие, к недополучению им большого количества энергии. Осушение ландшафта также приводит к увеличению его отражательной способности. Сельскохозяйственная деятельность способствует увеличению альbedo земной поверхности в лесной зоне на 6–7 % и ее уменьшению на 6–8 % в лесостепной, степной и пустынной зонах.

Различные культуры неодинаково отражают солнечные лучи, однако разброс значений этого параметра в данном случае значительно ниже, чем по угодьям. Поле озимой пшеницы в различные фазы вегетации отражает от 16 до 23 % падающей на него радиации, яровой пшеницы – 10–25 %, озимой ржи – 18–23 %, кукурузы – 16–23 %, картофельное поле – 15–25 %, свекловичное поле – 18 %, салатное поле – 22 %. Следовательно, изменение структуры посевных площадей не приводит к кардинальной трансформации энергетического баланса агроландшафта.

Обработка почв способствует изменению энергетического баланса агроландшафта вследствие того, что различные горизонты почв характеризуются неодинаковым альbedo. Отражательная способность гумусовых горизонтов дерново-подзолистой почвы равна 16 %, подзолистых горизонтов – 30%, иллювиальных – 20 %, поэтому глубокая обработка дерново-подзолистых почв приведет к увеличению их отражательной способности. Эрозионные процессы, спровоцированные неправильной обработкой почв, способны при интенсивном развитии уменьшить альbedo, при этом дополнительная энергия будет направлена на испарение влаги и ухудшение условий произрастания растений. Метод оставления стерни при плоскорезной обработке позволяет повысить отражательную способность агроландшафта, что приведет к снижению температуры почвы и увеличению ее влагозапасов. Этот прием актуален для южных склонов холмов.

Система удобрений также, в некоторой степени, может влиять на отражательную способность почв и растений. Мульчирование почвы темнокветными органическими материалами (торф, компост) позволяет снизить ее альbedo и тем самым повысить температуру поверхности. Интенсивное азотное питание растений также приводит к снижению их отражательной способности вследствие увеличения насыщенности окраски листьев и стеблей.

Мелиоративное воздействие, регулируя влажность почв и грунтов, способствует интенсивному изменению отражательной способности агроландшафта. Многими авторами отмечено, что сухие поверхности основных компонентов ландшафта отражают солнечные лучи в два раза сильнее их влажных аналогов. Замена водных и болотных поверхностей на культурные угодья также приводит к увеличению отражательной способности агроландшафта и снижению испарения.

Группа полесских агроландшафтов характеризуется плоским рельефом со спорадическими дюнными всхолмлениями. Главный процесс дифференциации почвенного покрова – заболачивание грунтовыми водами. Почвенный покров здесь образован в основном гидроморфными сочетаниями подзолистых и болотно-подзолистых кислых почв, с низким содержанием элементов питания и гумуса. Однако термические характеристики почв благоприятны для выращивания многих культур.

На первое место в полесьях выходят химические мелиорации. Элювиальные, элювиально-аккумулятивные и элювиально-транзитные АМЛ нуждаются в интенсивном внесении минеральных и органических удобрений, а также извести. Очень актуальны сидерация и выращивание промежуточных культур. Все угодья нуждаются в окультуривании почв, заключающемся в искусственной структуризации пахотных горизонтов посредством внесения синтетических структуров, цеолитов или глинования. В транзитно-аккумулятивных АМЛ необходимо периодически рыхлить ортзандовые горизонты почв во избежание вторичного заболачивания.

Элювиальные АМЛ здесь характеризуются следующими деградационными процессами:

- 1) уменьшением содержания физической глины;
- 2) сокращением запасов гумуса;
- 3) уменьшением содержания микроэлементов;
- 4) уменьшением содержания фосфора;
- 5) уменьшением содержания калия;
- 6) усилением кислотности почв.

Предотвращение этих процессов возможно при интенсивном глиновании почв, внесении больших доз органических и минеральных удобрений, извести и структуров (цеолитов). Севообороты разрабатываются на принципах биологизации (2–3 поля многолетних трав, сидеральные и промежуточные культуры). Обработка почв должна включать элементы минимализации (отвальная вспашка только при заделке сидератов).

В транзитных АМЛ имеют место следующие деградационные процессы:

- 1) уменьшение содержания физической глины;
- 2) сокращение запасов гумуса;
- 3) уменьшение содержания микроэлементов;
- 4) уменьшение содержания фосфора;
- 5) уменьшение содержания калия;
- 6) увеличение кислотности почв.

Мероприятия по предотвращению деградации природной среды этих АМЛ существенно отличаются от описанных. При объединении элювиальных и транзитных АМЛ в единый производственный массив рекомендуется в его пределах разворачивать длинноротационные плодосменные биологизированные севообороты.

Весь массив нуждается во внесении больших доз минеральных и органических удобрений, а также известки, однако в элювиальных ландшафтах дозы должны быть значительно выше. Обработка почв должна быть с элементами минимализации, особенно в транзитных АМЛ. Отвальная вспашка применяется только при заделке сидератов.

В аккумулятивных АМЛ полесских агроландшафтов основными деградационными процессами являются:

- 1) увеличение площади заболоченных почв;
- 2) возникновение железистых (ортзандовых) водонепроницаемых прослоек в профиле почв.

Данные ландшафты можно отводить под пастбищные и сенокосные угодья только при осушении их гончарным дренажем или с помощью водоотводящих канав. Глубокое мелиоративное рыхление позволит разбить ортзандовые прослойки, способствующие вторичному заболачиванию почв.

2.1.5. Система обработки почв полесий

Обработка почвы как составная часть системы земледелия является наиболее интенсивным средством регулирования ее водно-воздушного, пищевого, теплового режимов, заделки семян культурных растений, органических и минеральных удобрений, мелиорантов, уничтожения сорных растений, болезнетворных факторов и вредителей. В то же время механическая обработка разрушает исходное строение почвы, лишает ее природной мульчи и создает благоприятные условия для развития эрозионных и дефляционных процессов; сокращает численность зоонаселения. Интенсивная обработка активизирует процессы минерализации органического вещества почвы, вызывает неоправданные его потери и нарушение экологического баланса веществ и энергии в агрогеосистемах. На минеральных почвах Нечерноземной зоны РФ, а силу своих особенностей (неустойчивый гидрологический режим, высокая пестрота почвенного покрова, низкое естественное плодородие) негативные последствия от интенсивной обработки усиливаются.

Механическая обработка почвы – самый древний и распространенный вид работы в сельском хозяйстве, решающий комплекс задач:

- регулирование водного, воздушного и теплового режимов почвы;
- заделка и равномерное размещение в пахотном слое растительных остатков и удобрений;
- усиление полезных почвенных микробиологических процессов;
- создание оптимальных условий для развития корневой системы культурных растений;
- защита почвы от эрозии и посевы от сорняков, а также от некоторых болезней и вредителей;
- предупреждение возможных отрицательных последствий эрозии почв, переуплотнения, расплывания;
- создание благоприятных условий для заделки семян на оптимальную глубину и для других полевых работ;
- увеличение мощности аккумулятивного горизонта и общей окультуренности почвы.

Каждая из технологических функций обработки – крошение, рыхление или уплотнение, перемешивание и оборачивание, подрезание, выравнивание или гребневание – имеет большое самостоятельное и в то же время комплексное значение. Они оказывают сильное действие на такие агрофизические показатели, как плотность, твердость, агрегатность, влагоемкость, водоудерживающую способность почвы и другие. Более широкий диапазон плотности имеют песчаные и супесчаные по гранулометрическому составу почвы.

Состояние спелости почвы зависит от ряда причин, прежде всего от ее гранулометрического состава, структурности и влажности обрабатываемого слоя. Почвы грубого гранулометрического состава (песчаные, некоторые супеси) можно обрабатывать при любом состоянии влажности, так как они не обладают липкостью и значительной связностью.

Решающим условием сокращения числа и глубины обработок почвы является приближение равновесной ее плотности к оптимальным значениям объемной массы. С плотностью почвы непосредственно связаны водный, тепловой и воздушный режимы, а также условия жизни почвенной микрофлоры и накопление в доступной форме элементов питания. О возможности замены или сокращения числа механических обработок можно судить по наличию водопрочных агрегатов $< 0,25$ мм, так как при содержании их не менее 40% почва длительное время сохраняет устойчивое благоприятное сложение.

Уменьшение числа и глубины обработок способствует сохранению структуры почвы, растительных остатков на ее поверхности, что повышает устойчивость почвы к водной и ветровой эрозии. Приостановить темпы снижения минерализации гумуса при дальнейшем росте урожайности можно уменьшением интенсивности обработок при условии внесения минеральных и органических удобрений для восполнения недостатка в почве питательных веществ. Минимализация основной обработки почвы в севооборотах достигается периодической заменой вспашки поверхностными или плоскорезными обработками, что на легких песчаных и супесчаных почвах Нечерноземья возможно при определенных условиях.

Неглубокая осенняя обработка полей позволяет в 1,5–2,5 раза сократить затраты на основную обработку, уменьшить водную эрозию, ускорить поспевание почвы весной.

Если длительное время верхний слой не оборачивать или не перемешивать с остальной толщей гумусо-аккумулятивного горизонта, то рано или поздно обнаруживается резкая дифференциация в свойствах плодородия пахотного слоя, что вызывает неравномерное развитие корней. Основная масса их сосредоточивается в самом верхнем слое, лучше обеспечивается питанием, хотя по увлажнению он менее благоприятен, чем более глубокие слои. Летом при недостатке осадков верхний слой быстро пересыхает, и воду здесь удержать трудно даже при хорошем структурном состоянии почвы.

Лущение стерни с последующей глубокой зяблевой вспашкой, паровая и полупаровая обработки, дифференцированная предпосевная и послепосевная в правильном сочетании и увязке с севооборотами очищают почву от засоренности и минимизируют применение гербицидов. Существенна роль обработки почвы совместно с агротехнически обоснованным чередованием культур в борьбе с болезнями и дезинфекции почвы, в искоренении скрытостебельных вредителей посевов (личинок шведской, гессенской мух и зеленоглазки). Правильная обработка имеет профилактическое значение в борьбе с рядом заболеваний, передающихся через почву (фузариоз льна, склеротиния и другие).

Для предупреждения возможных вредных побочных последствий интенсификации и химизации земледелия, защиты окружающей природной среды необходимо строго соблюдать агротехнические правила и приемы, дозы и способы применения удобрений, химических средств защиты растений, правила их хранения и транспортировки. На легких почвах это особенно важно, так как они имеют слабую емкость почвенного поглощающего комплекса, быстро скидывают воду в нижние горизонты и далее, загрязняя тем самым природную среду. Поэтому применять пестициды следует строго по расчету порога вредоносности и по возможности ограничиваться краевыми и выборочными обработками с минимальными нормами.

2.1.6. Научно обоснованная система обработки почвы

Научно обоснованная система обработки почвы является важнейшим условием и элементом культуры земледелия. Ее основными задачами выступают: придание почвам состояния, наиболее благоприятного для проведения сева, прорастания семян и развития растений; обеспечение качественного ухода и эффективной борьбы с сорняками, вредителями и болезнями; защита почв от эрозии, сохранение и повышение плодородия.

Система обработки почвы в севообороте должна включать комплекс приемов и строиться на сочетании глубоких, средних и мелких обработок, а также вспашки и безотвального рыхления. Основным приемом системы обработки почвы является вспашка, обеспечивающая регулярное оборачивание пахотного слоя. Песчаные и супесчаные почвы являются малоплодородными, проведение углубления их пахотного слоя будет весьма затратным мероприятием, которое потребует значительных вложений материальных средств (минеральных, органических и известковых удобрений). Углубление пахотного слоя на легких почвах в первую очередь возможно путем рыхления подпахотных горизонтов плоскорезами или чизелями, т.е. без оборота и перемешивания слоев. Только обработкой, и прежде всего вспашкой с подпахотным рыхлением, в сочетании с применением удобрений и известковых материалов удастся успешно вовлечь эти слои почвы в культуру, сделать более мощным ее гумусово-аккумулятивный горизонт.

Поверхностную обработку целесообразно проводить под озимые зерновые на чистых от сорняков полях после пропашных культур, зернобобовых и однолетних трав. Также замена вспашки по-

верхностной обработкой возможна под бобово-злаковые смеси на корм, яровые зерновые при размещении их после пропашных культур. Безотвальная обработка плоскорезами может применяться при подготовке почвы под картофель и другие пропашные культуры в весенний период вместо перепашки зяби и под озимые зерновые культуры в засушливые годы на чистых от многолетних сорняков полях. Обработку с углублением пахотного слоя рекомендуется проводить в паровых полях и под пропашные культуры.

Обработка, при которой обеспечивается наименьшая деформация почвы, сокращение числа проходов тракторов и различных сельхозмашин по полю при одновременном повышении плодородия почвы и урожайности культур, называется минимальной.

Различают несколько вариантов минимальной обработки почвы:

- обработка с оставлением стерни на поверхности почвы;
- сокращение глубины и количества обработок;
- совмещение операций и выполнение их за один проход;
- применение более производительных машин и орудий, менее распыляющих почву;
- обработка части поля, где располагаются рядки семян с оставлением необработанной почвы в междурядьях;
- посев в необработанную почву специальными сеялками (нулевая обработка).

Плоскорезная обработка широко применяется в районах с ветровой эрозией, также здесь используются комбинированные агрегаты, которые за один проход выполняют несколько операций. Кроме того, применение широкозахватной техники уменьшает количество проходов по полю. При совмещении приемов производительность труда возрастает и за счет повышения скорости обработки почвы. В полевых севооборотах Беларуси на дерново-подзолистых супесчаных почвах рекомендована система обработки, которая включает вспашку на глубину 20 см один раз в 3–5 лет и дискование на глубину 10 см в остальные годы.

Минимальная обработка почвы позволяет снизить затраты на механическое приспособление пахотного горизонта к требованиям растений, дает возможность экономить время на проведение агротехнических операций, что влечет за собой сокращение сроков проведения последующих полевых работ, являющихся одной из главных причин недобора урожая. Минимальная обработка почвы обеспечивает рост производительности труда при снижении себестоимости продукции, снижение затрат на ГСМ и дальнейшее повышение урожайности культур, сохранение плодородия почвы.

Однако следует отметить, что снижение интенсивности и глубины обработки почвы приводит к концентрации сорного начала в верхнем слое, в результате чего повышается засоренность посевов культур, что, в свою очередь, вынуждает применять расширенный ассортимент гербицидов.

2.1.7. Технологические операции при обработке почвы

Рыхление – главная операция при обработке почвы, изменяет строение почвы, увеличивает пористость и аэрацию, снижает плотность. В результате улучшается ее водно-воздушный и микробиологический режимы.

Оборачивание пласта почвы – взаимное перемещение верхнего и нижнего слоев, а также горизонтов почвы в вертикальном направлении в результате их свойства выравниваются. Оно необходимо также для заделки дернины, удобрений, растительных остатков.

Перемешивание применяется для создания однородного по глубине пахотного слоя почвы. Оно необходимо при вовлечении подпахотных слоев в пахотный горизонт, а также для равномерного распределения органических удобрений.

Уплотнение проводится для уменьшения объема крупных пор и потерь воды, для более тесного контакта почвенных частиц с семенами и подтягивания к ним влаги нижних слоев.

Профилирование поверхности поля проводится для создания лучших условий для прорастания семян, ухода за посевами (посадками), уборки урожая. Гряды, гребни, борозды, ячейки и другие элементы антропогенного микрорельефа создаются с целью устранения избыточной влаги или предупреждения стока и эрозии почвы.

Подрезание сорняков чаще осуществляется вместе с другими технологическими операциями.

2.1.8. Обработка почвы под культуры севооборота

Снижение урожаев культур при бессменном их возделывании в земледелии было замечено давно, поэтому научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур и пара во времени и по полям, называемое севооборотом, является основой земледелия. Химические и биологические основы чередования возделываемых растений вытекают из их свойств по-разному использовать пи-

тательные вещества почвы. Продукция некоторых растений почти полностью отчуждается с полей, и питательные вещества с их урожаем не возвращаются в почву. Элементы питания, поглощенные из почвы кормовыми культурами, возвращаются с навозом и растительными остатками. Количество оставляемого органического вещества также неодинаково. Правильное чередование культур вместе с внесением удобрений должно обеспечивать бездефицитный баланс органического вещества в почве. Чередование растений с разной способностью усваивать питательные вещества из труднодоступных соединений дает возможность лучше снабжать ими все культуры севооборота. Растения, имеющие разную по глубине корневую систему, также способствуют использованию питательных веществ и влаги глубоких слоев почвы.

Влияние физических свойств почвы на урожай особенно заметно в районах распространения водной и ветровой эрозии. Культурные растения и приемы их возделывания оказывают влияние на структуру, строение и плотность почвы, что обуславливает ее разные водно-физические свойства. Биологические причины раньше других оказывают отрицательное действие при повторных посевах ряда культур. Оно проявляется в увеличении засоренности посевов, распространении возбудителей болезней и вредителей. По экономическим причинам необходимо выбрать и обосновать такое чередование культур в севообороте, которое наряду с внедрением разнообразной структуры посевных площадей основных культур и повышением плодородия почвы обеспечивает получение максимальных урожаев при высоком качестве продукции и низкой ее себестоимости.

2.1.9. Обработка почвы после культур сплошного посева

В Нечерноземье после культур сплошного посева могут использоваться четыре схемы основной обработки почвы:

- вспашка после уборки урожая на полную глубину и культивация или дискование при появлении массовых всходов сорняков, подгона;
- лущение сразу после уборки и вспашка через 2–4 недели независимо от появления всходов сорняков;
- одно или два лущения с боронованием;
- вспашка плугами с предплужниками через 3–4 дня после уборки урожая.

Послеуборочное лущение является эффективным агротехническим приемом борьбы с сорняками, болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур и средством повышения качества вспашки. Проводить его рекомендуется сразу после уборки урожая культур. Выбор глубины и способа лущения зависит от типа засоренности полей. При корнеотпрысковом типе засоренности лущение проводится отвальными лущильниками, при малолетнем и корневищном – дисковыми. Глубина лущения при многолетних корневищных и корнеотпрысковых сорняках составляет 8–14 см, при их отсутствии – 5–7 см.

Вспашку после лущения проводят при появлении всходов сорняков через 2–3 недели. Период от лущения до вспашки используется для внесения органических, известковых и минеральных удобрений, уборки камней и т.д.

В более поздние сроки уборки поля необходимо пахать без предварительного лущения.

2.1.10. Особенности обработки почв после многолетних трав

На легких почвах срок использования сеяных многолетних трав должен быть максимальным. Многолетние травы, формируя большую массу корней, оказывают благотворное влияние на почвенное плодородие, обладают хорошими адаптивными свойствами, имеют почвозащитное и средообразующее значение. Они являются одним из резервов сохранения и повышения плодородия почв за счет пополнения запасов органического вещества с поступающими в почву корневыми, пожнивными остатками, с опадом, потерями при уборке урожая и т.п. В опыте ВНИИМЗ в 2018 г. после трав 2-го года пользования на супесчаных почвах оставалось 6,5–7,3 корневых и около 2,2 т/га сухого вещества пожнивных остатков.

Лучшим способом обработки почвы из-под многолетних трав является вспашка плугами с предплужниками, обеспечивающая хорошее крошение и заделку пласта. Сроки проведения основной обработки во многом зависят от последующей культуры севооборота. Под озимые культуры обработку следует проводить сразу после первого укоса, чтобы хорошо разработать пласт, добиться оседания почвы естественным путем, провести предпосевную обработку и посев в оптимальные сроки. Для пропашных и яровых культур сплошного сева зяблевую вспашку многолетних трав можно проводить после второго укоса, что позволяет на легких почвах дольше сохранять растительный покров, тем самым защитить почву от смыва осенними осадками или ее иссушения при их недостатке.

2.1.11. Обработка почвы под озимые культуры

Важной задачей осенней обработки под озимые (рожь, пшеница) на легких почвах является накопление и сбережение в них продуктивной влаги и питательных веществ в доступной форме. Как правило, в Нечерноземье озимые размещаются на занятых парах, рано освобождающихся для обработки полей. Они создают, как предшественник, благоприятные условия для последующей культуры. В качестве парозанимающих культур сплошного посева используются однолетние и многолетние травы и другие растения на зеленый корм, сено или силос. Из пропашных культур в занятых полях возделываются ранние сорта картофеля, кукуруза на зеленый корм или силос и др. В сидеральных парах (зеленое удобрение) высевают люпин однолетний и многолетний, другие бобовые растения, крестоцветные – рапс яровой, горчица белая и др. Сидеральные культуры – существенный фактор воздействия на плодородие почвы, они служат важным источником пополнения запасов органического вещества (зеленого удобрения), выполняют агротехническую, почвозащитную, фитомелиоративную и фитосанитарную функции, участвуют в биологическом круговороте веществ. По данным В. А. Федорова (1999), при урожайности зеленой массы горчицы белой 203 ц/га на каждый гектар поступает 7,5 т сухого вещества, содержащего 113 кг азота, 41 кг фосфора, 171 кг калия, что эквивалентно внесению более 20 т навоза.

Весной в занятых парах необходимо выполнять все работы по обработке почвы в первую очередь, чтобы раньше посеять и создать предпосылки для более ранней уборки парозанимающей культуры. Приемы обработки почвы после уборки, количество и последовательность их зависит от продолжительности послеуборочного периода до посева озимых, от погодных условий, характера и степени засоренности поля.

2.1.12. Обработка почвы под пропашные культуры

Лучшим способом обработки почвы после многолетних трав под пропашные является вспашка плугами с предплужниками, обеспечивающая хорошее крошение и заделку пласта. Под пропашные культуры зяблевую вспашку многолетних трав можно проводить после второго укоса, что позволяет на легких почвах дольше сохранять растительный покров, тем самым защитить почвы от смыва осенними осадками или ее иссушения при их недостатке. Безотвальная обработка плоскорезами может применяться при подготовке почвы под картофель и другие пропашные в весенний период вместо перепашки зяби и в засушливые годы на чистых от многолетних сорняков полях. Обработку с углублением пахотного слоя рекомендуется проводить в полях под пропашные культуры, так как здесь предусматривается применение органических удобрений. При их внесении весной производится вспашка или перепашка зяби. На полях, где органические удобрения были внесены осенью, эффективным приемом под пропашные культуры является глубокое безотвальное рыхление плугами со снятыми отвалами, плоскорезами и чизель-плугами.

К сожалению, в настоящее время не каждое хозяйство может приобрести минеральные удобрения, а на заготовку и внесение органических удобрений не хватает средств, поэтому земледельцу необходимо обратить внимание на органические удобрения растительного происхождения – на возделывание сидератов и их заделку в почву. Дешевизна сидерации и высокая ее эффективность способствуют снижению затрат энергоресурсов и себестоимости возделываемых культур. Высокая транспортабельность семян сидератов и возможность доставки их до удаленных полей обеспечивают экономию дорогостоящих ГСМ, при этом появляется возможность удобрения удаленных полей. В нашем опыте на вариантах с песчаными и супесчаными почвами в среднем за три года получено 4,7–6,3 т/га сухого вещества ярового рапса с использованием на зеленое удобрение (сидерацию). Равномерно распределенная в верхних слоях почвы сидератная масса служит хорошей пищей для бактерий, грибов и других почвенных микроорганизмов.

2.1.13. Особенности обработки почв склоновых участков

На склонах более 1° обработка легких почв должна быть направлена на поиск оптимальных нагрузок для снижения интенсивности эрозионного смыва, что способствует поддержанию потенциального плодородия. На землях, подверженных водной эрозии, на легких почвах в первую очередь необходимо применять специальные приемы противоэрозионной обработки почв: вспашку поперек склона, а при многосторонних склонах – контурную вспашку по горизонталям, гребнистую вспашку, глубокое безотвальное рыхление, щелевание, прерывистое бороздование, лункование, обваловывание, которые создают противоэрозионный рельеф или повышают водопроницаемость почвы. Для защиты от водной эрозии необходимо применять приемы по регулированию снеготаяния, безотваль-

ную обработку с оставлением на поверхности измельченных растительных остатков, в паровом поле посев кулис. Также возможно использование выводных полей с многолетними кормовыми культурами длительного использования (козлятник восточный, люцерна синегибридная и др.). На склонах более 1° основную обработку проводят поперек склона или по горизонталям. Минеральные удобрения лучше вносить весной под предпосевную обработку, при посеве и в подкормку – в баковых смесях.

На массивах на легких почвах даже с небольшим уклоном эффективна система полосного размещения культур, способствующая повышению защитной роли севооборота и сохранению почвенного плодородия. Эффективна система полосного земледелия, основанная на чередовании полос пашных и культур, обладающих почвозащитными свойствами (многолетние травы, культуры сплошного сева и т.д.). Поддержание на пашне постоянного растительного покрова – наиболее экономичный способ регулирования эрозионных и дефляционных потерь почвы.

Формирование гребнистой поверхности почвы на склонах (по контуру) имеет большое значение в борьбе с водной эрозией, так как обеспечивает интенсивное водопоглощение и уменьшает поверхностный сток, перераспределяя влагопоток в нижние слои. Создание слегка гребнистой (гофрированной) поверхности поля ослабляет действие и ветровой эрозии. Потоки воздуха, движущиеся над самой почвой, снижают скорость, соприкасаясь с неровностями поверхности. Это становится актуальным при рассмотрении вопросов об современном «опустынивании» Нечерноземья.

Применение грядовой технологии возделывания картофеля на легких почвах способствует сохранению влаги в засушливые периоды во время вегетации даже при малом количестве осадков, позволяет более рационально использовать минеральные и органические удобрения и снижать дозы их применения.

На почвах легкого гранулометрического состава возможно применение уплотненных посевов при возделывании скороспелых сортов яровых зерновых и других раноубираемых культур сплошного сева. Такая возможность появляется при применении промежуточных культур (поукосных, пожнивных, подсеваемых) особенно на склоновых участках, с использованием нулевой обработки с посевом стерневыми сеялками. Использование уплотненных посевов позволяет увеличить срок проекционного покрытия поверхности поля, способствуя сохранению влаги, сдерживая развитие и рост сорной растительности, оставляя после себя как органические остатки на поверхности, так и корневые остатки в самой почве. При оценке промежуточных культур следует учитывать не только урожай надземной зеленой массы, но и количество органического вещества, которое остается в почве в виде пожнивных и корневых остатков. Важно как количество поукосных и корневых остатков промежуточных культур, так и их химический состав. Эти культуры убираются, когда они сформировали достаточно мощную вегетативную массу, богатую азотом, фосфором, калием, кальцием и другими веществами, в организме растений еще не началась перегруппировка питательных веществ от вегетативных органов к генеративным, не закончилось превращение простых углеводов в клетчатку. В их корневой системе также содержится значительное количество азота и других питательных веществ. В поукосных и пожнивных посевах лучше высевать рапс яровой, горчицу белую, редьку масличную, озимую рожь, в подсеваемых – клевер луговой, люцерну посевную и др. Применяемые культуры должны быть достаточно скороспелыми и урожайными.

Предлагается использовать многолетние травостой с козлятником восточным в выводных полях более 10 лет. Временная консервация неиспользуемой пашни путем возделывания в выводных полях козлятника восточного – это не только важный способ увеличения производства качественного корма, но и средство значительного повышения плодородия и продуктивности севооборотов без дополнительных затрат.

Позднеспелые сорта и поздно убираемые культуры также возможны на склоновых полях, ибо они сохраняют проекционное покрытие почвы и препятствуют эрозионным процессам. При этом возможно при определенных условиях отказаться от осенней основной обработки почв или применить минимальную.

2.1.14. Предпосевная обработка почвы

Предпосевная обработка почвы решает ряд задач:

- сохранение накопленной влаги в почве;
- придание верхнему слою почвы оптимального строения и поверхности поля нужной формы (ровная, гребнистая, грядовая и т.д.);
- уничтожение проросших сорняков и жизнеспособных семенных и вегетативных зачатков их размножения;
- заделка удобрений;

– подготовка поля для посевных и послепосевных работ при высокой производительности труда и хорошем качестве.

Комплекс приемов обработки и их последовательность зависят от требований высеваемой культуры, почвенно-климатических и погодных условий, засоренности поля и предшествующей осенней обработки почвы. Задачи предпосевной обработки – сохранение влаги, заделка внесенных удобрений, подготовка посевного слоя для качественной заделки семян, выравнивание поверхности, уничтожение всходов сорняков, создание оптимальной плотности сложения. На легких почвах очень важно использование адаптированных сортов современной селекции, высококлассных семян с хорошей энергией прорастания, чтобы получить быстрые и дружные всходы.

Боронование – прием, обеспечивающий рыхление, перемешивание и выравнивание поверхности почвы, а также частичное уничтожение проростков и всходов сорняков. При обработке спелой почвы борова хорошо ее крошит и придает верхнему слою мелкокомковатое строение. Широко применяется для сохранения почвенной влаги, при уходе за посевами многолетних трав, озимых культур и т.д. На легких почвах применяется поперек или под углом к посеву, на склонах – по горизонталям.

Культивация – прием, обеспечивающий рыхление и перемешивание почвы, а также подрезание сорняков. Ее широко применяют в системе предпосевной, послепосевной и паровой обработки. Особое внимание на легких почвах следует уделить культиватору-плоскорезу, который рыхлит почву и подрезает сорняки и лишь незначительно повреждает стерню, которая задерживает снег и снижает скорость ветра у поверхности почвы. Культиваторы с игольчатыми дисками применяются для ухода за посевами. Для междурядных обработок пропашных культур используются орудия, плоские и ножевидные лапы которых хорошо подрезают сорняки и мало перемешивают почву. Пружинные орудия вытаскивают корневища сорняков, хорошо рыхлят и перемешивают почву.

Прикатывание – прием, обеспечивающий уплотнение и выравнивание поверхности поля, предохраняющий нижележащие слои почвы от пересушивания, создающий лучший контакт семян с почвой, ускоряющий тем самым набухание и их прорастание. Прикатывание необходимо также, когда почва до посева не успевает осесть естественным путем, чтобы предотвратить повреждение корневой системы у озимых культур. На легких почвах этот прием следует совмещать с предпосевной культивацией, т.е. использовать комбинированные агрегаты.

2.1.15. Послепосевная обработка

При посеве в рыхлую почву заделанные семена часто имеют недостаточный контакт с почвой и поэтому не могут набухать и прорасти, поэтому необходимо уплотнять посевной слой прикатыванием при посеве поздних яровых культур или мелкой заделке семян. Весеннее боронование удаляет погибшие растения и уничтожает всходы сорняков. Оно на посевах озимых зерновых культур применяется для борьбы с плесенью, а на многолетних травах – для усиления аэрации и микробиологических процессов в верхнем слое почвы. Часто эта обработка служит для заделки удобрений, внесенных для подкормки.

При уплотнении или для уничтожения всходов сорняков возможно применение послепосевного боронования поперек рядков или под углом к посеву. Этот прием применяется на картофеле, кукурузе и других культурах с продолжительным периодом от посева до всходов. На широкорядных посевах пропашных культур в период вегетации проводят междурядные обработки культиваторами, на картофеле – культиваторами-орудиями. Сроки проведения и число междурядных обработок зависят от появления сорняков и степени уплотнения почвы. Глубина культиваций и количество определяется биологическими особенностями культуры, сроками обработки, влажностью почвы.

2.1.16. Рекультивация залежных земель

Трансформация залежей в пашню целесообразна в том случае, когда имеются благоприятные условия по агроэкономическим факторам: востребованность производимой продукции; близость полей к населенным пунктам; рентабельность хозяйств-землепользователей с развитой производственной инфраструктурой, способных обеспечить высокий уровень агротехники. В качестве альтернативного варианта должна рассматриваться и менее затратная адаптивная стратегия – трансформация структуры сельскохозяйственного использования залежи – переход от полевых севооборотов к лугопастбищному использованию.

Введение в сельскохозяйственный оборот выбывшей пашни с легкими почвами предполагает: иметь информацию о положении и агроэкологическом состоянии каждого участка (историю полей, агрохимические карты и т.д.); рассматривать проблему использования (пашня, сенокосы, консервация, залесение и т.д.); располагать достаточными средствами для этого (финансирование, материаль-

но-техническое и кадровое обеспечение). Склоновые земли (при уклоне более 3°) нецелесообразно вводить в активное сельскохозяйственное обращение, а учитывая современные условия сельскохозяйственного производства без использования навоза, компостов, торфа и т. д., пополнение органического вещества почвы, в том числе выбывшей из оборота, возможно за счет зеленого удобрения.

Трансформация выбывшей из оборота пашни должна быть многовариантной. Стратегия рационального использования залежных земель осуществляется с учетом их культуртехнического состояния, плодородия почв, удаленности от хозяйственного центра, местоположения в рельефе и финансово-материальных возможностей конкретного хозяйства.

При зарастании пахотных земель уменьшается влияние эрозионных процессов на почвенное плодородие. Консервация – вынужденная мера по временному, вынужденному переводу в залежь сельскохозяйственных угодий на пойменных, эрозионных склонах и других землях. Консервация пашни в виде залежи на бедных почвах (в том числе песчаных и супесчаных) с целью их обогащения органическим веществом и азотом возможна за счет посева и рационального использования многолетних трав, в первую очередь бобовых и бобово-злаковых травосмесей. В зависимости от планируемого срока использования залежных земель в их пределах в расчете на 2 года целесообразно высевать эспарцет или донник, на 4–5 лет – люцерну, на более продолжительный срок – люцерно-злаковые травосмеси.

Экстенсивное консервирование залежи на основе самозарастания целесообразно лишь на сильно эродированных землях, чтобы остановить разрушительные процессы водной и ветровой эрозии.

2.1.17. Обработка почв полесий в режиме ландшафтно-мелиоративного земледелия

В условиях ландшафтно-мелиоративного земледелия систему обработки почвы следует рассматривать как важнейшее средство последовательного устранения негативного влияния факторов, лимитирующих продукционный процесс культур, каковыми могут быть: избыточное увлажнение, эрозионная опасность, чрезмерное уплотнение пахотного и подпахотных слоев почвы, малая мощность пахотного слоя, низкое потенциальное плодородие. В производственных условиях выбор оптимальной системы обработки почвы лежит в широком диапазоне всевозможных решений – от традиционной системы вспашки до нулевой обработки – через множество вариантов глубоких безотвальных, плоскорезных, минимальных, отвальных обработок и их комбинаций.

Обработка почвы, по сути, является частью комплексной мелиорации почв и ландшафтов, так как предназначена для оптимизации условий произрастания растений. Однако для усиления оптимизирующего воздействия этого элемента системы земледелия на продукционный процесс необходимо комбинировать его с некоторыми мелиоративными приемами. Так, вспашка поперек склона, являясь элементом противоэрозионных мероприятий, должна проводиться в транзитных агромикрорландшафтах (АМЛ) совместно с кулисными посевами фитомелиорантов, устройством ловчих канав и т.д. Обработка почв в элювиальных АМЛ должна носить комбинированный характер, но под зерновые культуры надо производить отвальную вспашку для замедления процессов выноса питательных веществ из пахотного горизонта. Обязательным условием при этом является внесение больших доз минеральных удобрений и извести, а также планировка микрорельефа. В полесских АГС необходимо также проводить в этих АМЛ глинование почв и внесение больших доз органики. В пределах аккумулятивных агромикрорландшафтов, в условиях зернотравяных севооборотов, а также при окультуривании лугопастбищных угодий, отвальная вспашка, способствующая затуханию анаэробных процессов, должна проводиться на фоне осушительной мелиорации. В полесьях следует регулярно проводить и глубокое мелиоративное рыхление для предотвращения возникновения в почвах водонепроницаемого ортзандового слоя.

В полесских агроландшафтах, на верхних частях склонов (светло-бурые и дерново-слабоподзолистые почвы на флювиогляциальных отложениях с глубоким залеганием ортзандов), необходимо применять комбинированную почвоулучшающую систему обработки почвы, предусматривающую снижение степени дифференциации пахотного слоя по эффективному плодородию и сохранение гумусового слоя почвы посредством рационального сочетания отвальных, безотвальных глубоких и поверхностных обработок (табл. 2.12). Обработка должна быть направлена прежде всего на углубление пахотного слоя почвы и повышение ее водоудерживающей поглотительной способности путем послонной заделки торфа, навоза, сидеральных удобрений, глиносодержащих материалов и цеолитов. Оптимально в данных условиях создание биомелиоративной прослойки (БМП) между пахотным и подпахотным слоями почвы при периодическом ее вовлечении в пахотный слой. Система предпосевной обработки почвы обязательно должна предусматривать прикатывание почвы и выравнивание ее поверхности. Глубокие отвальные и безотвальные обработки почвы целесообразно при-

менять только при ее подготовке под люпины, а также весной перед посадкой картофеля; мелкие – под яровые зерновые культуры.

Таблица 2.12 – Требования к агромелиоративной обработке почвы полесских агроландшафтов

Наименование агро-эколого-мелиоративных групп земель	Лимитирующие (определяющие) факторы	Агро-мелиоративные приемы оптимизации лимитирующих факторов
Плоские вершины (уклон до 1,5°) с дерново-подзолистыми глееватыми на мощных песчаных и супесчаных отложениях почвами	Малая мощность гумусового горизонта, дефицит почвенной влаги, усиленное вымывание питательных веществ	Почвоуглубляющая (отвальная с почвоуглублением) обработка почвы с запашкой сидератов, цеолитов и высоких доз органических удобрений
Склоны (от 1 до 3°) с дерново-подзолистыми глубокооглеенными и глееватыми почвами на флювиогляционных песках и супесях	То же + локальное переувлажнение в локальных замкнутых понижениях на водоупорных горизонтах	Аналогично 1 пункту + глубокое рыхление для разрушения водоупора (ортзандов), выравнивание поверхности, выборочное бороздование
Междолинные депрессии и уклоны до 2° с дерново-подзолистыми глеево-глееватыми, намытыми почвами на супесчаных и на мощных двучленных	Застой влаги на водоупорах, близкое залегание УГВ	Глубокое рыхление, эксплуатационная планировка, выборочное бороздование
Пониженные равнины с уклоном до 1,5° с дерново-подзолистыми глубокооглеенными, глееватыми и торфянисто-глеевыми почвами на мало- и среднемощном двучлене	То же, что в предыдущем пункте + малая мощность гумусового горизонта, закамененность почв	Аналогично пункту 3 + почвоуглубление, уборка камней

В нижних частях склонов, с близким залеганием ортзандов и рудяковых прослоек, основную обработку почвы необходимо дополнять глубоким рыхлением на 50–60 см 1 раз за ротацию севооборота и выборочным борозданием. На полях севооборота, расположенных на склонах, основную и предпосевную обработку почвы следует проводить поперек склона для предотвращения эрозии от ливневых осадков. В травяно-зерновых севооборотах, размещаемых в пониженных равнинах, рекомендуется отвальная система обработки почвы при обязательном применении комбинированных приемов подготовки почвы к посеву и легких боронований посевов многолетних трав.

2.1.18. Системы питания растений в полесьях. Особенности питания растений на легких почвах

Легкие почвы отличаются малым содержанием гумуса, мало содержат коллоидов и элементов питания. В них энергично проходят процессы разложения органического вещества с высвобождением азота и зольных элементов. Однако быстрое разложение органических остатков и удобрений и низкая поглощательная способность легких почв обуславливает значительные потери питательных веществ. Такие почвы быстрее прогреваются весной, легко обрабатываются, имеют хороший воздушный режим.

Типы почв различаются по составу минеральной части, количеству и составу органического вещества. В связи с этим содержание основных элементов питания растений в почвах также неодинаково. Валовой запас азота, фосфора и калия в пахотном слое разных почв характеризуется следующими примерными данными (табл. 2.13).

Таблица 2.13 – Валовой запас питательных веществ в различных почвах

Почва	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	%	т/га	%	т/га	%	т/га
Дерново-подзолистая песчаная супесчаная	0,02-0,05	0,6-1,5	0,03-0,06	0,9-1,8	0,5-0,7	15-21
	0,05-0,13	1,5-4,0	0,04-0,12	1,2-3,6	1,5-2,5	45-75
Чернозем	0,2-0,5	6,0-15,0	0,1-0,3	3,0-9,0	2,0-2,5	60-75
Серозем	0,05-0,15	1,5-4,5	0,08-0,2	2,4-6,0	2,5-3,0	75-90

Общее содержание азота в почвах находится в прямой зависимости от количества гумуса; фосфора в почвах также бывает больше, если они богаты органическим веществом, тогда как содержание

калия определяется в основном механическим составом минеральной части почвы. Общий запас питательных веществ в почве характеризует лишь ее потенциальное плодородие.

Для оценки эффективного плодородия, действительной способности почвы обеспечивать высокие урожаи сельскохозяйственных культур очень важное значение имеет содержание в ней питательных веществ в доступных для растений формах. Переход труднорастворимых и нерастворимых соединений в усвояемые (мобилизация питательных веществ) постоянно происходит в почве под влиянием почвенных микроорганизмов, физико-химических и химических процессов. Мобилизация элементов питания в разных почвах идет с неодинаковой интенсивностью, зависит от характера соединений, которыми представлены питательные вещества, климатических условий, свойств почвы и уровня агротехники.

На песчаных почвах лучше всего вносить навоз в почву на глубину 40–45 см. Глубоко заложенные «экраны» из органических удобрений не только повышали урожай культур, но и улучшали агрономические свойства песчаных почв.

При внесении минеральных туков в качестве основного удобрения сроки и глубина заделки их также сильно зависят от конкретных почвенно-климатических условий. На легких почвах при периодическом (запасном) внесении высоких доз минеральных удобрений наблюдается вымывание калия и зависит от исходного содержания его в почве. Нельзя вносить в запас фосфор и на сильнокислых почвах, так как в них происходит сильное закрепление фосфатов.

На легких по механическому составу почвах органические удобрения целесообразно вносить чаще за ротацию севооборота и, если под зябь, то в поздние сроки, или весной и заделывать глубже, чем на средних и особенно тяжелых почвах.

Более пригодны для легких почв культуры, имеющие продолжительный период потребления элементов питания и влаги: озимая рожь, овес, люпин, картофель. Пригодны для возделывания на легких почвах гречиха, полюшка, сераделла. Из промежуточных культур большое значение имеет возделывание озимой ржи на зеленый корм, которая наиболее полно использует влагу осадков осеннего, зимнего и ранневесеннего периодов.

2.1.19. Особенности питания полевых культур

Озимая рожь – относительно нетребовательна к плодородию почвы. Она лучше многих других культур использует фосфорную кислоту фосфоритов. По усвоению из почвы калия она немного уступает только овсу. При внесении удобрений ее несколько лет подряд можно сеять на одном месте. Рожь может расти на малоплодородных почвах, легких супесях и рыхлых песчаных почвах. Хорошо удается рожь на новых (осваиваемых) землях, на почвах с кислой или щелочной реакцией (рН несколько ниже 5 и выше 7).

Яровые зерновые культуры (яровая пшеница, ячмень, овес) отличаются умеренным выносом элементов питания. Вследствие короткого вегетационного периода они плохо используют питательные вещества навоза и других органических удобрений. Наибольшая потребность этих культур в элементах питания наблюдается в первые недели вегетации. Особенно чувствительны яровые зерновые в это время к недостатку доступного фосфора. Норма азота зависит от предшественника. К реакции почвы более чувствительны яровая пшеница и ячмень, менее чувствителен овес.

Лучшими почвами для пшеницы считаются черноземы и каштановые почвы [207]. На подзолистых и серых лесных почвах она растет хорошо, если они окультурены и применяются удобрения. Тяжелые глинистые и легкие песчаные почвы для яровой пшеницы непригодны. Для возделывания ярового ячменя наиболее пригодны среднесуглинистые плодородные почвы. Кислые, заболоченные, а также легкие песчаные почвы для ячменя непригодны. При достаточной обеспеченности влагой овес успешно произрастает на песчаных почвах, уступая в этом отношении только ржи.

Картофель – важнейшая продовольственная, кормовая и техническая культура. Потребляет большое количество питательных веществ. (средний вынос с 1 га 110 кг N, 50 кг P₂O₅, 200 кг K₂O и 60 кг CaO). Период потребления элементов питания очень растянут, что позволяет картофелю хорошо использовать органические удобрения. Высокое содержание в почве хлора угнетает рост и развитие картофеля, поэтому под эту культуру следует применять удобрения с низким содержанием хлора или вносить хлорсодержащие удобрения с осени. Картофель хорошо растет на среднекислых почвах и отрицательно реагирует на известкование по полной норме.

Картофель очень хорошо отзывается и на внесение органических удобрений. Наиболее сильное действие навоза на урожай картофеля отмечается на дерново-подзолистых почвах легкого механического состава, а также в зонах достаточного увлажнения. Оптимальная норма навоза с точки зрения окупаемости 1 т его прибавкой урожая составляет для дерново-подзолистых почв до 40 т/га. В хозяй-

ствах Нечерноземной зоны для получения высоких урожаев хорошего качества применяют навоз или компост в норме 50–80 т/га (Ягодин, 1989). Более высокий урожай клубней картофеля получают при совместном применении органических и минеральных удобрений по сравнению с отдельным их внесением в эквивалентных количествах питательных веществ.

На песчаных, супесчаных и легкосуглинистых почвах в зоне достаточного и избыточного увлажнения наибольший эффект дает весеннее внесение навоза. Использование под картофель торфа малоэффективно. Внесение 30–40 т/га торфа редко обеспечивает прибавку урожая клубней больше чем на 10–20%. Слабая эффективность чистого торфа объясняется тем, что органическое вещество его трудно разлагается в почве.

Лен – культура умеренного потребления элементов питания, но из-за слабого развития корневой системы содержание легкодоступных питательных веществ в почве должно быть достаточно высоким. Вместе с тем лен плохо выносит общую высокую концентрацию почвенного раствора. Лен весьма требователен к формам питательных веществ, предпочитает наиболее легкоусвояемые соединения. Азота и калия лен больше всего усваивает в фазах бутонизации и цветения, поглощение фосфора более растянуто во времени. Особенно чувствительны к недостатку усвояемого фосфора всходы. Лен хорошо растет на слабокислых почвах, средне- и легкосуглинистых. После известкования он часто страдает от недостатка бора.

Многолетние бобовые культуры (клевер, люцерна и др.) потребляют около 30–40% почвы, остальную часть получают от клубеньковых бактерий. Хорошо растут на почвах, содержащих достаточное количество фосфора, калия, а также кальция, не выдерживают кислой реакции почвы. Совершенно не удаются бобовые травы на засоленных, меловых, заболоченных и песчаных почвах.

Многолетние злаковые травы. К наиболее ценным злаковым травам относятся тимофеевка луговая, овсяница луговая, кострец безостый, житняк, райграс многоукосный и др. Для многих из них характерны долговечность (5 лет и более), высокая зимостойкость и малая требовательность к теплу. И хотя по урожайности и кормовому достоинству злаковые травы уступают многолетним бобовым травам, их совместное возделывание повышает общую урожайность травосмесей, делает ее более устойчивой по годам. Составляют травосмеси с учетом биологических особенностей компонентов: они могут быть двучленными (клевер луговой, тимофеевка), трехчленными (люцерна, эспарцет, кострец), четырехчленными (люцерна, эспарцет, овсяница и кострец).

Правильно подобранные травосмеси отличаются высокой продуктивностью и долговечностью, поэтому их высевают на участках длительного пользования – на культурных пастбищах, при залужении склонов, необходимости защиты почвы от водной и ветровой эрозии. Тимофеевка луговая хорошо удается на осушенных торфяниках, а также на глинистых, подзолистых, супесчаных и кислых почвах.

2.1.20. Приемы повышения плодородия легких почв

Приемы повышения плодородия легких почв, в первую очередь, должны быть направлены на обеспечение их органическим веществом. В окультуривании их важнейшая роль принадлежит органическим удобрениям: навозу, торфу, торфонавозным компостам. Можно использовать также зеленые удобрения. На легких почвах органические удобрения разлагаются быстро, поэтому их заделывают глубже, чем на связных почвах. Эффективно глубокое послойное внесение органических удобрений: один слой заделывается на глубину 30–35 см, другой – на 15–20 см. В повышении плодородия легких почв большое значение имеют зеленые удобрения. Основным способом возделывания сидератов в настоящее время является выращивание их в промежуточных посевах. В Республике Беларусь наибольшее распространение имеют поукосные и пожнивные посевы однолетнего люпина, крестоцветных культур. Сидераты обеспечивают почву органическим веществом и подвижными элементами питания, улучшают водно-физические свойства почвы.

Важным мероприятием, обеспечивающим получение высоких урожаев на легких почвах, является введение и освоение научно обоснованных севооборотов. При разработке их необходимо учитывать специфические особенности этих почв, связанные с недостатком органического вещества, элементов питания и неустойчивостью водного режима.

При регулировании питательного режима почвы борются с непроизводительными потерями растворимых форм азота и зольных элементов. Применяют меры, уменьшающие потери питательных веществ (вымывание в глубокие горизонты почвы за пределы корнеобитаемого слоя, эрозия почвы, поглощение сорной растительностью). Эффективными будут приемы, способствующие увеличению поглотительной способности почвы, а также комплекс агротехнических и других мер борьбы с эрозией почвы, сорной растительностью, болезнями и вредителями культурных растений.

Результаты мониторинга агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы на стационаре ВНИИМЗ показали, что за 19-летний период произошло повышение кислотности почвы на 0,6 ед. (табл. 2.14).

Таблица 2.14 – Результаты мониторинга агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы объекта «Губино» (склон южной экспозиции)

Годы	Показатели							
	pH _{квл}	Нг	Нлегко..	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	гумус
		мг.экв./100 г	Мг/кг почвы					%
1998	5,95	1,78	42,0	880	217	43,3	12,0	2,34
2017	5,35	2,08	36,1	340	126	44,5	6,5	2,53

Количество легкогидролизуемого азота снизилось на 5,9 мг на кг почвы. Содержание подвижного фосфора и обменного калия снизилось в 2,6 и 1,7 раза соответственно. Количество гумуса в почве не снижалось, чему способствовало возделывание трав в севообороте (42 %).

Влияние ландшафтных, прежде всего рельефных, условий на плодородие почв и стратегию внесения удобрений в последнее время активно изучается агрохимиками, однако на практике учитывается явно недостаточно.

Исследования Т. Е. Филипповой [365] показали, что эффективность возрастающих доз извести и минеральных удобрений при комплексной мелиорации болотно-подзолистых почв зависит от их генетических особенностей и геоморфологического фактора агроландшафта, который обуславливает приуроченность почвы к определенному элементу рельефа. Важнейшей характеристикой элемента рельефа является степень проявления в его пределах определенного типа геохимического процесса – элювиального, транзитного или аккумулятивного. За счет геохимической сопряженности элементов рельефа по направлению от вершины холма к его подножью снижается транзит кальция и других элементов питания и повышается степень их аккумуляции. Это способствует повышению плодородия почв вниз по склону и соответственно снижению эффективности внесения минеральных и известковых удобрений в 2–5 раз. Максимальная энергетическая эффективность и окупаемость удобрений наблюдаются на плоских вершинах холмов, где господствуют элювиальные процессы.

Система удобрений почв также должна сопровождаться определенными комплексно-мелиоративными мероприятиями. В элювиальных АМЛ для предотвращения вымывания элементов питания (как тех, что находятся в почве, так и вносимых туда человеком) необходима организация поверхностного стока агро-мелиоративными приемами при жесткой локализации применения дренажа. Для этих же целей здесь необходимо проводить посев фитомелиорантов с мощной и глубокопроникающей корневой системой. В полесских агрогеосистемах (АГС) очень важным приемом является глинование почв и внесение структуров и цеолитов. В транзитных АМЛ усилия по повышению плодородия почв не принесут результатов без одновременного проведения комплекса противоэрозионных мероприятий. Внесение в этих ПТК высоких доз извести обусловлено не столько борьбой с подкислением почв, сколько необходимостью создания агрономически ценной водопрочной структуры, устойчивой перед эрозионными процессами. Для этой цели полезно применять также синтетические структуровые и цеолиты. В аккумулятивных АМЛ система удобрений должна быть согласована с мероприятиями по осушению почв. В зависимости от способа и вида осушительных мелиораций, а также от типа АГС могут применяться различные приемы по повышению плодородия почв. Так, при минимальном осушении (регуляция поверхностного стока, редкие дренажные каналы) не рекомендуется вносить большие дозы органических удобрений, особенно торфа, так как это приведет к активизации анаэробных процессов в почве и, как следствие, к их подкислению. Следует отметить также, что фосфорные удобрения в заболоченных почвах могут перейти в формы, трудно усвояемые растениями. В местах, где проложен систематический гончарный дренаж, возникает необходимость во внесении значительных доз органических и минеральных удобрений, а также извести, так как мелиоративные объекты характеризуются повышенным темпом выщелачивания из почв элементов питания растений и минерализации гумуса.

В полесских агроландшафтах главной задачей системы удобрения является коренное повышение изначально низкого уровня плодородия почв и их поглотительной способности. На плоских вершинах и верхних частях склонов необходимо вносить большие дозы грубой органики (торфа, ТНК), извести, цеолитов и структуров. В нижних частях склонов дозы этих удобрений и мелиорантов должны быть поддерживающими, а удобрения – обеспечивать оптимальные условия в период вегетации растений. Способы и приемы оптимизации питательного режима включают: внесение высоких доз инертной органики (торф, сапропель, опилки и т. д.) на водоразделах и верхних частях склонов под

глубокую вспашку (10–15 т/га ежегодно); внесение цеолитов (5–15 т/га) и структурообразователей; применение медленнодействующих и гранулированных форм удобрений; известкование магниесодержащими материалами.

2.1.21. Влияние продуктов биоконверсии органического сырья на плодородие почв полесий

На современном этапе развития сельского хозяйства в нашей стране, на фоне увеличения объемов производства растениеводческой продукции возникает проблема воспроизводства почвенного плодородия. Наиболее распространенной в современных экономических условиях является растениеводческая специализация хозяйств с несоблюдением севооборотов и минимальным внесением удобрений, особенно органических. В Нечерноземной зоне это приводит к снижению почвенного плодородия и созданию напряженной экологической ситуации.

Применение продуктов биоконверсии органического сырья в режиме ландшафтно-мелиоративного земледелия позволяет увеличить спектр эколого-природообустроительных задач, решаемых на современном этапе развития растениеводства и земледелия. Глубокая биоконверсия органических субстратов позволяет решить проблемы утилизации отходов животноводства, пищевой промышленности, торфо- и деревопереработки и других производств, а также снизить дефицит органических удобрений в растениеводстве. Применение органических удобрений нового поколения дает возможность регуляции питательного режима почв в различных ландшафтных условиях, а также снижению степени засоренности посевов и зараженности пахотных горизонтов патологической микрофлорой.

В условиях дефицита удобрений и материальных ресурсов производство зерна и кормов можно значительно увеличить при внесении в почву компоста многоцелевого направления (КМН), разработанного в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ). Его получают путем биоконверсии (ферментации) органического сырья (навоза, птичьего помета, соломы, торфа, опилок) [197]. Продукт биоконверсии органического сырья – компост – представляет собой однородную сыпучую массу (влажностью 55–70 %) темно-коричневого цвета с нейтральной или слегка щелочной реакцией (рН 6,3–7,2) с высоким содержанием легкодоступных для растений питательных веществ: азота общего – 2,5–2,6 %; фосфора (P_2O_5) – 2,0–2,2 % и калия (K_2O) – 1,5–1,7 % (Ковалев, 2010). КМН, как органическое удобрение, может применяться как под полевые, так и под овощные культуры, а также при создании высокопродуктивных сенокосов и пастбищ. По своим качественным показателям он не уступает зарубежным аналогам. Следует отметить его высокую эффективность – 1 т КМН заменяет до 4 т торфонавозного компоста. При аэробной ферментации органического сырья происходит существенное обеззараживание субстрата – уничтожение болезнетворных микроорганизмов, спор и семян сорняков.

Важнейшей задачей применения КМН на практике является его адресное внесение в пределах агроландшафта с учетом особенностей баланса накопления и расхода влаги и элементов питания растений на каждом его элементе. Разработать приемы адресного внесения КМН можно только на основе изучения адаптивных реакций растений (изменения их урожайности) на ландшафтные условия в опыте с его применением. Сотрудниками отдела мониторинга состояния и использования осушаемых земель ФГБНУ ВНИИМЗ проведено изучение адаптивных реакций растений зернотравяного севооборота на ландшафтные условия при внесении в почву компоста многоцелевого назначения для разработки мероприятий по его адресному внесению в условиях реальных хозяйств. Исследования проводились на агроэкологическом стационаре ФГБНУ ВНИИМЗ [163, 161], который расположен в пределах холма с относительным превышением 15 м с плоской вершиной и длинными пологими склонами. В его пределах выделено четыре типа элементарных геохимических ландшафтов, являющихся вариантами ландшафтно-полевого опыта: 1) элювиально-аккумулятивный (Э-А) на вершине, где вместе с нисходящим током веществ наблюдается их аккумуляция в микропонижениях; 2) элювиально-транзитный (Э-Т) в пределах пологих верхних частей склонов, где наблюдается нисходящий ток веществ и их боковое перемещение; 3) транзитный (Т) на центральных частях склонов с преобладанием бокового перемещения веществ; 4) транзитно-аккумулятивный (Т-А) в наиболее пониженных частях полигона, где совмещено латеральное перемещение веществ и частичная их аккумуляция из грунтовых и намывных вод.

Почвообразующие породы в пределах полигона имеют двучленный характер, хотя на южном склоне средняя глубина залегания морены превышает 1 м, в то время как на северном она залегает на глубине 0,5–0,6 м, а местами выходит на поверхность. В элювиально-аккумулятивных микроландшафтах преобладают дерново-подзолистые слабооглеенные почвы, в элювиально-транзитных наблюдается более сложный почвенный покров, состоящий из дерново-подзолистых глеевых и глееватых

почв. Наиболее сложная структура почвенного покрова в транзитных микроландшафтах – она состоит из трех компонентов: глеевой, глееватой и слабооглеенной почвы. Ниже по склону опять приобретает двухкомпонентный характер.

Исследования проводились в пределах одной трансекты на двух параллельных полосах занятых в 2013 г. яровой пшеницей сорта «Иргина» после злакобобовых травостоев 3 г.п., в 2014 – яровым рапсом, в 2015 – озимой рожью сорта «Дымка», в 2016 – овсом сорта «Аргмак» с подсевом многолетних трав (клевер ВИК 7, тимофеевка ВИК 9), в 2017 – клеверотимофеечным травостоем 1 г.п. На контрольной полосе удобрения не вносились, а на тестовой полосе под пшеницу в почву было внесен КМН в количестве 12 т/га, в массе которого, в пересчете на действующее вещество, содержится 300 кг азота, 180 кг фосфора и 120 кг калия. Различия в реакциях культур на внесение КМН объясняются их биологическими особенностями, агроклиматическими условиями периодов вегетации (нормальное увлажнение в 2013 г., недостаток его в 2014, а в 2015, 2016 и 2017 гг. с переувлажнением для отдельных культур) и спецификой агроландшафтов (табл. 2.15).

Продуктивность культур севооборота в опыте с применением КМН в первые три года имела заметную прибавку по сравнению контролем. В 2016 г. продуктивность овса с подсевом многолетних трав (клевер + тимофеевка) в целом по вариантам не различалась, что, скорее всего, связано с метеорологическими условиями года. В 2017 г. положительное влияние применения КМН вновь проявилось на продуктивности многолетних трав 1 г.п., вышедших из-под покрова овса, что связано с благоприятными метеорологическими условиями и усилением симбиотических процессов в почве.

Влияние КМН значительно отразилось на продуктивности звена севооборота вследствие его сильного воздействия на урожайность рапса и ржи. В среднем по агроландшафту внесение КМН обеспечивает достоверную прибавку продуктивности звена на 5,9 ц.к.ед./га ($НСР_{0,05}=1,9$ ц.к.ед./га), однако, ее величина сильно колеблется в пределах агроландшафта. На вершине холма она достигает 10 ц.к.ед./га, а в нижней части южного склона снижается до 1,1 ц.к.ед./га. На северном склоне эта тенденция выражена слабее – минимум прибавки здесь наблюдается в транзите (2,7 ц.к.ед./га). За 5-летний период изучения КМН нами отмечено стабильное повышение продуктивности культур (на 11,0–19,1% от среднего) в вариантах с элювиальными почвенными процессами, тогда как на контроле показатели урожайности были сглажены по вариантам.

Таблица 2.15 – Оценка продуктивности звена севооборота в зависимости от условий мелиорированного агроландшафта и применения КМН, ц/га к. ед.

Варианты опытов АМЛ	Годы исследований					Среднее по годам
	2013	2014	2015	2016	2017	
	яровая пшеница	рапс яровой	озимая рожь	овес+мн. травы	мн. травы 1 г.п.	
По фону КМН						
Т-Аю	18,9	37,7	28,0	20,0	38,6	28,6
Тю	21,3	43,8	30,1	26,9	71,6	38,7
Э-Тю	14,1	48,4	37,9	35,0	65,6	40,2
Э-А	25,3	42,0	40,4	32,8	75,2	43,1
Э-Тс	22,7	44,8	41,0	30,8	68,5	41,6
Тс	20,0	31,0	30,1	27,3	34,0	28,5
Т-Ас	25,5	37,9	33,6	30,3	35,2	32,5
Среднее	21,1	40,8	34,4	29,0	55,5	36,2
Контроль						
Т-Аю	15,6	32,6	31,3	27,9	31,1	27,7
Тю	19,9	24,5	31,3	29,7	48,1	30,7
Э-Тю	12,4	24,4	29,1	32,0	50,1	29,6
Э-А	19,0	27,2	28,0	30,1	45,1	29,9
Э-Тс	16,8	21,0	30,2	31,3	34,5	26,8
Тс	19,2	18,9	31,3	31,3	35,4	27,2
Т-Ас	20,9	23,0	30,5	28,0	27,9	26,1
Среднее	17,7	24,5	30,2	30,0	38,9	28,3

На продуктивность культур и звена севооборота оказывают влияние особенности агрофона и структурных частей ландшафта. На контроле совокупное влияние структурных частей агроландшафта объясняет 19 % вариабельности продуктивности звена, а на варианте с КМН – 32,8 %. Внесение компоста многоцелевого назначения в почву способствует усилению влияния ландшафтных условий на продукционный процесс возделываемых культур. На контроле основное влияние на продуктив-

ность звена оказали микроландшафтные особенности территории, и несколько меньше – экспозиция склона и гидроморфизм почв. В опыте с применением КМН достоверного влияния почвенно-гидроморфных условий на продуктивность звена не обнаружено. Следовательно, внесение компоста многоцелевого назначения в почву способствует усилению влияния ландшафтных условий на продукционный процесс культур (табл. 2.16).

Таблица 2.16 – Влияние антропогенных и ландшафтных факторов на продуктивность звена севооборота *

Факторы	Доля вариабельности продуктивности, %	
	без КМН	с КМН
А (экспозиция склонов)	-	-
В (особенности АМЛ)	7,4	27,4
С (гидроморфизм почв)	-	-
АВ	-	5,4
АС	4,0	-
ВС	-	-
АВС	7,6	-

*Примечание: Знак (-) означает отсутствие достоверного влияния фактора на продуктивность.

Величина прибавки продуктивности звена от внесения КМН сильно зависит от мелиоративного состояния и характера водного баланса местоположения – они определяют около 10% ее вариабельности. В местоположениях с господством замедленного водообмена (в элювиальных АМЛ) наблюдается максимальное увеличение прибавки от внесения компоста, а в местах с наличием транзитных процессов – она понижается. Внесение КМН способствует усилению воздействия ландшафтных условий на пространственное изменение урожайности – значительно увеличивается влияние природных условий видов осушаемых земель на урожай.

По фону КМН отмечено снижение доли бобового компонента на верхних частях плоской вершины (в элювиальных вариантах) до 53,9–66,0 %. При этом доля клевера в транзитах обоих склонов составила 92,4–93,4 %. Соответственно изменялась доля злаков в сене: на вершине 33,5–39,4 %, на транзитах – 5,0–5,2 %. На контроле доля клевера в элювиальном варианте достигает 95,6 %, и очень резко падает на транзитно-аккумулятивном варианте южного склона (52,5 %), соответственно повышается злаковый компонент в сене этого варианта до 47,2 %. Внедрение в посевы многолетних трав сорных растений было незначительным (табл. 2.17).

Таблица 2.17 – Влияние агроландшафтных условий и последствий КМН на ботанический состав многолетних трав 1 г.п., 2017 г.

АМЛ	Доля компонента в сене, весовые %		
	клевер	тимофеевка	разнотравье
по фону КМН (12 т/га в 2013 г.)			
Т-Аю	72,2	19,2	8,6
Тю	92,4	5,2	2,3
Э-Тю	66,0	33,5	0,5
Э-А	63,5	34,9	1,6
Э-Тс	53,9	39,4	6,7
Тс	93,4	5,0	1,6
Т-Ас	82,6	13,0	4,4
Среднее	74,9	21,5	3,7
контроль			
Т-Аю	52,5	47,2	0,3
Тю	86,3	11,0	2,8
Э-Тю	89,5	8,9	1,7
Э-А	95,6	3,0	1,4
Э-Тс	77,8	19,4	2,7
Тс	89,7	8,7	1,6
Т-Ас	84,0	9,3	6,7
Среднее	82,2	15,4	2,5

Определяющим моментом в применении тех или иных приемов возделывания и материально-технических средств в условиях осушаемых земель является их экономическое обоснование [248, 369]. Производство зерновых культур более затратно по всем показателям: затратам живого труда,

ГСМ, в рублях и энергии, чем многолетних сеяных трав. Для оценки ресурсного потенциала отдельных видов осушаемых земель сопоставление вариантов агротехнологий с учетом различий, связанных с особенностями агроландшафтных условий, таких как крутизна склона, влажность, гранулометрический состав и плотность почвы, длина гона, а также вариабельности по урожайности, влажности и засоренности убираемой массы, позволяет определить направление их использования.

При сравнении совокупных затрат на производство растениеводческой продукции с применением однотипной технологии в опыте выявлено, что прямые затраты на производство продукции растениеводства связаны с урожайностью возделываемых культур, а также с микроландшафтными особенностями вариантов опыта.

Экономическая оценка звена севооборота на контроле и в опыте с применением КМН выявила прибавку по вариантам. Наиболее высокая выгода от применения КМН получена на верхних отметках агроландшафта, т.е. на вариантах с элювиальными процессами, где прибавка в денежном выражении составила 7420–10360 руб. Прибавка в среднем за годы исследований (2013–2017 гг.) составила от 630 до 10360 руб. с каждого гектара севооборотной площади. Средняя прибавка от применения КМН в звене зернотравяного севооборота составила 5530 руб. (табл. 2.18).

Таблица 2.18 – **Экономический эффект от применения КМН и особенностей агроландшафтных условий в звене севооборота**

Вариант (АМЛ)	С 1 га севооборотной площади, рублей		
	Контроль	Последствие КМН	Прибавка от КМН
Т-Аю	19390	20020	630
Тю	21490	27090	5600
Э-Тю	20720	28140	7420
Э-А	20930	30170	9240
Э-Тс	18760	29120	10360
Тс	19040	19950	910
Т-Ас	18270	22750	4480
Среднее	19810	25340	5530

При однотипности применяемой агротехнологии в опыте прямые затраты на производство по вариантам различались незначительно. Они зависят в большей степени от длины гона, конфигурации участка, наличия препятствий, влажности, гранулометрического состава почв и/или других различий по вариантам опыта, чем от урожая. А условно чистый доход и уровень рентабельности напрямую зависят от урожайности; на вариантах опыта с наивысшей урожайностью экономический эффект более высокий. При расчете экономических показателей в денежном выражении они составили 18,8–21,5 тыс. руб. на 1 га по вариантам, т.е. различия составили 5,1–8,5 % от среднего по опыту. Прибавка в урожае от КМН в элювиальных агроландшафтах составляет 34,2–87,3 % по сравнению с аналогами контроля.

Таким образом, применение КМН в севообороте стабилизирует экономические показатели и выравнивает продуктивность возделываемых культур по вариантам и во времени. С целью получения наибольшей экономической выгоды от применения КМН в полевом севообороте целесообразно применять его высокие нормы на вершинах и верхних частях склонов. В силу анализируемых противоречий окончательное решение о преимуществах или же недостатках этого агротехнического приема можно сделать на основе экономических расчетов. Кроме того, полученные результаты дают основание для объединения в более крупные технологические массивы сопредельные (элювиальные) агроландшафты с целью повышения экономической выгоды.

Важнейшей задачей применения КМН на практике является его адресное внесение в пределах агроландшафта с учетом особенностей баланса накопления и расхода влаги и питательных веществ на каждом его элементе (Иванов и др., 2014–2018). Разработать приемы адресного внесения КМН для регуляции процессов почвенного плодородия можно на основе изучения его влияния на биологическую активность почв в различных ландшафтных условиях в ходе анализа результатов многолетнего мониторинга биологической активности почв в опытах с применением КМН.

В эксперименте по изучению влияния КМН на биоактивность почв льнополотна в почву закладывались на срок 1,5 месяца на контроле и тестовом поле в точках опробования, регулярно расположенных вдоль трансекты на расстоянии 40 м друг от друга (рис. 2.14).

Результаты мониторинга степени разложения льнополотна обрабатывались пятифакторным дисперсионным анализом, в котором фактором А являлся агрофон (контроль и тестовое поле); фактором В – комплексное воздействие культуры и метеоусловий года на биоактивность почв (севооборотный фактор); фактором С – экспозиция склона (северная и южная); D – особенности АМЛ (тран-

зитно-аккумулятивный, транзитный, элювиально-транзитный и элювиально-аккумулятивный в пределах каждого склона); Е – гидроморфизм почв (глеватая и глеевая почвы в пределах каждого АМЛ). Степень влияния факторов и их парных сочетаний на биоактивность почв определялась по методу Н. А. Плохинского [286] путем деления частной факториальной суммы квадратов на общую.

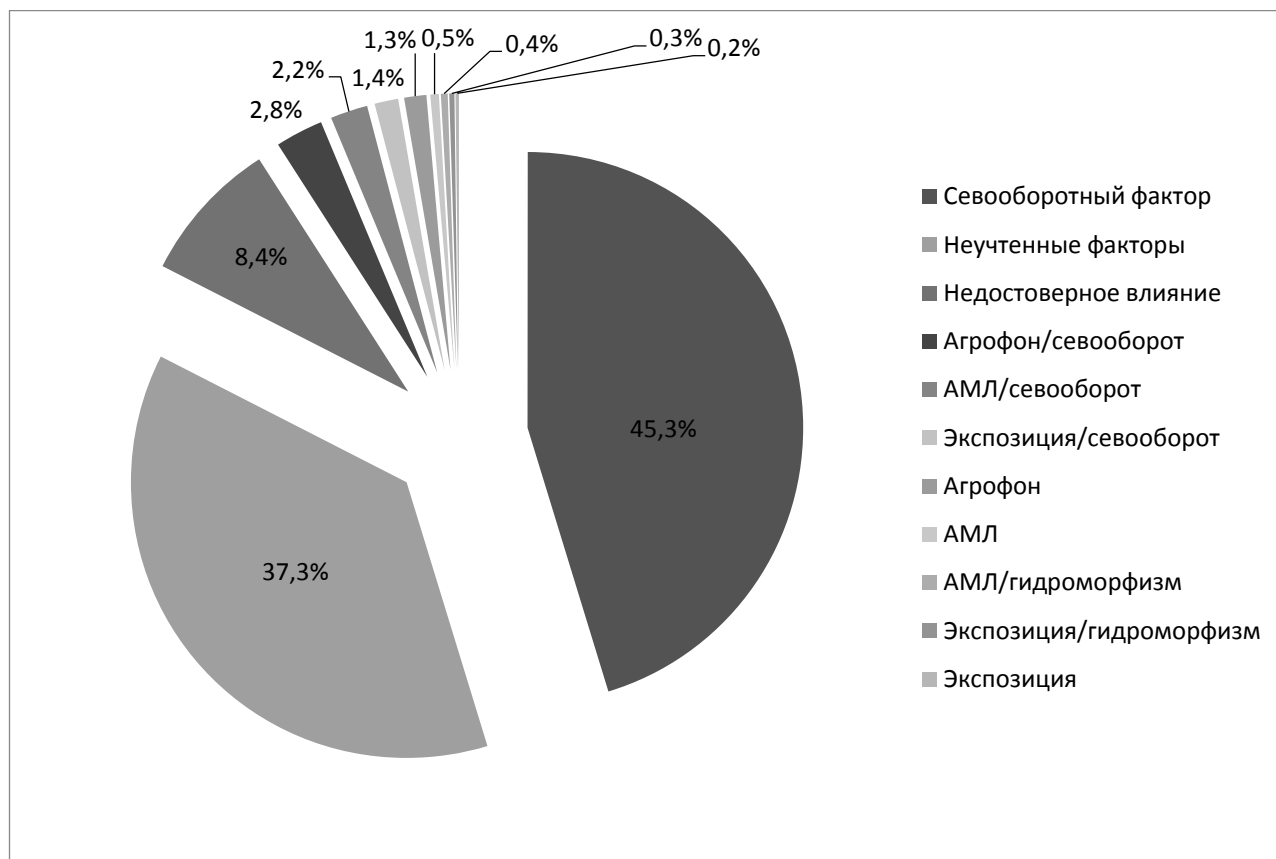


Рисунок 2.14 – Результаты пятифакторного дисперсионного анализа влияния природных и производственных условий на степень разложения льнополотна в почвах стационара

Максимальное влияние на характер пространственно-временной динамики биоактивности почв оказывает севооборотный фактор, который характеризуется чередованием культур в условиях изменения агроклимата. Значительное воздействие на эту динамику оказывают и факторы, не учтенные в данном дисперсионном комплексе (агрохимические и агрофизические свойства почв, пространственные особенности микроклимата и т. д.). Велико также суммарное значение факторов и их сочетаний, не оказывающих по отдельности достоверного влияния на изучаемое явление.

Кроме севооборотного, все остальные факторы, включенные в дисперсионный комплекс, не оказывают по отдельности значительного достоверного воздействия на характер изменчивости разложения льнополотна. Так, особенности агрофона определяют только 1,3 % вариабельности разложения льнополотна, свойства АМЛ – 0,5 %, экспозиционный фактор определяет 0,2 % вариабельности биоактивности почв. В совокупности с севооборотным фактором их влияние возрастает – агрофона более чем в 2 раза, микроландшафтного устройства более чем в 4, а экспозиции в 7 раз.

Гидроморфные условия почв, как таковые, не оказывают достоверного влияния на степень разложения льнополотна вследствие незначительности градиентов заболоченности. Однако в совокупности с особенностями микроландшафтного устройства территории они достоверно влияют на биоактивность почв. Характерно, что не обнаружено достоверного совокупного воздействия на биоактивность почв гидроморфизма с факторами севооборота и агрофона, что говорит о том, что гидроморфная обстановка не оказывает существенного влияния на целлюлозоразлагающее действие КМН.

Для подробного изучения влияния агроландшафтных и производственных условий на биоактивность почв результаты мониторинга интенсивности разложения льнополотна за каждый год в условиях разного агрофона исследовались методом трехфакторного дисперсионного анализа, где фактором А являлась экспозиция, фактором В – особенности микроландшафтов (ЭГЛ), а фактором С – гидроморфизм почв. Перепланировка опыта, как показано в таблице 2.19, позволяет детально изучить влияние прежде всего агрофона и севооборота на вариабельность биоактивности почв.

Таблица 2.19 – Степень воздействия структурных частей агроландшафта на вариабельность биоактивности почв при различной агротехнологии, %

Факторы	Агрофон									
	контроль					по фону КМН				
	культура/год									
	пшеница/ 2013	рапс/ 2014	рожь/ 2015	овес/ 2016	травы/ 2017	пшеница/ 2013	рапс/ 2014	рожь/ 2015	овес/ 2016	травы/ 2017
A				3,9	5,4	22,9	8,9		20,4	7,2
B		27,7	20,4	31,4	5,4	40,5	23,7			27,3
C			16,9	10,4	6,9					
AB		33,6	25,8	34,4	25,2					44,3
AC				5,5	1,4		14,4			
BC			13,2		23,6				14,3	
ABC	27,4	29,6			27,5				30,0	
Сумма	27,4	90,9	76,3	85,6	95,4	63,4	47	0	64,7	78,8

Из таблицы видно, что внесение КМН, как правило, способствует снижению частоты и степени влияния особенностей природной среды на вариабельность биоактивности почв. Анализируя частоту достоверного влияния факторов ландшафтной среды на разложение льнополотна в почвах стационара, можно отметить, что внесение КМН способствует двукратному увеличению частоты воздействия экспозиции склонов на биоактивность почв и заметному снижению вероятности воздействия на нее особенностей микроландшафтного устройства и гидроморфизма почв. Частота совокупного влияния изучаемых факторов на целлюлозоразлагающую активность почвы на тестовом поле также заметно снижается по сравнению с контролем.

Расчет суммарных нагрузок по годам (культурам севооборота) показывает, что на контроле совокупное воздействие структурных частей агроландшафта на разложение льнополотна заметно больше, чем на тестовом поле (75,1 и 63,5 % соответственно), можно сказать, что внесение КМН несколько увеличивает устойчивость системы биоактивности почв. Сравнение суммарных нагрузок по факторам показывает, что внесение КМН способствует значительному увеличению влияния экспозиции склона (фактора А) на вариабельность биоактивности почв (рис. 2.15).

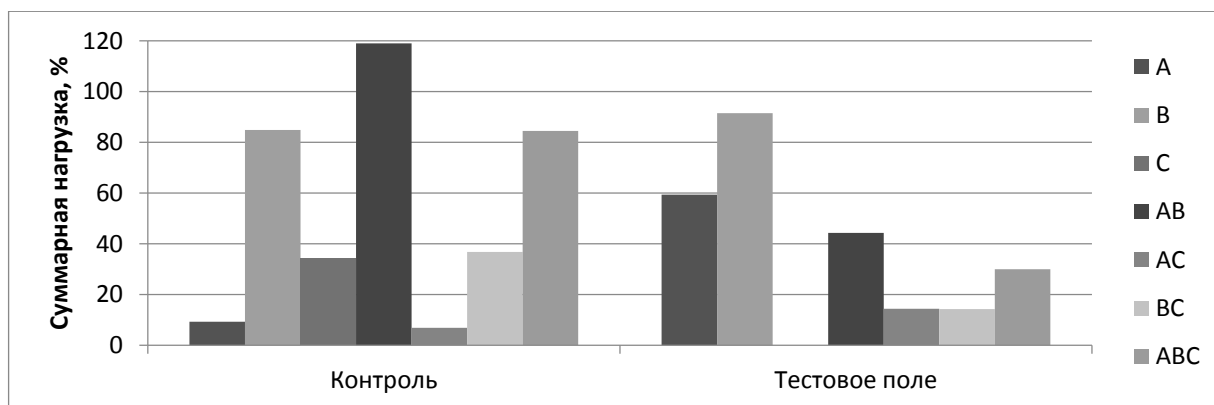


Рисунок 2.15 – Суммарное влияние ландшафтных факторов на вариабельность интенсивности разложения льнополотна в почвах стационара

Фактор гидроморфизма почв после внесения КМН перестает воздействовать на целлюлозоразлагающую деятельность микроорганизмов вследствие сглаживания особенностей микроценозов почв разной степени заболоченности при попадании туда агрессивной микрофлоры извне.

Микрофлора компоста многоцелевого назначения изменяет также биологическую активность пахотных горизонтов почв и в различных АМЛ (рис. 2.16).

Сравнение средних за 5 лет значений интенсивностей разложения льнополотна в различных ландшафтных условиях на контроле и по фону КМН показало, что компостирование значительно усиливает процессы биодеструкции почвенной органики в АМЛ южного склона, который сложен более легкими породами (песками и супесями) и сильнее прогревается солнцем, тогда как на вершине и северном склоне под воздействием этого агроприема происходит некоторое снижение интенсивности биологических процессов в почве.

Корреляционный анализ показал, что степень влияния экспозиции на интенсивность разложения льнополотна на контроле прямо пропорционально зависит от продуктивности культур ($r = + 0,79$),

тогда как на тестовом поле эта связь отрицательна ($r = -0,62$) вследствие того, что на фоне КМН повышение продуктивности сглаживает пространственную вариабельность почвенных условий (табл. 2.20). На контроле степень влияния экспозиции на биоактивность почв гораздо сильнее зависит от метеоусловий года (ГТК, осадки и температура) чем на тестовом поле, что говорит о стабильной трансформации микроценозов при компостировании.

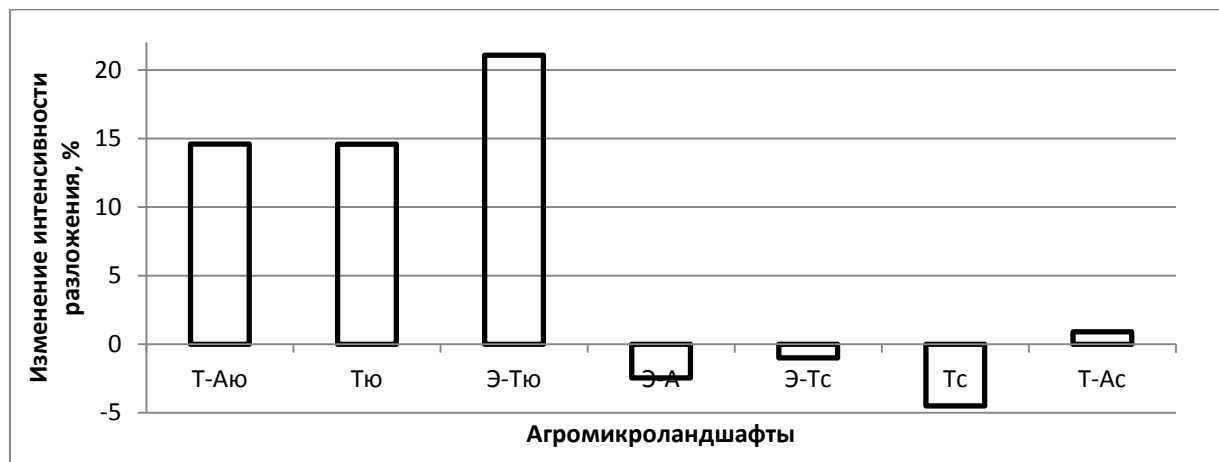


Рисунок 2.16 – Влияние КМН на биоактивность почв в различных ландшафтных условиях

Совокупное влияние экспозиционного (А) и микроландшафтного (В) факторов на биоактивность почв на тестовом поле достоверно зависит от продуктивности культур и многих показателей агроклимата. На контроле подобных закономерностей не обнаружено. В свою очередь, совокупное воздействие микроландшафтного (В) и гидроморфного (С) факторов на изучаемое явление значительно зависит от продуктивности культур и агрооклимата на контроле, в то время как по фону КМН эти зависимости отсутствуют.

Таблица 2.20 – Результаты корреляционного анализа зависимости степени влияния структурных элементов ландшафта на биоактивность почв от продуктивности и агроклимата

Агрофон/ фактор	Продук- тивность	ГТК			Осадки			Температура			
		май	июнь	июль	май	июнь	июль	май	июнь	июль	
Контроль	А	0,79	0,48	0,89	0,50	-0,4	0,92	0,57	-0,68	-0,79	-0,35
КМН		-0,62	-0,58	-0,17	-0,01	-0,59	-0,05	0,17	0,34	0,53	0,05
Контроль	АВ	0,58	-0,06	0,16	-0,22	-0,29	0,12	-0,08	-0,01	-0,43	0,42
КМН		0,83	0,83	0,97	0,36	-0,08	0,95	0,24	-0,74	-0,88	-0,38
Контроль	ВС	0,82	0,99	0,79	0,53	0,43	0,72	0,34	-0,88	-0,89	-0,58
КМН		-0,31	-0,43	-0,02	0,24	-0,50	0,06	0,52	0,01	0,03	0,003

В заключение можно сделать несколько **выводов**:

1. Внесение сравнительно небольших доз компоста многоцелевого назначения под одну из культур зернотравяного севооборота приводит к серьезной трансформации направленности ландшафтообразующих процессов. Пространственно-временная динамика биоактивности почв на тестовом поле зависит от иных причин, если сравнивать с контролем.

2. Основными факторами вариабельности биоактивности почв в агроландшафте являются характер чередования культур в севообороте и временная динамика агроклиматических условий.

3. Структурные свойства агроландшафта (экспозиция склонов, особенности АМЛ, гидроморфизм почв) и их сочетания с севооборотом и агрофоном играют заметную роль в формировании динамики биоактивности почв.

4. Внесение КМН усиливает влияние экспозиционного фактора, определяющего степень прогрева территории, соотношение тепла и влаги, а также гранулометрические особенности грунтов, на пространственно-временную вариабельность активности целлюлозоразлагающих бактерий в пределах агроландшафта.

5. Внедрение агрессивной микрофлоры извне приводит к заметной нивелировке особенностей микроценозов почв разного гидроморфизма, что объясняет отсутствие влияния степени заболоченности почв на пространственно-временную динамику разложения льнополотна на тестовом поле.

6. Внесение КМН способствует изменению зависимостей влияния структурных частей агроландшафта и их сочетаний на динамику биоактивности почв от продуктивности культур и агрокли-

мата. Если на контроле от продуктивности и климата зависят степени влияния на биоактивность почв экспозиции и совокупности микроландшафтного и гидроморфного факторов, то на тестовом поле – совокупности экспозиционного и микроландшафтного факторов.

2.1.22. Защита растений в полесских ландшафтах

Специфика ландшафтной адаптивной системы защиты растений состоит в том, что она учитывает не только биологические особенности сорняков, вредителей и возбудителей болезней, но и весь спектр ландшафтообразующих факторов, влияющих на характер распространения и развития вредных объектов. На практике проблема защиты растений сводится к задаче минимизации в агробиогеннозе круговорота вредных и максимизации циркуляции полезных организмов. Этот принцип достигается применением не отдельных приемов, а совокупностью всех дополняющих друг друга методов и средств. Воздействие комплексных мелиоративных мероприятий на засоренность и пораженность сельскохозяйственных культур на сегодняшний день мало изучено. Исключения составляют механические обработки почв, которые традиционно применяются для борьбы с сорняками. Увлечение гербицидными обработками посевов привело к недооценке влияния других агротехнических приемов на засоренность и способствовало снижению интереса исследователей к адаптивным реакциям сорной растительности. Вместе с тем знание факторов, в большой мере определяющих проективное покрытие сеgetалов в посевах конкретных культур и в определенных местоположениях, позволяет существенно расширить арсенал средств регулирования численности сорных растений.

Для полесских агроландшафтов характерно наличие почв с низкой биогенностью и неблагоприятными физическими, водными и питательными свойствами. Особенностью системы защиты сельскохозяйственных растений на почвах с низким содержанием гумуса является снижение пестицидных нагрузок при возделывании культур и обогащение почвы микрофлорой азотфиксирующих бактерий. Число химических обработок в режиме ландшафтно-мелиоративного земледелия за ротацию севооборота в этих ландшафтах можно сократить на 60–70 %, по сравнению с традиционной, за счет снижения гербицидных обработок до 37 %, инсектицидных обработок против вредителей – до 50 %, а также фунгицидных обработок против болезней – до 18 %. В то же время увеличивается число обработок за счет применения биопрепаратов и азотфиксирующих бактерий. Экологически безопасная система защиты в этих АГС предусматривает:

- полосные и выборочные обработки посевов фунгицидами и инсектицидами;
- допосевные, до- и послеуборочные механические прополки;
- применение биопрепаратов против вредителей и болезней;
- сбалансированное внесение минеральных удобрений;
- использование устойчивых сортов и качественного посевного материала.

Нами разработан алгоритм формирования адаптивно-ландшафтной системы защиты растений:

1. Анализ агроландшафтных условий.
2. Оценка фитосанитарного состояния культуры.
3. Цель производства продукции.
4. Планируемый уровень урожайности.
5. Оценка вредоносности вредных объектов.
6. Определение экономического порога вредоносности (ЭПВ).
7. Расчет экономического порога целесообразности применения средств защиты.
8. Расчет экономических требований к качеству продукции и охране окружающей среды.
9. Оценка эффективности методов защиты (организационно-хозяйственных, агротехнических, биологических и химических).

На основании алгоритма производится выбор системы защиты (табл. 2.21–2.26).

Проведение химической защиты зерновых культур, хотя и позволяет получить дополнительный урожай, экономически выгодно в полесьях лишь при посеве овса – окупаемость затрат составляет 1,22 руб./руб. Применение химических средств защиты в посевах ячмень + овес экономически невыгодно – окупаемость затрат составляет 0,32 руб./руб.

Применение химических средств защиты по сравнению с биологическими на картофеле экономически выгодно, окупаемость составляет 3,91 руб./руб. Это объясняется, скорее всего, более высокой урожайностью культуры. На льне-долгунце применение комплекса химической защиты, как правило, не окупается и составляет 0,95 руб./руб.

Исходя из этого можно сделать вывод: для того чтобы химическая защита была экономически более выгодной, необходимо или снижать стоимость обработок и пестицидов, или увеличивать реализационные цены урожая.

Таблица 2.21 – Система защиты растений в полевых севооборотах в пределах полесских ландшафтов

Культуры	Обработка против			
	сорняков	вредителей	болезней	
	до всходов, в фазу ку- щения, в фазу елочки	в вегетацию	протравливание семян	в фазу кушения, бу- тонизации, цветения
Зернотравяно-пропашной севооборот				
1.Однолетние травы (вика+овес)			азотофиксаторы, ризоторфин,0,3 кг/т	
2.Озимая рожь	механическая прополка	инсектицид Би-58 1,2 кг/га	биопрепарат Агат-25 К	фунгицид Фундазол - 3 кг/га
3.Картофель	механическая прополка	биопрепарат Битоксибациллин 4 кг/га	биопрепарат Планриз 0,5 л/т	биопрепарат Агат25К +фунгицид Ридомил кг/га, ХОМ 2 кг/га –2- 3 обработки за вегетацию
4. Ячмень	гербицид Диален 1,7 кг/га	инсектицид Би-58 1,2 кг/га	биопрепарат Агат-25 К Азотофиксатор	биопрепарат Агат- 25 К + фунгицид Тилт 0,5 кг/га
5. Одр. люпин на силос	механическая прополка		азотофиксатор ризоторфин, 0,3 кг/т	
6. Озимая рожь	механическая прополка	инсектицид Би-58 1,2 кг/га	биопрепарат Агат-25 К	биопрепарат Агат25К фунгицид Фундазол – 3 кг/га
7. Овес	механическая прополка		биопрепарат Агат-25 К	биопрепарат Агат- 25 К
Травянозерновой севооборот				
1.Вика+овес + мн. травы			азотофиксатор ризоторфин 0,5 кг/т	
2–3 Мн.травы				
4.Озимая рожь	механическая прополка		биопрепарат Агат 25 К	биопрепарат Агат25К фундазол 3 кг/га
5.Овес	механическая прополка		биопрепарат Агат 25 К	фунгицид Тилт 0,5 кг/га

Таблица 2.22 – Схема химической системы защиты растений в полесьях

Севооборот, культура	Вид обработки, доза пестицида			
	обработка семян, кг/т	гербицид, кг/га	фунгицид, кг/га	инсектицид, кг/га
Зернотравяной 50 % зерновых Овес+мн. травы Мн. травы 1 г.п. Мн. травы 2 г.п Озимая рожь	фенорам 2,0	раундап 3,0		
Зернопропашной 50 % картофеля Овес Картофель	фенорам 2,0	раундап 3,0	фундазол 0,5	Би-58 1,0
Картофель Силосные		зенкор 0,7	тилт 0,5х2 акробат МЦ2,0х2 дитан М 1,6х 2 акробат Мц2х0,2 дитан М1,6х2	децис 0,15 децис 0,15
Плодосменный Овес+мн.травы Мн.травы 1 г.п. Мн.травы 2 г.п. Озимая рожь	фенорам 2,0	раундап 3,0	фундазол 0,5тилт 0,5 фундазол 1,0	
Лен	витавакс 2,0	хармони0,025+1,0зелек гранстар 0,02		децис 0,3
Ячмень Картофель	фенорам 2,0		тилт 0,5х2 акробат МЦ2,0х2 дитан М1,6х2	децис 0,15

Таблица 2.23 – Схема биологической системы защиты растений в полесьях

Севооборот, культура	Вид обработки, доза препарата		
	Обработка семян, кг/т	против болезней, кг/га	против вредителей, кг/га
Зернотравяной 50 % зерновых Овес+мн.травы Мн. травы 1 г.п. Мн.травы 2 г.п. Озимая рожь	агат 25К, 0,03 агат 25К, 0,03	агат 25К, 0,03x2 агат 25К, 0,03x2	
Зерно-пропашн. 50 % картофеля Овес Картофель Картофель Силосные	агат 25К, 0,03 фитоспорин 0,2 фитоспорин 0,2	иммуноцитифит 0,045x2 фитоспорин 0,5x5 фитоспорин 0,5x5	битоксибациллин 2,0x5 битоксибациллин 2,0x5
Плодосменный Овес+мн.травы Мн. травы 1 г.п. Мн. травы 2 г.п. Озимая рожь Лен Ячмень Картофель	агат 25К, 0,03 агат 25К, 0,03 планриз 0,5 фитоспорин 0,2	 агат 25К, 0,03x2 иммуноцитифит0,042x2 фитоспорин 0,5x5	 битоксибациллин 2,0x5

Таблица 2.24 – Схема интегрированной (экологизированной) системы защиты растений в полесьях

Севооборот культура	Вид обработки, доза пестицида			
	Обработка семян, кг/т	Гербицид, кг/га	Фунгицид, кг/га	Инсектицид, кг/га
Зернотравяной 50 % зерновых Овес+мн.травы Озимая рожь	агат 25К, 0,03 агат 25К, 0,03	 раундап 3,0	агат 25К, 0,03x2 агат 25К, 0,03x2 тилт 0,5	 Би-58 1,0
Зернопропашной 50 % картофеля Овес Картофель Картофель Силосные	агат 25К, 0,03 фитоспорин 0,2 фитоспорин 0,2	раундап 3,0 зенкор 0,7	иммуноцитифит 0,045 фитоспорин 0,5x2 дитан М 1,6x2 фитоспорин 0,5x5 дитан М 1,6x3	битоксибациллин 5,0x3 децис 0,15 битоксибациллин 5,0x3 децис 0,15
Плодосменный Овес+мн.травы Мн.травы 1 г.п. Мн.травы 2 г.п. Озимая рожь Лен Ячмень Картофель	агат 25К, 0,03 агат 25К, 0,03 витавакс200 2,0 планриз 0,5 фитоспорин 0,2	раундап 3,0 раундап 3,0 хармони0,025	агат 25К, 0,03x2 тилт 0,5 фундазол 1,0 иммуноци-тофит 0,045x2 тилт 0,5 фитоспорин 0,5x2 дитан М 1,6x2	 децис 0,3 битоксибациллин 5,0x3 децис 0,15
Раундап вносится до посева культуры				

Таблица 2.25 – Денежные затраты на защиту севооборотов сельскохозяйственных культур в полесьях

Севооборот	Денежные затраты на 1 га севооборотной площади*		
	Система защиты		
	химическая	биологическая	интегрированная (экологизированная)
Зернотравяной 50 % зерновых	984,7	116,7	561,4
Зернопропашной 50 % картофеля	2402	654,4	1705,2
Плодосменный	1518,7	185,4	902,0

Примечание: *Затраты включают стоимость пестицидов и проводимых работ.

Таблица 2.26 – Окупаемость средств защиты растений в полесском ландшафте

Экономические показатели окупаемости	Культуры			
	картофель	ячмень + овес	овес	лен
1. Дополнительно полученная продукция, руб/га	+19	+1,4	+4,8	1,3
2. Стоимость дополнительной продукции, руб	13300	560	1920	650
3. Затраты на обработку, руб : химическую экологизированную	3657,60 307,8	1856,85 122,59	1632,70 122,59	596,27 -
4. Дополнительные затраты на химическую обработку, руб	3350,52	1734,26	1510,11	596,27
5. Затраты на уборку дополнительного урожая, руб.	50,92	17,81	56,00	86,73
6. Итого дополнительных затрат, руб.	3401,44	1752,07	1566,11	683,00
7. Окупаемость затрат, руб. / руб.	3,91	0,32	1,22	0,95

2.1.23. Оценка экономической и энергетической эффективности сельскохозяйственного производства в полесьях

Полесские ландшафты характеризуются пониженной продуктивностью многих культур плодосменного севооборота. Если взять урожайность культур в полесьях за 100 %, то урожайность яровой пшеницы на суглинках будет составлять 175 %, ячменя – 165 %, озимой ржи – 154 %, овса – 145 %, многолетних трав – 128 %, картофеля – 123 %, однолетних трав – 116 %. Однако достоверное снижение урожайности наблюдается только у зерновых культур.

Оценка экономической и энергетической эффективности размещения культур, севооборотов с учетом ландшафтного подхода выявила их особенности и различия в зависимости от почвенно-климатических условий агроландшафтов. Они определялись с использованием компьютерных программ, разработанных во ВНИИМЗ. Для сравнительной оценки были взяты показатели, характеризующие их продуктивность, доходность, ресурсоёмкость и энергетическую эффективность.

Важной частью этой оценки являлись расчёты затрат труда, материально-денежных ресурсов и совокупной энергии на производство продукции растениеводства, которые проводились по технологическим схемам возделывания и уборки урожая сельскохозяйственных культур, входящих в оцениваемые севообороты.

Для более точного учёта таких агроландшафтных условий полей, как гранулометрический состав и влажность почвы, каменистость, рельеф местности, изрезанность полей препятствиями, сложность конфигурации, длина гона, крутизна, класс дорог при расчётах, проводилась корректировка норм выработки. Увеличивались нормы расхода топлива при размещении культур на почвах с повышенной влажностью, сильной каменистостью, неровным рельефом, наличием большого количества препятствий и довольно сложной конфигурации полей, что привело к возрастанию затрат труда, материально-денежных ресурсов и совокупной энергии на производство продукции.

Полесья характеризуются высокими затратами денежных средств на производство продукции. По сравнению с опольями они больше по зерну в 1,3, по картофелю – в 1,4 и сено многолетних трав – в 1,8 раза (табл. 2.27).

Сельскохозяйственные культуры, размещенные на этих землях, имеют и самый низкий условный чистый доход. От уровня дохода на ополье он составил по картофелю 53 %, зерновым культурам – 49, многолетним травам на сено – 44 %. Уровень рентабельности производства зерна, картофеля и сена многолетних трав на этих землях, по сравнению с ополем, меньше соответственно в 1,7; 1,8; 2,5 раза.

Анализируя эффективность возделывания сельскохозяйственных культур в пределах каждого агроландшафта, можно видеть, что на полесье уровень рентабельности и окупаемость денежных за-

трат практически одинаковы по картофелю и многолетним травам, а по зерновым культурам эти показатели ниже на 35 % и 0,4 рубля по сравнению с опольями.

Результаты энергетической оценки возделывания культур в различных агроландшафтах показали, что при высоких затратах совокупной энергии на производство продукции в полесье количество произведенной энергии на них, по сравнению с ополем, меньше по картофелю на 50 %, зерновым культурам – на 58, многолетним травам – на 61 %. Ниже на них и энергетическая эффективность производства продукции, а энергоёмкость значительно выше по сравнению с культурами, размещёнными на других агроландшафтах.

Следует отметить низкие коэффициенты энергетической эффективности и высокий уровень энергоёмкости производства картофеля на всех без исключения агроландшафтах. Причиной такого положения является использование при возделывании картофеля большого количества ресурсов, как материальных, так трудовых и денежных. Однако при этом картофель остаётся экономически выгодной культурой, так как уровень рентабельности и окупаемость денежных затрат при производстве этой продукции довольно высокие.

Таблица 2.27 – Энергетическая и экономическая оценки возделывания сельскохозяйственных культур в различных агроэкологических условиях

Наименование показателя	Ед. измерения	Подгруппа агроландшафта			
		полесский	крупнохолмистый	опольный	пойменный
Урожайность:	ц/га				
рожь озимая		25	30	35-40	-
пшеница яровая		-	30-35	40	-
ячмень		25	30	35	-
овес		20	25	30	-
картофель		150	220-250	300	-
лен-долгунец: семена		-	4	5	-
волокно		-	9	10	-
многолетние травы на сено		30	40	50	60
однолетние травы на з/к		200	250	300	350
Условно чистый доход:	тыс.руб./г				
зерновые	а	6,9	10,6	14,1	-
картофель		75,8	100,5	142,1	-
многолетние травы на сено		4,8	7,1	10,8	13,5
Уровень рентабельности:	%				
зерновые		83	99	143	-
картофель		118	157	209	-
многолетние травы на сено		117	215	289	300
Коэффициент энергетической эффективности:					
зерновые		4,0	4,8	5,5	-
картофель		1,3	1,6	2,1	-
многолетние травы на сено		5,7	7,1	10,5	8,3
Энергоёмкость производства продукции:	МДж/кг к.ед.				
зерновые		6,7	5,4	4,7	-
картофель		10,0	8,6	6,5	-
многолетние травы на сено		5,8	4,6	3,1	4,0

Результаты расчетов по видам севооборотов, размещенных в различных агроландшафтных условиях, представлены в таблице 2.28.

Как видно из данных таблицы, продуктивность зернотравяных севооборотов ниже, чем плодосменных. Самую высокую – 55 ц к.ед./га имеет плодосменный севооборот на землях ополья, что на 31 и 35 % больше по сравнению с расположенными соответственно в полесье и крупнохолмистом агроландшафте.

Другая картина, в оцениваемых севооборотах, складывается по расходу ресурсов на единицу продукции. Так, трудовые ресурсы в расчете на тонну кормовых единиц продукции в плодосменных севооборотах выше, чем в зернотравяных на ополье, в 1,8 раза, на крупнохолмистом агроландшафте – в 2, полесье – в 1,7. Выше в них оказались и затраты денежных средств на тонну кормовых единиц продукции и энергоёмкость, и ниже коэффициент энергетической эффективности. Такое положение объясняется тем, что в плодосменных севооборотах размещены такие трудо- и ресурсоёмкие культуры, как картофель и лён-долгунец.

Таблица 2.28 – Экономическая и энергетическая эффективность севооборотов в условиях различных агроландшафтов

Показатель	Ед. измерения	Полесский		Крупнохолмистый		Опольный	
		зерно-травяной	плодо-сменный	зернотравяной	плодо-сменный	зерно-травяной	плодо-сменный
Продуктивность 1 га	ц к.ед.	29,1	42,1	35,7	40,7	40,5	55,0
Уровень рентабельности	%	48	114	66	152	143	190
Коэффициент энергетической эффективности		3,8	2,8	4,4	3,6	5,6	4,8
Энергоёмкость	МДж/кг к.ед.	7,1	7,3	5,7	6,4	4,8	5,4
Условный чистый доход	тыс.руб.	4,13	24,5	6,09	26,0	11,1	31,2
Себестоимость 1 кгк.ед.	руб.	3,38	5,89	3,07	4,87	2,22	3,41
Трудовые затраты на 1 т к.ед.	чел.-ч.	4,2	7,1	4,1	8,2	3,4	6,2
Производственные затраты на 1 т к.ед.	тыс. руб.	3,0	5,9	2,6	4,2	2,3	3,0

Однако условный чистый доход в плодосменных севооборотах в несколько раз превышает этот показатель в зернотравяных: на ополье – в 2,8 раза, крупнохолмистом агроландшафте – в 4,3, полесье – в 5,9. Выше в них и уровень рентабельности, соответственно агроландшафтам в 1,3; 2,3; 2,4 раза.

Таким образом, учёт агроэкологомелиоративного состояния осушаемых земель, требований культур к среде произрастания, эффективности их возделывания в различных условиях позволяет более рационально использовать природные и материальные ресурсы.

Глава 3. ТОРФЯНЫЕ ПОЧВЫ ПОЛЕСИЙ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ОСУШЕНИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ [104]

Россия обладает огромными торфяными ресурсами. По запасам торфа она занимает первое место в мире. Каждый пятый гектар в стране образован торфяными или минеральными сильно заболоченными почвами [174]. Торфяные почвы и торфяные залежи играют важную роль во многих отраслях народного хозяйства – сельском, лесном, водном, в индустрии, медицине, экологии и во многих других. В полесьях осушаемые низинные торфяные почвы являются наиболее плодородными и часто образуют крупные осушаемые массивы, эффективно используемые в аграрном производстве.

Торфяные почвы – одна из наиболее своеобразных наименее устойчивых групп почв гумидных ландшафтов. Это обусловлено прежде всего их происхождением. Они возникают в результате консервации в анаэробной субаквальной среде растений-торфообразователей и их многовековой аккумуляции. Темпы такой аккумуляции весьма незначительны. В средней и южной тайге европейской территории страны они составляют около одного миллиметра в год.

Таким образом, за тысячелетие на поверхности минерального дна болота может сформироваться торфяная залежь, мощность которой в среднем составляет не более одного метра. Торфяные залежи на территории полесий относятся к одному из следующих трех типов [360] – верховому (или олиготрофному), низинному (или эвтрофному) и переходному (или мезотрофному).

Торфа олиготрофных (верховых) болот обладают невысокой конституционной зольностью (менее 4 %), кислой реакцией. Они образованы преимущественно остатками моховой растительности. Очес таких болот, состоящий из живых верховых сфагновых мхов, обладает высокой водопроницаемостью – до 600 м/сутки [167]. Непосредственно под очесом располагается толща спрессованного сфагнового торфа с низкой водопроницаемостью. Она играет роль водоупорного горизонта.

Сфагновые торфа верховой залежи обладают незначительными коэффициентами фильтрации и водоотдачи. Такие торфа длительное время осушали для последующего использования в качестве топлива, приготовления подстилок и компостов, для нужд химической, медицинской и строительной индустрии. Из-за низкого плодородия, высокой кислотности, неблагоприятных физических свойств торфяные почвы и залежи верховых болот в нашей стране обычно не вовлекали в земледелие.

Мезотрофные (переходные) торфа по своим свойствам близки к олиготрофным. Преимущественно это также моховые торфа, но в состав их растений-торфообразователей входят виды с повышенными требованиями к условиям минерального питания. Они обладают более высокой конституционной зольностью (4–6 %), менее кислой реакцией. Общая зольность таких торфяных залежей нередко существенно возрастает в результате поступления механической взвеси с паводковыми водами, размывающими минеральные породы. В широких масштабах это явление получило распространение в Карелии, где под влиянием интенсивной линейной эрозии в условиях пересеченного рельефа потоки вешних вод транспортируют на поверхности переходных болот значительные массы твердого минерального стока [299, 300]. Поэтому переходные болотные почвы Карелии, в отличие от однотипных болотных почв других регионов, успешно используют в сельскохозяйственном производстве. Обычно малозольные верховые и переходные торфяные почвы целесообразно сохранять в естественном, неосушенном состоянии. Их значение особенно велико для поддержания оптимального биоразнообразия. Актуальна и их гидрологическая роль. Эти болота в естественном состоянии – важные водоохранные территории, ценные охотничьи угодья, ягодники, плантации лекарственных растений.

Эвтрофные (низинные) торфяные почвы на низинных торфяных залежах отличаются относительно высокой конституционной зольностью (более 6 %), слабокислой или нейтральной реакцией среды, разнообразным составом растений-торфообразователей. В их состав входят представители травянистой, древесной и моховой растительности. Здесь преобладают осоки, тростник, рогоз, а из древесных растений – ольха, береза, ель, реже сосна и лиственница. Наряду с повышенным содержанием зольных элементов низинные торфяные залежи и почвы на таких торфах обладают благоприятными физическими свойствами – значительными коэффициентами фильтрации и водоотдачи, повышенной плотностью, поэтому почвы низинных болот чаще всего дренируют и используют после осушения в земледелии. Именно эти почвы явились объектом наших исследований. Очевидно, любое сельскохозяйственное использование низинных торфяных почв предполагает их предварительное осушение. Но после осушения торфяные почвы низинных болот оказываются в новых, принципиально иных термодинамических условиях. Анаэробная обстановка, в которой осуществлялся постепенный процесс аккумуляции растений-торфообразователей, замещается аэробной. На смену процессу аккумуляции органического вещества приходит противоположный процесс его биохимического разложения.

Осушение и сельскохозяйственное использование резко меняют свойства и режимы торфяных почв. На фоне уменьшения влажности почвы происходит механическая усадка торфа, повышается температура органогенных горизонтов, возрастает аэрированность профиля, восстановительные условия сменяются окислительными. В целом понижение уровня грунтовых вод повышает биологическую активность торфяной почвы. Непрерывное торфонакопление, свойственное этим почвам в естественных условиях, после дренажа сменяется активным биохимическим разложением органического вещества [24, 25, 50, 91, 90, 143, 154, 153, 335]. Темпы этого процесса различны. Они определяются как естественными, так и антропогенными факторами. Прежде всего темпы разложения органического вещества торфяных почв обусловлены климатом местности, присутствием мерзлых горизонтов. Они максимальны в незамерзающих болотах южной и средней подзонах европейской части страны и минимальны (около 1 мм/год) в длительно-сезонно-мерзлотных или постоянно-мерзлотных осушенных торфяных почвах Западной и Восточной Сибири [229, 230].

Темпы биохимического разложения торфяных почв определяются ботаническим составом растений-торфообразователей. В условиях южной и среднетаежной подзон Русской равнины наиболее быстро поддаются разложению травянистые и моховые торфа, медленнее – древесные и тростниковые [24, 25]. Весьма существенным фактором, определяющим скорость разложения органического вещества торфа в определенном климатическом регионе, является режим грунтовых вод и обусловленный им режим влажности почв. Чем глубже залегают грунтовые воды, тем выше темпы разложения органического вещества, тем интенсивнее распад торфяных почв после осушения. Важную роль в этом случае играет характер использования территории.

Минимальные темпы разложения органического вещества наблюдаются при использовании торфяных почв для размещения многолетних трав (травопольные севообороты с высоким участием полей многолетних трав, а также сенокосные и пастбищные угодья и др.). В условиях южной тайги Восточно-Европейской равнины темпы разложения торфяных почв составляют 0,5–1,0 см/год. В условиях полевых севооборотов они равны 1–2 см/год, а в пропашных – от 1,5 до 3 см/год.

Нетрудно рассчитать, что органическое вещество торфа, накопленное в толще мощностью 1 м на протяжении тысячелетия, полностью исчезнет в результате его биохимического разложения при использовании органогенных почв в полевом севообороте через 50–70 лет. Однако, скорее всего, этот процесс будет протекать значительно быстрее, поскольку при таком расчете оказываются неучтенными потери торфа с полей в процессе ветровой эрозии, выноса обрабатывающей и уборочной техникой с урожаем овощных культур и картофеля. Вовлечение в пропашные севообороты сократит срок существования органогенных почв такой мощности до 35–40 лет.

Близкие по своим результатам наблюдения были произведены в работе А. Тота [358] в Венгрии на осушенных низинных торфяных почвах в экспериментах на фоне пяти севооборотов: 1) травопольного (четыре поля трав, одно – кукурузы); 2) зернотравяного; 3) кормового; 4) пропашного; 5) зернотравяного с пожнивным посевом. В целом они подтвердили весьма высокие темпы разложения органического вещества торфа в засушливых условиях юга Средней Европы и их тесную связь с характером сельскохозяйственного использования торфяных почв.

Наименьшее снижение содержания органического вещества в почве наблюдалось при посеве клеверозлаковых травосмесей (травопольный севооборот). Существенно, что в тех севооборотах, где после озимых культур выращивали пожнивные, даже при неблагоприятных условиях водного режима удалось существенно снизить степень минерализации. Максимальная минерализация торфяных почв происходила на фоне пропашного севооборота. Автор подчеркивает, что травы снижают не только процесс биохимического разложения торфа, его окисление, но и уменьшают дефляцию.

Однако если водный режим неудовлетворителен, то даже травы не являются надежным средством защиты органического вещества торфяной почвы от разрушения. Интересные данные в связи с этим приводит Н. Н. Бамбалов (1988) на основе анализа 96 экспериментов, проведенных в Беларуси за период с 1913 по 1983 год. Им установлено, что ежегодный дефицит органического вещества (т/га) под пропашными культурами составил $9,8 \pm 1,6$; под зерновыми – $6,0 \pm 1,1$; под многолетними травами – $3,6 \pm 0,7$. Показано, что при возделывании многолетних трав без перезалужения более пяти лет темпы минерализации замедляются и дефицит баланса органического вещества не превышает 2 т/га в год.

Гидротермическая деградация, определяющая сработку органического вещества торфа, приводит в конечном итоге к возникновению на месте торфяных почв минеральных почвенных тел, что вызывает закономерное снижение плодородия сельскохозяйственных земель. По данным С. С. Банила [26], осушенные торфяные почвы с мощностью торфа 1–2 м имеют балл бонитета 73; с мощностью торфа 0,3–0,5 м – 63; с мощностью торфа менее 0,3 м при подстилании песком – 43 и минеральные почвы на песках на месте сработанных торфяных почв – 20–40. Аналогичные прогнозы содержатся в работах других авторов (Зайко, Вашкевич, Горблюк и др., 2000).

Процесс распада органического вещества торфа определяется еще одним важным фактором – составом подстилающих пород. Так, процесс интенсивного разложения органического вещества торфяных почв на песках получил название «муршения» [447, 448]. В условиях Припятского полесья он был изучен весьма детально А. Г. Медведевым, А. В. Горблюк, Н. П. Ивановым, В. И. Шабановой [242]; С. М. Зайко, Л. Ф. Вашкевич, Л. Я. Свирновским [148, 149] и другими исследователями. Авторы показали, что следствием интенсивного распада торфа (муршения) явилось формирование низкоплодородных «песчаных антропогенных глееземов». Последние занимают на осушенных массивах полесий весьма значительные территории, ранее образованные плодородными торфяными почвами.

Вместе с тем, по наблюдениям тех же авторов, подстиление торфа тяжелыми породами определяет после сработки торфяной залежи формирование черноземовидных минеральных почв. Таким образом, осушение торфяных почв сопровождается глубоким окислением и разложением их органического вещества до простых окислов – диоксида углерода, воды и нитратов. Диоксид углерода поступает в атмосферу, усиливая парниковый эффект; вода и нитраты – в почву и грунтовый поток. Происходит необратимая потеря углерода, основного элемента, образующего органические почвы.

Наши исследования изменения торфяных почв после завершения мелиоративного строительства выполнялись на территории трех мелиоративных почвенно-гидрологических стационаров начиная с 1965 г. по настоящее время.

Первый – Спас-Клепиковский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар – расположен на территории Мещерского поозерья в границах Окско-Мещерского полесья в Рязанской Мещере в долине р. Пры на польдерной оросительно-осушительной системе «Макеевский мыс». Все внутридамбовое пространство занято осушаемыми маломощными и среднемощными низинными торфяными почвами. Польдер летний ежегодно затапливается водами весеннего паводка.

Второй – Северодвинский почвенно-гидрологический стационар – находится в северной таежной подзоне в дельте р. Северная Двина в Архангельской области на территории польдерной осушительной системы «Юрас» в междуречье протоков Кузнечиха и Юрас в границах землепользования совхоза «Беломорский». Вся территория польдера занята осушаемыми древесно-осоковыми торфами.

Третий – Шатурский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар – существует на территории индустриального торфяного месторождения, созданного в начале 20-х годов XX в. для обеспечения Шатурской ГРЭС торфяным топливом. Месторождение подвергалось неоднократному выгоранию, на его территории широкое распространение получили пирогенные образования.

Экспериментальные и полевые исследования выполнялись на протяжении последних 22 лет в различных природных условиях европейской территории Российского Нечерноземья. Они были посвящены проблемам их гидрологии, агроэкологии, современным и перспективным системам земледелия, мелиорации, гидротермическим и пирогенным видам деградации, способам защиты и рекультивации пирогенных образований. Исследования, начатые в 1988 г., имеют определенную преемственность, поскольку первая публикация автора по этим актуальным проблемам состоялась в 1960 г. в научно-производственном журнале «Гидротехника и мелиорация» (№ 11, с. 25–31). Ее содержание было посвящено анализу причин и драматическим следствиям ускоренной гидротермической деградации торфяных почв, осушаемых глубокими каналами (3,5–5 м), а также возникновению в результате этого пожаров, уничтожающих не только органические почвы, но и всю толщу торфяной залежи до минерального бесплодного дна мелиорированных болот в пределах Окско-Мещерского полесья.

Материалы были получены в результате многолетних мелиоративных почвенно-гидрологических и агроэкологических исследований на территориях Архангельской, Московской и Рязанской областей. Наряду с этим в ней отражены результаты наблюдений и других авторов, имеющих прямое отношение к затронутым в монографии вопросам.

Ряд проблем был разработан нами впервые. К ним относятся: анализ причин пирогенной и гидротермической деградации торфяных почв; разработка классификации пирогенных образований; характеристика их морфологических, химических и физических свойств, оценка продуктивности; полнопрофильные исследования гидрологического и температурного режимов осушаемых торфяных почв; влияние внесения песка в поверхностные горизонты торфяных почв на их режимы, а также факт ускоренного разложения органического вещества торфа в условиях смешанной и покровной культур земледелия. Особое внимание в этой работе уделено вопросам защиты органических почв от пирогенной и гидротермической деградации и рекультивации пирогенных образований. Земледелие на торфяных почвах должно быть направлено на поддержание положительного (или, как минимум, нейтрального) баланса углерода. Однако в зависимости от условий гидрологического режима процесс постепенной сработки торфяных почв может прерываться возникновением на осушенных болотных массивах опустошительных пожаров.

В связи с этим следует подчеркнуть, что пожары на мелиорированных торфяных почвах, в отличие от пожаров на болотах с естественным водным режимом, часто сопровождаются полным выгоранием торфа до минерального дна болот. В результате на дневную поверхность выходит подстилаящая торф толща сильно оглеенной породы. Наиболее крупные массивы осушаемых торфяных почв в европейской части страны приурочены к флювиогляциальным и древнеаллювиальным низменностям (т. е. к полесским ландшафтам). Здесь торфяные почвы подстилаются мощной толщей бесплодных оглеенных кварцевых песков [108, 109]. Пожары вызывают глубокую деградацию почв или их полное уничтожение, резко снижают разнообразие и численность биоты, ухудшают экологические условия существования человека, делают невозможным его проживание на таких территориях.

Негативное влияние сгорания торфяных почв в результате пожаров, как правило, не ограничивается пространством болотного ландшафта. Оно охватывает значительные территории, вызывая длительное задымление городов и поселков, препятствует движению на автострадах и других транспортных магистралях, нарушает работу аэропортов. Пожары торфяников загрязняют атмосферу, являются причиной заболевания людей, проживающих за многие десятки километров от очагов возгорания. В связи с изложенным основное внимание было уделено оценке возможности и целесообразности применения для защиты осушенных торфяных почв от ускоренной биохимической минерализации и пожаров агрономелиоративных мероприятий, предполагающих внесение в пахотный горизонт или нанесение на его поверхность песка.

Следует отметить, что практика внесения песка в поверхностные горизонты торфяных почв или формирования на их поверхности песчаных пахотных горизонтов в настоящее время получила широкое распространение в земледелии стран Западной и Центральной Европы, Норвегии, Дании, Германии, Голландии и др. Известна информация и о том, что наряду с пескованием применяют глинование торфяных почв. Однако Ф. Мацяк [240] обнаружил, что «прибавка глины стимулирует разложение торфяных почв, прибавка песка только незначительно повышает разложение».

По-видимому, поэтому в последние десятилетия в качестве минеральной добавки широко используют песчаные грунты. Кроме того, предпочтение, которое отдается песку в этом случае, обусловлено и тем, что равномерное распределение глины в пахотном горизонте затруднено из-за значительной связности этого материала во влажном состоянии, высоких значений плотности и твердости – в сухом. Наконец, внесение глины в торфяные почвы зоны избыточного увлажнения может вызывать нежелательное снижение их водопроницаемости, образование очаговой верховодки и вымокание сельскохозяйственных культур.

Достаточно простые по технологии способы агрономелиорации с использованием песка практически всегда оказывают благоприятное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных растений, способствуют существенному повышению их урожайности. Преимущественно по показателям продуктивности в России и за ее пределами оценивается возможность их применения. Однако, несмотря на значительное число работ, посвященных этим способам агрономелиорации, до настоящего времени оставался открытым вопрос о том, как влияют добавки минерального грунта на темпы сработки органического вещества осушаемых торфяных почв, на гидрологический и температурный режимы всех горизонтов почвенного профиля от поверхности до грунтовых вод. Без таких данных, очевидно, нельзя было решить вопрос об экологической целесообразности их применения в условиях современного сельскохозяйственного производства.

Вместе с тем существующие наблюдения отражали особенности их гидротермического режима, главным образом, в пахотном и подпахотном горизонтах, общая мощность которых обычно не превышает 20–40 см. Требовались новые данные о гидротермическом режиме осушенных торфяных почв по всему профилю от поверхности до грунтовых вод, сведения о биологической активности и темпах разложения органического вещества осушаемых торфяных почв в условиях разных видов пескования, оценка свойств пирогенных образований, возникающих после их сгорания, другие не менее актуальные данные. Только на этой основе можно было понять эволюцию почв в постпирогенный период, предложить способы защиты торфяных почв от деградационных изменений и пути их целесообразного использования. В этом заключалась цель предпринятых нами исследований.

3.1. Торф и торфяные почвы полесий

Торфяные залежи на территории полесий относятся к одному из следующих трех типов – верховому (или олиготрофному), переходному (или мезотрофному) и низинному (или эутрофному). Осушаемые эутрофные торфяные почвы (торфоземы) являются наиболее плодородными почвами и эффективно используются в сельскохозяйственном производстве.

3.1.1. Олиготрофные торфяные почвы

Профиль торфяных олиготрофных (О-ТО-ТТ или ТО-ТТ-G) почв имеет следующее строение:

О – «очес» – остатки слабо разложившихся мхов;

ТО – диагностический олиготрофно-торфяной горизонт мощностью не менее 50 см, состоящий преимущественно из сфагновых мхов разной степени разложения, не превышающей 5 %. Он имеет светлую окраску и насыщен водой в течение большей части вегетационного периода;

ТТ – органогенная порода, представляет собой торф, степень разложения которого обычно увеличивается с глубиной, а цвет торфа изменяется от желто-бурого до темно-бурого или коричневого;

G – глеевый горизонт, который располагается ниже слоя ТТ или непосредственно под слоем ТО.

Если в профиле имеется минеральная порода, она прокрашена в своей верхней части потечным органическим веществом в сизовато-серые или темно-серые тона, в нижней – отчетлива зеленовато-или голубовато-сизая окраска.

Профиль олиготрофной торфяной почвы обычно водонасыщен. Водопроницаемость снижается с глубиной, особенно в мощных торфяных залежах. Влагоемкость почв достигает 700–1500 % влаги на сухое вещество. Характерна чрезвычайно низкая плотность твердой фазы (0,03–0,10 г/см³).

Торфяные олиготрофные почвы обладают невысокой конституционной зольностью (менее 4 %), кислой реакцией среды (величина рН 3,2–4,2). Они образованы преимущественно остатками моховой растительности. Очес таких болот, образованный живыми верховыми сфагновыми мхами, обладает высокой водопроницаемостью – до 600 м/сутки [167].

Содержание органического вещества превышает 35 % от массы горизонта. Емкость поглощения – 80–90 мг-экв/100 г. Валовое содержание СаО, К₂О колеблется от сотых до десятых долей процента. Характерно высокое содержание азота при незначительном участии подвижных, в основном аммонийных, форм. Биологическая активность крайне низкая.

Торфяные олиготрофные почвы формируются на равнинах средне-, северотаежной, лесотундровой и тундровой (под)зон в условиях застойного увлажнения атмосферными водами, преимущественно на водораздельных пространствах. Застою влаги способствует равнинность рельефа и слабая дренированность местности, а также наличие водоупорных пород (тяжелого гранулометрического состава, горизонтально слоистых или двучленных); торфяные олиготрофные почвы могут формироваться и в результате развития олиготрофной растительности (сфагновых мхов, кустарничков) в процессе зарастания водоемов. Часто олиготрофные болота возникают из эутрофных в результате длительного накопления торфа и отрыва поверхностных его слоев от минерализованных грунтовых вод с переходом на питание атмосферными осадками. Сохранению избыточной влажности в этих случаях способствует высокая влагоемкость сфагнума.

Такие торфа длительное время осушали для последующего использования в качестве топлива, для приготовления подстилок и компостов, нужд химической, медицинской и строительной индустрии. Из-за низкого плодородия, высокой кислотности и неблагоприятных физических свойств олиготрофные торфяные почвы в нашей стране обычно не вовлекали в земледелие.

3.1.2. Мезотрофные (переходные) торфяные почвы

Мезотрофные (переходные) торфа по своим свойствам близки к олиготрофным. Преимущественно это также моховые торфа, но в состав их растений-торфообразователей входят виды с повышенными требованиями к условиям минерального питания. Они обладают более высокой конституционной зольностью (4–6 %), менее кислой реакцией. Общая зольность таких торфяных залежей нередко существенно возрастает в результате поступления механической взвеси с паводковыми водами, размывающими минеральные породы [301, 300].

3.1.3. Эутрофные (низинные) торфяные почвы

Профиль торфяных эутрофных (ТЕ-ТТ или ТЕ-ТТ-G) почв имеет следующее строение:

ТЕ – эутрофно-торфяной горизонт бурого цвета, мощностью до 50 см; степень разложения торфа не превышает 50 %, но, как правило, она выше, чем в олиготрофно-торфяном горизонте, хотя в ней различимы остатки растений – пушицы, осок, хвощей, гипновых мхов;

ТТ – торфяная толща, состоящая из хорошо разложившегося торфа темно-коричневого цвета, иногда с древесными фрагментами, при ее значительной мощности может подразделяться на несколько слоев различной окраски и сложения;

G – минеральная глеевая толща под торфяными горизонтами (рассматривается в качестве почвенного горизонта при залегании в пределах 0,5–1,0 м), в верхней части прокрашена потечным органическим веществом в сизовато-серые или темно-серые тона.

Зольность этих почв – свыше 10 % и может достигать 30–50 %. Реакция слабокислая и нейтральная, емкость поглощения – 130–150 мг-экв на 100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 90–97 %. Содержание кальция – 1,5–5,0 %, азота – 1,6–3,8 %. Почвы бедны калием (0,08–0,20 %) и фосфором (0,05–0,46 %). В состав почвообразователей входят представители травянистой, древесной и моховой растительности. Распространены в центральных частях болотных массивов водораздельных равнин и речных террас южно-таежных и лесостепных территорий, в том числе в полесьях.

3.1.4. Особенности торфяных эутрофных почв полесий при их мелиорации. Стратиграфия пойменных торфяных залежей

На любом мелиорируемом торфяном массиве, как крупном, так и небольшом по территории, почти всегда выделяется несколько залежей, отличающихся по свойствам и стратиграфии. Особенно это положение применимо к пойменным торфяникам, поэтому именно пойменные торфяники являются хорошей моделью для изучения трансформации торфяных почв в торфоземы, поскольку здесь на небольшой площади могут присутствовать все характерные для региона варианты.

Обычно стратиграфию торфяных пойм, особенно напорного питания, можно подразделить на следующие типы торфяных залежей:

- древесные залежи склонов;
- топяные залежи зон напорного питания притеррасных частей долины, которые чаще всего сложены осоково-гипновыми и осоковыми залежами нормально зольных торфов;
- лесотопяные (переходные между первыми двумя типами);
- лесные: древесные и травяно-древесные (осоково- и тростниково-древесные);
- залежи прирусловой части с минеральными наносами и погребенным аллювием сложнейшей стратиграфии, определяемой историей их образования.

На этих торфах как на органогенных породах в условиях речных долин формируются торфяные эутрофные (ТЕ-ТТ) или торфяные эутрофные глеевые (ТЕ-ТТ-Г) почвы, которые после мелиорации и интенсивного использования в сельскохозяйственном производстве преобразуются в торфоземы типичные (РТ-ТТ), агроминеральные (PTR-ТТ) или глеевые (PTR-ТТ-Г) [194].

На уровне подтипов данные почвы подразделяются по наличию в верхнем горизонте минеральных примесей, степени разложения и некоторым другим признакам. Нам представляется целесообразным более дробное их деление по ботаническому составу и особенностям стратиграфии торфяной залежи, обусловленной историей торфонакопления. Данная классификация была разработана И. Н. Скрынниковой [333] и Ц. И. Минкиной [252, 254] при изучении начальной стадии окультуривания торфяников Яхромской долины (поймы) в Дмитровском районе Московской области и применима для широкого круга объектов, расположенных на территории полесий. Впоследствии, как будет показано, эволюция осушенных торфяных почв будет происходить различным образом именно в соответствии с указанным разделением. В пределах залежи были выделены следующие почвы:

- торфяные окультуренные почвы, развитые на мощной древесной торфяной залежи;
- торфяные окультуренные почвы, развитые на древесном торфе, подстилаемые залежью травяного, осокового торфа;
- торфяные окультуренные почвы, с повышенным содержанием карбонатов кальция, развитые на мощной залежи осокового торфа, подстилаемого ниже известью;
- торфяные неокультуренные почвы, развитые на осоково-гипновых и гипновых торфах;
- торфяные неокультуренные почвы, развитые на залежи осокового торфа подстилаемой известью;
- торфяные оглеенные окультуренные почвы, развитые на древесно-травяном переходящем в осоковый торф, подстилаемые минеральным аллювием на глубине до 1 м;
- торфянисто-глеевые аллювиальные окультуренные почвы, развитые на аллювиальной супеси, переходящей в песок;
- торфянисто-глеевые неокультуренные почвы, развитые на залежи осокового торфа, подстилаемого оглеенным песком;
- торфянисто-глеевые аллювиальные неокультуренные почвы, развитые на аллювиальной супеси, переходящей в песок;
- торфянисто-глеевые аллювиальные окультуренные почвы, развитые на осоковом торфе и минеральных аллювиальных отложениях, подстилаемых древесными и древесно-травяными торфами;
- торфянисто-глеевые аллювиальные неокультуренные почвы, развитые на осоковом торфе и минеральных аллювиальных отложениях, подстилаемых древесными или древесно-травяными торфами.

Среди минеральных почв выделяли следующие разновидности:

- дерновые аллювиальные глеевые среднесуглинистые и легкосуглинистые окультуренные почвы, развитые на аллювиальных отложениях, подстилаемых торфом;
- дерновые аллювиальные оглеенные среднесуглинистые окультуренные почвы, развитые на среднем аллювиальном суглинке, подстилаемом торфом;
- дерновые аллювиальные суглинистые окультуренные почвы, развитые на суглинках, подстилаемых торфом и ниже песком;
- дерновые почвы.

Охарактеризуем их состояние на период начала осушения и использования, объединив их в более крупные однородные группы.

3.1.5. Торфяные почвы и торфоземы, развитые на мощных древесных торфах

Эти почвы обычно широко распространены в центральной части речных долин. Морфологический их профиль следующий.

Горизонт Апах (РТ) – при окультуривании этих почв характеризуется землистым темно-коричневым или коричневым цветом. Верхний горизонт имеет мощность около 20 см с постепенным переходом к малоизмененному древесному или древесно-травяному торфу. Степень разложения окультуренного торфа высока и достигает около 40 %. Структура в этом горизонте непрочная, почва распадается на комки и глыбы. Сложение рыхлое, слабо уплотненное.

Глубже, практически всегда, наблюдается горизонт Т1 (подпахотный), примерно 10–20 см. По цвету он почти не различается с верхним, иногда несколько плотней, по структурным отдельностям встречаются выделения окислов железа, охристые пятна, наличие которых в основном зависит от ожелезненности вод, питающих торфяную залежь.

Следующий горизонт Т2 мощностью 30–50 см. Это уже древесный и древесно-травяной торф практически в естественном состоянии. Он коричневато-бурый, темнеющий на воздухе. Степень разложения 30–35 %. Встречаются включения крупной древесины.

Нижележащие слои влажные, темнеющие на воздухе, обычно имеют древесный или древесно-травяной (древесно-осоковый, древесно-тростниковый и т. п.) ботанический состав. Иногда обнаруживаются прослойки осокового торфа со степенью разложения 25–35 % или илестые прослойки. Мощность торфяной залежи в центральной части речных долин может достигать от 1,5 до 6 метров.

Торфяные окультуренные почвы, развитые на древесном и древесно-разнотравном торфе относятся к лучшим почвам среди торфяных почв. Они наиболее плодородны, лучше других поддаются осушению и окультуриванию, богаты азотом, содержат большое количество нитратов. Содержание фосфора зависит от участия грунтовых вод, обогащенных фосфором, и присутствия в залежи фосфорных минералов – вивианита или бенаунита. При их отсутствии внесение в почву фосфатов легко ликвидирует и этот недостаток.

Однако даже эти древесные торфа, как, впрочем, и все другие виды торфа, в исходном состоянии содержат малое количество калия, но при постоянном внесении калийных удобрений в виде КС1 может происходить насыщение или даже перенасыщение калием, а также вместе с тем накопление значительного количества хлора. Это особенно заметно в сухие годы или периоды пересушки верхних пахотных горизонтов, неблагоприятно сказываясь на жизнедеятельности культурных растений, в первую очередь картофеля, и особенно на его качестве.

Важно, что в составе золы этих почв часто повышено содержание песчаных и глинистых частиц, что благоприятно влияет на тепловой и водный режим. Не менее существенно наличие кальция (до 5 %). Сдвигая реакцию среды в нейтральную область и способствуя интенсификации биологических процессов, высокое содержание кальция снижает подвижность железа и алюминия, доступность его растениям, уменьшает растворимость и других соединений.

Различия в содержании кальция, железа и других элементов по профилю залежи часто связаны с составом и динамикой вод, питающих торфяную залежь, обуславливая сезонные колебания в содержании кальция и других элементов, в том числе элементов питания. Так, глубина проявления в профиле торфяной почвы анаэробного режима связана с наличием в почве закисного железа. В осушенных и окультуренных почвах оно может обнаруживаться в разные годы на глубине от 50–60 до 110 см.

Зольность этих почв находится большей частью в интервале 15–30 %, хотя в окультуренном (пахотном) горизонте может быть в некоторых случаях и больше 30 %. Подпахотные горизонты имеют зольность значительно меньше, чем пахотные. Это объясняется не только процессами минерализации органического вещества, но и накоплением в верхнем горизонте почвы железа в результате подтягивания его из нижних слоев в закисной форме и выпадения в верхних слоях в форме окислов.

Накопление железа способствует переходу фосфатов в трудно усвояемое состояние и повышению содержания фосфора. Железистые пленки покрывают частицы торфа и образуют зернистые агрегаты, что способствует образованию в торфе зернистой структуры.

Заметим, что накопление железа в верхних горизонтах осушенных почв, особенно под пропашными культурами, наблюдается повсеместно. В торфяных окультуренных почвах развитых на древесных мощных торфах под пропашными культурами в пахотном горизонте железа в 2–3 раза больше, чем в нижележащих горизонтах (3,2–9,0 % против 2,2–4,7 %).

Накопление железа в верхнем горизонте зависит от водного режима, содержания железа в водах, питающих торфяную залежь, нормы осушения и, что самое главное, от времени, прошедшего с момента проведения осушительных мелиораций и системы земледелия на них. Так, под травами содержание железа в пахотном горизонте оказалось в два раза ниже, чем под пропашными культурами.

Торфяные окультуренные почвы, развитые на древесном торфе, относятся к самым богатым почвам пойм и торфяников вообще. Успех их использования зависит от правильного осушения и обеспечения их калием, фосфором, проведения правильной системы земледелия.

3.1.6. Торфяные почвы и торфоземы, развитые на древесных торфах, подстилаемых залежью травяного (преимущественно осокового) торфа

Отличительной особенностью этих почв от рассмотренных ранее является наличие в профиле, а точнее, в органогенной почвообразующей породе, обычно на глубине 70–80 см, весьма влагоемкого травяного торфа, который способствует повышению влажности также в верхних горизонтах почвы. В результате эти почвы нуждаются в несколько более интенсивном дренировании по сравнению с торфяными почвами, развитыми на мощном древесном торфе.

Водно-воздушный режим этих почв косвенно выявляется в распределении окисных и закисных форм железа. Реакция на содержание окисного железа обнаруживается практически с поверхности, хотя морфологически в профиле этих почв выделения окисного железа не выражены. С глубиной содержание окисного железа понижается, закисное железо, в свою очередь, обнаруживается на глубине 60–100 см, являясь показателем недостатка кислорода в профиле. Обычная ситуация для этих почв с распределением зольности и составом самой золы мало отличается от почв, сформированных на мощном древесном торфе.

Содержание элементов питания растений в этих почвах также обеспечивает достаточно удовлетворительную их вегетацию. Так, содержание нитратного и аммиачного азота в пахотном горизонте достигает 30–50 мг соответственно, а в подстилающей породе – не выше 8–14 мг/100 г. Фосфор и калий обычно находятся в недостаточном количестве и требуют внесения соответствующих удобрений. Для сохранения естественного плодородия этих почв необходимы правильные севообороты с чередованием культур сплошного сева и пропашных, с учетом мер по предохранению органического вещества торфа от чрезмерного разрушения.

3.1.7. Торфяные почвы и торфоземы с повышенным содержанием карбонатов кальция, развитые на мощных травяных (в основном осоковых и тростниковых) торфах

Эти почвы формируются под воздействием напорных грунтовых вод, имеют повышенное увлажнение и весьма трудно осушаемы. Под действием грунтовых вод формируется повышенное содержание кальция (до 8 %) и железа (до 7 %), рН сол. колеблется в пределах 6,7–7,3, высокая зольность (до 35 % и более). По всему профилю отмечаются закисные и окисные формы железа, сопутствующие друг другу.

Эти условия в принципе малоблагоприятны для выращивания овощей и других культурных растений. Наиболее подходящие условия складываются для многолетних трав.

Анализ данных по питательным элементам в начале освоения показывал весьма низкое содержание как азота (что определяется в первую очередь ботаническим составом), так и фосфора с калием, которые могут быть восполнены внесением только минеральных удобрений.

Самым сложным вопросом для сельскохозяйственного использования этих почв является вопрос регулирования их водного режима. Даже в сравнительно сухие годы влажность здесь не опускается ниже 75–90 % ППВ. Несмотря на многочисленные попытки применить самые различные мелиоративные приемы, в наиболее мощных зонах выклинивания грунтовых вод никаких, хотя бы мало-мальски эффективных, последствий достичь не удалось.

Учитывая эти особенности, рекомендовано два пути использования территорий с этими почвами:

1. Залужение – использование под сенокосы и пастбища. Именно по этому пути вначале пошли в ряде хозяйств Яхромской поймы. Но практика показала, что в зонах наиболее интенсивного выкли-

нивания грунтовых вод периоды переувлажнения довольно длительны, и участки используются неэффективно, приобретают бесхозный вид, зарастают сорняками и часто забрасываются вовсе. Поэтому в ряде случаев после специальной проработки и проверки можно рекомендовать другой путь.

2. Разработка торфяной залежи и извести для известкования минеральных почв и приготовления компостов. Образовавшиеся в результате водоемы с возобновляющимся водотоком можно использовать для разведения рыбы. Без сомнения, по этому вопросу необходимо выяснить точку зрения ихтиологов и потребуется определенная экспериментальная работа, но, думается, это один из немногих путей использования зон выклинивания напорных грунтовых вод по периферии Яхромской и других пойм с напорным типом питания. Так сейчас используется притеррасье участка «Дальний».

3.1.8. Торфяные почвы и торфоземы, сформированные наосоково-гипновых и, особенно, на гипновых торфах

Торфоземы, сформированные на этих торфах, имеют значительно меньшее природное плодородие, особенно низкое здесь содержание азота, получаемого в процессе минерализации. Здесь в процессе освоения формируются грубогумусные почвы, степень разложения этих торфов не увеличивается выше 25–30 %. Эти торфа легче и быстрее, чем древесные, подвержены деградации.

Все это вынуждает совсем по-другому подходить к мелиорации, освоению и использованию осоково-гипновых торфов. Их необходимо подвергать меньшим нормам осушения, использовать только в экстенсивных системах земледелия: в севооборотах с высокой насыщенностью травами, в первую очередь бобовыми и бобово-злаковыми, как обогащающими почву легкоусвояемыми формами азота и сдерживающими минерализацию и деградацию этих торфяных почв.

Таким образом, ботанический и химический состав почв, встречающихся в поймах, их особенности и распространение находятся в зависимости от условий формирования и существенных изменений в их режиме и свойствах, происходящих в результате осушения и окультуривания.

Осушительные работы и распашка сильно сказываются на водно-воздушном режиме торфяных почв, изменении объемного веса в результате продолжительной их усадки, накоплении в почвах минеральных отложений – гидроокиси железа, карбоната кальция и др., приносимых поднимающимися грунтовыми водами.

3.2. Мелиорация и трансформация торфяных эутрофных почв в торфоземы

Избыток влаги в полесьях приводит к формированию особых болотных экосистем, выполняющих важные биосферные функции, такие как, например, регуляция климата путем участия в процессах образования и поглощения парниковых газов и сохранение биологического разнообразия. Преобладание процессов биосинтеза над разложением приводит к формированию торфяных залежей и почв, достаточно богатых элементами минерального питания растений в случае заболачивания под действием речных и грунтовых вод. Однако плодороднейшие земли в своем естественном виде непригодны для сельского хозяйства. Первые попытки осушения и распашки полесских болот начались еще в конце XIX века, но наиболее активно на всех полесьях Восточно-Европейской (Русской) равнины мелиорация стала проводиться в 60–80-х годах прошлого столетия. После мелиорации естественных торфяных почв и при вовлечении их в сельскохозяйственное использование начинается процесс их эволюции, отдельные аспекты которого рассмотрены в данной главе. На финальной стадии процесса формируются почвы, обозначенные в Классификации почв России [194] как «торфоземы».

3.2.1. Агрохимические особенности эутрофных торфяных почв

Древесные, осоково-древесные и осоково-разнотравные, в том числе осоково-тростниковые торфяники обычно имеют небольшое содержание азота (1,5–2,7 %), но их органический азот легко минерализуется и хорошо усваивается сельскохозяйственными растениями. При освоении они пригодны под все культуры без внесения азотных удобрений.

Осоково-гипновые торфяники содержат высокий процент азота (3,0 %), но он минерализуется слабо и малодоступен сельскохозяйственным растениям. Поэтому при первичном освоении, особенно под овощные, картофель и другие культуры (кроме бобовых), они нуждаются во внесении повышенных доз азота.

Третья особенность всех торфяников, в том числе низинных, заключается в том, что они очень бедны калием: содержание его колеблется от 0,01 до 0,6 %, и именно от внесения калия часто зависят прибавки урожая сельскохозяйственных культур.

Что касается фосфора, то здесь ситуация может быть самой разной. Например, низинные торфяники Яхромской долины исходно содержали высокий процент фосфора, от 0,7 (в осоково-разнотравных торфяниках) до 1,4 % (в осоково-гипновых притеррасных торфяниках). На этих торфах сельскохозяйственные растения обычно слабо реагируют на внесение фосфора.

Пойменные и низинные мелкие и средней мощности, а также мелкоконтурные торфяники обычно высокозольны (11–30 и даже 40 %). В ряде случаев они имеют повышенное содержание Са (3–12 % СаО) и Fe (до 15 % и реже выше FeO).

3.2.2. Стадии эволюции осушенных торфяных эутрофных почв

Предложено выделить четыре стадии эволюции торфяных почв после мелиорации и при длительном (до 100 лет) сельскохозяйственном использовании по характеру преобладающих на них процессов трансформации торфяной массы. Первые и наиболее яркие и интенсивные изменения проявляются сразу после мелиорации – это значительная усадка торфа (в первые 5–7 лет она достигает от 3 до 8 см в год и более). Маломощные торфяники при низком качестве мелиоративных работ за 25–30 лет могут переходить в органо-минеральные почвы. В результате сработки таких торфяников местами на поверхность выходят подстилающие породы, что приводит к резкому падению урожайности. Ввиду этого одной из важнейших задач является поддержание на низком уровне деграционных процессов, неизбежно следующих за осушением торфяных массивов.

Первая стадия трансформации – это стадия *механической деградации*. На этой стадии уменьшение мощности торфяной залежи происходит за счет чисто механической усадки в зоне аэрации мелиорированной торфяной залежи. Эта своеобразная, первичная стадия деградации зависит от вида торфяной залежи, ее стратиграфии и занимает в зависимости от стратиграфических особенностей и особенностей мелиорации от 3–5 до 10 лет, иногда более, причем к концу этого срока начинают усиливаться процессы физической, химической и биохимической деградации.

Под *физической деградацией* следует понимать процессы физической деструкции остатков растений-торфообразователей и, как следствие, разрушение структуры органо-минеральных и органических агрегатов, уменьшение скважности почвы, что приводит к увеличению количества связанных органических коллоидов, обесструктурированию почв, особенно верхнего пахотного горизонта, его пересыханию в сухой период и медленному увлажнению во влажный. Большую роль в этом процессе играет механическая обработка почвы.

К *химической деградации* мелиорированных торфяников, к примеру, можно отнести накопление железа в процессе их окультуривания. Обычно это происходит за счет подтягивания грунтовых вод к поверхностным горизонтам при их транспирации. Другой пример – это накопление хлоридов в результате внесения неумеренных доз калийной соли. На стадии химической трансформации наблюдается уже и ряд позитивных явлений. Показано, что осушение и применение удобрений приводит к повышению валовых и подвижных форм Р, К, Са, Mg, Fe в торфоземах, однако валовые запасы азота, рассчитанные на всю толщу торфа, все же уменьшаются, как и доля легкогидролизуемого азота.

Биохимическая стадия эволюции – наиболее сложный и до конца еще не выясненный процесс, хотя ему уделяется пристальное внимание многими исследователями. Причиной этого является его значительная временная продолжительность и низкая интенсивность протекающих здесь процессов. Такие почвы вовлекаются в процесс стабильной эволюции, направленность которого зависит как от их исходного состава, так и от практики ведения хозяйства. Но при неправильном ведении земледелия они и на этой стадии могут легко подвергаться деградации – по крайней мере, значительно быстрее, чем минеральные почвы.

Наиболее важен здесь вопрос о трансформации и минерализации (потере) органического вещества (ОВ) по мере преобразования торфяных почв в торфоземы. Обычно в начальный период освоения содержание легкоподвижных соединений (легкогидролизуемых и фульвокислот) уменьшается и растет выход гуминовых кислот, особенно их подвижных фракций. Гуминовые вещества в освоенных торфяных почвах в большей степени обуглерожены и менее окислены, нежели ГК в целинных почвах. Заметно увеличение в них соотношений С : Н и С : N, что характерно для более зрелых гуминовых кислот. Исследование органического вещества высокозольных торфоземов Яхромской поймы показало, что оно характеризуется довольно высокой степенью преобразования.

Потери органического вещества тем выше, чем больше редуцирующих веществ и меньше лигнина в растениях-торфообразователях. При мелиорации и сельскохозяйственном использовании низинных тростниковых, древесных и вейниковых торфов образуются перегнойные почвы, а после мелиорации осоковых и гипновых торфов – грубогумусные профили. В одинаковых условиях темпы минерализации ОВ низинных почв, развивающихся на осоковых и моховых торфах, в 1,5–3 раза выше, чем на древесных и тростниковых.

В то же время пропашные культуры в 4–6 раз сильнее разрушают органическое вещество почвы, чем многолетние травы. При многолетнем использовании почв Яхромской поймы под пропашные культуры в органическом веществе уменьшается содержание легкогидролизуемых соединений и термически оно более устойчиво, чем органическое вещество почв, отобранных под травами.

На этой стадии весьма важны и эффективны адаптивно-ландшафтные и сберегающие системы земледелия, включающие почвозащитные севообороты, системы минеральных экологически сбалансированных удобрений, обеспечивающих ведение сельхозпроизводства без загрязнения, широкое использование различных видов органических препаратов и т. п. Это часто оживляет ассимилирующую азот микрофлору в торфяной почве и снижает потерю органического вещества, резко уменьшая деградационные процессы и стимулируя процессы создания ценной органики.

3.2.3. Нормативы природоохранного использования осушенных торфяных почв

Нами проведена проработка нормативов природоохранного использования окультуренных торфяных почв. По податливости к освоению и устойчивости к деградации торфяники предлагается сгруппировать следующим образом:

I. Низинные: А. Лесные, лесотопяные и травяные группы топяных залежей. Б. Травяно-моховая и моховая группы.

II. Переходные: А. Лесной тип в целом и древесно-травяная группа лесотопяного типа, травяная (осоковая) группа топяного типа. Б. Древесно-моховая, травяно-моховая и моховая группы.

Классификация основана на различиях в составе золы древесных и травяных торфов с одной стороны и мхов с другой, резких отличиях в свойствах этих групп торфяников. Группы IB и IB представляют собой обедненные торфяники и, собственно, обедненные целинные торфяные почвы. Группы IA и IA – с более богатым исходным плодородием.

Наиболее плодородными из всех видов торфов являются торфа IA группы. Причем внутри группы показатели плодородия улучшаются в направлении к лесному подтипу. Граница конституционной (базисной) зольности, разделяющая эти группы, может быть принята примерно в 10 %. Зольность торфов IA группы больше 10 % и достигает в древесной группе до 20 %. В других группах она должна быть не выше 5–7 %. Следует заметить, что определяющее значение имеет и сама величина зольности, и обогащенность отдельными элементами питания. Реально зольность большинства торфяных массивов выше, чем конституционная, за счет привноса минеральных осадков водой в пойменных торфяниках и ветром в других.

Генетическая и агрономическая оценка торфяного массива как сельскохозяйственного угодья внутри выделенных групп должна проводиться:

- 1) по степени разложения торфа;
- 2) содержанию N, P, K;
- 3) составу органических веществ;
- 4) реакции среды;
- 5) физическим свойствам.

Важнейшей особенностью торфяного массива (торфяной толщи, залежи, стратиграфического разреза) является его подверженность и податливость к изменению этих свойств, скорость и глубина изменений или их стабилизация.

Первостепенное значение здесь имеет органическое вещество. В торфяниках группы IA торф хорошо гумифицирован – содержание гуминовых веществ доходит до 40–50 %, причем преобладают гуминовые кислоты. В торфах группы Б, а особенно IB, содержание гумусовых веществ снижается до 10–20 %, увеличивается содержание фульвокислот, особенно в моховых ассоциациях. Здесь же резко увеличивается содержание целлюлоз, гемицеллюлоз, лигнина и воскоsmол.

Степень разложения торфа связана с большим комплексом агроэкологически важных свойств и находится во взаимосвязи со всеми показателями торфяной почвы, поэтому в значительной мере определяет агроэкологическую безопасность их сельскохозяйственного использования. Наибольшей степенью разложения в естественном состоянии обладают торфяники IA группы, далее IA > IB > IB.

Возможны некоторые исключения или пересечения в диапазонах их изменений, но в целом тенденция и направленность соблюдаются. Использование торфяников в земледелии в значительной мере зависит от их свойств и типовой принадлежности. Дмитровским отделом ФГБНУ ВНИИМЗ (ранее ЦТБОС) разработан подход в использовании торфа в качестве земельного ресурса (табл. 3.1, 3.2). Наиболее приемлемые из них можно рекомендовать для эутрофных (низинных) торфяников полесий.

Таблица 3.1 – Рекомендации по использованию низинных торфяников

Показатели	1А	1Б
Состав	Низинные: лесные, лесотопяные и травяные группы топяных залежей	Низинные: моховые и травяно-моховая группы
Исходное плодородие	высокое	низкое
Гуминовые в-ва, %	40–50	10–20
Зольность, %	10–20	5–7
Рекомендации по использованию		
Не пригодны для освоения	мощность <0,7 м, степень разложения <35 %	мощность <0,7 м
Под лесоразведение	мощность <0,7 м, степень разложения <35 %	мощность <0,7 м
Под залужение	мощность <1,3 м, степень разложения >35 %	мощность 0,7–1,3 м, а в центральных, южных и юго-западных регионах и при большей мощ-ти
Под зерновые	мощность >1,3 м, степень разложения 35–40 %	мощность >1,3 м, степень разложения >35 % (север, северо-запад, восток)
Под пропашные (норма осушения 80–120 см)	мощность >1,3 м, степень разложения 45–50 %	мощность >1,3 м, степень разложения >45 % (север, северо-запад, восток)

Наиболее перспективными с точки зрения сельскохозяйственного использования и наименее подверженными деградации при определенных условиях ведения сельскохозяйственного производства являются низинные торфяники, а среди них особенно – древесные и древесно-разнотравные торфа, то есть торфяники 1А группы. Гипновые, осоково-гипновые и другие торфа с большим содержанием моховых ассоциаций, то есть группы 1Б и 1Б требуют несколько других подходов при освоении и сельскохозяйственном использовании, которые обеспечат их длительное бездеградационное использование.

Критическая фаза в подходе к использованию торфяников наступает при мощности торфяной толщи 0,6–0,8 м. Таких запасов торфа при осторожном и грамотном освоении в принципе достаточно для формирования окультуренных органогенных почв.

Таблица 3.2 – Рекомендации по использованию переходных торфяников

Показатели	2А	2Б
Состав	Переходные торфяники лесного типа в целом и древесно-травяная группа лесо-топяного типа, травяная (осоковая) группа топяного типа	Переходные: моховые и травяно-моховая группы
Исходное плодородие	высокое	низкое
Гуминовые в-ва, %	10–20	10–20
Зольность, %	10–20	5–7
Рекомендации по использованию		
Не пригодны для освоения	мощность <0,7 м	мощность <0,7 м
Под лесоразведение	мощность <0,7 м	степень разложения <20 %, мощность <1,3 м (центр, юг, юго-запад)
Под залужение	мощность 0,7–1,3 м	мощность 0,7–1,3 м, а в центральных, южных и юго-западных регионах и при большей мощности
Под зерновые	мощность >1,3 м, степень разложения 35–40 %	мощность >1,3 м, степень разложения >35 % (север, северо-запад, восток)
Под пропашные (норма осушения 80–120 см)	мощность >1,3 м, степень разложения 45–50 %	мощность >1,3 м, степень разложения >45 % (север, северо-запад, восток)

Адаптированные системы земледелия на мелиорированных торфяных почвах низинного типа с учетом всего комплекса факторов предлагаются на самом низком таксономическом уровне. Разрабатываются и регламентируются элементы систем земледелия на торфяных почвах обязательно с учетом ботанического состава торфа.

Наиболее общие рекомендации при использовании торфяных почв следующие:

- исключение чистых паров;
- использование пропашных культур не более 3 лет подряд;
- включение в севообороты посевов многолетних трав.

Севообороты разрабатываются с учетом биологических особенностей органического вещества торфяной залежи, ее мощности, степени разложения, климатических условий, агротехники возделывания сельскохозяйственных культур. Хорошо окультуренные, прошедшие первую стадию осадки и трансформации торфяные почвы после периода экстенсивного земледелия с высокой долей в севообороте трав рекомендуется включать в интенсивную систему земледелия, т. е. насыщать севообороты пропашными и овощными культурами.

При наличии деградационных процессов площади торфяных земель после интенсивных систем земледелия необходимо переводить на экстенсивные системы земледелия для восстановления утраченного плодородия. Показатели окультуренной торфяной почвы, при которых нужно принимать меры к сдерживанию минерализации, должны быть следующие:

Мощность окультуренного пахотного слоя 25–30 см

pH_{сол} 5,5–6,0

Подвижный фосфор 20–30 мг/100 г

Обменный калий 15–25 мг/100 г

В последующем после 5–7 лет эксплуатации торфяника в виде сельскохозяйственных угодий эти показатели должны быть:

Мощность пахотного слоя 25–30 см

Подвижный фосфор 35–40 мг/100 г

Обменный калий 35–40 мг/100 г

Нормативы по сработке освоенных и длительно используемых торфяников должны быть не больше 0,5–0,6 см в год уменьшения мощности, нарастание 0,02 г/см³ объемной массы и 0,05 % зольности. Контроль над системой использования торфяных почв может проводиться по изменению этих физических параметров. Если после проведения первичной обработки и стабилизации процесса минерализации (после пяти лет) скорость увеличения этих параметров больше указанной, то следует признать наличие деградационного экологически не обоснованного использования торфяников и принимать срочные меры.

Наиболее устойчивыми к деградации являются торфяники группы 1А – древесные и древесно-разнотравные торфа, поэтому они наиболее перспективны для сельскохозяйственного использования и на них возможно применение типовой модели системы земледелия, но только при соблюдении вышеуказанных показателей бездеградационного использования.

Торфа группы 1Б и 2Б, т. е. гипновые, осоково-гипновые и другие торфа с высоким содержанием моховых ассоциаций требуют корректировки типовой модели системы земледелия в сторону насыщения севооборотов травами до 80 % и в некоторых случаях полного залужения для обеспечения противодеградационных процессов на торфяниках. Но и в этом случае мощность торфяного слоя должна превышать 0,5 м, тогда как при меньшей мощности торфяного слоя любое сельскохозяйственное использование торфяников, даже в качестве сенокосов и пастбищ под многолетними травами, не сохранит его от быстрой и полной минерализации.

Многолетние травы могут продлить жизнь торфяника только на почвах с более мощной залежью при условии регулирования водного режима и интенсивного применения удобрений.

Сбалансированное, малодеградационное использование торфяных почв с нормативными изменениями показателей окультуренности почв возможно при правильном использовании севооборотов в каждом конкретном регионе на определенном виде торфа. Основные площади торфяных почв независимо от направленности хозяйства наиболее целесообразно занимать под многолетние травы, но доля многолетних трав в севооборотах в разных регионах может быть разной.

Например, для торфов группы 1А – центральной области и южной подзоны в овощных, полевых, овоще-кормовых севооборотах доля трав может быть 30–40 %, на Севере в овоще-кормовых и кормовых севооборотах доля трав 65–80 %, на северо-западе в лугово-кормовых севооборотах доля трав достигает также 65–80 %, а на востоке в полевых, овоще-кормовых севооборотах доля трав 40–55 %. Для пойменных высокозольных торфяников наиболее приемлемы овощные, овоще-кормовые и пропашные севообороты, где долю многолетних трав позволительно снизить до 30–40 %.

Экологически безопасная эволюция торфяных почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, может быть достигнута только определенной системой земледелия, включающей специфические бездеградационные севообороты, системы удобрений и обработок.

3.2.3.1. Долина реки Яхромы (Верхневолжская низменность) как модельный объект при изучении трансформации торфяных эвтрофных почв в ходе антропогенного использования. Формирование торфяного массива. Гидрогеологическое строение Яхромской долины

Река Яхрома берет свое начало на высотах Клинско-Дмитровской гряды и протекает в северной части Московской области в направлении с юго-востока на северо-запад. Река впадает в р. Сестру, которая несет свои воды в Волгу. Таким образом, долина реки Яхромы является частью Верхневолжской низменности (рис. 3.1).

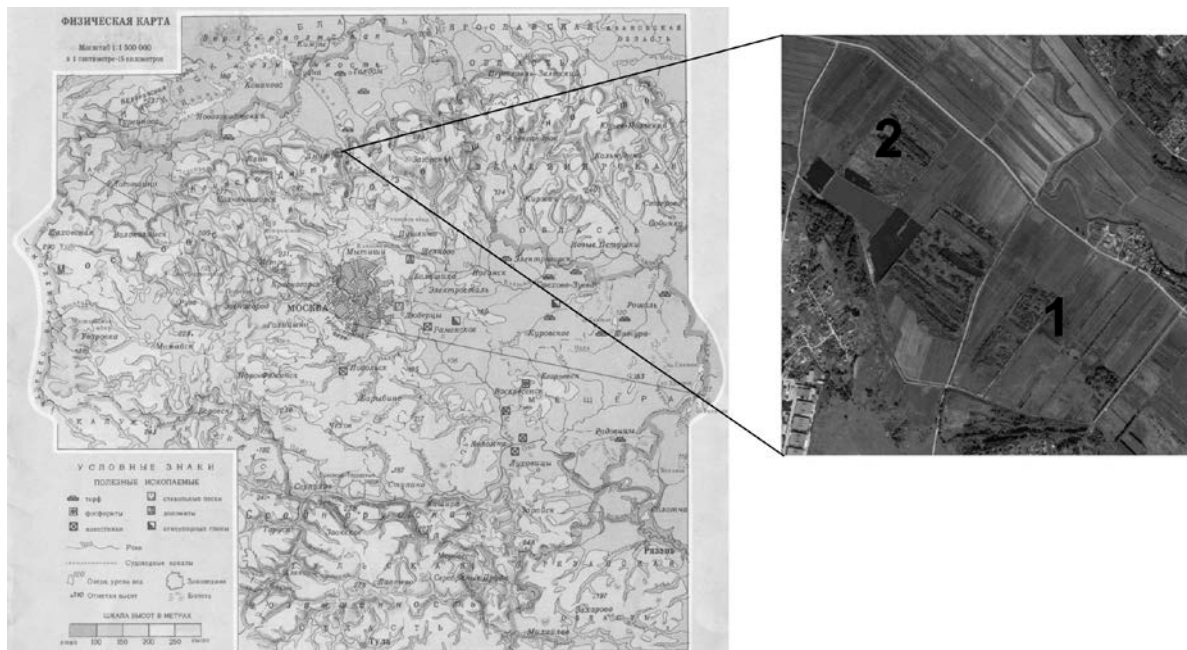


Рисунок 3.1 – Фрагмент физической карты и расположение опытных участков «Ближний» (1) и «Дальний» (2) на Верхневолжском полесье

Ниже по течению от г. Дмитрова современная долина реки вложена в обширную древнюю котловину, сформировавшуюся еще в доледниковый период. Торфяные залежи долины р. Яхромы развивались в сложных гидрогеологических условиях. Сюда относятся: глубокое залегание долины (разница в высотных отметках между наиболее высоким коренным массивом с востока и юго-востока долины и поверхностью поймы составляет до 100 м), выклинивание жестких напорных грунтовых вод из нескольких горизонтов коренных пород (верхнекарбонатные известняки, доломиты и мергели; а также ожелезненные меловые пески с фосфоритами) и водоносных четвертичных предледниковых, меж- и послеледниковых горизонтов.

Причиной заболачивания долины реки Яхромы является не столько деятельность самой реки, сколько многочисленные ключи, формирующиеся на притеррасной части долины. Именно края долины в основном были заболочены и остаются наиболее сырыми в наши дни, тогда как центральную ее часть река, скорее, дренировала, и там до осушения располагались влажные, затопляемые лишь в весеннее половодье, луга. В связи с этим некорректно название «Яхромская пойма» по отношению ко всей долине – Яхрома даже в периоды самых сильных своих разливов не затопляла большую ее часть.

Геологическими исследованиями установлено, что в центральной части долины (поймы) реки Яхромы торфообразование началось раньше, чем сформировалось современное русло реки, так как под иловатыми речными отложениями в непосредственной близости от русла Яхромы и под ним залегает слой торфа (рис. 3.2).

В этом районе в конце ледниковой эпохи существовали озера, в которых откладывалась озерная известь или органический сапропель. Прилегающие участки были покрыты болотной растительностью, образовавшей осоково-гипновый торф. Постепенно озера зарастали и заторфовывались. Слой торфа, расположенный над горизонтом сапропеля, состоит из остатков водной и болотной растительности: рогоза, камыша, телореза, белокрыльника, вахты, папоротников. Толщина этого слоя 0,5–1 м. Над ним отложились торфа из чисто болотной растительности [252, 254].

Среди участков залежи поймы встречаются и такие, где озерная известь отлагалась на уже сформировавшийся торф. Это происходило во влажные климатические периоды, когда площадь озер увеличивалась и вода заливала окружающую территорию.

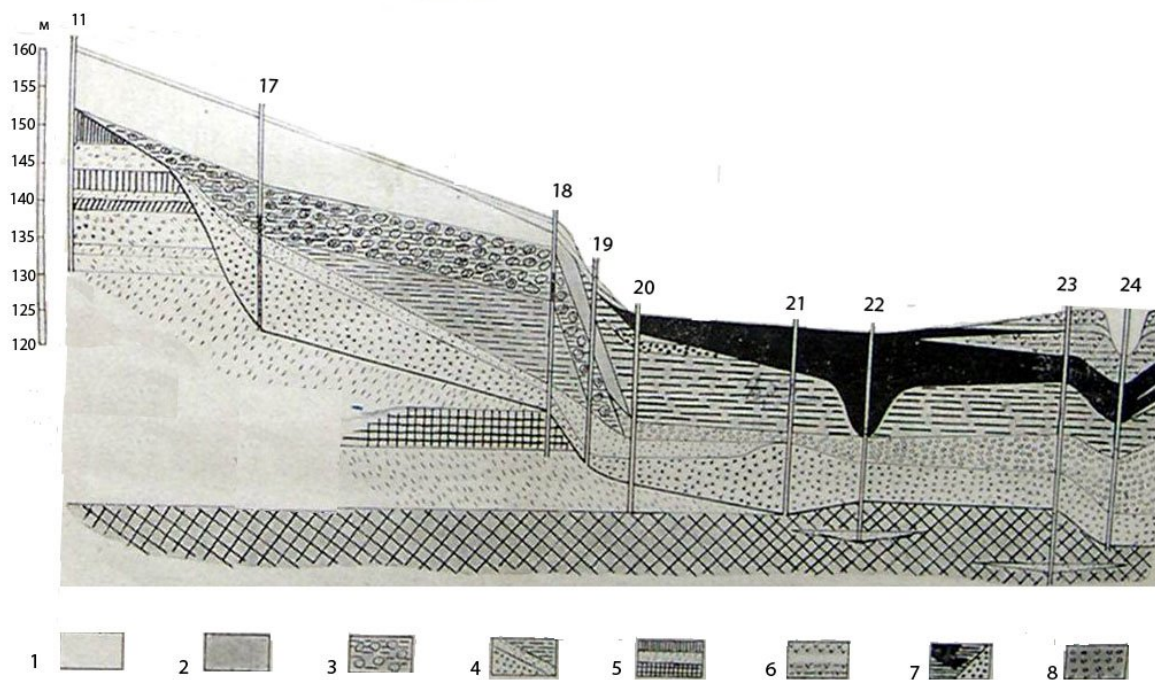


Рисунок 3.2 – Геологический профиль участка «Ближний» [77]:

- 1 – покровный песок золовый и делювиальный; 2 – делювиальный суглинок; 3 – валунный суглинок (морена);
 4 – предледниковые отложения (аллювиальные глины и пески); 5 – коренные породы (гольт-апт-неоком);
 6 – современный аллювий (суглинки прируслового вала); Озерно-болотные отложения: 7 – торф, пески, глины;
 8 – крупный песок с гравием

На ход развития торфяной залежи долины оказали большое влияние периоды активной аллювиальной деятельности реки Яхромы, связанные как с естественными климатическими изменениями в голоцене, так и со сведением лесов в ее бассейне, вызвавшим интенсификацию стока. Отмечается три таких периода. Самый древний отложил слой ила на глубине 4–5 м. Этот слой имеет различную мощность и занимает территорию более обширную, чем современный минеральный нанос.

Усиленная аллювиальная деятельность реки в это время изменила условия отложения торфа и характер самой растительности почти на всей пойме. Ближайшие к реке участки оказались погребенными под илистым наносом, и на них торфообразование прекратилось. На более удаленных участках откладывались небольшие прослойки ила или примесь илистых частиц в торфе. Хвойные леса, постепенно получившие распространение в долине, сменились лиственными, преимущественно ольховыми, частично ивовыми, лучше переносившими заливание паводковыми водами и заиливание. Осоковые группировки уступили место разнотравью. Резко возросла зольность торфа.

Затухание аллювиальной деятельности реки, начавшееся в более сухой климатический период, привело к восстановлению лесных группировок с преобладанием хвойных пород, в частности ели, с осоками во втором ярусе.

Последняя вспышка интенсивных разливов Яхромы связана с уничтожением лесов и распашкой склонов в Средние века. Она полностью прекратила торфообразование на ближайших к реке участках и отложила верхний слой минерального наноса.

В результате сформировалась сложная система отложений, где чистый торф переслаивается с илистыми прослойками, минеральными включениями ключевой и озерной извести, вивианита, охры, сапропеля и т. п.

3.2.3.2. Стратиграфия Яхромской долины

Подробные систематические исследования по стратиграфии и агрохимическим свойствам торфяных залежей и торфяных почв Яхромской долины проводились в 1963–1973 гг. По многочисленным пунктам бурения сделано множество стратиграфических разрезов и анализов образцов торфа [252, 254].

Все торфяные залежи поймы относятся к низинному типу. Главные виды торфа, встречающиеся в пойме Яхромы: древесные, травяно-древесные (и среди них осоково-древесные, тростниково-древесные, разнотравно-древесные), осоковые, гипново-осоковые, гипновые и разнотравные.

Древесные торфа сложены остатками лесной растительности с преобладанием древесных пород. Они откладывались на лесных болотах, в условиях, где не было постоянного избыточного увлажнения, на участках, которые в большей или меньшей мере дренировались. Поэтому эти торфа имеют наиболее высокую степень разложения и меньшую, чем другие торфа, влажность. Зольность их повышена.

Среди древесных торфов встречаются сосновые и еловые с примесью березы, березовые, ольховые и ивовые. Последние два вида особенно распространены в слоях и участках, которые подолгу заливались рекой. В этих торфах много песчано-илистых включений, и они имеют высокую зольность. В древесных торфах в небольшом количестве встречаются включения вивианита (фосфорнокислой закисной соли железа).

Травяно-древесные торфа развивались в условиях большего увлажнения. Осоково-древесный торф распространен в центральной части долины. Из остатков болотной растительности в нем встречаются осоки, кора и древесина лиственных и хвойных пород, остатки болотного разнотравья. Осоково-древесный торф имеет несколько меньшую степень разложения и большую влажность, чем древесный.

Древесно-тростниковый торф состоит из остатков тростника и древесных, преимущественно лиственных, пород. Он располагается на участках склонов и в нижних слоях некоторых других участков. Этот торф отличается повышенной степенью разложения. Также повышена его зольность – в нем часто встречаются включения песка, глинистых и илистых частиц, а в нижних слоях, в некоторых случаях, и известь.

Разнотравно-древесные торфа особенно распространены в залежах поймы. Они характерны для самого верхнего слоя многих ее участков и состоят здесь из остатков древесных пород и современной культурной и сорной растительности. Этот слой отличается повышенной минерализацией, большой степенью разложения, что является следствием окультуривания. Другой вид разнотравно-древесных торфов располагается в глубинных слоях залежи. Он состоит из остатков древесных пород, преимущественно лиственных, и болотного разнотравья (вахты, белокрыльника и др.). Эти торфа часто заилены.

Осоковый торф поймы относится к топяным. Он откладывался в условиях большего увлажнения, где древесная растительность уже не могла расти. К остаткам осок (шершавоплодной, круглостебельной, омской) примешиваются остатки вахты и другого болотного разнотравья. Степень разложения осокового торфа около 30 %. Зольность его на многих участках (у Куликова, Петракова, коегде у Подмошья) менее 10 %.

Осоково-гипновые и гипновые торфа образовались в условиях наибольшего увлажнения – на участках выходов грунтовых вод и в нижних слоях в районе древних озер. Осоково-гипновые состоят из остатков осок и зеленых (гипновых) мхов, гипновые – в основном из остатков мхов. Эти торфа имеют самую малую степень разложения (в некоторых слоях 15 %) и самую большую влажность. Зольность их различна. На тех участках, где известь не поступала в торфяную залежь, осоково-гипновые и гипновые торфа имеют зольность менее 10 и до 12–15 %. На участках, где напорные грунтовые воды отложили известь, зольность торфов достигает 20–50 % и более.

Разнотравные торфа из остатков водно-болотной растительности встречаются в глубинных слоях на переходе от озерных к болотным отложениям. Кроме торфа, в отложениях долины Яхромы встречаются озерная и ключевая известь, озерные отложения органического сапропеля, диатомовый сапропель, илистые или глинистые отложения погребенного наноса и др.

Озерная известь отличается большой однородностью состава, очень тонкозернистой, почти мучнистой структурой, исключительным преобладанием углекислого кальция. В ней встречаются остатки водной растительности (кувшинка, камыш, рогоз, телорез), панцири ракообразных, остатки губок, большое количество пыльцы и спор.

Ключевая известь имеет более грубый гранулометрический состав, зернистую или крупнозернистую структуру, не содержит остатков растительности водоема. В этих отложениях могут встретиться слои с углекислым железом – сидеритом, а иногда и слои, обогащенные глинистым материалом. Ключевая известь располагается на участках, прилегающих к склону, или в нижних частях склона.

Особенно большое распространение в залежах долины Яхромы имеют слои погребенного аллювия и делювия. Минерально-глинистые, глинисто-песчаные, илистые, песчанисто-илистые слои имеются во многих местах. Это небольшие прослойки в торфе, которые встречаются на склонах и обязаны происхождением сносу делювиальными водами, прослойки, которые отложены в торфе в конусах выноса многочисленных ручьев и речек, стекающих в Яхрому. Но основное значение имеют те слои погребенного аллювия, которые были отложены рекой Яхромой в периоды ее наиболее активной деятельности. Один из них, наиболее мощный, относится по времени, судя по пыльцевой диа-

грамме, к влажному субатлантическому периоду послеледникового времени. Он состоит из глинистых и илесто-глинистых отложений, встречается на территории до 500–800 м, а местами и более, в обе стороны от современного русла реки. Этот слой аллювия, перекрытый потом торфом, залегает на глубине 1 м от поверхности. Мощность его от 10–20 см на удаленных от реки участках до 1,5–2 м на участках, расположенных поблизости от реки. На некоторых профилях влияние разливов Яхромы прослеживается в виде тонких прослоек ила и заиленных торфов на расстоянии 2,5–3 км от реки (профиль к западу от Подмошья).

Слои погребенного аллювия имеют исключительно большое влияние на все мероприятия по освоению поймы реки Яхромы.

По гранулометрическому составу эти слои большей частью глинистые или илесто-глинистые. Фильтрационная способность их понижена по сравнению со многими торфами поймы. Усадка минеральных слоев при осушении сильно отличается от усадки торфа. В результате может произойти смещение заложенного в залежи дренажа и нарушение его работы.

Погребенный аллювий в ряде случаев образует водоупорный горизонт для расположенных над ним слоев торфа, что может отрицательно влиять на рост и развитие возделываемых культур.

В слоях погребенного аллювия встречаются включения и прослойки вивианита, и общее содержание фосфора в нем выше, чем в торфе этих участков. По анализам, сделанным по ряду шурфов, как в прирусловой пойме, так и в центральной, слои погребенного аллювия и заиленных торфов содержат калия, фосфора и магния в 1,5–2 раза больше, чем расположенные над ними и под ними слои торфа. Так, в прирусловой части поймы в погребенном аллювии в среднем содержится фосфора 0,78 % на абсолютно сухое вещество (колебания по отдельным шурфам 0,66–0,89 %), калия – 0,55 % (0,47–0,63 %), магния – 1,1 % (0,94–1,27 %). В торфе же – фосфора 0,22 % (0,18–0,30 %), калия – 0,27 % (0,08–0,59 %), магния – 0,63 % (0,30–0,83 %). И лишь в минеральном наносе, который перекрывает сверху всю торфяную залежь, или в небольшом слое торфа, встречающемся в отдельных пунктах над всеми минеральными отложениями, содержание калия, магния и реже фосфора больше, чем в погребенном аллювии.

В центральной части поймы слои торфа с илистыми включениями имеют также повышенное содержание калия, фосфора и магния по сравнению с незаиленными торфами. Так, в заиленных торфах в среднем содержится калия 26 %, фосфора – 0,38 и магния – 0,73 %, тогда как в незаиленных торфах соответственно 0,1–0,25 и 0,51 %. Таким образом, слои погребенного аллювия в известной мере можно рассматривать как источники минерального питания сельскохозяйственных культур. Возможна и роль этих слоев как аккумулятивных горизонтов.

На основании работ Ц. И. Минкиной [252, 254] и последующих уточнений можно выделить следующие стратиграфические контуры (рис. 3.3) на территории опытных участков Яхромской долины.

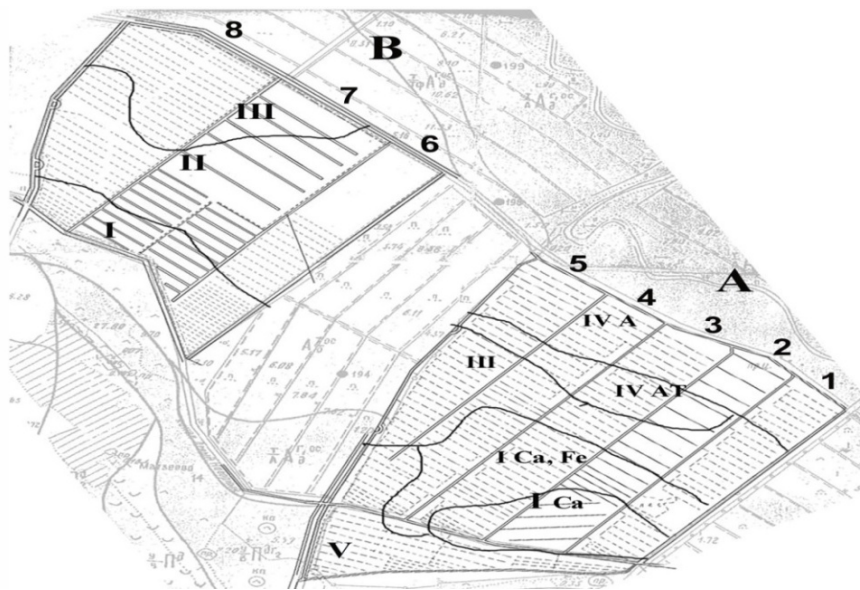


Рисунок 3.3 – Стратиграфические контуры эутрофных торфяных почв опытных участков «Ближнего» и «Дальнего».

Контуры: I, I_{Ca}, I_{Fe} – на осоково-гипновом торфе, в некоторых случаях с обогащением карбонатами и карбонатно-железистыми отложениями; II – на древесном торфе, подстилаемом залежью травяного, осокового торфа; III – на древесном торфе; IV – на древесном торфе с минеральным наносом и погребенным аллювием; V – на древесно-гостричковом торфе склона

Эту схему можно упростить, если заметить, что существенное различие по ботаническому составу и формированию почв имеют три основных контура – это притеррасная, центральная и прирусловая части долины.

После осушения и интенсивного использования в сельскохозяйственном производстве из эутрофных торфяных почв разного ботанического состава сформировались торфоземы типичные (в центральной и притеррасной частях долины) и агроминеральные (в прирусловой части долины).

3.2.3.3. Агрохимические и физические свойства эутрофных торфяных почв разных частей долины реки Яхромы

Рассмотрим распределение элементов зольного состава по основным видам залежи долины для средних по шурфу (табл. 3.3) и для пахотного горизонта (табл. 3.4). По данным таблицы 3.3, характеризующей массу торфа по основным видам залежей, можно сделать следующие выводы.

Все залежи поймы достаточно обеспечены кальцием, а участки притеррасной части имеют избыточное его количество, так как он входит не только в состав торфа, но и содержится в прослойках и включениях углекислой извести.

Все залежи поймы имеют повышенное содержание минерального нерастворимого осадка и железа по сравнению с обычными нормальнозольными торфами низинного типа (в которых содержание железа 0,2–3 % на абсолютно сухое вещество). Большое количество железа в торфяных залежах долины р. Яхромы связано с ожелезненными водами аптского водоносного горизонта и может отрицательно сказаться при использовании территории в качестве сельскохозяйственных угодий и торфа на удобрение. Особенно опасно наличие закисных форм железа, например при недостаточном осушении и плохой аэрированности залежи.

Таблица 3.3 – Содержание элементов зольного состава и азота по торфяным залежам долины реки Яхромы (в % на абсолютно сухое вещество) [254]

Показатель	Значение	Части поймы				
		прирусловая (3 шурфа)	переход от прирусл. к центр. (5 шурф.)	центральная (18 шурфов)	притеррасная (8 шурфов)	склон (1 шурф)
Зольность	среднее	49,3	25,2	15,6	27,2	19,6
	разброс	37,1-53,6	21,3-30,6	9,5-29,4	13,8–38,8	
Минеральный нерастворимый осадок (в основном кремний SiO ₂)	среднее	25,5	13,5	6,0	1,26	9,5
	разброс	10,7-40,1	6,3-24,2	2,07–15,9	0,44-1,84	
Кальций (CaO)	среднее	2,91	3,28	3,56	17,5	4,9
	разброс	2,6-5,0	3,03-3,45	2,89-4,18	5,9-32,3	
Железо (Fe ₂ O ₅)	среднее	3,61	4,23	4,11	2,44	1,5
	разброс	3,05-4,64	2,9-5,3	2,3-9,5	1,12-3,97	
Фосфор (P ₂ O ₅)	среднее	0,28	0,30	0,29	0,24	0,14
	разброс	0,19-9,37	0,13–0,38	0,12-0,51	0,16-0,42	
Магний (MgO)	среднее	0,70	0,59	0,54	0,75	0,52
	разброс	0,53-0,83	0,48-0,71	0,29-0,76	0,44-1,13	
Алюминий (Al ₂ O ₅)	среднее	2,53	2,36	1,16	0,45	1,0
	разброс	1,66-3,36	1,37–3,73	0,27-2,82	0,22-0,84	
Калий (K ₂ O)	среднее	0,27	0,19	0,10	0,03	0,05
	разброс	0,22–0,3	0,13–0,24	0,04-0,19	0,01-0,06	
Азот (N)	среднее	–	–	2,5	1,9	2,4
	разброс			1,8-3,2	1,4-2,7	

Примечание: В верхней строке указано среднее значение из средних по всем шурфам, в знаменателе – колебания средних значений по отдельным шурфам.

Большое количество SiO₂ связано с действием разливов Яхромы и привносом продуктов смыва делювиальными водами. Это улучшает тепловые качества торфяных почв и увеличивает их объемный вес. При приготовлении удобрений из торфа большое количество минерального нерастворимого осадка становится балластом. Залежи мало обеспечены калием, а иногда и фосфором. Азотом наиболее обеспечены залежи центральной части поймы. Залежи лучше всего разграничиваются по содержанию кальция и минерального нерастворимого осадка.

Таблица 3.4 – Содержание элементов зольного состава по торфяным залежам поймы реки Яхромы для пахотного горизонта (слой 25 см) (в % на абсолютно сухое вещество) [254]

Показатель	Значение	Части поймы				
		приусловая (3 шурфа)	переход от приусл. к центр. (5 шурфов)	центральная (18 шурфов)	притеррасная (8 шурфов)	склон (1 шурф)
Зольность	среднее	79,8	25,7	27,2	24,6	39,0
	разброс	74,7–88,3	17,9–34,0	16,3–44,5	10,2–40,2	
Минеральный нерастворимый осадок (SiO ₂)	среднее	61,6	12,6	12,0	7,5	27,0
	разброс	54,8–70,9	6,8–15,9	4,6–24,4	0,67–21,5	
Кальций (CaO)	среднее	1,75	3,36	3,66	8,15	2,8
	разброс	1,45–2,08	2,27–5,05	2,6–4,8	2,9–33,2	
Железо (Fe ₂ O ₃)	среднее	6,76	6,8	8,32	4,7	4,1
	разброс	6,71–6,81	2,3–12,0	4,74–19,3	2,4–10,0	
Фосфор (P ₂ O ₅)	среднее	0,59	0,57	0,63	0,49	0,24
	разброс	0,55–0,62	0,35–1,3	0,2–1,44	0,21–1,4	
Алюминий (Al ₂ O ₃)	среднее	6,39	2,05	1,61	0,67	2,37
	разброс	33,4–7,58	0,49–3,7	0,32–3,05	0,35–1,68	
Магний (MgO)	среднее	2,3	0,45	0,51	0,54	0,81
	разброс	0,92–1,51	0,35–0,53	0,25–0,84	0,28–0,84	
Калий (K ₂ O)	среднее	0,75	0,15	0,20	0,08	
	разброс	0,67–0,84	0,11–0,24	0,07–0,43	0,02–0,17	
Азот (N)	среднее	–	1,27	1,78	1,86	1,02
	разброс			1,08–2,62	1,1–2,48	

Из таблицы 3.4, показывающей содержание зольных элементов в верхнем пахотном горизонте, следует, что все залежи поймы имеют в этом горизонте повышенное, по сравнению со средними по всему слою торфа, содержание кремния, железа, калия, фосфора, а для кальция и азота несколько более низкие величины.

Такая значительная разница зависит не только от процентного содержания сухого вещества, но и от того, что один объем пахотного горизонта имеет больше сухого вещества, чем такой же объем из глубинных слоев (объемный вес пахотного горизонта 0,4–0,6, глубинных слоев – 0,2–0,3 г/см³). Из сравнения запасов в пахотном горизонте участков центральной и приусловой части поймы видно, что залежи приусловых участков несколько более обеспечены элементами зольного питания, что также связано с их большим объемным весом.

3.2.3.4. Освоение и изучение долины реки Яхромы

Известно, что еще в царские времена местное население самостоятельно осваивало небольшие участки болота для выращивания овощей. Для этого по весне обводили канавой клочок земли, делали высокие гряды и сажали капусту. Капуста вырастала отменная, однако большая часть долины использовалась под сырые, малопродуктивные и неудобные пастбища либо не использовалась совсем. С целью поднятия экономического благосостояния местного населения Дмитровское уездное земство Московской губернии обратило внимание на обширную заболоченную долину р. Яхромы. С 1906 г. началось постепенное осушение этих болот, а приглашенными специалистами издавались рекомендации по оптимальному их использованию [284].

На Кончининском участке (сейчас это стационар «Ближний» Дмитровского отдела ФГБНУ ВНИИМЗ) в 1906 г. был прорыт первый нагорный канал для перехвата выклинивающихся вод из надпойменной террасы и проложена Кончининская гать, вдоль которой заложены первые опыты по выращиванию сельскохозяйственных культур (рис. 3.4).

19 января 1919 г. на месте бывшего Кончининского участка было создано Яхромское болотное опытное поле. Первым его директором стал агроном Борис Дмитриевич Оношко (1890–1936 гг.), впоследствии известный ученый-болотовед, доктор сельскохозяйственных наук. Под его руководством было начато систематическое изучение торфяников Яхромской долины для создания научно обоснованной агротехники сельскохозяйственного использования болот [275].

В первый же год образования Яхромского болотного опытного поля было начато изучение причин заболачивания Яхромской долины. Без выяснения этого вопроса невозможно было предлагать какие-либо решения по осушению этой территории. С 1919 по 1926 год на опытном поле, кото-

рое в настоящее время называется стационаром «Ближний», изучали рельеф поверхности и дна болот, проводили гидрогеологические исследования, изучали водный режим и строение торфяников, растительный покров болот, вели наблюдения за климатом. Были составлены карты: почвенного покрова, мощности торфа, рельефа, растительности, уровня грунтовых вод, зольности, направления артезианских и грунтовых вод.

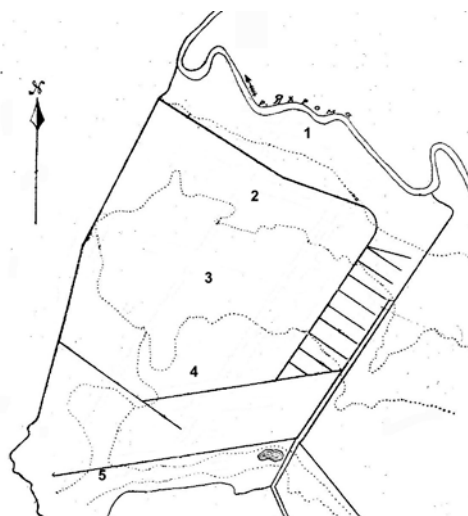


Рисунок 3.4 – Болота на Кончининском опытном участке: 1 – прирусловый вал, 2 – луговое болото, 3 – кустарниковое болото, 4 – моховое болото, 5 – ключевое болото

В последующие годы на этом участке исследования велись по двум главным направлениям:

- изучение состояния болот в естественно-историческом и экономическом отношении;
- испытание различных агрокультурных приемов, с помощью которых можно было бы превратить бросовые земли в хорошие кормовые угодья.

Большая заслуга в преобразовании поймы и создании науки о болотах принадлежит Б. Д. Оношко и его сотрудникам: И. Я. Кац, В. Р. Ридигеру, И. Н. Тюнееву, М. Д. Бахулину и многим другим, работавшим на станции.

Массово осушать долину начали колхозы «Кончининский», «Куликовский», «Клюшниковский» ещё до войны. Всем народом выходили на болото: вырубали кусты, рыли каналы от коренного берега к самой Яхроме, прорыли под уклоном каналы-собиратели, а к собирателям – небольшие каналы-осушители. Вдоль обоих краев поймы прорыли «ловчие» каналы, чтобы улавливать наступающие подпочвенные воды. На вспаханных землях собирали первые урожаи. До 1941 г. на пойме было освоено 300–400 га земли. Все работы выполнялись ручным способом. Московская областная опытная станция (МОБОС), созданная на базе Кончининского опытного поля, принимала в этих работах самое деятельное участие: особая группа колхозного огородничества давала рекомендации по освоению и удобрению торфяника, закладывала вместе с колхозниками полевые опыты на новых участках, вела просветительскую работу. Вскоре началось строительство канала им. Москвы, который пересек реку Яхрому в районе Деденево и изменил, таким образом, режим ее питания.

Война прервала освоение Яхромской поймы, болото подкралось и затопило осушенные участки. В 1941 г. станция серьезно пострадала в ходе боевых действий, ее архив был уничтожен. Лишь часть документов с ценными неопубликованными материалами исследований были спасены сотрудниками станции. После войны снова начались осушительные работы, уже по всей пойме. Строительство мелиоративной сети было объявлено всенародной стройкой, в 1946 г. на пойму пришла техника. С ранней весны до поздней осени тракторные плуги ворочали торфяные пласты, а экскаваторы выпрямляли и углубляли извилистое капризное русло реки [189].

Работы по осушению долины (поймы) реки Яхромы расширились в 50–60-е годы. В 1958 г. были созданы три совхоза: «Яхромский», «Дмитровский», «Рогачёвский», а позднее и «Бунятинский». Была поставлена задача: полностью освоить Яхромскую пойму и сделать её базой снабжения населения Москвы овощами – «московским огородом». Тогда же, в 1961–1962 гг., Росгипроводхоз произвел изыскания для построения экспериментального дренажа опытных участков ЦТБОС: №1 («Ближний») и №2 («Дальний»). В 1964–1965 гг. эта мелиоративная сеть была построена (рис. 3.5).

В первые годы после мелиорации на ЦТБОС велись наблюдения за изменением свойств мелиорированных участков, водного режима, усадкой торфа. В 70–80-е годы на станцию пришли выпуск-

ники Тимирязевской академии и МГУ имени М. В. Ломоносова: А. И. Поздняков, впоследствии доктор биологических наук, профессор, академик РАН, кандидаты наук: И. В. Кузьмина, Э. Н. Садовская, Е. В. Широкова, Р. А. Бородкина, В. К. Девин, А. Д. Позднякова.

Исследования постепенно переходили на новый уровень. На торфяных почвах долины начали отрабатываться принципиально новые методы исследований, такие как методы электрического профилирования и вертикального электрического зондирования. Устанавливались взаимосвязи электросопротивления с другими свойствами торфяных почв. Начали проводиться микробиологические исследования. Изучалось изменение параметров плодородия торфяных почв при различной интенсивности их сельскохозяйственного использования, эффективность различных систем удобрений сельскохозяйственных культур и химических средств защиты растений.

Сотрудниками ЦТБОС и Дмитровского отдела ФГБНУ ВНИИМЗ были изучены комплексные изменения различного характера: структурно-механические, гидрофизические, гидрохимические, агрохимические, биохимические и микробиологические – происходящие в торфяных пойменных почвах после мелиорации и в процессе длительного сельскохозяйственного использования. Эти процессы ведут к необратимой эволюции торфяников в торфяные окультуренные почвы (торфоземы), что сопровождается деградацией ряда их свойств.

На станции изучались общие тенденции трансформации торфоземов с целью выявления момента начала проявления стадии почвоутомления на разных по ботаническому составу торфах [287, 288]. Разрабатывалась адаптивно-ландшафтная система земледелия и технологии выращивания овощных культур, испытывались различные севообороты. Велась работа по разработке органических удобрений на основе торфа.

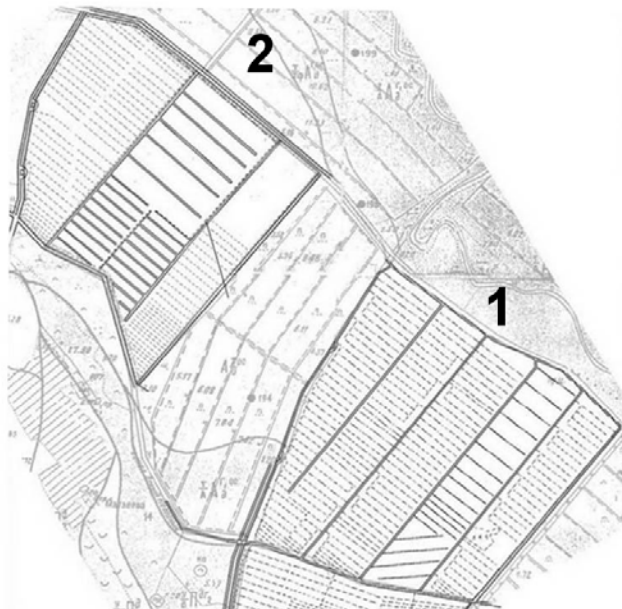


Рисунок 3.5 – Мелиорация участков ЦТБОС:

1 – участок «Ближний»; 2 – участок «Дальний». Двойной сплошной линией показано расположение мелиоративных каналов и открытых дрена, пунктиром – закрытый дренаж

В настоящее время для ведения агроэкологического мониторинга осушенных торфяных почв применяются современные методы исследований и приборы, в том числе собственной разработки, основанные на измерении электрического сопротивления почв [287, 293, 420]. Накоплен значительный опыт по использованию в полевых исследованиях систем глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС), а также по применению геоинформационных систем (ГИС) для анализа данных. Изучается трансформация микробных сообществ торфоземов при длительных и интенсивных антропогенных нагрузках и их роль в эмиссии парниковых газов.

Разрабатываются научно-методические основы агрономического и микробиологического поддержания и воспроизводства плодородия торфяных почв. Ведутся наблюдения за экологической обстановкой на торфоземах и в компонентах мелиоративной сети.

К сожалению, в настоящее время на всей территории долины можно констатировать целый ряд проблем. Мелиоративная сеть требует реконструкции и во многих местах выходит из строя. В результате площади сельхозугодий сокращаются, происходит их зарастание лесом, а в притеррасной

части поймы начинается вторичное заболачивание. Напротив, другая часть торфяника оказалась пересушенной и подвергается торфяным пожарам. На оставшихся под пашней землях удобрения и агрохимикаты применяются часто с нарушением технологии, что приводит к загрязнению почв и вод реки Яхромы.

3.2.3.5. Сработка торфяной залежи и трансформация органического вещества при антропогенном использовании

Обычно сразу после осушения торфяной залежи резко изменяются гидрофизические свойства торфа, поскольку в нем происходит необратимая коагуляция коллоидов [228]. В дальнейшем постепенное снижение водоудерживающей способности происходит при минерализации органического вещества (биохимическая трансформация или «сработка» залежи). При этом увеличивается зольность и плотность торфяной почвы и снижается мощность торфа, однако наиболее интенсивно данные процессы протекают на первом этапе.

В первые 3–5 лет после осушения интенсивное снижение мощности происходит за счет механической осадки торфа. Потеря органического вещества при этом минимальна. В дальнейшем уменьшение мощности идет медленнее, но главным образом за счет минерализации органического вещества.

На территории ЦТБОС имеются участки, освоенные с 1906–1918 гг. (кварталы 1–5) и участки, освоение которых началось в 1964–1965 гг. (кварталы 6–8; рис. 3.6). При мелиорации на кварталах 7 и 8 был заложен экспериментальный дренаж с различными расстояниями между дренами и открытыми осушителями. Участки использовали в экстенсивной (квартал 7) и интенсивной (квартал 8) системах земледелия. Наличие точных привязок и анализов некоторых физических свойств на кварталах 7 (профиль 3) и 8 (профиль 1) в 1965 г. позволило оценить изменения мощности, плотности и зольности торфа различного генезиса за время использования (рис. 3.6).

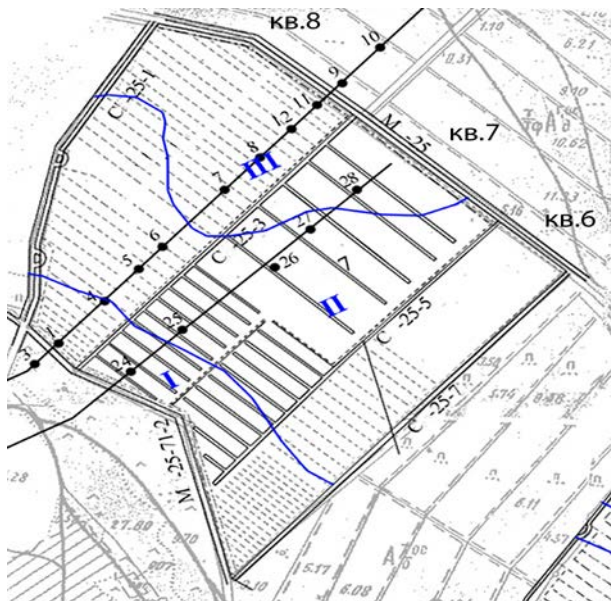


Рисунок 3.6 – Участок «Дальний» Профиль № 1 (точки 1–12); профиль № 3 (точки 24–28)

Контуры: I – на осоково-гипновом торфе притеррасной части долины; II – на древесном торфе, подстилаемым залежью травяного, осокового торфа; III – на древесном торфе

В 1993 г. была проведена повторная нивелировка поверхности залежи, что позволило оценить снижение ее мощности за период 1965–1993 гг., т. е. включая физический, химический и биохимический этапы эволюции. Уменьшение мощности в этот период зависит от системы сельскохозяйственного использования: при использовании открытых осушителей и залужении уменьшение мощности составило 20–27 см, а при использовании торфяных почв под пропашные культуры – 31–37 см. Максимальная осадка и сработка торфа произошли в т. 26 квартала 7, расположенной на бровке канавы. Уменьшение мощности за 28 лет здесь составляет 46 см (табл. 3.5).

На 8 квартале, при использовании торфяных почв под пропашные культуры, сильнее всего уменьшилась мощность в т. 6 и т. 5 (на 37 см). Эти точки расположены на мелкозалежном участке, и основное снижение мощности здесь произошло в первые 3–5 лет, вероятно, в результате более интенсивной осадки торфов меньшей мощности. Особое внимание необходимо уделить т. 1 створа 1. Точка

расположена в притеррасном понижении, сложена осоково-гипновыми торфами и заболочена напорными грунтовыми водами. Несмотря на то что дренаж здесь проложен через 15 м, он не справляется с напорными водами, участок был заброшен, зарос сорной растительностью и вторично заболачивается. В результате формирования более щадящего, близкого к болотному, водного режима, уменьшение мощности здесь минимально и составило за 28 лет всего 18 см.

Таблица 3.5 – Изменение мощности торфа на участке «Дальний» ОПХ ЦТБОС в первые 30 лет после осушения

Точка-створ	Абс. отметка 1965	Абс. отметка 1993	Уменьшение мощности, см	Осадка по плотности	Минерализация, см/год	Минерализация, т/га
Квартал 8, створ 1, закрытый дренаж, пропашные культуры						
11-1	125,19	124,87	32	7	0,79	23,7
12-1	125,29	124,98	31			
8-1	125,20	124,89	31	10	0,62	18,6
7-1	125,32	125,05	32	3	0,79	23,7
6-1	125,68	125,31	37			
5-1	125,63	125,26	37	5	0,71	21,3
4-1	125,94	125,59	35			
1-1	126,52	126,34	18			
Квартал 7, створ 3, открытые осушители, многолетние травы						
28-3	125,44	125,20	24	2	0,46	13,8
27-3	125,46	125,19	27			
26-3	125,96	125,49	46			
25-3	126,00	125,80	20			
24-3	126,83	126,57	26			

Известные для некоторых точек данные по плотности торфа в 1965 г. позволили вычленить изменение мощности, которое происходило при структурно-механических изменениях (осадке) торфяной залежи. Разность между общим уменьшением мощности, полученным сравнением абсолютных отметок поверхности, и рассчитанным по плотности, составляет реальные потери органического вещества, произошедшие в результате минерализации. При пропашной системе земледелия они были равны 0,62–0,79 см/год, а при залужении – 0,46 см/год, то есть в 1,5 раза меньше. Таким образом, осушение открытыми осушителями и залужение многолетними травами является менее деградационно опасной системой мелиорации и земледелия на торфяных пойменных почвах Яхромской поймы, чем пропашная система.

Изменение мощности залежи на этапе как физической осадки, так и биохимической сработки не зависит от ботанического состава исходного торфа, основное влияние на темпы уменьшения мощности оказывает система хозяйствования. Однако в притеррасной части поймы, где сформировались осоково-гипновые торфа под действием напорных грунтовых вод, проведение дренажа требует больших материальных затрат. Часто даже дренаж через 15 м не обеспечивает достаточного осушения для выращивания пропашных культур, и участки, расположенные в притеррасном понижении, засоряются и вторично заболачиваются. В то же время, несмотря на общие закономерности в осадке, осоково-гипновые торфа более интенсивно изменяют свои агрофизические и химические свойства при использовании в сельском хозяйстве, чем разнотравно-древесные. Увеличение плотности и зольности на осоково-гипновых торфах более резко выражены и распространяются на большую глубину.

Основной показатель сработки торфа наряду с потерей мощности – увеличение зольности и степени разложения торфа. Для участка «Ближний» со 100-летним сроком освоения первоначальные данные по мощности отсутствуют, но имеются данные по зольности. Ее нарастание в промежутке с 1922 по 1973 год на участке «Ближний» практически незаметно, в сумме за 50 лет оно не превысило 1–2 %. В это время преобладала экстенсивная система земледелия, однако в 1973–1992 и особенно 1992–2013 гг. в условиях перехода к интенсивной системе земледелия нарастание зольности резко ускорилось и за последние 25 лет достигло уровня 10 % (рис. 3.7).

Содержание органического вещества и зольности в пределах каждого из участков исходно определялось естественной неоднородностью почвенного покрова и положением относительно реки. Тем не менее на них можно выделить области, формировавшиеся при одинаковых условиях, и сравнить их современное состояние. Подобное сравнение показывает, что зольность на осваиваемом уже 100 лет «Ближнем» участке составила $40,37 \pm 5,15$ % и была больше, нежели на «Дальнем» 50-летнего срока освоения ($26,09 \pm 3,5$ %) при уровне значимости 5 %.

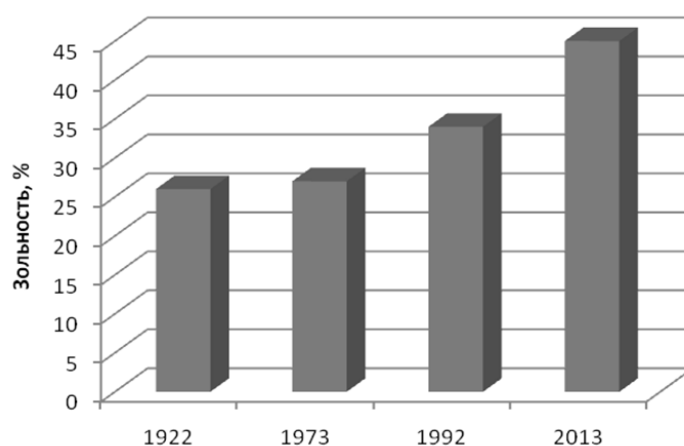


Рисунок 3.7 – Изменение зольности торфоземов для стационара «Ближний» с 1922 по 2013 год

Что касается распределения зольности по профилю, то по мере уменьшения антропогенного воздействия на почву (т. е. с глубиной), зольность в неокультуренных горизонтах становится ниже (табл. 3.6).

Таблица 3.6 – Изменение зольности (%) по профилю для торфоземов разного ботанического состава стационара «Дальний»

Горизонт	Точки бурения					
	12-VIII	5-VIII	1-VIII	1-VI	2-VI	3-VI
PT	26,08	24,01	20,15	31,68	24,47	24,84
TT1	21,41	18,44	20,18	25	20,19	17,24
TT2	14,21	14,37	9,24	13,16	13,88	10,81

Подобная закономерность прослеживается и для степени разложения. После осушения территории на смену торфообразовательному процессу приходит процесс культурного почвообразования, характеризующийся минерализацией, более глубокой гумификацией и трансформацией органического вещества. В результате слои торфяных почв обогащаются «перегнойными» частицами, и степень разложения торфа возрастает. В подпахотных же горизонтах торф практически не меняет свою структуру, если почвы не переосушены.

Степень разложения в поверхностных горизонтах вне зависимости от ботанического состава растений-торфообразователей и срока использования торфозема составляет сейчас на участке «Дальний» приблизительно 60 %. Это свидетельствует о том, что за 50 лет возделывания торфоземов даже растительные ткани биохимически устойчивых древесных остатков торфа утратили свою структуру наравне с тканями растений-торфообразователей наименее устойчивых гипновых торфов.

Осушение и длительность эксплуатации торфоземов в сельхозпроизводстве оказали существенное влияние и на содержание органического вещества: на участке 50-летнего использования оно составило $73,91 \pm 3,50$ %, тогда как на участке 100-летнего использования уже $59,63 \pm 5,15$ % (табл. 3.7). Эти величины характеризуют общий уровень потерь органического вещества на поздних стадиях освоения торфяных почв.

Таблица 3.7 – Содержание углерода и органического вещества торфоземов Яхромской долины с учетом ботанического состава торфа

Контур*	Ботанический состав	Углерод, %	ОВ, %
Эуτροφныеторфоземы 50-летнего срока использования			
I	на разнотравно-гипновом и гипновом торфе	$33,47 \pm 7,97$	$77,11 \pm 10,75$
II	на древесно-осоковом торфе	$31,6 \pm 2,71$	$73,6 \pm 3,57$
III	на мощной древесной залежи	$33,86 \pm 3,48$	$72,45 \pm 2,93$
Средние значения		$32,76 \pm 2,7$	$73,91 \pm 3,50$
Эуτροφныеторфоземы 100-летнего срока использования			
I	на разнотравно-гипновом и гипновом торфе	$24,82 \pm 2,98$	$61,51 \pm 4,74$
III	на древесно-осоковом торфе и мощной древесной залежи	$27,02 \pm 1,63$	$67,23 \pm 2,5$
	торфоземыагроминеральные	$16,12 \pm 3,13$	$45,71 \pm 8,22$
Средние значения		$23,41 \pm 2,7$	$59,63 \pm 5,15$

Примечание: * Контурные соответствуют карте-схеме почв стационаров на рисунке 3.8.

На участке 100-летнего использования для центральной части поймы, где торфоземы формируются в основном на древесно-осоковых торфах, содержание углерода составляет $23,41 \pm 2,7$ %, а на участке 50-летнего использования на таких же практически исходных торфах его содержание – $32,76 \pm 2,7$ %. В содержании углерода прослеживается такая же тенденция, что и для органического вещества – значительное падение с осушением и эксплуатацией. Отсюда и запасы органического для 100-летнего и 50-летнего участков с одинаковым ботаническим составом торфа и положением в ландшафте значительно отличаются (рис. 3.8).

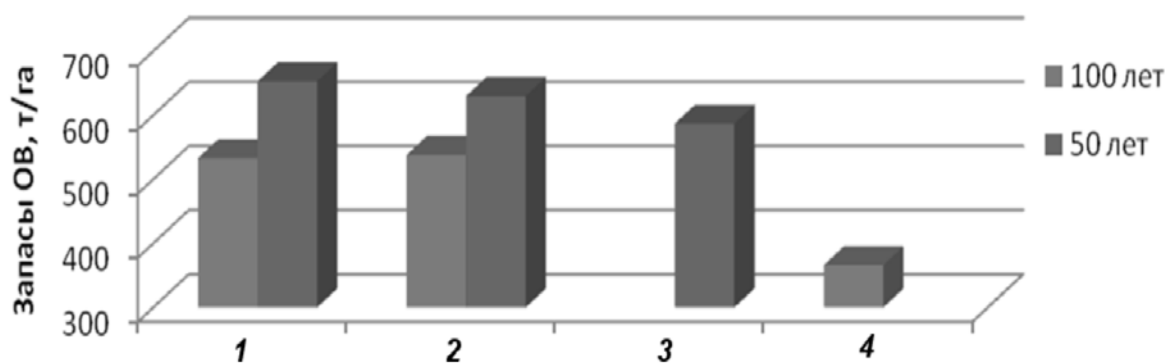


Рисунок 3.8 – Запасы органического вещества торфоземов разного ботанического состава стационаров «Дальний» (50-летнего) и «Ближний» (100-летнего сельхозиспользования):

1 – на осоково-гипновом торфе; 2 – на древесно-осоковом торфе; 3 – на мощной древесной залежи; 4 – торфоземы агроминеральные

Содержание гуминовых веществ является определяющим для использования торфоземов в сельском хозяйстве. Гумусное состояние почв характеризуется совокупностью показателей, отражающих уровни накопления гумуса в почве, его профильное распределение, качественный состав, образование органо-минеральных производных и миграционную способность гумусовых веществ. В рамках наших исследований были определены следующие показатели гумусного состояния: степень гумификации органического вещества ($C_{гк}/C_{общ}$), тип гумуса, обогащенность гумуса азотом.

На фоне процессов минерализации и потерь общего углерода происходит относительное накопление гуминовых кислот как биохимически устойчивой части гумуса (табл. 3.8). Об этом свидетельствует показатель отношения углерода гуминовых кислот к содержанию общего углерода (на участке 100-летнего использования составляет $42,96 \pm 8,62$ %, а на участке 50-летнего использования – $27,77 \pm 2,12$ %). При этом существенных различий в типе гумуса и соотношении C/N в почвах массивов 50- и 100-летнего срока эксплуатации не выявлено. Это говорит о том, что к 50 годам осушения и использования торфоземов формируется устойчивое соотношение биохимических процессов, связанных с синтезом и распадом сложных соединений гумусовой природы. Во всех почвах наблюдается гуматный тип гумусообразования.

Таблица 3.8 – Показатели гумусного состояния эутрофных торфоземов Яхромской поймы разных сроков освоения и разного исходного ботанического состава торфов

Квартал-точка	Ботанический состав	С _{гк} /С, %	С _{фк} /С, %	С _{гк} /С _{фк} , %	С/N
Эутрофные торфоземы 100-летнего срока использования					
1-4	на древесно-осоковом торфе и древесной залежи	34,05	12,94	2,63	13,86
2-10	на древесно-осоковом торфе и древесной залежи	49,50	12,56	3,94	14,63
3-15	на разнотравно-гипновом и гипновом торфе	36,83	9,66	3,81	15,98
4-23	торфоземы агроминеральные	51,48	20,74	2,48	14,46
Эутрофные торфоземы 50-летнего срока использования					
6-2	на древесно-осоковом торфе	29,81	8,67	3,44	14,39
6-6	на разнотравно-гипновом и гипновом торфе	25,38	7,81	3,25	12,66
8-15	на мощной древесной залежи	29,38	10,90	2,70	15,73
8-18	на древесно-осоковом торфе	26,52	8,19	3,24	13,21

При длительном антропогенном воздействии продолжается изменение и физических свойств почв, приводящее также к уменьшению их мощности, увеличению плотности сложения, снижению порозности, водопроницаемости, увеличению водоотдачи. Однако наиболее интенсивно эти процессы идут все же на первом этапе освоения, за счет снижения взвешивающего действия грунтовых вод

и разрушения растительных остатков. На последующих этапах трансформации уплотнение замедляется – в 1993 г. плотность торфяных почв варьировала в пределах 0,3–0,34 г/см³, а в 2012 г. среднее значение плотности повысилось только до 0,35 г/см³. Плотность сложения меняется аналогичным образом (рис. 3.9).

Для произрастания растений определяющее значение имеет содержание минеральных форм азота. Подвижные формы азота определялись в середине вегетационного периода. В их содержании значимого различия в зависимости от срока использования или характера залежи, на которой сформировался торфозем, найти не удалось. Это связано с тем, что содержание подвижного азота – динамическая характеристика, на которую оказывает влияние огромное количество факторов, в том числе растения, произрастающие на соответствующих участках, время, на которое приходился опыт (относительно вегетационного сезона), влажность, которая в свою очередь зависит от количества осадков в данный период.

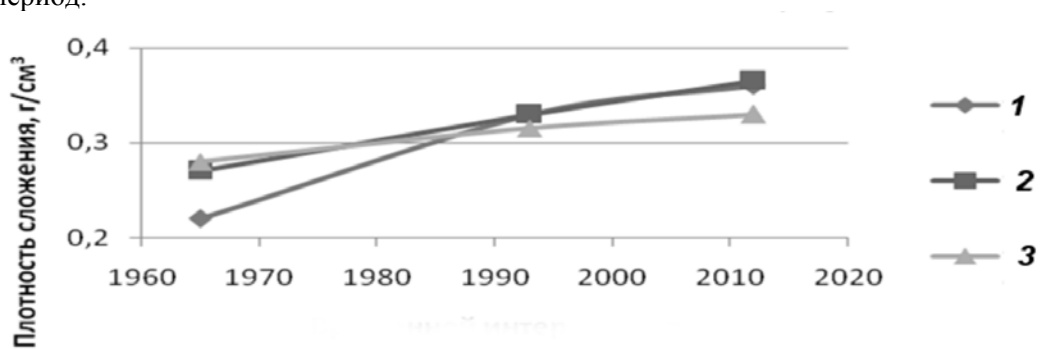


Рисунок 3.9 – Изменение плотности сложения торфоземов разного ботанического состава: 1 – на гипсовых торфах; 2 – на древесно-осоковых торфах; 3 – на древесных торфах

Нитратная форма преобладает, минимальное содержание наблюдается в точке на осоково-гипсовых торфах 100-летнего использования и на агроминеральных торфоземах. Максимум отмечается для торфоземов на древесно-осоковых торфах 50 лет использования. Аммиачной формы азота меньше всего на мощной древесной залежи 50 лет использования и больше всего – на древесно-осоковом торфе 100 лет использования.

Итак, плоский равнинный рельеф и избыточное увлажнение приводят к формированию в полях обширных заболоченных пространств с накоплением больших запасов торфа. Торфообразование началось здесь около 15 тыс. лет назад в результате таяния покровных ледников последнего (Валдайского) оледенения и продолжилось в голоцене. Накопление торфяных отложений на многих месторождениях имело сложную историю, связанную с колебаниями климата и антропогенной деятельностью. Результатом становится сложная стратиграфия залежи и высокая неоднородность почвенного покрова, формирующегося на ее поверхности, как это было показано на примере долины р. Яхромы. Подобные небольшие по площади и сильно дифференцированные объекты могут использоваться для сопоставлений и моделирования в масштабах целого региона, который они представляют.

Эутрофные торфяные почвы потенциально обладают высоким плодородием, однако обращение с ними требует большой аккуратности при проведении мелиорации и сельскохозяйственных мероприятий. Даже старопашотные торфяные почвы, несмотря на то, что в них происходит стабилизация и замедление деградационных процессов, при переходе к интенсивной системе земледелия начинают разрушаться ускоренными темпами. Это может привести к потере данных почв и выделению большого количества содержащегося в них углерода в атмосферу в виде CO₂.

Поскольку торфа и торфяные почвы различного состава имеют разную податливость к факторам деградационного воздействия, то для обеспечения рационального их использования необходим особый подход, учитывающий все аспекты неоднородности торфяника. В следующей главе будет рассмотрено использование ГИС-технологий при изучении неоднородности почвенного покрова и для интеграции всех данных, полученных для комплексного объекта мелиорации различными методами.

3.3. Виды деградации осушаемых торфяных почв

3.3.1. Общие положения [104]

Усиление воздействия человека на окружающую среду все чаще приводит к многочисленным проявлениям деградации почв. Известные случаи показывают, сколь велика ее опасность для почвенного покрова планеты – неперемного условия существования бесконечного ряда сменяющихся человеческих поколений. Проявление деградационных изменений в результате антропогенного воздей-

ствия носит различный характер – от незначительного снижения до полной потери плодородия, а в экстремальных случаях – до тотального уничтожения почв. Поэтому очевидна актуальность проблемы, ее прикладная значимость, необходимость теоретического и практического обоснования мероприятий по защите почв от деградаций. В связи с этим необходимо прежде всего остановиться на формулировке основных понятий. Антропогенной деградацией почв следует называть такие их вторичные изменения, обусловленные деятельностью человека, которые сопровождаются частичной или полной утратой их плодородия или уничтожением [111]. Частично утраченное плодородие может быть восстановлено, а его полное исчезновение, особенно ликвидация почв – явление необратимое, приводящее к потере устойчивости или гибели ландшафта (переход его в примитивное состояние). Последнее обусловлено и тем, что само существование развитого ландшафта возможно лишь до тех пор, пока сохраняются и активно функционируют почвы.

Гибель почв или потеря их плодородия обуславливают гибель или глубокую деградацию ландшафта, т. е. деградацию его основных элементов – растительного и животного мира, грунтовых и поверхностных вод, почвообразующих пород и т. д. Эта опасность особенно актуальна для промышленных и агроландшафтов. Важнейшей причиной реальных деградационных изменений почв является несоответствие (неадекватность) антропогенных мероприятий их генетическим особенностям, свойствам и режимам, условиям естественного формирования ландшафтов. Вместе с тем деградационные изменения почв не являются детерминированными, неизбежно следующими за любым антропогенным воздействием.

Утрата устойчивости почв под влиянием деятельности человека и, как следствие, их деградация происходят только при неадекватном применении тех или иных способов воздействия на почвы. К неадекватным следует относить такие антропогенные воздействия на почвы, которые не учитывают условий их генезиса, факторов формирования в естественных первичных ландшафтах. В гумидной зоне и в лесостепи эти деградационные изменения проявляются особенно ярко, часто приводя к уничтожению почв. Например, широкомасштабное глубокое самотечное осушение торфяных почв полесских ландшафтов вызвало интенсивное биохимическое разложение органического вещества почв, их ветровую эрозию и резкое снижение плодородия. Самотечное осушение торфяных почв, сопровождающееся отрывом капиллярной каймы грунтовых вод от торфяных горизонтов, почти всегда вызывает ускоренное биохимическое разложение торфа и пожары на осушаемых торфяных массивах.

3.3.2. Понятия пирогенной и гидротермической деградации торфяных почв и оценки степени их проявления [104]

Приступая к рассмотрению проблемы пирогенной и гидротермической деградации торфяных почв, способам их защиты и рекультивации, следует остановиться на дефинициях этих явлений. Термины «пирогенная деградация» и «гидротермическая деградация» торфяных почв были предложены автором и используются в настоящей монографии.

Пирогенной деградацией торфяных почв следует называть частичное или полное выгорание их органических горизонтов в процессе пожаров. Пирогенная деградация может быть глубинной, при которой происходит полное сгорание всех торфяных горизонтов до минерального дна болота, или (на мощных осушенных торфяных почвах) когда сгорание торфяных горизонтов происходит до межвенного уровня грунтовых вод при сохранении в исходном состоянии нижних субаквальных торфяных горизонтов, не затронутых пирогенным воздействием. Возникающие при этом минеральные вторичные деградированные дериваты исходно полнопрофильных торфяных почв мы будем называть пирогенными образованиями. Вместе с тем возможны ситуации, при которых пирогенное воздействие на торфяные почвы ограничивается поверхностными слоями. При пожаре сгорает лишь верхний слой торфа разной мощности. Но при этом сохраняются нижние торфяные горизонты, которые обладают достаточно высоким плодородием и пригодны для возделывания сельскохозяйственных растений в постпирогенный период. В этом случае следует выделять пирогенно измененные торфяные почвы (или для краткости – пирогенные торфяные почвы).

Таким образом, под поверхностной пирогенной деградацией понимают сгорание только верхних органических почвенных горизонтов (горизонта). В первом случае – при глубинном проявлении пирогенной деградации – имеет место, как правило, практически полная потеря плодородия. Это наиболее опасный вид пирогенной деградации. Он наиболее часто проявляется в тех случаях, когда торфяные горизонты подстилаются водоносным песком, супесью или галечником. Такие ситуации широко представлены в полесских, пойменных, а также в моренных ландшафтах, почвообразующие и подстилающие породы которых образованы мощной толщей песчаных или супесчаных отложений разного генезиса. При поверхностной пирогенной деградации не происходит полного сгорания тор-

фяных горизонтов и потери плодородия. В этом случае почвы в постпирогенный период часто могут эффективно использоваться в сельскохозяйственном производстве.

Поверхностная пирогенная деградация торфяных почв проявляется при их заболачивании напорными водами, а также при формировании органогенных почв на мощных торфяных залежах в условиях залегания грунтовых вод выше ее нижней границы. Кроме того, поверхностная пирогенная деградация может проявляться при пожарах на торфяных массивах неосушенных болот. В этом случае обычно неглубоко залегающие воды (даже в меженный период) сохраняют торфяные горизонты от сгорания. Наконец, при оценке последствий пожаров и выборе способов рекультивации актуальность приобретает характер распространения пожаров по площади осушаемых торфяных почв.

В связи с изложенным целесообразно выделять локальное и тотальное выгорание торфяных почв. При локальных пожарах имеет место их пирогенное поверхностное или глубинное сгорание на небольших участках внутри значительных по площади осушаемых массивов, которые после ограниченных пожаров тем не менее представлены преимущественно крупными массивами плодородных торфяных почв. В случае тотального выгорания торфяных почв пирогенному уничтожению подвергается основная площадь их распространения или весь осушенный массив.

Вторым видом негативной трансформации осушаемых торфяных почв является гидротермическая деградация. В отличие от пирогенной деградации, основной причиной которой являются пожары, гидротермическая деградация есть процесс биохимического разложения органического вещества осушаемых торфяных почв, темпы которого определяются их температурой, влажностью и уровнем залегания грунтовых вод. Поэтому, если уничтожение торфяных почв в результате пирогенной деградации происходит за 2–4 суток или несколько медленнее, то сработка торфяной залежи в результате гидротермической деградации осуществляется постепенно на протяжении ряда десятилетий. Однако как при пирогенной, так и при гидротермической деградации конечным результатом этих процессов является полный распад органического вещества, исчезновение торфяных почв и выход на дневную поверхность минеральных пород, подстилавших торфяную залежь.

Следует обратить внимание еще на одно опасное следствие пожаров на торфяных почвах. Исследования А. Н. Геннадиева и А. С. Цибарт [371, 370] состава пирогенных полициклических ароматических углеводородов показали, что в процессе горения в торфе накапливаются максимальные (по сравнению с другими ценозами) массы 3-ядерного фенатрена, 4-ядерного хризена и тетрафена, 5-ядерного бенз(а)пирена. Образование тяжелых соединений типа бенз(а)пирена, активного канцерогенного вещества, возможно при слабом тлении с малым доступом кислорода. Это делает особо опасной постпирогенную ситуацию на выгоревших торфяниках.

Очевидно, пожары на осушаемых болотах проще предупредить, чем потом бороться с их тяжелыми последствиями. Одним из эффективных и сравнительно недорогих способов защиты торфяных почв от пирогенной деградации является пескование. Ниже приведена сравнительная оценка осушаемых торфяных почв, используемых в земледелии в условиях черной культуры (т. е. без песчаного покрытия) и в условиях пескования. Следует отметить, что в условиях полесий пескование может оказаться одним из наиболее действенных способов защиты торфяных почв от поверхностного возгорания, поскольку вся территория этих ландшафтов образована мощной толщей флювиогляциальных и древнеаллювиальных песков. Мелиорант в этом случае находится непосредственно на месте мелиоративного строительства.

3.3.3. Гидрогенная деградация осушаемых торфяных почв, ее связь со способами мелиорации и особенностями водного режима [104]

Возможность возникновения пирогенной деградации определяется особенностями водного режима почв. Поскольку в естественном состоянии в период летней межени происходит общее понижение грунтовых вод, снижается также их уровень на естественных болотных массивах, обычно на 0,4–1,0 м. В этих условиях выгоранию подвержены лишь поверхностные слои органогенной толщи. Но после осушения болотного массива уровни грунтовых вод стабильно удерживаются дренажом и проводящей сетью на значительной глубине. Их положение определяют основные параметры дренажа – его глубина и междренные расстояния. Дренаж принципиально меняет направленность почвообразования. Выше мы отмечали, что сущность болотообразования заключается в аккумуляции остатков органического вещества растений-торфообразователей. В естественном состоянии происходит непрерывный подъем поверхности болот со скоростью 1–2 мм/год. Однако этот процесс аккумуляции органического вещества прекращается после осушения. Наступает новая фаза эволюции торфяных почв. В 1960 г. для ускоренного и, казалось бы, экономически целесообразного осушения торфяных почв был предложен новый способ дренажа, основанный на использовании глубоких кана-

лов (4–5 м), врезанных в водоносный песок [4]. По замыслу авторов, этот способ, получивший название «самотечного глубокого осушения низинных болот», был рассчитан на отрыв капиллярной каймы зеркала грунтовых вод от всех слоев торфяной залежи (рис. 3.10).

Способ был рекомендован для осушения болот полесских ландшафтов, т. е. для условий, когда торфяные почвы подстилаются оглеенными водоносными кварцевыми песками. Кажется бы, этот способ обладает очевидными преимуществами. Он экономичен, глубокие каналы обеспечивают быстрое осушение. В первые годы эксплуатации расходы на поддержание системы минимальные, а урожай существенно возрастает. Но эти преимущества в условиях южной тайги европейской части страны действуют весьма непродолжительно.

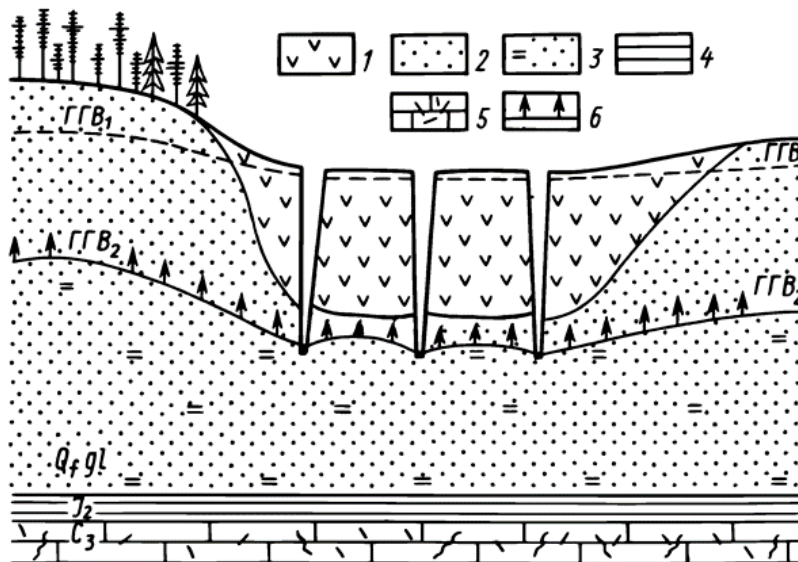


Рисунок 3.10 – Схема осушения низинных торфяных почв с помощью глубоких (до 3,5–5 м) каналов, обеспечивающих отрыв капиллярной каймы зеркала грунтовых вод от торфяной залежи в условиях полесских ландшафтов

Условные обозначения: 1 – торф; 2 – песок; 3 – смесь торфа с песком; 4 – юрские глины; 5 – трещиноватые известняки карбона; 6 – капиллярная кайма зеркала грунтовых вод; ГГВ₁ – грунтовые воды до осушения; ГГВ₂ – грунтовые воды после осушения; QfgL – четвертичные пески

Как только глубокие каналы сбрасывают основной запас гравитационной влаги из торфяной залежи (это происходит через 3–4 года после завершения строительства осушительной сети), так немедленно включается механизм ускоренного биохимического разложения органического вещества торфа и его быстрая сработка. Естественный процесс почвообразования, связанный с накоплением органического вещества торфа, в результате самотечного глубокого осушения сменяется его ускоренным распадом – 1–3 см/год и более [97, 334, 73, 82].

Кроме биохимического разложения торфа до окислов (CO₂, H₂O, N₂O), на осушенных болотных массивах после сброса гравитационной влаги с помощью глубоких каналов начинаются активная ветровая эрозия и пожары. Ускоренное разложение торфа сопровождается поступлением в почвенный раствор, а затем и в грунтовые воды огромных масс нитратов. Этот не свойственный природным условиям южной тайги процесс сработки торфа быстро завершается полным исчезновением органического вещества торфяных почв [73]. На дневную поверхность выходят оглеенные, практически бесплодные кварцевые пески. В Беларуси, где способ «самотечного глубокого осушения низинных болот» в 1960–1970 гг. получил наиболее широкое распространение, общая площадь таким образом исчезнувших торфяных почв и вновь появившихся вторичных песчаных глееземов составила около 200 тыс. га.

Применение этого способа осушения было связано, очевидно, с непониманием вторичных почвообразовательных и деграционных процессов, которое вызывает к жизни такой способ осушения низинных болот. Стихийный нерегулируемый гидрологический режим осушаемых торфяных почв, вызванный глубоким понижением грунтовых вод и отрывом капиллярной каймы от органогенных горизонтов в период летней межени (обычно в конце июня – начале августа), почти всегда завершается опустошительными пожарами и их глубокой деграцией.

Однако отрыв капиллярной каймы от торфяных горизонтов происходит не только при глубоком осушении низинных болотных почв, но очень часто – при обычной норме осушения, в тех случа-

ях, когда осушительные системы в период летней межени не обеспечивают сохранения лугового типа водного режима в профиле торфяных почв, т. е. работают в «самотечном» режиме, на нерегулируемый сброс дренажного стока.

3.3.4. Принципы рационального использования и охраны торфяных почв Окско-Мещерского Полесья

Среди полесий Восточно-Европейской равнины особо выделяется Окско-Мещерское полесье, отличающееся своим плоским малосточным рельефом и большим количеством небольшого размера болот островного характера. В сельскохозяйственном производстве используются, главным образом, из органогенных почв низинные торфяники различной мощности, требующие особого режима их эксплуатации. Система земледелия на торфяных почвах специфична и направлена на снижение минерализации органического вещества торфа. Агротехнические мероприятия здесь должны опираться на экологически допустимые научно обоснованные нормы осушения, орошения, структуру посевных площадей, севообороты, систему обработки и другие мероприятия по экологической устойчивости осушаемого болотного комплекса [9].

Практика использования торфяных почв в производственном плане показала, что даже при условии соблюдения указанных требований торфяные почвы при длительной эксплуатации и под действием антропогенного влияния постепенно деградируют и трансформируются в другие типы почв.

При этом органическое вещество торфа минерализуется (срабатывается) и торфяная почва превращается в конечном итоге в перегнойно-минеральный агрозем. Стадийное преобразование сопровождается ростом зольности, объемной массы почвы, снижением полной влагоемкости, валовых запасов азота (табл. 3.9).

Таблица 3.9 – Трансформация торфяных почв в процессе их эксплуатации («Тинки-II», Рязанская обл.)

Показатель	Почвенные разновидности				
	торфяная среднемощная	торфяная маломощная	торфяно- глеевая	торфозем торфянисто- глеевый	агрозем органоминеральный
Глубина торфяной залежи, м	1,0-1,4	0,6-0,9	0,3-0,5	15-25	-
Зольность, %	20,2	24,3	32,2	70,5	93,2
Объемная масса, г/см ³	0,22	0,28	0,35	0,78	0,96
Полная влагоемкость, % к массе сухой почвы	325,0	244,0	180,0	67,0	55,0
Азот общий, %	3,70	2,73	2,30	0,88	0,68
Фосфор валовый, %	0,32	0,21	0,18	0,15	0,11
Калий валовый, %	0,34	0,20	0,14	0,12	0,10

По данным таблицы 3.9 видно, что в деградированной органо-минеральной почве валовых запасов азота в 4 раза меньше, а влагоемкость в 5 раз ниже, чем в неиспользуемой торфяной почве. Также значительно увеличилась зольность и объемная масса. Эти изменения происходят при длительном использовании торфяных почв в сельскохозяйственном производстве и даже при научно обоснованной системе земледелия. В связи с этим система земледелия на торфяных почвах должна быть направлена на длительный срок их использования в производстве, путем применения современных, научно обоснованных агрономических мероприятий.

3.3.5. Природно-хозяйственные условия Окско-Мещерского полесья

Окско-Мещерское полесье представлено Мещерской низменностью, которая в природно-экологическом плане представляет собой обширную равнину с переувлажненными минеральными почвами, большим количеством болот, лесов и многочисленных озер. Все эти ее природные составляющие как отдельные экосистемы взаимосвязаны между собой и функционируют в едином природном комплексе.

Низменность расположена непосредственно в центре европейской части России в междуречье Оки, Москвы, Клязмы, Судогды и Колпи и занимает восток Московской, северную часть Рязанской и южную Владимирской областей. Ее площадь составляет 2,3 млн га. В сельском хозяйстве используется 39 % ее территории, остальная площадь принадлежит лесному государственному фонду. Заболоченность земель Мещеры создает значительные препятствия для развития сельского хозяйства. Ме-

лиоративный фонд заболоченных и избыточно увлажненных земель здесь составляет 456 тыс. га. Богато Окско-Мещерское полесье торфяными месторождениями, которые занимают 346 тыс. га, или 12 % территории. Осушенные и окультуренные торфяники являются потенциально плодородными почвами для возделывания зерновых, картофеля и кормовых культур.

Низменность характеризуется умеренно континентальным климатом с относительно холодной осенью, умеренной зимой, длительной весной и теплым летом. Абсолютная минимальная и максимальная температуры равны -45°C и $+39^{\circ}\text{C}$. Продолжительность безморозного периода колеблется в пределах 130–145 сут, а продолжительно периода активной вегетации растений с температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$ равна 135–140 сут. Сумма среднесуточных температур за этот период увеличивается с северо-запада на юго-восток от 2000 до 2200 $^{\circ}\text{C}$ [270].

Что касается распределения осадков, то за период зима-весна их выпадает 30–32 % от средней годовой нормы, или 150–190 мм, за лето их количество увеличивается до 250–355 мм (51–53 %), и они почти полностью расходуются на испарение с поверхности почвы и транспирацию растений. Осенние осадки составляют 17–20 % от нормы и в основном способствуют увлажнению территории.

Следует заметить, что климатические особенности Окско-Мещерского полесья характеризуются значительными колебаниями выпадающих осадков. Так, в отдельные годы их избыток приводит к заболачиванию пониженных мест рельефа, а в другие годы и даже отдельные периоды их не хватает для нормального роста и развития растений.

Особенность рельефа Мещеры – меридиональное расчленение ее обширными понижениями древних ложбин стока, а также чередованиями мелких бессточных понижений с невысокими песчаными всхолмлениями. Колебания высот в пределах водоразделов составляют 20–30 м, а в пределах ложбин – значительно меньше. Малые высотные колебания и слабые уклоны обуславливают, наряду с другими причинами, широкое развитие заболоченных пространств. Здесь получили распространение два основных типа рельефа – моренных равнин, занимающих повышенные водораздельные участки, и флювиогляциальных равнин, приуроченных к их склонам и ложбинам стока.

Рельеф Мещерского полесья находится в неразрывной связи с его геологическим строением и, в свою очередь, оказывает значительное влияние на формирование водного режима, почвенного и растительного покрова.

В гидрологическом отношении Окско-Мещерское полесье представляет собой плоскую пониженную заболоченную равнину с небольшим уклоном на юг в сторону р. Оки. Незначительные уклоны поверхности, низкие гипсометрические отметки, близость водоупорного горизонта вызвали слабое развитие гидрографической сети с затрудненным поверхностным и подземным стоком. Грунтовые воды в центральной части Мещерской низменности залегают на небольшой глубине, она варьирует от поверхности на болотах в пределах 0,7–1,0 м на заболоченных участках и до 10 м и более на повышениях. Водоупором для них служит глина юрской породы.

В Окско-Мещерском полесье большое количество озер, которые распространены одиночно или целыми группами, – это Шатурские, Туголевские, Клепиковские озера, которые соединены протоками. В основном они мелководны, их глубина составляет от 1 до 3 м. Самые значительные озера по площади зеркала – это Великое ($6,5\text{ км}^2$) и Святое ($8,9\text{ км}^2$), расположенные в бассейне реки Пры.

Для Окско-Мещерского полесья характерны многочисленные болота различного типа: низинные, переходные и верховые с малыми размерами, и только 5 % из них имеют площадь более 1000 га. В сельском хозяйстве используются обычно болота низинного типа с высокой степенью разложения торфа, которые расположены в основном в долинах рек. Питание низинных болот в основном – грунтовое.

Реки Окско-Мещерского полесья входят в группу рек восточно-европейского типа с ярко выраженным весенним половодьем, низкой летней меженью с отдельными паводками от выпадения осадков, повышенным стоком осенью и пониженной меженью зимой. Слой весеннего половодья рек здесь составляет 80–90 мм, и подъем уровня связан с началом интенсивного таяния снега. Вскрытие рек происходит между 25 марта и 15 апреля, с прохождением пика 5–12 апреля. Спад уровней идет менее резко, чем подъем, и продолжается, например, на р. Пре до июня. Распределение стока по сезонам для рек Центральной Мещеры примерно следующее: весна (IV–V) – 56 %, лето (VI–VIII) – 15 %, осень (IX–XI) – 21 %, зима (XII–III) – 8 %.

Почвенный покров Окско-Мещерского полесья состоит из четырех типов почв: дерново-подзолистые, дерновые, болотные и пойменно-луговые. Среди подзолов различаются: малоразвитые, маломощные, среднемощные, мощные и глубокие. Это различие связано с мощностью подзолистого горизонта и соответственно этим разновидностям находится в пределах от 5 до 50 см и более. В свою очередь, дерново-подзолистые почвы отличаются по степени развития перегнойного горизонта.

Встречаются следующие разновидности: слабодерново-подзолистые с перегнойным горизонтом мощностью менее 10 см; среднедерново-подзолистые с перегнойным горизонтом от 10 до 20 см и глубоководново-подзолистые с перегнойным горизонтом более 20 см.

К болотному типу относятся перегнойно-глеевые, торфяно-глеевые, торфяные, разновидности которых зависят от мощности торфяного слоя и степени оглеенности. Торфяные почвы с мощностью торфяного слоя более 0,5 м подразделяются на маломощные – с мощностью слоя торфа от 0,5 до 1,0 м; среднемощные – с мощностью слоя торфа от 1,0 до 2,0 м и мощные торфяные почвы – с мощностью слоя торфа более 2,0 м.

Основные причины болотообразовательного процесса Окско-Мещерского полесья: климатические условия, особенности рельефа и слабое развитие гидрографической сети. Здесь наиболее распространены низинные болота, на втором месте переходные и незначительную площадь занимают верховые болота.

Низинные болота являются болотами богатого минерального питания и характеризуются торфом, который имеет большую зольность. Они, главным образом, располагаются в поймах рек и занимают понижения на водораздельных пространствах. В отдельных случаях располагаются по краям озер, представляя по своему происхождению заросшие озера. Низинные болота облесены, на них произрастают береза, ольха и различные виды ив. Наиболее распространены здесь крупноосоковые болота (с осокой пузырчатой, вздутой, острой). Часто к осокам примешиваются хвощ речной, манник, полевица собачья и другая травянистая растительность.

Болота переходные характеризуются преобладанием средних осок. Их моховой покров представлен разными видами сфагнома. Среди них получили распространение следующие болота: мелкоосоковые-сфагновые, березняковые и др. Главное место среди них занимают закустаренные березово-осоковые, березовые и ольховые болота.

Пойменный тип характеризуется наличием следующих разновидностей: дерновые слабо-развитые, дерновые, дерново-луговые, луговые, лугово-болотные и дерново-подзолистые почвы. Наиболее плодородными из них являются дерново-луговые и луговые почвы, имеющие соответственно перегнойный горизонт 20–40 и 40–100 см.

В пределах Окско-Мещерского полесья распространены пойменные и суходольные луга. Особенно богата разнотравьем пойма р. Оки. Она подразделяется на три части: прирусловую, центральную и притеррасную. В травостое прирусловой части поймы встречаются манжетка, порезник, пижма и др. Из злаков – полевица обыкновенная, душистый колосок, белоус, овсяница и др. Травостой центральной части поймы отличается большой урожайностью, здесь преобладающее место занимают злаки. Широко распространены: кострец безостый, лисохвой луговой, ежа сборная, бекмания обыкновенная, пырей ползучий и др. В притеррасной части поймы расположены сырые крупнотравные злаково-осоковые кочкарные луга. В травостое здесь 20–30 % злаков, преимущественно канареечник тростниковидный, манник большой, щучка, мята, калужница болотная и др. Осок здесь 25–35 %, в основном осока острая, пузырчатая и др.

Что касается суходольных лугов, то их здесь около 25 %. Растительность довольно бедная и малопродуктивная, характеризуется следующим травостоем: белоус, овсяница красная, полевица обыкновенная, лядвенец рогатый и др.

3.3.5.1. Типы и агрономические свойства торфяников Окско-Мещерского полесья

Каждый вид торфа в своем составе отражает исходный фитоценоз, его качественные основные показатели являются производными произрастающего фитоценоза и среды отложения торфа. Известно, что болотная растительность в своем минеральном режиме зависит от питающих торфяных вод, степень минерализации которых объединяет болотную растительность в три типа: более требовательный к минеральному питанию – эвтотрофный, или низинный, тип растительности, менее требовательный – мезотрофный, или переходный, тип растительности и малотребовательный – олиготрофный, или верховой, тип растительности. Поэтому в зависимости от ботанического состава, отражающего тип исходной растительности и ее зольности, торфа объединены в типы: низинный – с показателем зольности от 6 до 18 %; переходный – с зольностью от 4 до 6 % и верховой – с зольностью 2–4 %.

В свою очередь, каждый тип торфов разделяется на три подтипа: лесной, лесотопяной и топяной. Ниже дается характеристика типов торфяников для болот Окско-Мещерского полесья.

Верховой тип. Торфа верхового типа отлагаются в условиях бедного минерального питания, отличаются разнообразностью по степени увлажнения: от сильно обводненных безлесных сфагновых болот до дренированных облесенных болот. Большое разнообразие влажности при отложении торфов создает различие по степени разложения. Верховой тип подразделяется на шесть групп: древесную,

древесно-травяную, древесно-моховую, травяную, травяно-моховую и моховую. Они имеют низкую кислотность, низкую степень разложения (10–15 %) и низкую зольность (2–5%).

Переходный тип. Торфа этого типа отлагаются в условиях несколько обедненного минерального питания, вследствие чего характеризуются пониженной зольностью (4–6 %) и слабокислой реакцией. Исходные растительные группировки переходных торфов по своему видовому составу являются промежуточными между фитоценозами с верховой и низинной растительностью и слагаются растениями низинного типа, наименее требовательными к минеральному питанию, и растениями верхового типа, наиболее требовательными к минеральному питанию. Торфа переходного типа делятся на древесную, древесно-травяную, древесно-моховую, травяную, травяно-моховую и моховую группы. Цвет торфа зависит от содержания древесно-растительных остатков. Так, древесный торф отличается темной окраской, травяной – темно-серой и моховой – более светлой. Степень разложения переходного типа торфов несколько ниже низинного типа и составляет 15–35 %, зольность – 6–8 %.

Низинный тип. Торфа низинного типа возникают в условиях богатого минерального питания. Большая амплитуда водно-минерального питания низинного типа создает большое разнообразие фитоценозов, и отсюда большое разнообразие видов торфов. Все они характеризуются повышенной зольностью (6–18 %), нейтральной или слабокислой реакцией среды и разнообразием физико-химических свойств. Выделяются следующие группы низинных торфов.

Древесная группа. Торфа этой группы образуются в условиях намывного увлажнения с повышенной степенью разложения и зольностью. Для группы свойственно содержание в торфе более 4 % древесных остатков: березы, ольхи, сосны. Для Мещеры характерны березовый и сосновый низинный торф. Березовый торф характеризуется в естественном состоянии очень темным цветом с вкрапленными белыми небольшими кусочками бересты. Отличается также наличием осок и другой травянистой растительности (тростника, хвоща, вахты). Березовый торф образуется на низинных болотах, расположенных по склонам и близ дренирующих водоприемников с березовым фитоценозом. Сосновый торф залегает обычно небольшими площадями по окраинам болот, в условиях грунтового и поверхностного водного питания. В естественном состоянии имеет коричневый цвет с заметными включениями кусочков коры сосны. Из травянистой растительности отмечается присутствие осок. Влажность его относительно невысокая, зольность несколько понижена по сравнению с другими торфами древесной группы.

Древесно-травяная группа включает в себя древесно-тростниковый и древесно-осоковый виды торфа. Древесно-тростниковый торф отличается древесно-тростниковым фитоценозом, встречается небольшими площадями на участках, периодически затопляемых полыми водами. Влажность торфа незначительная, степень разложения высокая и достигает 45–50 %. Древесно-осоковый торф имеет сероватый оттенок вследствие присутствия корешков осок. Отлагается он на торфяниках низинного типа в условиях грунтового водного питания. Степень его разложения несколько понижена вследствие значительной влажности торфообразующего слоя.

Третья группа объединяет следующие виды торфа: хвощевой, тростниковый, осоковый, вахтовый и низинный. В условиях Мещеры встречаются чаще всего тростниковые и осоковые болота.

Тростниковый торф характеризуется включением остатков сохранившихся корневищ тростника. Количество их составляет более 40 % общей массы торфа, остальная часть – корешки другого разнотравья. Древесные остатки отсутствуют. Тростниковый торф характеризуется невысокой влажностью, содержит довольно большое количество минеральных примесей, которые повышают общую зольность торфа.

Осоковый торф имеет сероватую окраску вследствие присутствия корешков осок, которые составляют до 60–80 % общего количества растительного волокна. Примесь остатков других травянистых растений (вахты, тростника) невелика. Естественная влажность осокового торфа находится в пределах 90–93 %, степень разложения – 25–35 %, зольность – 5–9 %. Осоковые болота – распространенный тип низинных болот в Окско-Мещерском полесье, они занимают большие площади. Чаще встречаются смешанные болота: осоко-хвощевые, осоко-манниковые и др.

Травяно-моховая группа. Из этой группы в Окско-Мещерском полесье распространены осоково-сфагновые болота с осоково-сфагновым торфом, имеющим светло-серый цвет. Мхи представлены низинными сфагновыми. Степень разложения осоково-сфагнового торфа пониженная, зольность невысокая.

Моховая группа (гипновый низинный торф, сфагновый низинный торф) здесь занимает небольшие площади и в чистом виде редко встречается.

Торфяно-болотные почвы используют в сельскохозяйственном производстве различным образом, но освоение их на широкой основе возможно лишь после проведения осушительных мелиора-

ций. Торфяные почвы низинных болот более ценные для сельскохозяйственного освоения. Торфяные и торфяно-перегнойные почвы переходных болот вследствие высокой кислотности менее благоприятны для сельскохозяйственного производства и требуют в процессе эксплуатации больших капитальных вложений. Что касается торфяных почв верховых болот, то их освоение нецелесообразно вследствие низких показателей целого ряда агрономических свойств.

По данным таблицы 3.10, низинные торфяники наиболее потенциально плодородны. У них благоприятная для сельскохозяйственных растений кислотность, несколько выше содержание подвижного фосфора и обменного калия, высокое содержание общего азота.

По мощности торфяной залежи торфяные почвы разделяются на маломощные, среднемощные и мощные. Маломощные торфяные почвы отличаются мощностью горизонта торфа от 51 до 100 см, залегающим на минеральном грунте различного гранулометрического состава.

Таблица 3.10 – **Агрохимические показатели торфяных почв различных типов болот Мещерской низменности**

Тип болот	Степень разложения, %	Зольность, %	Азот общий	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	pH
Верховой	8-15	2-5	0,56-2,0	0,03-0,25	0,01-0,2	0,01-0,48	2,6-4,2
Переходный	10-35	6-8	1,4-2,5	0,02-0,35	0,05-0,2	0,15-2,5	2,8-5,3
Низинный	15-60	7-18	1,6-4,0	0,1-0,4	0,02-0,3	1,2-6,8	4,8-7,0
Старопахотный	30-75	11-22	3,2-4,4	0,2-0,4	0,02-0,3	3,1-7,9	6,1-7,0

По данным таблицы 3.11 видно, что маломощные торфяные почвы низинных болот состоят из высокозольных торфов с высоким содержанием общего азота и нормальным содержанием фосфора.

Среди переходных верховых болот маломощные торфяные почвы встречается редко и практически мало подвергаются мелиорации, они низкозольные, сильнокислые.

Таблица 3.11 – **Химический состав маломощной торфяной почвы низинного болота «Тинки-П» Рязанского района**

Глубина взятия образцов, см	Зольность, %	Азот общий	K ₂ O	P ₂ O ₅
	% на абсолютно сухую навеску			
0-10	25,75	3,08	0,11	0,19
15-35	20,54	4,10	0,09	0,22
35-50	35,43	2,44	0,07	0,18

Среднемощные торфяные почвы имеют горизонт торфа от 1 до 2 м, залегают на минеральном грунте различного гранулометрического состава. По данным таблицы 3.12 можно отметить, что торф среднемощной торфяной почвы низинных болот характеризуется высокой зольностью, степенью разложения, средней кислотностью и большим содержанием общего азота. Что касается мощной торфяной почвы низинных болот, то они характеризуются слоем торфа более 2 м и более высокой степенью разложения, зольностью и средним содержанием общего азота.

Таблица 3.12 – **Химический состав среднемощной торфяной почвы низинного болота «Тинки-П» Рязанского района**

Глубина взятия образцов, см	Зольность, %	Степень разложения, %;	Азот общий	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH
	% на абсолютно сухую навеску					
0-20	16,10	40	3,7	0,23	0,35	6,2
40-60	14,14	35	3,9	0,20	0,31	5,8
80-100	13,28	34	3,4	0,15	0,34	5,2
120-140	13,78	34	-	0,19	0,28	5,0

3.3.5.2. Изменение агрохимических свойств торфяных почв под влиянием мелиорации

Под влиянием мелиорации (осушение, культуртехнические работы, интенсивность и длительность использования в сельскохозяйственном производстве) торфяные почвы весьма заметно изменяют свои свойства (агрофизические, агрохимические и биологические). Изменения агрофизических свойств направлены в сторону уменьшения влагоёмкости, увеличения объёмной массы, плотности и аэрации. Что касается агрохимических свойств, то здесь наблюдается увеличение степени разложения, зольности, подвижных форм фосфора и калия, а также более интенсивное образование минерального азота (нитратов, нитритов и аммония). Если до осушения развивался болотообразовательный процесс, при котором накопление органического вещества преобладает над его разрушением, то

под влиянием осушения процесс прекращается и уступает место процессу почвообразования, характерной чертой которого является разложение и минерализация органического вещества. При этом эффективность процесса минерализации органического вещества торфа связана с нормой осушения, до которой понижается определённый для данной культуры уровень грунтовых вод, поддерживаемый в различные фазы вегетации и в среднем за вегетационный период.

Основные факторы, влияющие на изменение агрономических свойств торфяных почв и на сработку органического вещества торфа, были изучены Мещерским филиалом ВНИИГиМ.

По данным исследований, разные уровни грунтовых вод на болоте «Кольское» по-разному влияют на изменение водно-физических свойств почв. Так, при уровне грунтовых вод в среднем за вегетацию 207 см (глубокое осушение) ее объемная масса за 6 лет в слое 0–20 см увеличилась от 0,30 до 0,36 г/см³, тогда как на участке с уровнем грунтовых вод 125 см объемная масса осталась практически без изменения. Полная влагоёмкость за этот период наблюдений также снизилась с 372 до 327 % на участке с УГВ – 207 см, а на участке с УГВ – 125 см она понизилась с 281 до 264 %.

Результаты исследований на объекте мелиорации «Никитское» (Центральная Мещера) также показали, что при интенсификации осушения водно-физические свойства торфяных почв изменяются заметнее. Исследования проводились на трёх опытных участках с различной нормой осушения: первый – с глубиной залегания грунтовых вод от поверхности почвы в среднем за вегетацию 120–140 см, второй – 80–100 см и третий – 60–80 см. Установлено, что за пять лет исследований больше всего водно-физические свойства торфа претерпели изменения на участке с нормой осушения 120–140 см, меньше всего – на участке с нормой осушения 60–80 см. Так, если на первом участке в пахотном горизонте объемная масса, скважность и полная влагоёмкость изменились соответственно с 0,18 г/см³, 88,0 и 488,8 % до 0,23 г/см³, 83,5 и 441,0 %, то на третьем участке эти показатели изменились значительно меньше – с 0,19 г/см³, 89,0 и 457,1 % в начале до 0,21 г/см³, 86,5 и 442,0 % в конце периода исследований [236].

Влияние интенсивности осушения на изменения водно-физических свойств торфяных почв доказано исследователями и в других регионах. Так, в длительных опытах, проведённых на Минской болотной станции, выявлено увеличение объемной массы: на участке глубокого осушения оно произошло по всей глубине торфяной залежи, а на участке неглубокого осушения – только до глубины 45 см. Норма осушения оказывает значительное влияние на изменение таких важных показателей торфяных почв, как степень разложения торфа, его зольность, минерализация, сработка органического вещества торфа [353].

Наибольшая потребность растений наблюдается в азоте, поэтому условия снабжения их этим элементом заслуживают особого внимания. Доступная форма азота растениям, в основном, нитратный азот. Процесс нитрификации протекает при определённых условиях влажности, температуры, аэрации, реакции среды и т. д. Изучение интенсивности образования нитратного азота в зависимости от нормы осушения проводилось нами на болоте «Никитское» (Центральная Мещера). Было установлено, что наибольшее количество нитратов наблюдалось на участке с уровнем грунтовых вод в среднем за вегетацию 120 см, наименьшее – на участке с уровнем грунтовых вод 65 см от поверхности. Так, в слое от 0–20 см в среднем за вегетацию количество нитратов на первом участке составляло 36,8, на втором – 19,7 мг/100 г сухой почвы. Стоит отметить, что наиболее интенсивно процессы нитрификации происходят в пахотном, аэрированном горизонте. Следовательно, наибольшее количество нитратного азота образуется при интенсивном осушении, которое способствует более интенсивной минерализации органического вещества торфа.

Водно-физические и агрохимические свойства торфа также существенно изменяются в процессе окультуривания и интенсификации сельскохозяйственного использования [353]. На мелиоративном объекте «Тинки-II» Рязанской области с 1969 по 1973 год отмечалось изменение полной влагоёмкости и скважности торфа. Так, полная влагоёмкость на участке с пропашным севооборотом в слое 0–20 см уменьшилась с 222,0 до 187,0 %, а на участке с многолетними травами практически осталась без изменения. Также отмечалось увеличение объемной массы в пропашном севообороте с 0,35 до 0,40 г/см³, а в севообороте с использованием многолетних трав – только с 0,35 до 0,37 г/см³.

В процессе освоения и использования торфяных почв повышается степень разложения торфа, увеличивается содержание гумуса и усвояемого азота. В работе Ю. А. Томина и А. Т. Чепурнова [354] отмечается, что наибольшее количество нитратов содержится на участке с глубоким осушением (под всеми культурами севооборота: многолетние травы, картофель, зерновые), наименьшее содержание отмечалось на участке с мелким осушением. Также установлено, что процесс нитрификации больше всего выражен под картофелем, меньше – под многолетними травами.

Следует заметить, что образование нитратов зависит от продолжительности использования торфяных почв в культуре земледелия. Так, через 5 лет использования в слое 0–50 см нитратного азота содержалось 52,2, а через 12 лет – уже 91,0 мг/100 г почвы.

Таким образом, под влиянием осушения, окультуривания и сельскохозяйственного использования торфяные почвы подвергаются значительному физическому, химическому и биологическому изменению. Торф уплотняется, гумифицируется и минерализуется. При этом более интенсивное осушение и использование, а также продолжительный срок эксплуатации ускоряет процесс минерализации органического вещества, что в конечном итоге приводит и к систематическому уменьшению торфяного слоя. Изменение мощности торфяного слоя и других агрофизических и агрохимических показателей отчётливо видно на примере стационара «Тинки-II» Рязанской области за 43-летний период его эксплуатации в сельскохозяйственном производстве.

По данным таблицы 3.13 видно, что через 43 года использования среднетощей торфяной почвы в травопропашном севообороте мощность его уменьшилась со 122 до 39 см. Существенно изменились её агрофизические и агрохимические показатели. Так, степень разложения торфа увеличилась с 22,4 до 55,0 %, а его зольность – с 11,2 до 27,5 %. Полная влагоёмкость уменьшилась с 352,0 до 180,5 %. Что касается подвижных форм фосфора и обменного калия, то здесь наблюдается тенденция их увеличения, что связано с ежегодным внесением минеральных удобрений.

Таблица 3.13 – Изменение отдельных показателей торфяной почвы при длительном использовании

№ п/п	Показатель	Годы		
		1962	1982	2005
1	Длительность эксплуатации, лет	-	20	43
2	Мощность торфяного слоя, см	122	85,0	39,0
3	Степень разложения, %	22,4	28,5	55,0
4	Зольность, %	11,2	18,5	27,5
5	Полная влагоёмкость, %	352,0	274,0	180,5
6	Содержание P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы	9,3	12,7	16,8
	K ₂ O, мг/100 г почвы	5,2	14,3	18,6

Убыль органического вещества торфа определяют по формуле [261]:

$$Y = \frac{100 [h_1 y_1 (100 - Z_1) - h_2 y_2 (100 - Z_2)]}{t}, \quad (3.1)$$

где Y – убыль органического вещества торфа, т/га в год;

h₁ – фиксированный слой торфа в начале периода наблюдений;

h₂ – фиксированный слой торфа в конце периода наблюдений, м;

y₁ – объемная масса торфа в начале наблюдений, г/см³;

y₂ – объемная масса торфа в конце наблюдений, г/см³;

Z₁ – зольность слоя торфа в начале наблюдений, %;

Z₂ – зольность слоя торфа в конце наблюдений, %;

t – период наблюдения, лет.

Долговечность торфяных почв выражается зависимостью:

$$t = - \frac{\ln \left(1 - \frac{H_0 - H_{\min}}{AH_0} \right) + a(Z + g)}{b(Z + g)} \quad (3.2)$$

где t – долговечность торфяника, лет;

H₀ – начальная мощность торфа, м;

H_{min} – существенная мощность торфа, м;

A – коэффициент плотности;

Z – норма осушения, м;

g – средняя норма осушения за вегетацию, м.

Данные экспериментальных исследований дают основания полагать, что долговечность торфяных почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, находится пределах 50–200 и более лет.

Итак, можно заключить, что под влиянием окультуривания и интенсивного использования осушенные торфяные почвы подвергаются значительному химическому и биологическому изменению. Торф уплотняется, гумифицируется и минерализуется. При этом более интенсивное использование (пропашные севообороты) ускоряет процесс минерализации органического вещества, что в конечном итоге приводит к систематическому уменьшению мощности торфяного слоя. В связи с этим в экологическом плане уже на стадии проектирования комплексных мелиоративных мероприятий надо проводить оценку долговечности данного торфяного объекта, а также планировать рациональную модель системы земледелия с учётом минимальной сработки органического вещества торфа.

3.3.5.3. Современное состояние мелиорируемых земель Окско-Мещерского Полесья

Широкая комплексная мелиорация этого региона была проведена в 1970–1980 гг. на основе анализа природных условий и научного обоснования проводимых мелиоративных работ с учетом экологического состояния всего природного комплекса. Построенные ранее комплексные системы мелиорации были призваны обеспечивать формирование экологически равновесного, динамически устойчивого и высокопродуктивного агроландшафта за счёт высокотехнологичных агротехнологических мероприятий, направленных на длительное использование торфяных почв и сохранение осушаемых болотных комплексов. Однако перестройка всей системы природного хозяйства не допустила в дальнейшем проведение работ по эксплуатации построенных мелиоративных систем, что привело к снижению их работоспособности и даже выходу из строя.

В настоящее время, начиная с 1990 г., в связи с экологическим оздоровлением природного комплекса Окско-Мещерского полесья и восстановлением обводненности его территории мелиоративное строительство по осушению новых болот и переувлажнённых земель здесь больше не проводится. Мелиорация приняла эколого-агромелиоративное направление. В основном ведутся агромелиоративные работы по реконструкции ранее построенных мелиоративных систем осушения и орошения и обеспечению эффективного плодородия мелиорируемых земель, а также по снижению антропогенного влияния на окружающую среду данного природного комплекса. С этой целью регулярно проводятся систематическое обследование и оценка технико-мелиоративного состояния осушительно-увлажнительных систем, позволяющее определить первоочередные объекты ремонта и реконструкции, установить причины неудовлетворительной урожайности сельскохозяйственных культур.

ВНИИГиМ совместно с Мещерским филиалом разработана номенклатура оценочных показателей мелиоративного состояния осушенных земель, включающая критерии водного режима, характеристику поверхности осушенных земель, техническое состояние сооружений системы и уровень плодородия почв [279]. В зависимости от качественного или количественного выражения выбранных показателей устанавливаются следующие оценки: «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». При этом общая оценка мелиоративного состояния объекта получается из совокупности оценок по отдельным показателям. При их равноценности она вычисляется как средняя.

Практика использования мелиоративных систем показала, что несвоевременное проведение агромелиоративных мероприятий по реконструкции осушительно-увлажнительных систем приводит к развитию процесса вторичного заболачивания, залесения, закисления, снижению эффективного плодородия почв и в итоге к сокращению мелиоративного фонда.

Так, в Рязанской Мещере по состоянию на 1 января 1987 г. площадь мелиорируемых земель составляла 185,5 тыс. га, из них 131,8 тыс. га осушаемых и 53,7 тыс. га орошаемых, на 1 января 2017 г. общая площадь мелиорируемых земель сельскохозяйственного назначения уже составила 98,4 тыс. га (из них осушаемых 70,5 тыс. га и орошаемых 27,9 тыс. га), то есть сократилась на 40 %. Обследование мелиоративных систем показало, что большинство из них требует капитальной реконструкции и ремонта отдельных сооружений и конструкций в едином комплексе с агротехническими мероприятиями по восстановлению проектного плодородия почв и охраны природной среды. В связи с этим необходимо применять щадящий режим использования ранее осушенных торфяников в сельскохозяйственном производстве, который заключается в уменьшении процесса минерализации органического вещества торфа. Это достигается проведением ряда гидро- и агромелиоративных мероприятий, основные из которых: подбор оптимальной структуры посевных площадей, севооборотов, систем обработки почвы, создание оптимального водного режима, систем удобрений и др.

Назрела необходимость разработки и внедрения при использовании торфяных почв научно обоснованных технологий управления плодородием и экологической сохранностью торфяных почв (рис. 3.11). Современный подход к управлению плодородием торфяных почв должен включать: информацию о метеорологических условиях, почвенную характеристику, оценку агроэкологической ситуации, специализацию землевладения и другие.

На основе этого производится планирование гидро- и агромелиоративных мероприятий с разработкой их оптимальных параметров: режима увлажнения, структуры посевных площадей и севооборотов, приемов обработки почвы, расчёта доз минеральных удобрений на программируемый урожай. Конечным результатом является разработка технологических схем возделывания каждой культуры и их реализация в производстве.

Структура посевных площадей на торфяных почвах должна учитывать:

- задачи по производству продукции растениеводства (зерна, картофеля, овощей, кормов и т. д.);
- состав, размещение и структуру посевных площадей на других землях хозяйства;

- требования сельскохозяйственных культур к водно-воздушному, пищевому и тепловому режимам почвы;
- наличие производственных ресурсов, уровень фонда и трудообеспеченность хозяйства.



Рисунок 3.11 – Информационная схема управления плодородием длительно используемых торфяных почв

Учитывая общую направленность специализации хозяйств Нечерноземной зоны РФ на молочно-мясное животноводство, в структуре посевных площадей следует предусмотреть размещение кормовых культур для создания кормовой базы. Главная роль здесь отводится зерновым как источнику концентрированных кормов и многолетним травам – источнику травяных кормов (сена, сенажа силоса). Кроме того, при разработке структуры посевных площадей следует учитывать влияние сельскохозяйственных культур на скорость процесса разложения торфа. С этой точки зрения культуры подразделяются на сильно разлагающие торф, слабо разлагающие торф и задерживающие разложение торфа. К первой группе относятся пропашные культуры, ко второй – культуры сплошного сева (зерновые, однолетние травы) и к третьей – многолетние травы. Такое деление культур имеет большое значение при проектировании севооборотов на торфяных почвах.

При разработке структуры посевных площадей важно соблюдать в севооборотной площади оптимальный удельный вес той или иной сельскохозяйственной культуры, который должен определяться типом торфяной почвы, мощностью ее торфяного слоя и производственно-экономическими возможностями сельхозпроизводителя.

Научные исследования и производственный опыт показали, что наиболее оптимальным удельным весом в севообороте на среднемощном торфянике будет: зерновые – 20–30 %; многолетние травы – 60–70 % и пропашные – около 10 %.

Наибольшая доля многолетних трав в структуре посевных площадей обусловлена их биологическими особенностями. Многолетние травы эффективно используют влагу и минеральные формы азота, которые находятся в торфе в избытке и тем самым обеспечивают высокую продуктивность. В центральном районе Нечерноземной зоны к числу перспективных и наиболее устойчивых культур для выращивания на торфяных почвах относятся следующие многолетние травы: тимофеевка луговая, кострец безостый, овсяница луговая, лисохвост, ежа сборная и др. Из бобовых – клевер розовый и более долговечный клевер белый; однолетние травы – вика и горох с овсом, райграс однолетний; зерновые – озимая рожь; яровые – овес, ячмень; пропашные – картофель среднеплодных сортов; овощные – капуста, свекла, морковь; кормовые корнеплоды – свекла, морковь кормовая.

Севооборот – научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур во времени и пространстве, важнейшее звено системы земледелия на мелиорируемых землях. Севообороты на торфяных почвах должны предусматривать, с одной стороны, получение максимального количества

продукции, а с другой – создание условий, способствующих сохранению органического вещества торфа. Разработка оптимальных для торфяных почв севооборотов должна исходить из следующих положений:

- во избежание интенсивной минерализации органического вещества, распыления и иссушения его должно быть ограничено возделывание пропашных культур и исключены черные пары;
- не включать в севооборот теплолюбивые культуры и сорта (томаты, огурцы и т. д.);
- тип и вид севооборота определяется с учетом хозяйственной необходимости, окультуренности почв и специализации хозяйства.

Анализ практического использования торфяных почв и научные данные показали, что при разработке севооборотов следует исходить из следующих принципов. Маломощные торфяные почвы целесообразно использовать под монокультуру многолетних злаковых трав в течение 8–10 лет без перезалужения в качестве сенокосов. Среднемощные торфяные почвы можно использовать в лугово-кормовых севооборотах. Примерный набор и чередование культур в таком севообороте следующие: 1–7 поля – многолетние злаковые травы; 8 – рожь озимая; 9 – яровые зерновые; 10 – вико-горохо-овсяная смесь. Что касается почв с мощностью торфа более 2 м, то их целесообразнее всего использовать в травянопропашных, зернопропашных и кормовых полевых севооборотах.

Схема использования торфяных почв в севооборотах в зависимости от мощности торфа приведена в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Схема использования торфяно-болотных почв в севооборотах в зависимости от мощности торфяного слоя и величины его сработки

Наименование торфяника	Мощность торфа, см	Характер использования	Схемы севооборотов	Наличие культур, %	Возможная сработка торфа в год, см
Маломощный	50–100	монокультура мн. трав (культурные пастбища и сенокосы)	мн. злаковые травы со сроком использования 8–10 лет	мн.травы – 100	1,0-1,3
Среднемощный	100–200	в лугово-кормовых севооборотах	1-7 поля – мн. травы; 8 поле – рожь озимая; 9 поле – яровые зерновые; 10 поле – вико-горохо-овсяная смесь	мн.травы– 80–90; зерновые 10–20	1,3-1,8
Мощный	более 200	в полевых травяно-пропашных или в овощекормовых севооборотах	<i>1.Травянопропашной:</i> 1–3 поля – мн. травы; 4 поле – картофель; 5 поле – корм.корнеплоды; 6 поле – яровые зерновые; 7 поле – однолетние травы, летний беспокровный посев <i>2.Овощекормовой:</i> 1–4 поля – мн. травы; 5 поле – рожь озимая; 6 поле – яровые зерновые; 7 поле – пропашные (картофель, капуста, корнеплоды); 8 поле – яровые зерновые; 9 поле – горохо-овсяная смесь	мн.травы – 55–60; зерновые – 30–35; пропашные культуры – 10	1,8-2,2

Из данных таблицы видно, что на среднемощных и мощных торфяниках при использовании научно обоснованной структуры посевных площадей и рациональных севооборотов сработка торфа уменьшается в пределах 0,2–0,4 см в год по сравнению с более интенсивными севооборотами.

Кроме структуры посевных площадей и рациональных севооборотов, важным моментом по сохранению торфа является применение научно обоснованных агротехнологических приемов (обработка почвы, система удобрений, борьба с сорной растительностью, вредителями). При этом большая роль принадлежит организации и управлению технологическими процессами в комплексе с экологическими требованиями.

Система обработки среднемощной и мощной торфяной почвы в севообороте должна проводиться в зависимости от трех различных типов предшественников: стерневые сплошного сева, пропашные и многолетние травы. Зяблевую вспашку на старопахотных осушенных торфяниках обычно

проводят во второй половине сентября – начале октября. Основная обработка завершается дискованием зяби. Предпосевная обработка включает боронование, дискование, выравнивание поверхности, заделку удобрений, завершается прикатыванием, которое служит обязательным агротехническим приемом для этих почв.

Схема обработки почвы в полевом зернотравяном севообороте приведена в таблице 3.15. Что касается мелкозалежных торфяных почв, то их следует использовать только в лугопастбищном севообороте или под многолетние травы.

Таблица 3.15 – Схема обработки торфяной почвы в полевом зернотравяном севообороте

Культура севооборота	Предшественник	Основная обработка почвы под культуру севооборота
Озимая рожь	многолетние травы	дискование дернины трав на 6–8 см в 2 следа; дискование на 15 см 1–2 следа; вспашка на глубину пахотного слоя
Овес, ячмень	озимая рожь	лушение стерни на 7–8 см в 1–2 следа; вспашка или глубокое дискование в 1–2 следа
Картофель, корнеплоды	овес, ячмень	лушение стерни на 7–8 см в 1–2 следа; вспашка на глубину пахотного слоя
Овес, ячмень	картофель, корнеплоды	дискование на 15–18 см осенью, без вспашки
Вико-овсяная смесь	овес, ячмень	лушение стерни на 7–8 см в 1–2 следа; вспашка
Многолетние травы летнего посева	вико-овсяная смесь	дискование в 2 следа после уборки вико-овсяной смеси на 15–18 см
Многолетние травы (4–5 полей)	многолетние травы	уход за травами (подкормка, полив, уборка)

3.3.6. Охрана природы Окско-Мещерского полесья и торфяных почв

Мелиорация, решая задачу повышенной продуктивности земельных угодий, может вызвать ряд негативных явлений в природной среде. Поэтому на стадии проектирования и строительства новых мелиоративных и реконструкции старых систем наряду с экономическими интересами должны учитываться экологические и природоохранные. В использовании болот (сельскохозяйственное, промышленное, экологическое) необходим экосистемный подход, поскольку при воздействии на любой компонент сложного болотного комплекса затрагивается и вся экосистема. Не только добыча торфа, проведение осушительных мелиораций, но и использование болота в качестве сенокоса вызывает нарушение природного функционирования экосистемы, замедляет нормальное течение торфообразовательного процесса. Вследствие этого мероприятия по сохранению осушенных торфяно-болотных почв включают в себя охрану всего природного болотного комплекса. Охране подлежат природные комплексы, расположенные не только в пределах мелиоративной системы, но и в пограничной зоне, а также в зонах ее влияния. Охраняются все компоненты ландшафта: вода, земля, растительность, животный мир, ландшафты в целом, а также памятники истории и культуры.

В Окско-Мещерском полесье с этой целью в 1992 г. был создан Национальный парк «Мещерский» площадью 105 га. Парк расположен на севере Рязанской области и охватывает переувлажненные почвы, многочисленные озера, прилегающие к ним низинные болота, долину реки Пра (приток Оки), а также систему верховых болот на водоразделе Пры и Солотчи, то есть значительную часть природного комплекса Окско-Мещерского полесья. Деятельность национального парка в соответствии с планом его долгосрочного развития, ориентирована на решение следующих основных задач: охрану дикой природы (сохранение видов и генетического разнообразия); проведение научных исследований и экологического мониторинга; развитие рекреации и туризма; изучение и сохранение культурного наследия; организацию международного сотрудничества. Что касается охраны торфяных почв, то она осуществляется с помощью агротехнических, мелиоративных, противоэрозионных, хозяйственно-организационных и противопожарных мероприятий. При этом мелиоративные мероприятия должны обеспечивать оптимальный водно-воздушный режим в отдельные периоды вегетационного периода.

Агротехнологические мероприятия должны быть направлены на максимальный выход продукции и положительный баланс органического вещества торфа. На всех разновидностях торфяных почв следует применять щадящие агротехнические приемы (сокращение глубоких обработок и рыхлений), научно обоснованные севообороты, системы удобрений и др. Для защиты торфяных почв от ветровой эрозии необходимо увеличивать число полей многолетних трав в севообороте, шире применять противодефляционные обработки (прикатывание, безотвальная пахота), проводить сев в ранние сроки,

использовать минеральные добавки (песок, глина). В мелиоративном проекте нужно предусматривать противопожарные мероприятия, исключающие возможности возгорания торфа и обеспечивающие быструю локализацию очагов пожара. Эти мероприятия включают: устройства противопожарных зон и полос (через 1–1,5 км шириной 150–200 м), противопожарного водоснабжения и наличие необходимых технических средств для тушения пожаров. В связи с тем что осушенные торфяные залежи более чем на 80–90 % состоят из легковоспламеняемого органического вещества, которое при определенных условиях способно к возгоранию, большое внимание необходимо уделять противопожарным мероприятиям, снижающим или исключающим возможность возгорания. При этом может возникнуть как самовозгорание, так и антропогенные пожары.

Самовозгорание торфа наблюдается как в процессе промышленной добычи, при его хранении (в заготовительных буртах, валах), так и на используемых в сельском хозяйстве торфяных объектах. Процесс самовозгорания заключается в следующем: вначале происходит саморазогревание торфа в результате химических процессов окисления органического вещества под действием солнечной радиации, кислорода воздуха и катализаторов окисления, содержащихся в торфяной массе. Стеклообразные осколки также вызывают самовозгорание торфа, фокусируя поток солнечных лучей. Все это в конечном итоге приводит к пирогенной деградации торфяной залежи и почв при промышленном и хозяйственном использовании. Предупреждение возгорания торфяных почв осуществляется путем выполнения организационно-хозяйственных, гидро- и агро-мелиоративных мероприятий. При этом важным условием агро-мелиоративных мероприятий является постоянное нахождение растительности на полях торфяного объекта.

Наши исследования [373] показали, что максимальная температура поверхности торфяных почв, занятая многолетними травами, на 14,8 ° ниже, чем на паровой площадке, что исключает процесс самовозгорания. Эффективным агро-мелиоративным приемом по сохранению торфяников от самовозгорания является структурная мелиорация, заключающаяся во внесении на поверхность торфа слоя песка или глины. Этот прием не только предохраняет торфяную почву от возгорания, но и повышает ее продуктивность на 15–30 %. Важным гидротехническим мероприятием сохранения выведенных (по некоторым причинам) из эксплуатации торфяных объектов сельскохозяйственного назначения от пожара является их обводнение (затопление), которое заключается в строительстве сооружений, препятствующих стоку воды, и устройств ее подачи на объект в случае необходимости.

Другим важным гидро- и агро-мелиоративным комплексным мероприятием считается рекультивация выработанных и сработанных торфяников, или возвращение экосистемы болота в исходное состояние. Это длительное и дорогостоящее мероприятие, но экологически оправданное, поскольку при его реализации повышается влагообеспеченность территорий, снижается степень возможного возгорания и, самое главное, восстанавливается первоначальный ландшафт болотного комплекса (вернее сказать, создаются условия для его восстановления в далеком будущем). Таким образом, для защиты торфяных почв от антропогенной деградации (выработки, сработки) возгорания необходимо:

- наличие осушительно-увлажнительных систем, позволяющих оперативно управлять водным режимом и обеспечивающих оптимальную влажность почвы для роста и развития сельскохозяйственных культур;
- использование торфяных почв в щадящих травопольно-кормовых или травопольных севооборотах с наличием многолетних трав не менее 70 % и исключении чистых паров;
- применение структурной мелиорации (покровного или смешанного пескования, глинования);
- использование подтопления территорий выработанных или сработанных торфяников с целью обводнения прилегающих территорий.

3.3.7. Почвоохранные технологии с использованием пескования на осушаемых болотных массивах

На осушаемых торфяных почвах в настоящее время используют четыре культуры земледелия: черную, смешанную (пескование), покровную (римпаускую) и немецкую песчаную смешаннослойную (рис. 3.12). Три последних рассматривают как почвоохранные.

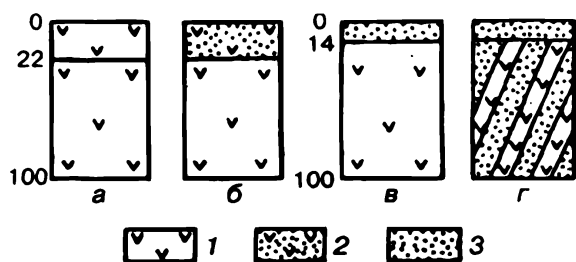


Рисунок 3.12 – Схема изменения строения почвенного профиля после применения разных способов пескования на осушаемых болотных массивах

Условные обозначения: а – черная (обыкновенная), б – смешанная (северная), в – покровная (римпауская) или насыпная, г – немецкая песчаная смешаннослойная культуры земледелия; 1 – торф, 2 – торф, смешанный с песком, 3 – песок, супесь

Черная культура земледелия предполагает использование торфяных почв без внесения минеральных добавок. Прямое использование торфяных почв в земледелии без дополнительных мероприятий по изменению зольности поверхностного слоя или его перекрытия минеральным субстратом получило название черной культуры земледелия на низинных осушаемых болотах. При черной культуре, особенно на фоне использования почв для возделывания пропашных растений, происходит интенсивное разложение органического вещества торфа.

Черный (или обыкновенный) способ культуры торфяных почв в настоящее время получил наиболее широкое применение в России при освоении низинных болот. Выращивание растений ведется на хорошо обработанном, удобренном торфянике при отрегулированном водно-воздушном режиме. Особый интерес представляют вопросы регулирования режима грунтовых вод, поскольку темпы сработки торфа резко замедляются, когда осушение болотных почв сопровождается поддержанием лугового типа водного режима, т. е. когда капиллярная кайма, поднимающаяся от зеркала грунтовых вод, устанавливается в поверхностных горизонтах почвенного профиля. Этим требованиям полнее всего отвечают мелиоративные системы с механическим водоподъемом (системы польдерного типа), в границах которых с помощью насосных станций можно активно регулировать уровни грунтовых вод (т. е. системы двустороннего регулирования грунтовых вод).

Песчаные культуры земледелия наиболее широкое применение получили в странах Северной и Средней Европы – Финляндии, Швеции, Норвегии, Дании, Германии. В России такие системы использования торфяных почв имеют ограниченное распространение. Тем не менее они были достаточно широко известны еще в начале XX столетия и получили отражение в работах (Верш, 1912) [347, 275] и других авторов. В них рассматривались главным образом вопросы, связанные с пескованием торфяных почв. Под смешанным пескованием (синонимы – северная, шведская культуры земледелия на осушенных торфяных почвах) понимают внесение песка в пахотный горизонт при пахоте. Смешанное пескование в Германии, где этот прием рассматривается как обязательный при освоении болотных органогенных почв, называется смешанно-песчаной культурой (*Sandmischkultur*). Нормы внесения песка обычно равны 300–600 т/га. С этой целью песок вначале распределяют по полю с помощью тележек или автомобилей с автоматическими разбрасывателями, дискую тяжелыми дисковыми боронами и затем тщательно перемешивают с торфом пахотного горизонта в процессе многолетней систематической пахоты (рис. 3.13). Этот способ агро-мелиорации содействует улучшению физических и химических свойств, водного, теплового и питательного режимов торфяных почв.

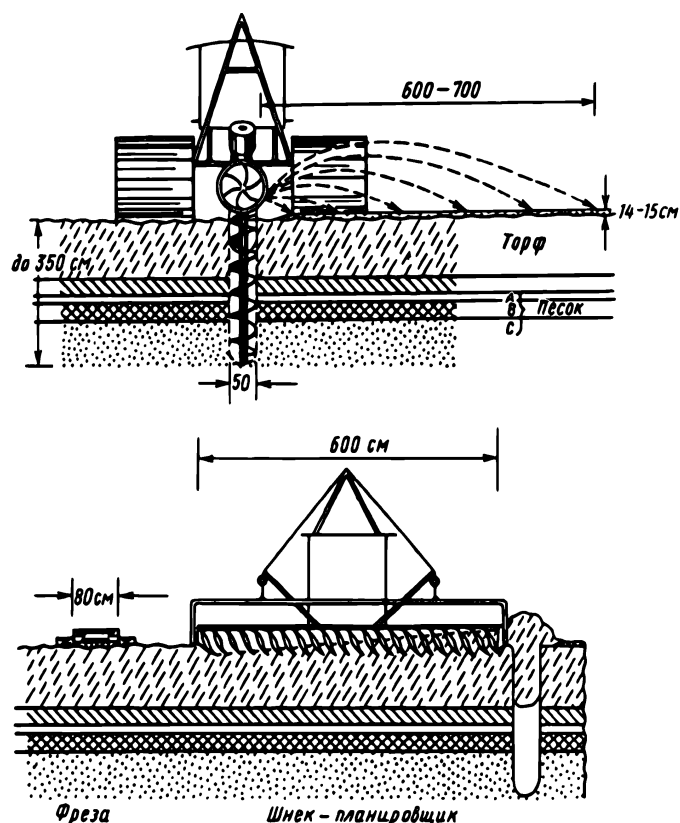


Рисунок 3.13 – Шнековая машина для извлечения на поверхность осушаемых торфяных почв песка (супеси) и формирования насыпного минерального пахотного горизонта. Планировка и фрезерование поверхности после прохода машины. Римпауская культура осушаемых торфяных почв (по Gottlich, Kuntze, 1980)

Сравнительно небольшие добавки минерального грунта значительно повышают урожайность и качество урожая зерновых, многолетних трав и других культур. Длительные исследования смешанного способа, выполненные Шведским обществом по культуре болот, показали значительное улучшение физических свойств и теплового режима, лучшие условия обработки таких почв, более быстрое созревание выращиваемых культур [347].

В последние годы появилась информация о том, что смешанная культура пескования может содействовать не только повышению урожая растений, но и известному ускорению темпов биохимической сработки торфа пахотного горизонта в результате усиления его аэрации и окисления [24].

При создании покровной культуры пескования на поверхности торфяной почвы формируют пахотный песчаный горизонт мощностью 14–16 см с последующей припашкой 2–3 см торфа для его обогащения органической массой. Этот прием получил название покровной (*Sanddeckkultur*), или римпауской культуры (по фамилии *Rimpau* – землевладельца, впервые в 1887 г. предложившего такой способ использования осушенных торфяных почв.

В России, по-видимому, впервые сообщение о покровной культуре земледелия на осушенных торфяных почвах было опубликовано в 1899 г. в энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона в специальной статье «Римпау» [309]. Для формирования песчаного пахотного слоя на поверхности осушенных торфяных почв необходимо разместить 1800–2200 т/га песка. Бурты вывезенного на поле песка тщательно распределяют по спланированной территории грейдерами. Очевидно, процесс формирования песчаного горизонта весьма дорог и трудоемок. Но он быстро (через 2–3 года) окупается значительным дополнительным урожаем (до 20–30 % и более). Кроме того, продолжительность последствий этого эффективного агромероприятия остается неопределенно долгой. Покровная культура осушенных торфяных почв имеет и ряд других существенных преимуществ. Так, резко повышается несущая способность почв, улучшаются условия работы сельскохозяйственной техники и транспортных средств, снижается или полностью исключается угроза пожаров и сокращается опасность эрозии. Наконец, покровная культура снижает вынос органической массы торфа с урожаем.

Известен положительный опыт полной механизации этих работ. Так, в последние годы в Германии предложено и широко используется шнековое устройство, смонтированное на тракторе. Особенность такой машины (кульмашина) заключается в том, что шнеком на поверхность извлекают песок, непосредственно подстилающий толщу торфа (рис. 3.13). С помощью специального устройства песок выбрасывается на поверхность почвы лентой шириной 6–7 м за один проход машины. Затем глубокая борозда, возникающая после прохода шнека, заполняется торфом с помощью фрезы. Существенно и то, что покровная (римпауская) культура расширяет возможность использования осушенных торфяных почв. В условиях этой культуры могут возделываться не только многолетние травы, но и культуры полевых севооборотов. В северных странах Европейского континента (в Швеции, Дании, Германии и др.) в условиях покровной культуры используются сотни тысяч гектаров таких земель, на которых размещают сенокосы и пастбища. В России опыт использования торфяных почв в покровной культуре пока ограничен масштабом выборочных небольших экспериментальных полигонов опытных хозяйств.

В конце 1930-х годов в странах Средней и Западной Европы (особенно в Голландии, Дании и Германии) получил широкое распространение новый весьма своеобразный способ сельскохозяйственной культуры болотных органогенных почв, чаще всего применяемый на ранее осушенных массивах. Такой способ был назван немецкой смешаннослойной песчаной культурой земледелия на осушенных торфяных почвах. Он используется на болотных почвах с мощностью торфа от 0,5 до 2,4 м, осушенных систематической сетью открытых каналов, врезанных в мощную толщу подстилающего песка. Такие болотные почвы глубоко вспахивают плугами специальной конструкции инженера В. Оттомайера с удлиненным винтовым отвалом. Плуг позволяет производить глубокую вспашку с оборотом всего торфяного слоя. В результате такой обработки торфяные горизонты устанавливаются в почву в виде отдельных пластов под углом 45°, между которыми залегает мощная прослойка песка.

На поверхности таких торфяных почв одновременно создают так же, как и при римпауской культуре, песчаный пахотный горизонт мощностью 14–16 см. В этот горизонт вносят органические и минеральные удобрения. Полагают, что преимущества смешаннослойной песчаной культуры торфяных почв заключаются в том, что в этом случае тормозится разложение органики, погребенной под слоем песка; в торфяных, косо поставленных слоях, растения находят доступную влагу, а пограничные песчаные блоки обеспечивают быстрый дренаж избыточной воды в открытую сеть каналов или в закрытый дренаж. Такая обработка придает торфяным почвам все преимущества римпауской культуры и одновременно исключает ее существенную негативную особенность.

Именно смешаннослойная культура предотвращает возможность вторичного переувлажнения почв в результате их переуплотнения при систематической обработке. В настоящее время в северных районах Германии фермерами в условиях немецкой песчаной смешаннослойной культуры используется в общей сложности более 300 тыс. га таких плодородных осушаемых почв [415]. Этот способ нашел применение и в других странах Европейского континента – в Дании, Голландии. В России пока такой прием пескования осушаемых торфяных почв не применялся. Смешанное пескование снижает опасность возгорания с поверхности осушаемых торфяных почв, а покровная (или римпауская культура) практически исключает эту угрозу.

Все эти агромерелиоративные мероприятия нередко объединяют под общим, не вполне удачным названием – «структурные мелиорации». Очевидно, внесение минеральных масс грунта в или на пахотный горизонт в принципе не может изменить структурного состояния осушенных торфяных почв. Но такие мероприятия могут оказать существенное влияние на их гидротермический режим, условия роста и развития сельскохозяйственных растений. Смешанное и покровное пескование на осушаемых торфяных почвах, казалось бы, следует рассматривать как весьма эффективные способы их защиты от пирогенного воздействия.

Однако, несмотря на широкое применение покровной культуры за рубежом и продолжительное, хотя и весьма ограниченное по площади, использование пескования как в России, так и в других странах, практически повсеместно отсутствуют сведения о влиянии этих способов агромерелиорации на их гидрологический, температурный режимы и темпы разложения органического вещества. Как правило, известные в этом отношении сведения дают представление об изменении режимов лишь пахотного и подпахотного горизонтов, общая мощность которых не превышает 20–40 см [168, 285, 31, 34].

Полнопрофильные исследования гидротермического режима осушаемых торфяных почв и сложная оценка влияния различных способов внесения песка на темпы биохимического разложения органического вещества от поверхности до грунтовых вод остаются неизвестными. Из этого следует, что в настоящее время неизвестны реальные почвообразовательные процессы, возникающие в торфяных почвах под влиянием современных гидротехнических и агромерелиоративных мероприятий, связанных с внесением минерального грунта в поверхностные горизонты торфяных почв.

Предпринятые нами исследования свойств и режимов осушаемых торфяных почв в условиях смешанного и покровного пескования позволяют раскрыть их особенности при использовании этих способов агромерелиорации, оценить влияние песчаных культур земледелия на темпы сработки органо-генных почв и выявить возможность возникновения деградиционных явлений во всех горизонтах почвенного профиля.

3.4. Физические свойства торфяных почв полесий и методы их изучения [104]

3.4.1. Общие положения

Одним из наиболее эффективных способов агромерелиорации, направленных на защиту торфяных почв от пирогенной дегградации, является пескование. Этот способ, однако, существенно влияет на их физические свойства. При песковании изменяются плотность, пористость, водопроницаемость, водоотдача и другие существенные физические параметры преимущественно поверхностных горизонтов торфяных почв. Эти изменения оказывают различное влияние на режимы всего профиля мелиорируемых почв и их продуктивность.

3.4.1.1. Краткий обзор результатов исследования физических свойств торфяных почв полесий

Трудами К. П. Лундина [234, 233], К. Е. Иванова [167], А. И. Ивицкого [170], Г. Д. Эркина [387] и других авторов на протяжении многолетних исследований были получены важные данные о физических свойствах торфяных почв полесий в естественном состоянии и их изменениях в результате осушения. В 2002 г. вышла в свет коллективная монография белорусских и польских почвоведов и мелиораторов Л. И. Белковского, А. П. Лихацевича, А. С. Мееровского, С. Юрчака, Я. Островски [30], содержащая полезные данные по этому вопросу. Физические свойства минеральных почв полесий были исследованы автором с сотрудниками на территории Восточно-Европейской равнины в пределах Московской и Рязанской Мещеры [95, 125].

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы. Низинные торфяные почвы полесий – основной объект осушения в этих ландшафтах, на 85–95 % состоят из органического вещества. Именно оно определяет важнейшие физические свойства торфяных почв. Низинные торфяные почвы отличаются незначительной плотностью (0,12–0,25 г/см³), высокой влагоемкостью (300 % и более) и теплоемкостью. Последняя величина зависит от влажности торфа. Теплоемкость сухого торфа составляет 0,15 кал/см³, после насыщения водой до полной влагоемкости – свыше 0,90 кал/см³.

В результате высокой теплоемкости и низкой теплопроводности торфяные почвы оттаивают медленнее, чем минеральные. В средней полосе этот разрыв составляет 10–12 дней. Торфяные почвы полесий отличаются невысокой несущей способностью. При объемной влажности 80–85 % она не превышает 0,5–1,0 кг/см³, тогда как на минеральных песчаных и супесчаных почвах несущая способность равна 2–7 кг/см³. Вследствие этого трактора, рассчитанные на работу на минеральных почвах, оказываются непригодными для движения по торфяным почвам. Торфяные почвы после осушения подвергаются активному окислению. В результате желтовато-коричневатая окраска торфа, свойственная органо-генным горизонтам в неосушенном состоянии, изменяется на черную.

На торфяных почвах заморозки могут происходить в течение всего вегетационного периода, вызывая повреждения или гибель посевов, поэтому на торфяных почвах опасно возделывание теплолюбивых культур. В отличие от минеральных, в торфяных почвах с глубиной происходит уменьшение плотности почв. Если в минеральных почвах минимальная плотность наблюдается в верхних горизонтах, то для торфяных в поверхностных горизонтах практически всегда имеет место максимальная плотность почв. Торфяные почвы полесий в естественном состоянии обладают относительно устойчивыми значениями коэффициента фильтрации. Абсолютные значения боковой (латеральной) водопроницаемости торфяных почв зависят от их ботанического состава, степени разложения и, в меньшей мере, от зольности. По данным К. Е. Иванова [167], наиболее значительная фильтрация у неразложившегося мохового очеса (до 600 м/сут) и у древесного и тростникового торфов (3–15 м/сут). Водопроницаемость травяного торфа колеблется от 0,3 до 5,0 м/сут. К. П. Лундин [234] на основе обобщения материала обширных полевых исследований на территории Припятского полесья рекомендует расчетные значения коэффициентов фильтрации неосушенной залежи: верховая – торфа со степенью разложения 5–10 % – 1–5 м/сут, 10–25 % – 1,0–0,1 м/сут; низинная – торфа осоково-гипновые со степенью разложения 20–25 % – 0,2–0,5 м/сут; осоковый и тростниково-осоковый – 0,2–1,0 и 1–2 м/сут; древесно-тростниковый – 3–10 м/сут; тростниковый с корневищами тростника – до 50–70 м/сут.

После устройства дренажа возможны различные изменения КФ торфяных почв, в зависимости от гидрохимии вод, ботанического состава, степени разложения и заболоченности. Существенное влияние на КФ могут оказывать биогенные и техногенные факторы – осадка торфа, глубина грунтовых вод, распространение корневой системы культурных растений, деятельность землероев, глубокая пахота и кротование почв в сочетании с внесением извести и удобрений (органических и минеральных), уплотнение в связи с обработкой почв тяжелыми машинами и другие факторы.

Торфяные почвы низинных болот полесий могут существенно изменять свои исходные физические свойства после осушения. Однако в целом этот вопрос решается весьма неоднозначно. Например, многие авторы [210, 387, 234] полагали, что коэффициент фильтрации после осушения в результате осадки, разложения торфа, действия других факторов существенно уменьшается. Особенно заметное уменьшение КФ (в 10 и более раз) имеет место в торфяных почвах на древесных и тростниковых торфах. Несмотря на это, А. Д. Брудастов [45], Л. В. Гетов [69] и другие полагали, что после осушения под влиянием обработки, проникновения корней растений, выполнения агромероприятий коэффициент фильтрации органогенных почв существенно возрастает. Вместе с тем в травяных торфах после осушения можно ожидать снижение коэффициента фильтрации в 3–5 раз. Наиболее существенные уменьшения фильтрации торфяных почв происходят в первые 4–5 лет после завершения мелиоративного строительства и начала их использования в сельскохозяйственном производстве.

Важным параметром при расчете дренажных систем является коэффициент водоотдачи (КВ), который применительно к торфяным почвам (для слоя 0–100 см) изменяется от 0,03 до 0,12. Максимальные значения КВ принимает в песчаных и супесчаных почвах – 0,1–0,2; в почвах суглинистого и глинистого микроагрегатного строения КВ = 0,04–0,08. Приблизительно коэффициент водоотдачи при различном уровне стояния грунтовых вод для низинных торфяных почв может быть рассчитан по формуле Ивицкого:

$$K_B = 8,2 \cdot \sqrt[8]{K_\Phi^3 \cdot \sqrt{H^3}}, \quad (3.3)$$

где K_B – коэффициент водоотдачи; K_Φ – коэффициент фильтрации, м/с; H – высота монолита, м.

Коэффициент фильтрации торфа определяют по методу Каменского.

К. П. Лундин [234], проверивший эти формулы, пришел к выводу о том, что они могут быть использованы для расчета водоотдачи невысоких колонн (60–80 см) торфа с коэффициентом фильтрации менее 1 м/сутки. Для приближенного расчета КВ по известным значениям КФ в зоне капиллярной каймы К. П. Лундин рекомендует использовать следующую зависимость:

$$K_B = 0,130 + 0,074K_\Phi, \quad (3.4)$$

где K_Φ – коэффициент фильтрации, м/сутки.

Для определения коэффициента водоотдачи можно использовать график, разработанный бюро мелиорации США. Он позволяет установить K_B по известным значениям коэффициента фильтрации. Возможно решение и обратной задачи, т. е. определение K_Φ по коэффициенту водоотдачи. Эти определения K_B и K_Φ , однако, следует рассматривать как ориентировочные.

3.4.1.2. Изменения физических свойств торфяных почв после пескования. Вопросы методики

Спустя 6 лет после завершения работ по пескованию и введения осушаемых торфяных почв в эксплуатацию были исследованы физические свойства таких почв с повышенной зольностью пахотного горизонта. При этом использовали следующие методы полевых исследований. Плотность торфяных почв определяли буром Ф. Р. Зайдельмана [103] с объемом режущего пыльчатого цилиндра 300 см^3 ; плотность твердой фазы – пикнометрически, методом кипячения и вакуумирования; сопротивление сдавливанию и раскливанию – твердомером Качинского [52]. Проникновение песка в нижележащие слои почвенного профиля – отмывкой песка от органического субстрата с дальнейшим его прокаливанием. Наименьшую влагоемкость торфяных почв определяли на горизонтальном капилляриметре Шварова [376]; трещиноватость торфяных почв и объем трещин – алебастровым методом. Повторность определения плотности сложения почв – 5–7-кратная, плотности твердой фазы – 4–10-кратная, сопротивления сдавливанию и раскливанию – 10-кратная; наименьшей влагоемкости – 3–4-кратная.

При проведении исследований большое внимание было уделено изучению изменений коэффициента фильтрации K_f , поскольку последний является основным расчетным параметром при определении междренних расстояний и диагностическим признаком основных тенденций изменения торфяных почв в условиях песчаных культур земледелия. Определение K_f выполняли по методу Хануса [423], получившему в последние годы в мелиоративной практике широкое распространение. Он основан на определении K_f в лабораторных условиях на малых образцах ($V = 250 \text{ см}^3$). Их отбирали согласно рекомендациям авторов метода с помощью режущих цилиндров в 6-кратной повторности в вертикальном направлении из шурфа при влажности, равной или выше НВ. Определяли K_f на предварительно насыщенных водой образцах с использованием несложной аппаратуры [103].

Для торфяных почв метод Хануса был апробирован П. Бенеке и М. Ренгером [403]. Авторы показали, что значения K_f исследуемых горизонтов почв, установленные в поле по восстановлению уровня воды в скважине методом Хугхаудта – Эрнста и по лабораторным исследованиям на малых образцах, отобранных (по методу Хануса) с помощью режущих цилиндров, весьма близки или практически тождественны. Коэффициент корреляции между значениями K_f , найденными этими двумя методами, при обработке массовых данных оказался достаточно высоким ($r = 0,91$). В нашем случае при исследовании K_f торфяных почв объем выборки составлял от 5–7 до 50 определений по отдельным слоям.

3.4.1.3. Влияние пескования на трещиноватость осушаемых торфяных почв

После осушения в засушливые периоды на черной, смешанной и покровной культурах регулярно наблюдаются усадка торфяных почв и растрескивание их пахотного горизонта. В осушенных торфяных почвах трещины, несомненно, являются вторичными образованиями. Их изучение заслуживает внимания, во-первых, потому, что они являются каналами активной миграции влаги, газов и распространения корней, а во-вторых, по трещинам возможно проникновение песка, использованного в качестве мелиоранта, из пахотного горизонта в более глубокие слои почвенного профиля. Если такое перетекание песка действительно имеет место, то оно будет приводить к его потере и необходимости в дальнейшем систематически пополнять содержание песка в условиях смешанной и покровной культуры земледелия. Возникает эффект быстрого снижения или исчезновения положительного влияния этих культур земледелия на продуктивность почв.

Явление трещиноватости торфяных почв связано с физическими свойствами торфа. При высыхании пахотного горизонта происходит усадка торфа. В результате сжимания торфяных почв на их поверхности и на разных глубинах образуются трещины.

Полевые исследования показывают, что в этом случае возможны два основных варианта их проявления. При глубоком осушении низинных болот и полном отрыве капиллярной каймы зеркала грунтовых вод от торфяной залежи происходит формирование крупных трещин, глубоко проникающих в толщу торфяных горизонтов, а в некоторых случаях проходящих через всю органогенную толщу до подстилающей песчаной породы [73].

Иначе формируется трещиноватость при нормированном неглубоком осушении, детально изученной на территории польдера «Макеевский мыс». Установлено, что при неглубоком залегании грунтовых вод (80–100 см) трещины в осушаемых, но постоянно насыщенных влагой нижних горизонтах торфяных почв не распространяются глубже пахотного горизонта независимо от погодных условий, в том числе в засушливые периоды и годы. Но визуальная и инструментальная оценка осушенных торфяных почв в условиях неглубокого залегания грунтовых вод свидетельствует о том, что характер трещин, их распространение и объем, другие их параметры тесно связаны с объемом внесенного в почву

песка. Так, в почвах черной культуры (контроль) ширина трещин в вегетационный период составляла от 1–5 до 11 см, а их глубина не превышала 21 см, т. е. мощности пахотного горизонта. Трещины рассекают поверхность почвы на полигоны, подобные гексагональным структурам такыров.

В условиях смешанной культуры земледелия ширина трещин составила 1–2,5 см, а их глубина – 9–15 см. При покровной культуре ширина трещин не превышала 1–1,5 см, а их глубина – 5–6 см. Во влажные годы, когда не происходит сильного иссушения поверхности почвы, их проявление ослаблено. Существенную роль в их формировании играет содержание минеральной фракции. Полученные данные показывают, что чем ниже зольность поверхностного горизонта, тем активнее идет процесс усадки и формирования трещин. Это отражается на их абсолютных размерах, глубине проникновения, а также числе пересечения отдельных трещин. Число таких пересечений в почвах черной культуры составило 18.

В условиях смешанной культуры данное число не превышает 9, а на покровной культуре такие пересечения повсеместно отсутствовали. В трех исследованных вариантах почвы резко отличаются по отношению объема трещин к объему торфа пахотного горизонта. Так, почвы черной культуры земледелия характеризуются отношением объема трещин к объему торфа, как 40 % : 60 % (где 40 % – объем крупных трещин, 60 % – объем торфа). На почвах в условиях смешанной культуры такое соотношение равно 15 % : 85 %; на покровной – 1 % : 99 %. Алебастровым методом были получены слепки макротрещин, что позволило изучить их форму, уточнить глубину распространения и занимаемый объем. Полученные данные приведены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – **Параметры трещин, возникших на поверхности осушаемых торфяных почв при разных способах пескования**

Вариант	Ширина, см	Количество, шт./м ²	Глубина, см	Доля объема пахотного горизонта, занимаемого трещинами, %
Черная культура	1-11	4-5	18-21	30-40
Смешанная культура	1-2,5	2	9-15	~ 15
Покровная культура	1-1,5	единично	5-6	<1

Возможно ли «перетекание» песка из пахотного горизонта в глубокие слои осушаемых торфяных почв после их пескования? В настоящее время высказывается предположение о том, что песок, применяемый в условиях покровной и смешанной культур, со временем перераспределяется («протекает») в глубокие слои профиля почвы. Это обстоятельство, казалось бы, определяет необходимость систематического пополнения запасов песка в пахотных горизонтах осушенных торфяных почв. Однако прямые экспериментальные подтверждения подобного предположения отсутствуют. В связи с этим следует признать, что «просачивание» песка по трещинам в глубокие горизонты профиля вероятно только в случае глубокого осушения низинных торфяных почв.

Результаты наших исследований [97, 143, 140, 146] и данные других авторов убедительно свидетельствуют о том, что в условиях южнотаежной подзоны этот способ осушения опасен для применения при мелиорации низинных болот, так как активизирует обезвоживание торфяной залежи, ее гидротермическую и пирогенную деградацию, оказывает отрицательное влияние на экологические условия ландшафта в целом. Поэтому этот способ осушения в принципе не следует использовать в сельскохозяйственной практике южной тайги Нечерноземья и тем более в условиях зоны широколиственных лесов и лесостепи. На торфяных почвах с неглубоким (нормальным) дренажем были предприняты специальные исследования возможности проникновения песка вглубь торфяной толщи. Полученные данные (табл. 3.17) позволяют признать, что перемещение песка из пахотного горизонта в глуболежащие слои профиля почвы возможно только при механическом углублении горизонта Ап в процессе пахоты.

Таблица 3.17 – **Оценка возможности миграции песка из пахотного горизонта в глубокие слои почвенного профиля при разных видах пескования**

Глубина, см	Масса песка, г/100 г почвы	Масса песка, т/га горизонта
Черная культура		
0-25	1,51	11,35
25-33	0,59	1,23
33-38	0,00	0,00
Смешанная культура		
0-26	21,55	257,74
26-33	4,38	7,36
33-38	0,00	0,00

Появление песка в слое 26–33 см в условиях смешанной культуры можно объяснить тем, что пахота в этом случае проводилась с небольшим колебанием глубин обработки, поэтому масса внесенного песка несущественно варьирует в подпахотном слое. Однако миграция песка по порам торфяных почв и его появление в более глубоких слоях профиля не установлены. Таким образом, при поддержании равномерного режима обработки почв вся масса песка, используемая при песковании, будет оставаться в пахотном горизонте. Это позволяет признать, что при эксплуатации торфяных почв, находящихся в смешанной и покровной культурах земледелия, при нормированном неглубоком залегании грунтовых вод повторное внесение песка, направленное на поддержание его баланса, нецелесообразно. Незначительное количество песка в почве, находящейся в условиях черной культуры земледелия в пойме р. Пры, обусловлено, по-видимому, привносом его временными потоками паводковых вод.

3.4.1.4. Изменение плотности торфяных почв под влиянием пескования

Пахотный горизонт почвы в условиях черной культуры земледелия имеет повышенную плотность сложения ($0,30 \text{ г/см}^3$) относительно нижних горизонтов ($0,26$; $0,25$; $0,22$; $0,17 \text{ г/см}^3$ в горизонтах 25–30; 30–40; 40–49 и 50–60 см соответственно). Это можно объяснить тем, что на протяжении длительного периода сельскохозяйственная техника уплотняла пахотный горизонт черной культуры. В этот слой систематически поступала масса извести, пыли и минеральных удобрений. Интересен и тот факт, что плотность осушенной торфяной почвы, в отличие от минеральных суглинистых и песчаных подзолистых почв, с глубиной уменьшается. Эта тенденция ранее была отмечена и другими исследователями. Так, по мнению К. П. Лундина, в осушаемой низинной залежи по мере продвижения вниз имеет место не возрастание, а напротив – уменьшение плотности [234, 233].

При рассмотрении плотности сложения пахотных горизонтов почв, находящихся в условиях трех культур земледелия, можно наблюдать закономерное увеличение этой величины в ряду почв в условиях черной ($0,30 \text{ г/см}^3$), смешанной ($0,46 \text{ г/см}^3$) и покровной ($1,03 \text{ г/см}^3$) культур земледелия. Вместе с тем прослеживается тенденция увеличения плотности подпахотного горизонта осушенной торфяной почвы в условии покровной культуры земледелия (достоверное отличие от контроля подпахотного горизонта черной культуры – при вероятности $P = 0,9$). Его плотность составила $0,34 \text{ г/см}^3$. Этот уплотненный слой образовался в результате систематического воздействия сельскохозяйственной техники. Кроме того, его присутствие обусловлено тем, что мощный песчаный покров в этой культуре препятствует подпахотному слою торфяной почвы восстановить исходный объем, оказывая на него постоянное давление.

Плотность подпахотного горизонта почвы в условиях смешанной культуры ($0,24 \text{ г/см}^3$) ниже, чем в почвах покровной ($0,34 \text{ г/см}^3$) и черной культур ($0,30 \text{ г/см}^3$) земледелия. Это можно связать с отсутствием на почвах в условиях смешанной культуры земледелия мощного песчаного слоя на поверхности и появлением минерального скелета в пахотном слое этого варианта. Коэффициент вариации этих данных в пахотном и подпахотном горизонтах изменяется в диапазоне от 7 до 13 % соответственно в условиях черной и смешанной культур. Для почвы в условиях покровной культуры земледелия – 21 % для органического горизонта (что можно объяснить его неоднородностью в связи с внесением песка) и 6 % – для подпахотного горизонта. Вниз по профилю его значение увеличивается до 10–24 %.

Влияние внесения песка на плотность твердой фазы можно проследить только в поверхностных обрабатываемых горизонтах. В более глубоких горизонтах эти значения оказываются весьма близкими и они практически не зависят от варианта исследований (табл. 3.18).

Таблица 3.18 – Плотность твердой фазы осушаемых торфяных почв в разных видах пескования

Черная культура		Смешанное пескование		Покровное пескование	
Глубина, см	Плотность твердой фазы, г/см^3	Глубина, см	Плотность твердой фазы, г/см^3	Глубина, см	Плотность твердой фазы, г/см^3
0-10	1,60	0-26	1,87	0-16	2,55
25-30	1,49	26-33	1,66	16-37	1,62
33-38	1,50	33-46	1,51	37-42	1,50
39-49	1,60	46-60	1,58	42-60	1,50
50-60	1,60	60-70	1,53	65-80	1,48
60-70	1,68	не опр.		80-90	1,45

3.4.1.5. Изменение общей пористости и воздухоемкости торфяных почв в результате пескования

Общая пористость поверхностных горизонтов в ряду почв, находящихся в условиях черной, смешанной и покровной культур земледелия, составила 81,3, 75,4 и 59,7 % соответственно. Вместе с тем, в отличие от минеральных почв подзолистого и болотно-подзолистого типов, с глубиной значения общей пористости торфяных почв возрастают во всех вариантах опыта. Коэффициент вариации

для всех культур пескования составляет 1–5 %, за исключением пахотного горизонта почвы в условиях покровной культуры земледелия (10 %). Воздухоёмкость подпахотного горизонта почвы в условиях покровной культуры земледелия весьма незначительна и составляет только 7,0 %. Она значительно отличается от контрольной почвы в условиях черной культуры земледелия – 22,5 %. Столь низкие значения воздухоёмкости свидетельствуют о том, что при влажности, равной НВ, эти горизонты могут стать препятствием для распространения корней сельскохозяйственных растений, поскольку они способны выполнять функцию локального водоупора.

3.4.1.6. Влияние пескования на коэффициент водоотдачи торфяных почв

Предпринятые исследования коэффициента водоотдачи торфяных почв свидетельствуют о резком снижении водоотдачи подпахотных горизонтов почв, находившихся в условиях покровного пескования (коэффициента водоотдачи КВ, равного 0,07), по сравнению с контролем – подпахотными горизонтами почв в условиях черной (коэффициента водоотдачи КВ, равного 0,23) и смешанной (коэффициента водоотдачи КВ, равного 0,21) культур земледелия. Глубже этого уплотненного слоя абсолютные значения коэффициента водоотдачи существенно возрастают. Абсолютные значения в горизонтах глубже подпахотного колеблются в интервале 0,28–0,34 – в условиях черной культуры земледелия, 0,30–0,36 – в условиях смешанного пескования, 0,28–0,29 – в условиях покровного пескования, причем во всех случаях коэффициент водоотдачи КВ постепенно возрастает с глубиной.

3.4.1.7. Влияние пескования на коэффициент фильтрации осушаемых торфяных почв

В современной литературе можно обнаружить различные точки зрения на изменения водопроницаемости торфяных почв после их осушения. Так, К. П. Лундин [234, 233] отмечает, что наибольшее уменьшение фильтрации низинной залежи наблюдается в течение первых 10–15 (до 24) месяцев после осушения при снижении грунтовой воды до 100–120 см от поверхности. В дальнейшем понижение уровня мало отражается на КФ, и он стабилизируется, колеблясь в пределах 0,1–0,3 м/сут. Автор полагает, что «сельскохозяйственное использование осушаемых торфяников... значительно изменяет структурные особенности пахотного слоя. Наряду с уменьшением общей пористости укрупняются поровые каналы, что резко увеличивает водопроницаемость пахотного слоя до 10–20 м/сутки при 0,1–0,5 м/сутки в подпахотных горизонтах. С осушением низинной залежи на глубину 100 см КФ в зоне грунтовой воды уменьшается в 10–70 раз» [233].

Таблица 3.19 – Основные физические свойства осушаемых торфяных почв в разных видах пескования

Глубина, см	Плотность, г/см ³		Пористость общая, %	Наименьшая влагоемкость	Воздухоёмкость	Коэффициент водоотдачи
	твёрдой фазы	почвы				
Черная культура						
0-10	1,60	0,30	81,3	46	35,3	0,35
25-30	1,49	0,26	82,5	60	22,5	0,23
33-38	1,50	0,25	83,3	55	28,3	0,28
39-49	1,60	0,22	86,3	55	31,3	0,31
50-60	1,60	0,17	89,4	55	34,4	0,34
Смешанное пескование						
0-26	1,87	0,46	75,4	45	30,4	0,30
26-33	1,51	0,24	84,1	63	21,1	0,21
33-46	1,51	0,23	84,7	55	29,7	0,30
46-60	1,58	0,15	90,5	55	35,5	0,36
Покровное пескование						
0-16	2,55	1,03	59,7	25	34,7	0,35
16-37	1,62	0,34	79,0	72	7,0	0,07
37-42	1,50	0,25	83,3	55	28,3	0,28
42-60	1,50	0,24	84,0	55	29,0	0,29
Уплотненный песок на глубине 16-21	2,64	1,57	40,5	25	15,5	0,16

К. П. Лундин обратил внимание и на то, что «основным фактором, определяющим водопроницаемость грунта, следует считать структуру (размер, форму) пор. Структурные особенности торфяной залежи обусловлены для неосушенных торфяников ботаническим составом и степенью разложения, для осушенных, кроме того, и плотностью (упаковкой частиц) торфа». Можно считать, что на каждые 10 % увеличения степени разложения торфа коэффициент фильтрации для верховой залежи уменьшается в 10 раз, для низинной – в 5 раз.

После осушения, хотя ботанический состав и степень разложения торфа не меняются (по крайней мере, в первые 5–10 лет), водопроницаемость при снижении уровня грунтовой воды в результате осадки торфа подвергается значительным изменениям. Обзор известных данных позволяет признать наличие разнообразных оценок изменения КФ торфяных почв после осушения. При этом очевидно, что изменения охватывают, главным образом, поверхностные слои торфяной залежи мощностью 100–120 см и проявляются неоднозначно.

Нижние подпахотные горизонты профиля подвергаются уплотнению и снижают КФ по сравнению с исходным состоянием, тогда как водопроницаемость пахотного горизонта в зависимости от характера использования почв, обработки, системы удобрений и ряда других факторов может изменяться в разных направлениях. Вместе с тем трансформация водопроницаемости торфяных почв под влиянием песчаных культур земледелия до последнего времени оставалась неизвестной. В современной литературе нам не удалось обнаружить сведения об изменении КФ поверхностного горизонта осушенных торфяных почв в условиях песчаных культур земледелия. Все это послужило причиной проведения исследований изменения КФ торфяных почв под влиянием смешанной и покровной культур земледелия.

Исследования были начаты с определения закономерности распределения значений коэффициента фильтрации. С этой целью проведен массовый отбор образцов из слоя 25–33 см черной культуры земледелия. Последний был выбран потому, что в нем отсутствовали визуально выраженные трещины, а его влажность на протяжении длительного времени оставалась близкой к НВ. В этом случае общий объем выборки составил 52 образца для последующего определения КФ по методу Хануса.

Анализ полученных данных показывает, что распределение значений КФ, установленных методом Хануса, подчиняется логнормальному распределению. Учитывая, что на покровной культуре был искусственно создан дополнительный слой песка, сравним КФ пахотного горизонта (5–10 см) осушенной торфяной почвы в условиях черной культуры земледелия с КФ подпахотного горизонта (21–42 см) почвы в условиях покровной культуры. Из полученных данных следует, что КФ торфяного подпахотного горизонта почвы в условиях покровной культуры отличается от исходного (контрольного) в 34 раза. При сравнении торфяных подпахотных горизонтов почв в условиях черной (25–33) и покровной (21–42) культур земледелия видно их достоверное отличие в 6 раз. Таким образом, очевидно переуплотнение подпахотного слоя почвы, находящегося в условиях покровной культуры земледелия, и резкое падение его КФ. Похожее явление на осушенных торфяных почвах обнаружил А. Тот [358], но объяснил его тем, что частицы коллоидального размера под влиянием распыления верхнего слоя почвы накапливаются на глубине 25–30 см и образуют там водонепроницаемый слой.

Полученные нами данные позволяют раскрыть некоторые закономерности изменения КФ торфяных почв после внесения песка. Во-первых, увеличение доз песка не увеличивает, а снижает КФ пахотных горизонтов в ряду почв, находящихся в черной – смешанной – покровной культурах пескования. Причем по классификации значений фильтрации почв для расчета дренажа, предложенной Эггельсманном [415], эти изменения находятся в широком диапазоне – от очень высокой фильтрации (черная культура) до весьма низкой (покровная). Подобный феномен падения фильтрации в подпахотном горизонте на покровной культуре аналогичен способу создания грунтов с «оптимальной пористостью», принятому в дорожном строительстве, при котором тонкие фракции коллоидной массы заполняют крупные поры песка. Следует подчеркнуть, что в соответствии с оценками С. Флай [417] и Р. Эггельсманна [415] горизонты, обладающие КФ, равными или ниже 0,06 м/сутки, следует рассматривать как водоупорные. Во-вторых, разность между КФ пахотного и подпахотного горизонтов в указанном ряду почв, находящихся в условиях черной, смешанной и покровной культур земледелия, имеет очевидную тенденцию к снижению: 1,69; 0,73; 0,01 м/сутки соответственно. В-третьих, в процессе эксплуатации торфяных почв на фоне внесения песка формируются подпахотные горизонты с пониженной (в условиях смешанной культуры) или весьма низкой (КФ меньше 0,06 м/сутки в условиях покровной культуры) фильтрацией. Важно и то, что на формирование такого водоупора требуется весьма короткий период – менее 5–6 лет.

Возникновение таких водоупорных горизонтов может быть причиной появления весьма неблагоприятных гидрологических последствий, связанных с образованием кратковременных очагов верховодки в поверхностных слоях ризосферы. На это явление мы обратили внимание ранее, при изучении эффективности применения покровной песчаной культуры земледелия на осушенных торфяных почвах в дельте р. Северная Двина на территории совхоза «Беломорский» [140]. Позднее накопление гравитационной влаги на таком водоупоре было установлено при изучении водного режима осушенных торфяных почв в пойме р. Пры на территории польдера «Макеевский мыс» [145].

На возможность вторичного заболачивания торфяных почв в условиях покровной песчаной культуры в Германии ранее указывал Кунтце (устное сообщение). На основе полученных экспери-

ментальных данных раскрыты причины происходящего периодического переувлажнения поверхностных горизонтов осушенных торфяных почв в условиях покровной культуры пескования и показан механизм возникновения водоупорных горизонтов в их профиле. Устранение этого опасного явления, сопровождающего применение покровного пескования, возможно двумя способами.

Во-первых, с помощью кротования осушаемых торфяных почв через 2–3 м. Этот способ может быть эффективным в условиях современного состояния земледелия в стране. Во-вторых, устранение переувлажнения может быть принципиально решено с помощью применения немецкой песчаной смешанно-слоистой культуры земледелия, резко увеличивающей вертикальную фильтрацию всего профиля осушаемых торфяных почв [415, 417, 422]. Но в настоящее время в России отсутствуют необходимые условия для применения этого способа агроулучшения на осушаемых торфяных почвах.

3.4.1.8. Изменение гидротермического режима осушаемых торфяных почв в условиях смешанного и покровного пескования и их продуктивность. Общие положения

Внесение песка, субстрата, обладающего низкой теплоемкостью, высокой теплопроводностью и теплоотдачей, независимо от зональных особенностей климата, всегда оказывает отепляющее влияние на горизонты почвенного профиля. Это мероприятие повышает плотность почв, снижает их общую пористость, полную и наименьшую влагоемкость. Вторично приобретенные свойства пахотных горизонтов изменяют режимы нижележащих горизонтов почв в пределах метрового профиля, т. е. в рассматриваемом нами часто встречающемся случае до уровня грунтовых вод. Эффективность добавок песка в поверхностные слои торфяных почв как теплоулучшающего фактора в лесной зоне России, особенно в ее северных областях, исследуется давно. Эти работы были начаты на Волховском опытном пункте [374], Архангельском опытном болотном поле [40], Кемском опорном пункте [295]. В дальнейшем исследования были продолжены в Припятском полесье [93, 31], на Карельском перешейке [175], на Убинской опытно-мелиоративной станции [48], Украине [57], в других регионах России и странах СНГ.

Установлено, что в результате пескования осушаемых торфяных почв даже сравнительно небольшими нормами может быть получен весьма ощутимый тепловой эффект. Так, В. Н. Ефимов [91] приводит следующие величины накопления дополнительных температур от внесения 400 м³/га песка в пахотный горизонт осушаемых торфяных почв. По его данным, внесение песка повышает в климатических условиях Беларуси температуру почвы на глубине 10 см на 2–3 °С, обеспечивая значительный тепловой эффект. В. И. Белковский и В. М. Горошко [32] (Беларусь, 1991 г.) установили, что температура пахотного слоя, обогащенного минеральными компонентами, в течение вегетационного периода значительно выше, чем на контроле. Прогревание торфяных почв происходило наиболее интенсивно на глубинах внесения песка. В среднем за вегетационный период температура почвы при внесении песка была выше по сравнению с контролем на глубине 5 см на 1,8 °С; 10 см – на 1,5 °С; 15 см – на 0,9 °С; 20 см – на 0,7 °С.

Увеличение температуры происходило постепенно, достигая максимума к середине лета и снижаясь к осени, а тепловой эффект возрастал с увеличением нормы песка. Добавление в торфяную почву 400 м³/га и особенно 600 м³/га песка делает ее почти равноценной, по данным Белковского и Горошко, по тепловому режиму дерново-подзолистой почве. В условиях южнотаежной подзоны обогащение торфяных почв минеральными грунтами предотвращает заморозки или сводит их к минимуму, их внесение оказывает значительное влияние на температуру приземного слоя воздуха. По данным этих авторов, средняя минимальная температура за вегетационный период на высоте 20 см была выше, чем на контроле: при внесении 200 м³/га песка на 0,8 °С, 400 м³/га песка – на 2,2 °С, 200 м³/га глины – на 1,5 °С. Следует подчеркнуть, что внесение песка в поверхностные слои профиля оказывает комплексное и существенное воздействие на иные свойства и режимы осушенных торфяных почв.

Торф благодаря темному цвету обладает высокой способностью поглощать солнечную энергию. В результате в ясные солнечные дни максимальная температура на поверхности торфяной почвы достигает 60–70 °С. Внесение минеральных компонентов в значительной мере снижает неблагоприятный температурный максимум. Вместе с тем вызванное их внесением изменение тепловых свойств торфяной почвы оказывает существенное влияние на ее промерзание и оттаивание. Глубина промерзания при этом увеличивается, а интенсивность его возрастает с увеличением нормы песка. В среднем за 5 лет торфяные почвы Беларуси, обогащенные минеральными добавками, промерзают в феврале глубже на 3,1–7,7 см. Внесение добавок минерального грунта способствует более интенсивному оттаиванию торфяной почвы. В годы наблюдений, по данным тех же авторов, в вариантах с внесением песка оно происходило на 4–6 дней раньше, чем в контроле.

Вся сумма рассмотренных данных показывает, что проблемам внесения песка в осушенные торфяные почвы (пескования) в последние десятилетия было уделено значительное внимание. Однако оценки изменения температурного и водного режимов в результате внесения песка в горизонт Ап

были сосредоточены, во-первых, на исследовании верхнего горизонта и не отражали происходящие изменения во всем профиле осушенных торфяных почв от поверхности до уровня грунтовых вод. Во-вторых, изучалось влияние минеральных добавок в условиях преимущественно смешанной культуры земледелия. Действие покровной (римпауской) культуры оставалось практически не исследованным.

Такая ситуация, естественно, ограничивала представления о влиянии на режимы органогенных почв, их свойства и продуктивность песчаных культур, а также возможность их целесообразного использования в качестве защитных мероприятий. В связи с этим нами были предприняты специальные почвенно-гидрологические стационарные многолетние исследования, цель которых заключалась в сравнительном изучении температурного, водного режимов торфяных почв и их продуктивности в условиях черной, смешанной и покровной культур земледелия во всех горизонтах профиля от дневной поверхности до первого горизонта грунтовых вод [142, 146, 127, 143].

3.4.1.9. Особенности температурного режима осушаемых торфяных почв Окско-Мещерского полесья. Смешанное и покровное пескование

Внесение различных доз песка привело к существенному изменению теплоемкости, температуропроводности и теплоотдачи пахотных горизонтов осушенных торфяных почв. Торф имеет величину χ равную $(1,19 \div 1,34) \times 10^{-3} \text{ см}^2/\text{с}$; песок – $(5,56 \div 5,76) \times 10^{-3} \text{ см}^2/\text{с}$. При добавлении песка к торфу наблюдается рост величины коэффициента температуропроводности, причем наиболее резкий при содержании более 50 % песка от общей массы смеси. Коэффициент температуропроводности поверхностных слоев оказался выше на 25 % на варианте со смешанным пескованием и на 352 % на варианте покровной культуры по сравнению с контролем. Их влияние распространяется на нижележащую толщу.

На температурный режим почв с внесением различных доз песка оказали заметное влияние особенности погодных условий 1992 г. В течение вегетационного периода в 1992 г. метровая толща торфяных почв в вариантах смешанного и покровного пескования отличалась большим иссушением профиля. К началу зимнего периода эти профили имели меньшие запасы влаги. Это привело к их более интенсивному промерзанию, формированию мерзлоты и ее замедленному оттаиванию весной 1993 г. К началу мая на контроле (черная культура) во всех слоях метровой толщи профиля были зафиксированы положительные температуры. Однако на песковании в этот же период на глубине 80 см сохранялся мерзлотный горизонт. На варианте с покровной культурой льдистая мерзлота была обнаружена на глубине 50 см.

В целом торфяные почвы в условиях покровной культуры обладают особым термическим режимом. Он отличается от режима черной культуры не только глубоким промерзанием почв, но и тем, что здесь в конце весеннего периода (в мае) имеет место наиболее глубокий прогрев ее поверхностных слоев. На 10-сантиметровой глубине месячная сумма дневных температур в мае на 100 °С превышала контроль. Но в конце весны на глубине 30 см влияние покровной культуры на температурный режим оказалось заметно сглаженным. Глубже 30 см происходит резкое уменьшение суммы температур из-за близко расположенной мерзлоты. В целом по сумме дневных температур мая на глубине 90 см контроль более чем на 100 °С превышал вариант «покровное пескование» и на 31 °С – «смешанное пескование». В июне наблюдалось увеличение зоны воздействия мощной тепловой волны с поверхности, вызванное внесением разных доз песка. Максимальный прогрев метрового профиля отмечен в июле. На контроле (черная культура) хроноизоплета 15 ° в этот период опустилась до глубины 50 см. На варианте «пескование» она также была приурочена к глубине 50 см, но охватывала значительно более широкую зону во времени. На фоне покровной культуры прогревание оказалось наиболее глубоким. Температуры, равные 15 °С и выше, проникли до 90 см. В июле отмечены абсолютные максимумы суммы дневных температур по всем глубинам. В августе и сентябре происходит постепенное снижение температуры в верхних слоях профиля, однако незначительные различия по вариантам опыта в этот период еще сохраняются. Определенный интерес представляет суточная амплитуда колебаний температуры почвы. Максимальные изменения во времени и по вариантам обнаружены на глубине 0–20 см. С глубины 30 см абсолютные различия температур сглаживаются и мало зависят от времени суток и температуры воздуха.

3.4.2. Основные элементы гидрологического режима осушаемых торфяных почв Окско-Мещерского полесья

3.4.2.1. Смешанное и покровное пескование

Предпринятые исследования позволили обнаружить существенные различия режима влажности торфяных почв в условиях трех культур земледелия. Причины столь резкого изменения режима влажности всего профиля осушенных торфяных почв в результате внесения песка в их пахотные горизонты или на поверхность связаны прежде всего с изменением их температурного режима. Анализ

режима влажности позволяет обратить внимание на две важные особенности гидрологии осушенных торфяных почв, связанные с внесением минерального субстрата. Они проявляются независимо от влажности года, хотя их абсолютное влияние неодинаково и обусловлено погодными условиями. Во-первых, внесение песка (как при смешанном песковании, так и покровном) всегда вызывает общее абсолютное уменьшение влажности практически всех горизонтов почвенного профиля в толще мощностью 1 м. Это уменьшение влагозапасов пропорционально объему песка, использованному для изменения зольности поверхностного горизонта. Так, верхняя граница интервала влажности НВ (наименьшая влагоемкость) – 0,9 ПВ (полная влагоемкость) в 1992–1993 гг. в вариантах «контроль» (черная культура), «смешанное пескование» и «покровная песчаная культура на осушенных торфяных почвах» находились соответственно на глубинах 0,30–0,35 м, 0,45–0,50 м и 0,70 м и ниже. Во-вторых, пропорциональное объемам внесенного песка уменьшение общих запасов влаги по профилю почв сопровождалось более благоприятным содержанием продуктивной влаги в пахотном горизонте на вариантах смешанного и покровного пескования.

Это явление можно было наблюдать на протяжении большей части теплого периода. Так, пахотный горизонт в слое 0–20 см контрольного варианта (черная культура) в сухой 1992 г. имел влажность менее 0,7 НВ на протяжении всего теплого периода. В среднем по осадкам 1993 г. такая влажность была свойственна этому горизонту в толще 0,15–0,25 м на протяжении значительной части вегетационного периода. На варианте «смешанное пескование» категория влажности менее 0,7 НВ в сухой 1992 г. наблюдалась в вегетационный период в значительно меньшей толще – 0,10–0,20 м. В 1993 г. влага < 0,7 НВ практически отсутствовала во всей толще пахотного горизонта. При этом в начале и конце вегетации в пахотном слое влажность на короткие периоды возрастала до НВ-0,9 ПВ. Наконец, в варианте покровной песчаной культуры влажность основной толщи пахотного горизонта находилась в оптимальном диапазоне (0,7 НВ-НВ). 1993 г. был средним по влажности.

Вся толща пахотного горизонта обладала влажностью на коротком отрезке вегетации в интервале 0,7 НВ-НВ, т. е. оптимальной влажностью для роста и развития растений. В остальной период она соответствовала значениям НВ-0,9 ПВ. Существенно то, что здесь в период выпадения наиболее интенсивных осадков наблюдалось незначительное накопление влаги выше 0,9 ПВ. Кроме того, в подпахотных слоях на фоне общей влажности 0,7 НВ-НВ формировались маломощные зоны с влажностью НВ-0,9 ПВ. В конечном итоге более высокое содержание продуктивной влаги в вариантах «пескование» и «покровная культура» по сравнению с черной благоприятно отразилось на влагообеспеченности и урожайности большинства культур.

3.4.2.2. Влияние смешанного и покровного пескования осушаемых торфяных почв Окско-Мещерского полесья на их продуктивность

Поскольку агроэкологическое состояние корнеобитаемых горизонтов почв всех трех исследуемых вариантов (черная, покровная и смешанная культуры земледелия) было сопоставимо по агрохимическим, агрономическим и другим показателям, следует признать, что различия урожайности зерновых и овощных (табл. 3.20) обусловлены особенностями гидротермического режима осушенных торфяных почв в результате внесения разных доз песка. Данные, полученные по зерновым культурам (ячмень) в условиях засушливого 1992 г., позволяют утверждать, что покровная культура и, особенно, смешанное пескование способствовали существенному повышению урожая ячменя. Он составил на черной культуре – 28 ц/га; на смешанном песковании – 50 ц/га; на покровном песковании – 39 ц/га. Различия достоверны при вероятности $P = 0,95$. Прибавка урожая относительно контроля – 22 и 11 ц/га, или 79 и 39 %. Благоприятно сказалось влияние применяемых песчаных технологий на структуре урожая: возросла озерненность колоса, его длина, увеличился вес тысячи зерен, повысился коэффициент кустистости и число продуктивных стеблей.

В среднем по влажности 1993 г. урожайность зерновых была резко снижена по сравнению с 1992 г. из-за засухи в мае в период появления всходов и в начале вегетации, а также в связи с прохладным и сырым летом. Тем не менее на песковании, особенно на покровной культуре, в засушливый период весной вследствие большего содержания легкодоступной влаги состояние растений было значительно лучше. В дальнейшем в процессе вегетации наблюдались заметные различия по фазам развития. На вариантах смешанного и покровного пескования растения на 5–7 дней опережали в своем развитии контроль. Максимальный урожай был получен на варианте с пескованием – 24,6 ц/га; на покровной культуре – 23,0 ц/га и на черной культуре – 18,3 ц/га. Так же, как и в 1992 г., смешанное и покровное пескование благоприятно повлияли на структуру урожая.

Учет урожая овощных культур на рассматриваемых вариантах показал положительное влияние смешанного и покровного пескования на плодородие осушаемых торфяных почв. Так, в 1992 г. на

фоне пескования была получена прибавка урожая столовой свеклы 94 ц/га, или 37 % (табл. 3.20). В дополнительном опыте с капустой в 1993 г. на фоне покровной культуры получена достоверная прибавка урожая 112 ц/га (43 % к контролю).

Одним из положительных условий возделывания сельскохозяйственных культур при применении смешанного пескования и покровной песчаной культуры является значительное подавление развития сорной растительности. Так, в 1992 г. в первый год эксплуатации пескование в 2 раза, а покровная культура в 16 раз снизили засоренность почв. На варианте с покровной культурой практически вся территория была свободна от сорной растительности.

Таблица 3.20 – Влияние смешанного и покровного пескования на урожай овощных и зерновых растений на осушенных торфяных почвах польдера «Макеевский мыс». Окско-Мещерское поле-сье. 1992-1993 гг.

Вариант культуры земледелия	Средний урожай, ц/га	Прибавка к контролю		Доверительный интервал, ц/га	
		ц/га	%		
<i>P</i> = 0,95 1992 г. Ячмень					
Черная культура (контроль)	28,0	-	-	24,6	31,4
Пескование (смешанное)	50,0	22,0	78	39,6	60,4
Покровная культура	39,0	11,0	39	34,0	44,0
1992 г. Свекла столовая					
Черная культура (контроль)	252,0	-	-	212,0	292,0
Пескование (смешанное)	346,0	94,0	37	296,0	396,0
<i>P</i> = 0,90 1993 г. Ячмень					
Черная культура (контроль)	18,3	-	-	10,4	26,2
Пескование (смешанное)	24,6	6,3	34	18,6	30,6
Покровная культура	23,0	4,7	20	16,8	29,2
1993 г. Капуста					
Черная культура (контроль)	258,0	-	-	204,0	312,0
Покровная культура	370,0	112,0	43	341,0	399,0

Следует отметить, что прибавка урожая на фоне покровной культуры была получена на 1-й и 2-й годы эксплуатации торфяных почв с новым и, несомненно, недостаточно окультуренным минеральным горизонтом, образованным кварцевым пылеватым карьерным песком. Его последующее использование, инокуляция микрофлоры, гумификация, обогащение микро- и макроэлементами позволит повысить плодородие этого вновь образованного пахотного горизонта.

Естественна постановка вопроса о том, в какой мере установленные закономерности изменения гидротермического режима осушенных торфяных почв в результате внесения песка в их поверхностные слои справедливы для органогенных почв других природных подзон, в частности для подзон средней и северной тайги. В связи с этим рассмотрим данные по гидротермическому режиму и продуктивности осушенных торфяных почв в условиях черной, смешанной и покровной культур пескования, полученные нами на территории Северодвинского почвенно-гидрологического стационара [138, 137, 140, 139].

3.4.2.3. Влияние смешанного и покровного пескования на физические свойства и гидротермический режим осушаемых торфяных почв северотаежной подзоны и их продуктивность. Изменение физических свойств

Исследование режимов и свойств осушенных торфяных почв на фоне смешанного и покровного пескования в условиях северной тайги осуществляли в дельте р. Северная Двина на территории Северодвинского стационара. Особенности этой территории и свойства почв были рассмотрены нами выше. С целью оптимизации гидротермического режима осушенных торфяных почв и улучшения их водно-физических свойств было проведено пескование дозами 300 и 600 т/га, а также создана покровная песчаная культура с мощностью покрытия торфяных почв песком 14–16 см.

Следует иметь в виду, что успешные опыты с пескованием малыми дозами проводились и ранее [40, 211], но впервые в условиях Севера нами была предпринята попытка исследовать эффект внесения больших доз (600 т/га) песка и создания покровной песчаной культуры. В 1988 г. были начаты такие работы по пескованию маломощных, а в 1989 г. – среднемощных торфяных почв. Результаты агрохимической съемки и уравнительные посевы однолетних трав на маломощных и капусты на среднемощных торфяных почвах на территории опытных участков до внесения песка показали их однородность.

На характер залегания депрессионной кривой уровня грунтовых вод существенное влияние оказывают осушительные каналы, поэтому пескование осуществлялось от осушительного канала к центру поля полосами шириной 12 м и длиной 190 м. На опытных участках был внесен мелкий песок. В его минералогическом составе преобладают кварц (около 70 %) и полевые шпаты (кислые плагиоклазы), встречаются также гранит, эпидот и рудные минералы (ильменит и магнетит). Зерна песка хорошо окатаны.

При внесении песка на осушенные торфяные почвы их водно-физические свойства в пахотном горизонте меняются тем значительнее, чем больше доза песка. Наблюдается увеличение плотности почв. При внесении 300 т/га песка плотность пахотного горизонта повышается до $0,42 \text{ г/см}^3$, на покровной культуре плотность составила $1,16 \text{ г/см}^3$. Соответственно увеличивается плотность твердой фазы почв. Вместе с тем отмечается уменьшение общей пористости и предельной полевой влагоемкости. Воздухоносная пористость также несколько уменьшается, но обеспеченность корневых систем растений воздухом остается высокой.

3.4.3. Особенности температурного режима осушаемых торфяных почв в условиях смешанного и покровного пескования. Северодвинский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар

Результаты исследований температурного режима почв показали, что торфяные целинные почвы вследствие их высокой теплоемкости промерзают на меньшую глубину, чем их осушенные аналоги. Например, в марте-апреле 1990 г. мощность промерзшего слоя на болоте составляла 14 см, в то время как глубина промерзания осушенных торфяных почв была равна 30 см, а дерновых глееватых – 40–45 см [140]. Сроки промерзания и оттаивания на осушенных торфяных почвах смещены по сравнению с неосушенными торфяными и зональными минеральными почвами. С наступлением морозов осушенные торфяные почвы промерзают позднее, а весной позднее оттаивают. Верхний слой торфа весной быстро подсыхает и превращается в теплоизолятор, препятствующий проникновению тепла к мерзлотному горизонту.

Таким образом, мерзлотная прослойка может сохраняться продолжительное время. Это явление наблюдалось нами в 1988 г., когда до 10 июня фрагментарно сохранялся мерзлотный горизонт мощностью 5–10 см. Полученные данные свидетельствуют о том, что в средние по обеспеченности теплом и осадками годы полное оттаивание осушенных торфяных почв происходит на 15–20 дней позднее, чем минеральных почв. Внесение песка способствует сокращению этого периода. Так, даже небольшая доза песка (300 т/га) сокращает период оттаивания мерзлоты на 3–5 дней. Покровная культура гарантирует сокращение сроков схода мерзлоты на 12–15 дней в средние по обеспеченности теплом и осадками годы. Необходимо отметить, что в мае и июне в северных широтах растения значительную часть суток используют световую солнечную энергию и развиваются с максимальной интенсивностью, поэтому здесь возможность более ранней посадки растений способствует их лучшему вызреванию к моменту уборки урожая. Но эффект пескования проявляется не всегда в полной мере. Например, после многоснежной и теплой зимы, когда промерзание почвы было невелико, ранняя теплая весна способствует быстрому оттаиванию маломощного мерзлотного горизонта. Таким был 1989 г., когда температура воздуха в апреле и мае была значительно выше средней многолетней (в апреле – в 5 раз, в мае – в 2 раза). Однако и в этом случае сохраняется разница в несколько дней в сроках оттаивания торфяных почв на черной и песчаной покровной культурах земледелия.

На интенсивность оттаивания мерзлоты влияет и мощность торфяной залежи. Обычно мерзлотный горизонт на среднемощной торфяной почве сохраняется весной на 3–4 дня дольше, чем на маломощной.

При анализе теплового режима можно сделать вывод о том, что с увеличением дозы песка наблюдается стабильное повышение температуры в профиле торфяных почв. Тепловая волна распространяется на большую глубину. Так, в 1988 и 1990 гг., близких по обеспеченности осадками и теплом, изоплета $10 \text{ }^\circ\text{C}$ на варианте с черной культурой торфяной маломощной почвы проходила в середине лета на глубине 60 см. При внесении песка температура $10 \text{ }^\circ\text{C}$ опускалась до глубины 70–85 см. На варианте с покровной культурой в летние месяцы практически весь профиль торфяной почвы до глубины одного метра имел температуру выше $10 \text{ }^\circ\text{C}$.

Аналогичная картина наблюдалась и на среднемощной торфяной почве. Повышение температуры торфяных почв при песковании наиболее заметно в верхнем 30-сантиметровом слое. Средние температуры на глубинах 10 и 20 см на участках с песком в летние месяцы выше, чем на черной культуре, обычно на 1–4 $^\circ\text{C}$. С наступлением холодов осенью эти различия нивелируются. Смешанное и, особенно, покровное пескование способствуют существенному дополнительному (на 10–20 %)

накоплению суммы активных температур выше 10 °С как на маломощных, так и на среднемощных торфяниках. Существенно, что пахотный слой покровной песчаной культуры накапливает примерно такое же количество тепла, как и пахотный слой дерновой глееватой суглинистой почвы. Максимальные температуры на поверхности пескованных участков под покровом растительности в среднем на 1,5–2,0 °С выше, чем на черной культуре. В то же время и минимальные температуры в вегетационный период здесь были выше, чем на черной культуре, на 1,0–1,5 °С. Пескование существенно снижает вероятность возникновения небольших заморозков на почве в вегетационный период. Например, во второй декаде июня в 1988 и 1989 гг. на поверхности почвы черной культуры были зафиксированы минимальные температуры –0,7 и –1,0 °С. В то же время на покровной культуре температура не опускалась ниже 4–2,0 °С.

На варианте с дозой песка 600 т/га минимальная температура была выше 0 °С. Доза 300 т/га песка не всегда оказывала существенное влияние на минимальные температуры поверхности почвы. Итак, внесение песка в осушенные торфяные почвы северотаежной подзоны способствует повышению теплопроводности и накоплению тепла в корнеобитаемом слое, повышению температуры профиля осушаемых торфяных почв в целом, снижает вероятность возникновения заморозков на их поверхности в вегетационный период, сокращает длительность присутствия мерзлотных горизонтов.

3.4.4. Основные элементы водного режима осушаемых торфяных почв в условиях смешанного и покровного пескования. Северодвинский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар

Количество осадков в летние периоды 1988 и 1990 гг. (за исключением августа 1990 г.) было близко к средним многолетним значениям. В 1989 г. осадков выпало на 10 % выше нормы. В ранневесенний период по мере оттаивания мерзлотного горизонта над ним происходит формирование надмерзлотной верховодки. Внесение песка способствовало уменьшению ее мощности на вариантах 300 и 600 т/га. На покровной культуре верховодки практически не было. Это обстоятельство, во-первых, создает благоприятные условия для более ранней обработки поверхности, во-вторых, снимает необходимость мероприятий по организации и ускорению поверхностного стока и, в-третьих, существенно увеличивает период вегетации. Кроме того, при внесении песка на 10–15 дней увеличивается период оптимальной влажности (0,7 ППВ–ППВ) в верхнем слое почвы. В периоды выпадения интенсивных осадков на вариантах с внесением 600 т/га песка и покровной культуры под слоем мульчирующего песка отчетливо выражена аккумуляция гравитационной влаги. Такое явление отсутствует на черной культуре и в варианте с малой дозой песка.

В профиле минеральной дерновой глееватой почвы из-за близкого залегания грунтовых вод в летние месяцы отмечалась влажность в пределах ППВ–0,9 ПВ, т. е. даже в сухие периоды в их профиле на глубине 40 см присутствует гравитационная влага. Таким образом, результаты исследований режима влажности рассматриваемых почв показывают, что пескование существенно снижает, а покровная песчаная культура почти полностью ликвидирует горизонт надмерзлотной верховодки. Оно способствует увеличению периода оптимальной влажности в ризосфере. Внесение песка вызывает образование доступных растениям очагов гравитационной влаги на контакте пахотного и подпахотного горизонтов.

3.4.5. Биологическая активность осушаемых торфяных почв в условиях пескования

3.4.5.1. Общие положения

Рассмотренные данные свидетельствуют о том, что внесение песка в пахотный горизонт (смешанная) или на его поверхность (покровная культура земледелия) не только создает более благоприятные условия для ведения сельскохозяйственного производства, но и способствует существенному повышению урожайности практически всех культур. Вместе с тем выполненные нами исследования гидротермического режима почв показали, что после внесения песка на мелиорированных почвах значительно усиливается прогрев всех горизонтов почвенного профиля от поверхности до грунтовых вод. Вследствие этого общие влагозапасы в профиле осушаемых торфяных почв до глубины 0,8 м оказались максимальными на черной культуре земледелия. Все это позволило предполагать, что внесение песка в поверхностные горизонты осушенных торфяных почв может существенно изменять их биологическую активность, оказывать заметное влияние на темпы биохимического разложения органического вещества торфа и устойчивость агроландшафта на осушенных болотах.

В связи с изложенным следует подчеркнуть, что баланс углерода и органического вещества – основной вопрос эволюции осушаемых торфяных почв. При осушении и сельскохозяйственном использовании коренным образом меняются условия их существования. Выше было показано, что не-

прерывное торфонакопление (1–2 мм/год) в естественных условиях после дренажа сменяется разложением органического вещества, потерей торфа в результате биохимической сработки, дефляции и пожаров, а также отчуждения его за пределы поля с урожаем пропашных и других культур. Отрицательный баланс органического вещества в осушаемых почвах непрерывно уменьшает мощность торфяных горизонтов в климатических условиях северной, средней и особенно южной тайги. В полесьях и других ландшафтах возникает реальная угроза выхода на дневную поверхность подстилающих минеральных субстратов, например оглеенного песка, луговой извести, мергеля и других почвообразующих и подстилающих пород, обладающих низким плодородием или неплодородных вообще.

Среднегодовая минерализация торфа в основных сельскохозяйственных регионах европейской территории Нечерноземной зоны составляет от 1–2 до 4 см в год [330, 34, 142]. Очевидно, ежегодное исчезновение такого слоя торфа возможно при разложении его весьма значительной массы – соответственно от 20–40 до 80 т/га (при плотности сложения $0,2 \text{ г/см}^3$). Проблема уменьшения потерь торфа в результате биохимического разложения и других факторов до сих пор остается дискуссионной, а способы защиты осушаемых торфяных почв от деградации и разложения весьма неполно используемыми или не применяемыми вообще в современном аграрном производстве на мелиорированных болотных массивах.

В этой части предпринята попытка оценить биологическую активность осушаемых низинных торфяных почв в условиях черной, смешанной и покровной песчаных культур земледелия. Различные виды внесения песка как защитные мероприятия в настоящее время получили широкое распространение в практике земледелия на осушаемых массивах за рубежом [422, 439, 438]. В России эти способы обработки торфяных почв практически не используются. Тем не менее изучение их воздействия на торфяные почвы, в частности на сработку торфа, весьма актуально, поскольку эти приемы обычно рассматриваются как эффективные и, часто, единственные способы защиты органических почв от деградации, как действенные факторы структурной мелиорации. Все исследования биологической активности торфяных почв выполнялись нами на территории Окско-Мещерского полесья в границах Спас-Клепиковского мелиоративного почвенно-гидрологического стационара.

3.4.5.2. Методика исследования биологической активности и биохимического разложения органического вещества торфа

В полевых условиях исследования биологической активности и темпов биохимического разложения органического вещества торфяных почв выполняли на экспериментальном полигоне Окско-Мещерского почвенно-гидрологического стационара. В ходе работы интенсивность биологических процессов оценивали аппликационными методами (с использованием льняных полотен и фотопленок) в 3–4-кратной повторности до глубины 80–90 см (Гельцер, 1986). Исследовали целлюлозолитическую, протеолитическую активности и накопление свободных аминокислот на ткани. Концентрацию углекислого газа определяли в пробах воздуха, которые отбирали из медных трубок, заложенных в 2-кратной повторности послойно до глубины 80 см на всех вариантах опыта. Анализ почвенного воздуха проводили на газовом хроматографе 3700. Исследования эмиссии углекислого газа выполняли по методу Штатнова в 3-кратной повторности.

При структурно-функциональной характеристике биоценоза пахотных слоев использовали метод мультисубстратного тестирования (МСТ) [421] и метод стекол обрастания по Холодному с расчетом темпа размножения бактерий по числу микроколоний, учитываемых с помощью люминесцентной микроскопии. Перед закладкой опыта на варианте черной (обыкновенной) культуры была проведена зондировка торфяной залежи.

В полевых условиях для оценки скорости разложения органического вещества торфяных почв был использован метод капсул [103]. С этой целью из разрезов торфяных почв в условиях пескования, покровной песчаной и черной культур земледелия с глубин 10–15, 35–40, 65–70 см были отобраны образцы торфа. После тщательной гомогенизации образцов и получения однородных значений по зольности и влажности торф помещали в капроновые капсулы. Повторность определений по каждому слою – 10-кратная. Массу торфа определяли взвешиванием на технических весах с точностью до 0,01 г. Одновременно определяли влажность и зольность образцов торфа. Капсулы помещали в ниши на стенках разрезов на соответствующие глубины таким образом, чтобы исключить нарушение миграции капиллярной и парообразной влаги. После экспозиции в разрезе в течение 90 суток капсулы извлекали, взвешивали, определяли новые значения влажности и зольности торфа и рассчитывали потери органического вещества в результате биохимического разложения. Расчет потерь органического вещества выполняли по разнице абсолютно сухой массы торфа в начале и конце опыта с введением соответствующих поправок на влажность и зольность торфа.

Эмиссию CO_2 в атмосферу с поверхности осушенных торфяных почв определяли абсорбционным методом Штатнова. В качестве поглотителя использовали 0,01 н. раствор NaOH. После 30-минутной экспозиции остаток щелочи оттитровывали 0,01 н. HCl по фенолфталеину. Учетную площадь (196 см²) изолировали от атмосферы пластмассовым колпаком. Повторность – 3-кратная.

Исследования биологической активности в вегетационный период 1995 г. были проведены на трех вариантах опыта до глубины 80–100 см. Срок экспозиции льняных полотен при оценке целлюлозолитической активности составил 18–22 дня. Активность протеолитических ферментов верхней и нижней частей профиля в отдельные периоды исследований значительно различалась, поэтому сроки экспозиции фотопленки в слое 0–40 см находились в пределах 7–11 дней, в слое 40–80 см – 10–15 дней.

3.4.5.3. Биологическая активность торфяных почв на фоне разных способов внесения песка

Вегетационный период 1995 г. в течение опыта характеризовался следующими погодными условиями. Среднесуточная температура воздуха за период май – август составила 18,6 °С (выше среднегодовой). Год исследования оказался весьма сухим. Осадки за теплый период составили 154,3 мм (или 61,3 % от среднегодовой суммы). Вегетационный период 1995 г. в целом можно характеризовать как теплый и недостаточно влажный, 1996 г. – близкий по погодным условиям к засушливому.

Почвы полевой системы «Макеевский мыс» в середине июля 1995 г. находились в условиях заметного дефицита влаги. Сброс воды в р. Пра насосными станциями был прекращен из-за снижения грунтовых вод до критических уровней в середине вегетационного периода. Полученные нами в этих условиях данные свидетельствуют о следующем [127].

3.4.5.4. Целлюлозолитическая и протеолитическая активность торфяных почв

Установлено, что наиболее интенсивно биологические процессы протекали в верхней части профиля до глубины 40–50 см. Ниже их напряженность постепенно уменьшалась. Тем не менее весьма часто (особенно на фоне покровной культуры) по сравнению с контролем наблюдаются резкие (в несколько раз) подъемы целлюлозолитической и протеолитической активности во всех горизонтах почв, обогащенных песком. Внесение песка в торфяные почвы достоверно повысило их целлюлозолитическую активность до глубины 90 см практически во все сроки определений. В среднем по отношению к контролю (черной культуре) при доверительной вероятности 0,9 она составила на песковании 150 %, на покровной культуре – 200 % и более.

Процесс разложения целлюлозы в исследованных почвах вызывают как бактериальные, так и грибные организмы. Отличительной особенностью вариантов с внесением песка являлось интенсивное окрашивание экспонированной ткани продуктами микробного метаболизма. Выраженные грязно-серые разводы и пятна, свидетельствующие о наличии грибов, в основном, были приурочены к верхнему 10-сантиметровому слою на вариантах черной и смешанной культур земледелия. Зоны интенсивной бактериальной деятельности были разнообразных цветов (желтые, зеленые, фиолетовые, оранжевые). Наиболее значительно они выражены в пахотных слоях почв с внесенным песком (особенно на покровной культуре), где их развитие чаще всего сопровождалось сильным истончением ткани или полной ее переработкой. При благоприятных гидротермических условиях окрашивание полотна наблюдалось здесь до глубины 30–40 см.

В пахотных слоях наблюдалась корреляция между целлюлозолитической активностью и накоплением свободных аминокислот на ткани. Коэффициент корреляции – 0,7–0,8. Максимальная напряженность биологических процессов была приурочена к концу мая – июню и к концу июля – началу августа. Последнее связано с высокими значениями температуры и влажности почвы в эти периоды. Благоприятные гидротермические условия оказали заметное влияние на биологические процессы в почвах с внесенным песком. В конце мая – июне за 20 дней экспозиции разложение льняного полотна в слое 0–10 см на контроле не превышало 15 %. На смешанном песковании оно достигло 30 %, на покровной культуре – 51 %.

Накопление свободных аминокислот составило соответственно 76, 116, 262 мкг лейцина/г ткани. Протеолитическая активность, определенная по степени разложения желатина за 10 дней, составила соответственно 41, 72, 96 %. Интенсивная засуха в июле и уменьшение прогрета в августе способствовали подавлению биологических процессов во всех почвах. При этом исследованные показатели в верхних горизонтах почв с внесением песка опускались до контрольных величин (или ниже). Однако в нижних частях профиля различия с контролем, как правило, сохранялись. На покровной культуре это наблюдалось по всем показателям, на песковании – по протеолитической активности и

накоплению свободных аминокислот. В целом полученные данные показали, что применение пескования в течение большей части вегетационного периода усиливало накопление аминокислот и процессы разложения целлюлозы.

При благоприятном сочетании высоких температур и достаточном увлажнении (конец мая – июнь) различия в целлюлозолитической активности могут увеличиться, особенно в слое 0–10 см. Одновременно по сравнению с контролем наблюдается значительное повышение протеолитической активности и интенсивное накопление аминокислот до глубины 80 см. Наиболее существенным является то, что интенсивная целлюлозолитическая активность была обнаружена нами не только в поверхностных (0–30 см), но и в глубоких (30–50, 50–70, 70–90 см) слоях почвенного профиля.

Как правило, это отчетливо можно наблюдать в условиях покровного пескования. Однако и на фоне смешанного пескования, по сравнению с контролем, почти по всем срокам определений имели место длительные периоды повышенной в 1,5–3,5 и более раз целлюлозолитической активности торфяных почв в зоне капиллярной каймы на глубинах 70–90 см. При этом наблюдается высокая интенсивность разложения белка. Здесь на протяжении практически всего периода исследований протеолитическая активность с глубины 50 см, а суммарное накопление аминокислот с глубины 70 см – в несколько раз превышает контроль. При создании на поверхности торфяной почвы слоя песка мощностью 14–16 см (покровная культура) в течение большей части исследованного периода наблюдается значительное (в 2–4 раза) увеличение целлюлозолитической активности и накопление свободных аминокислот во всем профиле (до глубины 90 см). В отдельные периоды различия увеличивались до 500 %.

Протеолитическая активность пахотного слоя в целом близка (а в отдельные периоды меньше) контролю. По-видимому, это связано с очень низким содержанием органического вещества в данном слое. Однако, как и при песковании, в нижних горизонтах усиление протеолиза достоверно фиксируется в течение всего исследованного периода. Следовательно, смешанное и покровное пескование оказывает большое влияние на биохимические процессы в торфяных почвах, в частности, на их целлюлозолитическую и протеолитическую активность, что значительно меняет их функциональные характеристики.

3.4.5.5. Мультисубстратное тестирование поверхностных горизонтов торфяных почв

Исследования образцов пахотных слоев методом мультисубстратного тестирования (МСТ) позволили установить значительные различия в спектре ассимиляции субстратов по трем вариантам опыта. При внесении песка значительно повышается интенсивность поглощения микрофлорой углеводов (в частности, маннита, ксилозы, лактозы, арабинозы) и органических кислот (пропионовой кислоты). Аналогичное явление можно видеть и на покровной культуре. Здесь наблюдается повышенное поглощение маннита, лактозы, пропионовой кислоты, аланина и твина.

Методом прямой люминесцентной микроскопии стекол обрастания установлено, что агромеритивные мероприятия вызывают изменения в структуре микробного сообщества пахотного слоя торфяных почв. После внесения песка доля «активных» микромицетов (гифы с яркой люминесценцией после окрашивания акридином оранжевым на нуклеиновые кислоты) уменьшилась с 13 % на черной культуре до 5 % – на смешанном песковании и 9 % – на покровной культуре. Время генерации бактерий сократилось с 22 суток на черной культуре до 19 суток на покровной и до 10 суток на смешанном песковании. На песковании отмечено также общее увеличение количества бактериальных клеток [127]. Полученные данные позволяют предполагать, что повышение минерализационной активности в пахотных слоях торфяных почв после проведенной агромеритивации с внесением песка, возможно, связано с увеличением роли бактериального комплекса в структуре микробного сообщества.

3.4.6. Динамика углекислого газа в почвенном профиле и его эмиссия в атмосферу

Обратной стороной деградации торфяных почв при осушении является выброс накопленного углерода в атмосферу. Проблема подсчета содержания и баланс углерода в различных экосистемах становится все более актуальной в связи с растущим беспокойством по поводу возможности глобального изменения климата Земли, связанного с ростом концентрации парниковых газов в атмосфере и, в первую очередь, углекислого газа.

Педосфера планеты является крупнейшим резервуаром углерода наземных экосистем. Очень важную роль в этой экосистеме играют торфяные залежи, которые в естественном состоянии выполняют аккумуляционную функцию, депонируя углерод атмосферы в виде торфа, тем самым выключая его из «малого» круговорота. И, наоборот, в случае добычи и использования торфа весь накопленный за 10–12 тыс. лет углерод тем или иным путем попадает в атмосферу.

Эмиссия углекислого газа из торфяных почв зависит от скорости аэробной и анаэробной деятельности микроорганизмов в торфе и корневого дыхания растительности. Скорость фиксации при фотосинтезе CO_2 варьирует для болотных биогеоценозов от 93 до 1869 мг/м²/час. Скорость его эмиссии – от 34 до 1168 мг/м²/час. Скорость и фиксации, и эмиссии увеличивается с развитием растительного покрова, но в целом естественные торфяные почвы выступают в роли стока CO_2 .

В осушенных торфяных почвах, особенно вовлеченных в интенсивное сельскохозяйственное производство, эмиссия углекислого газа начинает преобладать над его депонированием за счет интенсификации аэробной микрофлоры и нарушения естественного растительного покрова. Выделение CO_2 из торфяных почв при осушении возрастает в несколько раз и превышает фиксацию на 84–214 мг/м²/час. Этот показатель зависит от глубины стояния грунтовых вод, сельхозкультуры, времени года и срока использования.

Площадь торфяных месторождений в России составляет 56,8 млн га, запасы торфа – 186 млрд т (оценочный диапазон 101–210 млрд т). Из этого количества 6,8 млн га торфяников осушено. При средней эмиссии углерода около 20 т/га/год они продуцируют ежегодно 0,136 млрд тонн, тогда как 50 млн га естественных торфяников выделяют в атмосферу 0,5 млрд т С- CO_2 , или в среднем только 10 т/га/год.

Снижение интенсивности биологических процессов на стадии длительного использования торфоземов (при почвоутомлении) приводит и к уменьшению газообразных потерь углерода. На глобальном уровне это означает сокращение вклада почвы в усиление парникового эффекта, а на локальном – замедление разложения торфяной массы в результате того, что торф исчерпал себя как источник элементов питания микроорганизмов и растений. Наши исследования на Яхромской пойме показали, что за период между 50 (участок «Дальний») и 100 годами после осушения (участок «Ближний») потенциальная эмиссия CO_2 (субстрат-индуцированное микробное дыхание) сокращается в 4 раза (с 2000–4000 до 300–900 мкмоль CO_2 /г в сутки).

Активизация биохимических процессов разложения органического вещества, наблюдаемая практически во всем профиле почв на вариантах с внесением песка, оказывает существенное влияние на интенсивность продуцирования углекислого газа. В связи с этим на всех вариантах опыта нами были исследованы динамика углекислого газа в почвенном воздухе от поверхности до грунтовых вод и его эмиссия в атмосферу. Эти показатели имеют важное значение для оценки общего баланса углерода в почве. Наблюдения за вегетационные периоды 1995–1996 гг. позволили обнаружить ряд закономерностей динамики концентраций углекислого газа в торфяных почвах в условиях разных способов пескования. В поверхностном слое (0–5 см) концентрации углекислого газа в почвах с внесенным песком близки к контролю и в среднем составили 0,3–0,5 %, увеличиваясь после дождей до 1–1,5 %. Ниже, в пределах пахотных слоев, концентрации и запасы углекислого газа на всех культурах земледелия возрастают. При этом на вариантах смешанного и покровного пескования рост концентрации CO_2 с глубиной существенно выше, чем на контроле.

Отличительной особенностью почв после внесения песка является значительное превышение концентрации и запасов углекислоты в подпахотных горизонтах над показаниями контроля. Величина различий и область их распространения в профиле почв зависят от гидротермических условий. Наиболее резко они наблюдались во влажные периоды, когда значительно повышались запасы влаги в пахотных слоях. При этом содержание и запасы CO_2 интенсивно увеличивались на всех вариантах опыта. Так, в 1995 г. концентрация углекислоты на глубине 20–30 см на вариантах с внесением песка в 2–4 раза превышала показания на контроле. На черной культуре ее величина составляла 3–3,5, на смешанном песковании – 10–12, на покровной культуре – 6–9 %. Вниз по профилю различия с контролем увеличивались. На глубине 80 см концентрация углекислоты достигала на покровном песковании 18–14 %, на смешанном песковании – 12–14 %, на контроле – 5–7 %.

Наибольшие количества углекислоты (в кг/га) на черной культуре и смешанном песковании накапливались в средней части профиля до глубины 60 см. При этом максимальные значения наблюдались в слое 30–40 см, на покровной культуре – в слое 40–60 (80) см. В среднем за исследованный период 1995 г. общие запасы углекислоты в профиле на контроле составили 102 кг/га, на смешанном песковании – 231 кг/га, на покровной культуре – 274 кг/га. Таким образом, полученные данные позволяют признать, что после внесения песка в торфяных почвах происходит увеличение продуцирования углекислого газа, т. е. возрастает интенсивность разложения торфа. Повышение влажности подпахотных горизонтов в результате высокого положения уровня грунтовых вод уменьшало запасы и концентрации углекислоты в исследованных почвах. Это явление наблюдалось в июне 1996 г. В этот период на всех вариантах опыта зона с влажностью более 0,9 ПВ находилась на 20–25 см выше, чем в предыдущем году, а прогревание профиля уменьшилось. В результате произошло снижение биологи-

ческой активности и запасы CO_2 (кг/га) во всем профиле и в слое 30–80 см уменьшились по сравнению с предыдущим годом на черной культуре в 1,5–1,7 раза, на смешанном песковании – в 2–3 раза, на покровной культуре – в 2,5–3,5 раза.

В засушливые периоды в результате увеличения воздухоносной пористости и газообмена концентрации и запасы углекислоты в исследованных почвах уменьшались по всему профилю. Однако обнаруженные различия по вариантам, в основном, сохранялись. Так, в июльскую засуху 1995 г. концентрации CO_2 на вариантах с внесением песка до глубины 20 см не превышали 1–2 %, а в нижней части профиля – 4–5 %. На контроле соответствующие величины составили 0,6 и 2 %. В августе 1996 г. на фоне высоких значений воздухоносной пористости наблюдалось также увеличение газопроводящей толщи за счет резкого падения уровня грунтовых вод (на 0,5 м ниже прошлогодней отметки). В результате концентрации углекислого газа на всех вариантах опыта до глубины 80 см не поднимались выше 2–2,5 %. Но и в этом случае общие запасы углекислого газа за 1996 г. составили в среднем на черной культуре 48 кг/га, на песковании – 64 кг/га, на покровной культуре – 113 кг/га. Одновременно была исследована эмиссия углекислого газа на трех вариантах опыта в течение 5 лет. Установлено, что при внесении песка в торфяную почву усиливается интенсивность дыхания почвы и возрастает поступление углерода в атмосферу.

В среднем за все годы исследований потери углерода в результате эмиссии на покровной культуре превысили контроль на 23 %, а на смешанном песковании – на 18 %. В целом максимальные величины потоков углекислого газа с поверхности наблюдались в июне-июле, когда гидротермические условия оказывались наиболее благоприятными для протекания микробиологических процессов. В начале и в конце вегетационного периода эмиссия всегда была несколько понижена в связи с недостаточным прогревом или (и) избыточным увлажнением. Наблюдается тенденция уменьшения величины эмиссии и в периоды длительного иссушения почвы (август 1992, 1993, июль-август 1996 гг.). Динамика эмиссии диоксида углерода за вегетационные периоды 1992–1996 гг. также подтверждает общие закономерности, полученные нами ранее [127]. За исследованный период 1995 г. суммарные потери органического вещества торфа по объему эмиссии составили на покровной культуре 113 % от контроля, на смешанном песковании – 120 %.

Максимальная эмиссия наблюдалась в июне-июле, что соответствует периоду наиболее интенсивного прогрева. Средняя величина потока в атмосферу в июне составила на покровной культуре 4,2 кг/га в час, на песковании 4,5 кг/га в час, на контроле 3,6 кг/га в час. При этом потери органического вещества торфа (по объему эмиссии) составили соответственно 2,37; 2,55 и 2,10 т/га. Июльская засуха не оказала тормозящего влияния на биологическую активность. Величина эмиссии оставалась высокой до конца июля (в среднем 3,8; 4,2; 3,6 кг/га в час соответственно). В августе величина эмиссии на всех песчаных культурах земледелия уменьшилась в 1,5–2 раза по сравнению с величинами в середине лета, потери органического вещества составили на покровной культуре 1,33 т/га, на смешанном песковании – 1,35 т/га, на черной культуре – 1,13 т/га. Это связано с замедлением биохимических процессов на фоне растущей влажности и уменьшения температур к концу вегетационного периода.

В 1996 г. суммарные потери органического вещества торфа по объему эмиссии составили на покровном песковании 139 % от контроля, на смешанном песковании – 117 %. Максимальные значения потока углекислого газа были зафиксированы в июне, в среднем на покровной культуре они составили 2,40 кг/га в час, на смешанном песковании – 2,06 кг/га в час, на черной культуре – 1,76 кг/га в час. Это определило наибольшие за весь период потери органического вещества – 1,12; 0,94; 0,80 т/га соответственно. К концу июля эмиссия постепенно снизилась по всем вариантам, достигнув в начале августа минимальных за весь период исследований показаний. На покровной культуре они составили 1,7 кг/га в час, на песковании – 1,4 кг/га в час, на черной культуре – 1,2 кг/га в час. К концу августа на фоне высокой воздухоносной пористости и несколько возросшей концентрации углекислого газа в профиле эмиссия несущественно увеличилась. Это может свидетельствовать о некоторой активизации биологических процессов в результате повышения температуры к концу лета. Потери органического вещества с эмиссией в августе были минимальны за весь период: на покровной культуре – 0,76 т/га, на смешанном песковании – 0,65 т/га, на контроле – 0,56 т/га органического вещества.

Значительное влияние на динамику эмиссии оказывают гидротермические условия. Так, в 1995 г. значительные изменения интенсивности газообмена в связи с осадками обусловили резко выраженные колебания эмиссионных потоков. Между величиной эмиссии и воздухоносной пористостью нижней части пахотных слоев (глубина 10, 20 см) была установлена прямая зависимость, коэффициент корреляции 0,7–0,9. В 1996 г. в течение всего периода на фоне высокой воздухоносной пористости эмиссия коррелировала с концентрацией CO_2 по всему профилю. Коэффициент корреляции со-

ставил 0,98–0,99. Таким образом, различные направления изучения основных показателей биологической активности осушенных торфяных почв свидетельствуют о том, что внесение песка в поверхностные горизонты, независимо от вида культуры пескования, всегда сопровождается их четко выраженной интенсификацией.

Существенно, что в отличие от распространенного представления о приуроченности этих изменений только к пахотному горизонту, нами установлена интенсификация всех параметров биологической активности во всех горизонтах почвенного профиля – от поверхности до грунтовых вод. Достоверно показано, что после внесения песка существенно возрастает целлюлозолитическая и протеолитическая активность, концентрация диоксида углерода во всех горизонтах почвенного профиля, возрастает общая эмиссия CO_2 в атмосферу. Это явление, связанное с жизнедеятельностью почвенной микробиоты, находит объяснение в установленных нами в результате стационарных исследований закономерностях трансформации гидротермического режима осушенных торфяных почв после внесения песка. Как следует из полученных данных, песчаные культуры земледелия способствуют оптимизации водного и температурного режимов всех горизонтов почвенного профиля. Последние, в свою очередь, оказывают благоприятное влияние на условия жизнедеятельности и увеличение численности микробиоты. Об этом, в частности, свидетельствуют установленное нами сокращение сроков генерации микроорганизмов и увеличение роли бактериального комплекса в структуре микробного сообщества.

3.4.7. Биохимическое разложение органического вещества осушаемых торфяных почв в условиях разных способов пескования

3.4.7.1. Общие положения

Минерализация органического вещества в значительной мере определяется особенностями термического режима. Внесение песка в пахотный горизонт торфяных почв (смешанное пескование) и на его поверхность (покровное пескование) определяет формирование мощной тепловой волны, проникающей до грунтовых вод. С этим явлением связаны различия в температурных режимах осушенных торфяных почв в условиях черной культуры и в пескованных вариантах. Так, зона температур выше $15\text{ }^\circ\text{C}$ оказывается основной на покровном песковании для всего профиля. На контроле (черная культура) ее ареал практически ограничен пахотным горизонтом. Изменение температурного режима осушаемых торфяных почв в результате внесения песка вызвало значительное уменьшение абсолютной влажности всех слоев почвенного профиля и мощности капиллярной каймы, особенно на покровном песковании. Вместе с тем в их пахотных горизонтах наблюдается увеличение содержания доступной влаги благодаря повышенной зольности.

3.4.7.2. Биохимическое разложение органического вещества торфяных почв

Использованный метод капсул позволил максимально приблизить изучение скорости минерализации органического вещества осушаемых торфяных почв к естественным условиям и оценить его потери в различных слоях профиля. Установлено, что в условиях полевого эксперимента в максимальной степени минерализация органического вещества выражена в поверхностных слоях торфяных почв, в частности на глубине 10–15 см. Она составила на вариантах черной культуры 4,1 %, смешанного пескования – 5,1 %, покровного пескования – 9,6 %. Значительное увеличение интенсивности минерализации органического вещества на покровной песчаной культуре в слое 0–15 см по сравнению с другими вариантами опыта оказалось статистически достоверным при вероятности $P = 0,9$.

Отмеченные выше результаты объясняются тем, что в условиях покровной песчаной культуры в результате глубокого изменения тепловых свойств поверхностного горизонта наблюдаются более высокие температуры по сравнению с контролем (черной культурой) во всех слоях профиля от поверхности до грунтовых вод. Это подтверждают данные исследований гидротермического режима осушаемых торфяных почв в 1992–1995 гг. Независимо от погодных условий эти различия температур между контролем и почвами в условиях смешанной и покровной культур пескования составляют до $6\text{--}8\text{ }^\circ\text{C}$ в пахотном горизонте и $2\text{--}4\text{ }^\circ\text{C}$ на глубине около 70–80 см на протяжении всего вегетационного периода.

Поскольку в варианте покровной культуры происходит максимальный прогрев всего профиля, то сумма дневных температур в июне–августе здесь значительно превышает контроль (черная культура). Вместе с тем в поверхностных слоях покровной культуры формируются более благоприятные условия увлажнения по сравнению с другими вариантами опыта. Поскольку поверхностные слои торфяных почв в условиях смешанного пескования, покровной песчаной и черной культур земледелия резко различаются по водно-физическим свойствам, особенно по водоудержанию, оценка степе-

ни их увлажнения оказывается наиболее наглядной при характеристике значений влажности в относительных величинах (% от наименьшей влагоемкости почв).

В течение всего вегетационного периода влажность слоя 10–15 см в этом варианте находилась в оптимальных для почвенной биоты пределах – от 85 до 125 % от НВ. По-видимому, это также способствовало ускоренной минерализации органического вещества торфа. Его меньшая минерализация в поверхностных горизонтах в вариантах черной культуры и смешанного пескования по сравнению с покровной культурой определяется гидротермическими условиями. По сравнению с последним вариантом поверхностные слои прогревались не столь интенсивно и несколько худшими были условия увлажнения почвы. Запасы доступной влаги были также ниже, чем на покровной культуре. Относительно НВ эти горизонты были значительно суше.

Повышенное биохимическое разложение органического вещества в поверхностном горизонте торфяных почв в условиях покровной культуры (9,6 %) связано, по-видимому, еще и со значительно более высокой аэрацией минерального субстрата, содержащего лишь 6 % торфа. В средней части профиля на глубине 35–40 см наблюдались значительные различия его потерь (%) по вариантам опыта. Минимальные потери из слоя 35–40 см произошли на вариантах покровной и черной культуры. В первом случае это связано с высокой влажностью в начале вегетационного периода и минимальным прогревом, во втором – с особенностями гидротермического режима. По сравнению с другими вариантами опыта здесь наблюдался максимальный прогрев почвы, возникал относительный дефицит влаги (на уровне 0,70–0,85 НВ – значительно ниже, чем в других вариантах).

Максимальные потери органического вещества торфа в средней части профиля отмечены в варианте пескования (4,6 %). Все полученные значения достоверны по сравнению с контролем при вероятности 0,9. Нами был установлен второй статистически достоверный максимум разложения органического вещества торфяных почв в варианте покровной культуры (4,5 %). Он приурочен к открытой капиллярной кайме. Этот слой отличался весьма благоприятной влажностью (0,9–1,2 НВ) и интенсивным прогревом. В остальных вариантах не установлены достоверные различия по темпам сработки торфа на глубине 65–70 см.

Таким образом, на песковании наблюдается отчетливая тенденция возрастания потерь от минерализации органического вещества торфа в пахотном горизонте по сравнению с черной культурой и достоверное увеличение их в подпахотном горизонте (35–40 см). В нижних слоях профиля (глубже 65 см) между черной и смешанной (пескование) культурами различия по темпам минерализации органического вещества торфа практически исчезают.

Полученные данные отражают две важные закономерности. Во-первых, смешанное пескование и покровная культура усиливают приток тепла во все слои торфяных почв от дневной поверхности до грунтовых вод. Поэтому при прочих равных условиях эти приемы должны ускорять минерализацию органического вещества торфяных почв по сравнению с черной культурой. Во-вторых, разные способы обогащения верхних горизонтов торфяных почв песком оказывают различное влияние на интенсивность теплового потока. При этом на смешанном песковании активность минерализации органического вещества максимальна в пахотном и, особенно, в подпахотном горизонтах. В подпахотных слоях варианта смешанного пескования ее темпы выше в связи с рассмотренными причинами, чем на черной и покровной культурах.

В условиях покровного пескования формируются два максимума биохимической активности: в нижней части пахотного горизонта и в верхней зоне капиллярной каймы. На вариантах контроля, пескования и покровной культуры минерализация торфа в слое 0–20 см составляла 4,1; 5,1 и 9,6 %, в слое 50–80 см – 2,7; 2,5 и 4,5 % соответственно. Итак, в нижней части профиля осушенной торфяной почвы на глубине 50–80 см на контроле и песковании величины минерализации торфа оказались весьма близкими и равными 2,5 и 2,7 %. Это объясняется, очевидно, тем, что здесь торфяной горизонт находится в условиях постоянного капиллярного насыщения или полного обводнения (закрытая капиллярная кайма).

При определении потерь в результате минерализации торфа в контактной зоне на варианте покровной культуры для глубины 80–95 см была установлена величина, равная 2,6 %. Вывод о том, что в нижних слоях профиля осушенных торфяных почв происходит усиление биохимического распада, подтверждает также равное и высокое значение темпа минерализации торфа на вариантах смешанного пескования и покровной культуры – 4,6 и 4,5 % соответственно.

Важное значение имеют сведения об абсолютных величинах потерь органического вещества торфа. Абсолютные запасы органического вещества в почвах трех вариантов опыта в конце 4-го года наблюдений приведены в таблице 3.21.

Таблица 3.21 – Запасы органического вещества в профиле осушенных торфяных почв на фоне разных культур земледелия в полевом опыте. 1995 г.

Глубина, см	Плотность, г/см ³	Зольность, %	Запасы ОВ, т/га
Черная культура (контроль)			
0-20	0,31	16,0	521
20-50	0,21	11,7	556
50-80	0,18	8,5	494
0-80			1571
Смешанное пескование*			
0-20	0,76	76,0	365
20-50	0,23	16,0	579
50-85	0,18	9,0	573
0-85			1517
Покровное пескование*			
0-20	1,26	94,0	151
20-50	0,26	17,0	647
50-80	0,20	12,0	528
80-95	0,16	8,0	221
0-95			1547

Примечание: * Мощность почвенного профиля с учетом внесенных доз песка.

Для расчета абсолютных потерь торфа в результате минерализации учитывалось, что первоначальная мощность профиля почвы, равная 80 см, после внесения песка при песковании (300 т/га) увеличилась до 85 и 95 см – на покровной культуре (2000 т/га песка). В слоях такой мощности для каждого варианта опыта были рассчитаны запасы органического вещества (табл. 3.21).

Анализ валовых запасов органического вещества и скорости их сработки (по капсулам) в профиле осушенных торфяных почв выявил тенденцию более быстрого их снижения при внесении различных доз песка. Расчеты потерь за вегетационный период по слоям и в целом по профилю подтверждают эту тенденцию. Пескование и покровная песчаная культура земледелия, активизируя гидротермический режим, создают более благоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных растений. Одновременно эти приемы повышают биохимическую активность почв, что ведет к усилению минерализации их органического вещества.

Исследования интенсивности биохимического разложения органического вещества осушенных торфяных почв в условиях разных культур земледелия методом капроновых капсул были продолжены в 1996 г. Эти наблюдения подтвердили установленные в 1995 г. закономерности изменения темпов разложения органической массы торфяных почв после внесения песка. Отличия этого года заключались лишь в том, что в сухом 1996 г. при более глубоком положении грунтовых вод происходила интенсификация процесса распада. Это наиболее отчетливо просматривалось в условиях смешанной культуры земледелия. По отношению к контролю различия составили 55 %.

Полученные данные подтверждают и прямые расчеты скорости минерализации, выполненные на основе анализа изменения запасов органического вещества в торфяных почвах за 3 года. В начале 1993 г. он был равен 1700 т/га, а в 1995 г. эти запасы по вариантам были равны соответственно 1571, 1517 и 1547 т/га. Разница составила 129, 183 и 153 т/га за 3 года, или 43, 61 и 51 т/га за год. Эти цифры весьма близки к потерям, рассчитанным методом капсул. Достоверность полученных результатов подтверждает повторное (в 1991 и 1995 гг.) зондирование торфяной залежи на контрольном участке (черная культура). Установлено, что мощность торфяной залежи, сработанной за этот период на полевом участке черной культуры, по данным зондирования, в целом соответствовала потере органического вещества торфа, определенной методом капсул [466]. Из результатов зондирования следует, что под влиянием действующих факторов ежегодные потери от минерализации торфяной почвы на черной культуре земледелия составили в год 2 см (такая сработка возможна в том случае, если под влиянием биохимических факторов разрушается 40 т/га органического вещества торфа при исходной плотности сложения 0,2 т/м³).

Результаты исследований позволяют, прежде всего, подтвердить, что обнаруженное нами ранее явление глубокой трансформации гидротермического режима всех горизонтов профиля осушенных торфяных почв от поверхности до грунтовых вод находится в прямой зависимости от массы внесенных песчаных добавок в их поверхностные горизонты [140, 142]. Песчаные добавки способствуют интенсификации биохимического распада органического вещества на фоне нарастания температуры. Однако это увеличение возможно при оптимальном увлажнении.

Вместе с тем повышение температуры может сопровождаться иссушением почв и снижением влажности ниже 0,7 НВ, т. е. ниже порога, за которым происходит торможение процессов разложения. В связи с этим следует подчеркнуть, что ряд авторов, признавая интенсификацию разложения органического вещества при внесении песка в пахотный горизонт, тем не менее полагают, что обогащение минеральной массой верхнего слоя в целом существенно снижает распад органического вещества. Н. Н. Бамбалов [24], однако, справедливо отмечал, что «сведения о влиянии минеральных добавок на баланс органического вещества немногочисленны и неоднозначны».

Наши наблюдения позволяют сделать следующие заключения. Вторичный гидротермический режим торфяных почв зависит от способа внесения песка в их поверхностные горизонты. После смешанного пескования и создания покровной культуры происходят глубокое прогревание всех горизонтов почвенного профиля и абсолютная потеря влаги. Это резко выражено на фоне смешанного пескования и наблюдается весьма отчетливо в пахотном горизонте покровной культуры. Однако абсолютные потери органического вещества из пахотных горизонтов после внесения песка в целом меньше, чем на контроле, из-за значительного содержания инертной кварцевой массы. Они составили в год на черной, смешанной и покровной культурах соответственно 21, 19 и 15 т/га. В более глубоких слоях почвенного профиля на варианте смешанной культуры (пескование) обнаружен максимум распада органического вещества на глубине 20–50 см (27 т/га). На контроле и покровной культуре потери органического вещества из этого слоя составили 14 и 13 т/га.

Относительно невысокие потери органического вещества из подпахотного горизонта на варианте покровной культуры объясняются его глубоким иссушением и пониженной интенсивностью разложения торфа (2,2 %). На глубине 50–80 см температурный и водный режимы почв в условиях черной и смешанной (пескование) культур оказываются весьма близкими. Поэтому и потери органического вещества здесь практически тождественны (соответственно 13 и 14 т/га). Вместе с тем на покровной культуре в зоне капиллярной каймы из-за одновременного сочетания высокого прогревания и оптимальной влажности почв появляется второй пик распада органического вещества. В слое 50–80 см потери составили 24 т/га.

Можно предполагать, что условия для интенсивного разложения торфа на покровной культуре в нижней части профиля сохраняются на протяжении значительно более длительного периода по сравнению с черной культурой. В пользу этого свидетельствует следующее обстоятельство. Если признать граничным значением воздухоносной пористости, ниже которой возникает анаэробная обстановка, ослабевают или прекращаются разложение торфа, значение в 10 %, то в зоне капиллярной каймы на покровной культуре условия для интенсивного разложения торфа сохраняются в теплый период на 2–3 месяца дольше, чем на черной культуре. В контактном слое почвы на варианте покровной культуры на глубине 80–95 см потери торфа оказались минимальными – 6 т/га.

Изложенное показывает, что независимо от способа пескования всегда по сравнению с черной культурой происходит интенсификация темпов разложения органического вещества торфа на массивах осушения. Таким образом, внесение песка в поверхностные слои торфяных почв или создание песчаного пахотного горизонта вызывает повышение температуры всех горизонтов их профиля. Это приводит к закономерному снижению его влажности. В результате резко усиливается аэрация профиля. Возникают благоприятные условия для активной жизнедеятельности аэробных микроорганизмов, вызывающих ускоренное разложение органического вещества торфа и образование углекислого газа, нитратов и воды. В почвах и грунтовых водах появляются значительные массы нитратов.

В итоге темпы разложения органического вещества увеличиваются на 20–50 % и более по сравнению с контролем. Значит, актуален вопрос о том, почему внесение песка улучшает условия сельскохозяйственного производства и на определенном отрезке времени способствует существенному увеличению урожая. В значительной мере это объясняется тем, что ускоренный распад торфа сопровождается одновременным выбросом в почвенный раствор, атмосферу и в грунтовый поток значительной массы нитратов и других соединений и элементов питания растений.

Однако очевидно, что этот процесс не беспределен. Что же следует предпринять? Отказаться от использования песчаных культур или применять эти приемы, зная, что они будут постоянным фактором ускоренного разложения органики? По нашему мнению, защищать торфяные почвы с помощью покровной и смешанной культур пескования необходимо. Но торфяные почвы следует использовать преимущественно для размещения многолетних трав (культурных сенокосов, пастбищ), корневые системы которых обогащают профиль торфяной почвы органическим веществом. Одновременно необходимо поддерживать такой уровень залегания грунтовых вод, при котором создается и сохраняется луговой тип водного режима. Он обеспечивает поступление в поверхностные горизонты осушенных торфяных почв капиллярной влаги.

На торфяных почвах, кроме того, целесообразно применение не только минеральных, но и органических удобрений, заплата соломы и пожнивных остатков. Все это позволит сбалансировать

расход углерода. Если эти условия будут выполнены, осушенные торфяные низинные почвы удастся сохранить на длительный период и они смогут повысить их плодородие. В противном случае, пескование окажется причиной их ускоренной деградации. Впрочем, тот же результат будет иметь место и при многолетнем использовании в условиях черной культуры, при размещении на торфяных почвах полевых и, особенно, пропашных культур с тем лишь дополнением, что такие территории будут находиться постоянно в пожароопасном состоянии.

В связи с изложенным следует остановиться на климатическом аспекте рассматриваемой проблемы. Известно, что диоксид углерода вносит основной вклад в парниковый эффект, определяющий глобальное потепление. На долю углекислого газа приходится около 55 % общего вклада всех газов в этот процесс. Основными источниками поступления в атмосферу CO_2 считают сжигание ископаемого топлива (77 %) и леса (23 %). Значение же органического вещества почвы, и в первую очередь огромных масс торфа на земной поверхности в продуцировании CO_2 слабо исследовано. Вместе с тем, по подсчетам специалистов Института лесоведения РАН и других исследователей, торфяные почвы России содержат 97–133 млрд т углерода, что в пересчете на CO_2 дало бы 355–486 млрд т диоксида углерода [59, 425]. Эти величины сопоставимы с современным содержанием CO_2 в атмосфере.

Разрушение существующего огромного резервуара органического вещества в России может иметь весьма серьезные последствия для климата планеты. Торфяные почвы и торфяные залежи в естественном состоянии представляют резервуары «стока» углерода, непрерывно растущие во времени. Их поддержание в стабильном состоянии – одна из актуальных задач защиты окружающей среды. Все это означает, что если удастся сохранить осушенные торфяные почвы, они не станут серьезным фактором опасной эмиссии диоксида углерода в атмосферу.

3.4.8. Поток диоксида углерода в осушаемых торфяных почвах

Рассмотренные выше данные заслуживают внимания и потому, что раскрывают общие закономерности формирования потоков CO_2 на осушаемых торфяных массивах. Они позволяют обратить взгляд на одно ранее неизвестное явление, сущность которого заключается в следующем [143]. Обычно полагают, что потеря углерода происходит в процессе пропорциональной эмиссии CO_2 в атмосферу, причем чем интенсивнее разложение, тем значительнее эмиссионный поток, т. е. усиливается «дыхание» почвы. Но полученные нами данные позволяют сделать иные выводы (табл. 3.22).

Во-первых, если рассчитать потери органического вещества торфа по периодам суточных максимальных потерь на 13–14 часов дня и интерполировать эти потери на весь цикл суточных наблюдений, т. е. по явно завышенным параметрам, то и тогда оказывается, что эмиссионный поток в атмосферу приводит к потере углерода на один-два порядка меньше, чем это можно было бы ожидать на основе анализа темпов разложения органического вещества, выполненного методом капсул. Так, возможные потери органического вещества торфа за счет эмиссии в атмосферу не превышали на черной, смешанной и покровной культурах соответственно 3,38; 4,11 и 3,87 т/га. В то же время лишь 1/10 часть углерода расходуется на эмиссию в атмосферу.

Таблица 3.22 – Эмиссия CO_2 (кг/ч/га) в атмосферу с поверхности осушаемых торфяных почв на фоне разных видов пескования. Июнь-август 1995 г., данные на 13 часов

Дата определения	Культура пескования		
	черная	смешанное пескование	покровное пескование
23.05	2,70	3,44	3,16
03.06	3,60	4,20	3,90
23.06	2,94	3,78	3,48
25.06	3,66	4,80	4,50
27.06	4,14	5,02	4,76
06.07	3,66	4,26	3,90
11.07	3,36	3,96	3,44
23.07	3,72	4,28	3,96
26.07	2,58	3,16	3,26
30.07	2,44	3,36	3,30
15.08	2,52	2,88	2,94
22.08	2,20	2,50	2,36
Распад торфа, т/га (по объему эмиссии CO_2 в атмосферу)			
	3,38	4,11	3,87

На основе полученных данных можно предполагать, что расход углерода связан с действием иного механизма, а именно: основная часть освободившегося углерода движется с почвенным воздухом по градиенту температур не в атмосферу, а вниз по почвенному профилю к холодному потоку грунтовых вод и растворяется в нем. По-видимому, механизм этого явления связан с тем, что в рассматриваемых почвах в теплый период года всегда существует резко выраженный перепад температур, при котором поток CO_2 направлен в основном не в атмосферу, а вниз, к зеркалу грунтовых вод, температура которых летом не превышает 8–9 °С. Чем ниже температура воды, тем выше растворимость в ней углекислого газа.

При постоянном движении грунтовых вод по уклону обеспечивается непрерывный отток диоксида углерода за пределы мелиорируемого массива. В пользу такого суждения свидетельствует, в частности, и тот факт, что грунтовые воды осушенного массива отличаются, по нашим данным, более низкими значениями рН и существенно (на порядок) более высокой кислотностью, титруемой по фенолфталеину 0,01 н. раствором NaOH, по сравнению с грунтовыми водами водосборной площади, образованной минеральными почвами.

Поэтому при построении общего баланса углерода особое значение может иметь статья расхода, связанная с миграцией диоксида углерода в грунтовые воды. При низких температурах грунтовые воды способны поглотить весь объем углекислоты, возникающий при распаде органического вещества торфа. Следует обратить внимание и на то обстоятельство, что почвенное «дыхание» не отражает темпов разложения органического вещества торфяных почв, а лишь свидетельствует о диффузии части углекислого газа в атмосферу. В результате применения разных видов агромелиорации может возрастать эмиссия диоксида углерода на фоне интенсификации разложения торфа. Такое явление наблюдается, в частности, на покровной и особенно на смешанной культурах пескования по сравнению с контролем.

Следствием ферментации органического вещества почв в анаэробных условиях является образование значительных масс агрессивных фульвокислот, низкомолекулярных одно- и многоосновных органических кислот (фумаровой, яблочной, уксусной, янтарной, лимонной и др.), аминокислот, фенолов и полифенолов (Кауричев, Ноздрунова, 1964) [111]. Кислые продукты ферментации действуют на мелкозём почв, рыхлых пород и кор выветривания как кислоты, комплексообразователи и восстановители. Это воздействие усиливается и тем, что в процессе ферментации, кроме органических, образуются и минеральные восстановители – водород, метан, аммиак и другие. Столь мощное воздействие на минеральный субстрат агрессивных органических кислот и неорганических восстановителей вызывает растворение гидроксидного железа (кутан), покрывающего зерна отдельных минералов мелкозёма. Их освобождение от гидроксидных железистых оболочек проявляет собственный холодный цвет минералов (кварца, каолинита, полевого шпата, флогопита, биотита, роговых обманок и других) (Bloomfield, 1951).

3.4.9. Влияние смешанного и покровного пескования на азотный режим почв и содержание нитратов в грунтовых водах

Результаты предпринятых исследований позволяют признать, что различные формы внесения песка улучшают плодородие осушенных торфяных почв и являются важным фактором повышения урожайности сельскохозяйственных растений. Это связано с рядом причин. Следствием распада органического вещества торфа является увеличение содержания нитратов не только в почве, но и в поверхностных слоях грунтовых вод. С этим связана одна из главных причин повышения урожая практически всех сельскохозяйственных растений на осушенных торфяных почвах в условиях смешанной и покровной культур пескования. Очевидно, однако, что повышенное содержание нитратов в почве после внесения песка в итоге свидетельствует об интенсивном распаде их органического вещества. При этом повышение содержания нитратов в профиле органогенных почв находится в прямой зависимости от массы песка, внесенного в поверхностные слои почв, а также от способа их осушения. Последнее в равной мере относится и к содержанию нитратов в грунтовых водах.

3.4.10. Влияние смешанного и покровного пескования на урожай

Данные, полученные по зерновым культурам (ячмень) в условиях засушливого 1992 г. (табл. 3.23), позволяют утверждать, что покровное и особенно смешанное пескование способствовали существенному повышению урожая ячменя. Он составил на черной культуре 28 ц/га; на смешанном песковании – 50; на покровном песковании – 39 ц/га. Различия достоверны при вероятности $p = 0,95$. Прибавка урожая относительно контроля – 22 и 11 ц/га, или 79 и 39 %.

Таблица 3.23 – Влияние смешанного и покровного пескования на урожай овощных и зерновых растений на осушенных торфяных почвах поледера «Макеевский мыс», 1992–1993 гг.

Вариант культуры земледелия	Средний урожай, ц/га	Прибавка к контролю		Доверительный интервал, ц/га
		ц/га	%	
1992 г. Ячмень ($p = 0,95$)				
Черная культура (контроль)	28	-	-	24,6-31,4
Смешанное пескование	50	22	78	39,6-60,4
Покровное пескование	39	11	39	34,0-44,0
1992 г. Свекла столовая				
Черная культура (контроль)	252	-	-	212-292
Смешанное пескование	346	94	37	296-396
1993 г. Ячмень ($p = 0,90$)				
Черная культура (контроль)	18,3	-	-	10,4-26,2
Смешанное пескование	24,6	6,3	34	18,6-30,6
Покровное пескование	23,0	4,7	20	16,8-29,2
1992 г. Капуста				
Черная культура (контроль)	258	-	-	204-312
Покровное пескование	370	112	43	341-399

Учет урожая овощных культур на рассматриваемых вариантах показал положительное влияние смешанного и покровного пескования на плодородие осушенных торфяных почв. В 1992 г. на фоне пескования получена прибавка урожая столовой свеклы 94 ц/га, или 37 %. В дополнительном опыте с капустой в 1993 г. на фоне покровного пескования получена достоверная прибавка урожая 112 ц/га (43 % к контролю).

3.4.11. Северодвинский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар

Оценка агроэкологической эффективности разных доз пескования и покровной песчаной культуры выполнялась на фоне картофеля, капусты и однолетних трав (табл. 3.24). В 1988 г. на черной культуре средний урожай капусты составил 312 ц/га. На варианте с внесением 600 т/га песка урожай капусты повысился до 433 ц/га, а на покровной культуре составил 414 ц/га. В 1989 г. вследствие поздней высадки капусты урожай ее на опытных участках был низким в целом на всех вариантах. Но и в этих условиях наблюдалась определенная зависимость от дозы внесенного песка. Прибавки урожая на вариантах 300, 600 т/га песка и на покровной культуре в сравнении с черной культурой составили соответственно 21, 50 и 95 %. Урожайность капусты на дерновой глееватой почве в эти годы была значительно выше: 640–830 ц/га. По-видимому, эти почвы с нейтральной реакцией среды, высокогумусированные, насыщенные основаниями, с приемлемым гидротермическим режимом, являются наиболее благоприятными для выращивания капусты в этой зоне. На внесение песка наиболее четко реагирует картофель. Так, в 1988 г. на маломощных торфяных почвах урожай его составил на черной культуре 156 ц/га. На вариантах с дозами песка 300, 600 т/га и на покровной культуре прибавки урожая в сравнении с черной культурой составили соответственно 11, 41 и 36 %.

Некоторое снижение урожая на покровной культуре объясняется, по-видимому, недостаточной окультуренностью песчаного пахотного горизонта в первый год эксплуатации. На окультуривание песчаного слоя в наших условиях потребовалось два года. На второй и третий годы на варианте с покровной культурой были получены максимальные прибавки. Пескование дозами 300 и 600 т/га во все годы также способствовало увеличению продуктивности картофеля на торфяных почвах. Урожай картофеля на дерновой глееватой почве оказывался равным или был ниже на 5–40 %, чем на покровной культуре. В наиболее благоприятном по погодным условиям 1989 г. мерзлотный горизонт оттаял уже в начале мая и были получены максимальные урожаи картофеля, как на черной культуре, так и на участках с внесением песка. В 1988 и 1990 гг. отмечалось повышение урожайности зеленой массы однолетних трав на пескованных вариантах осушенных торфяных почв. Прибавки урожая на покровной культуре в эти годы составили 33 и 21 %. Следует подчеркнуть, что торфяные почвы отличаются высокой засоренностью посевов.

Внесение песка уменьшает биомассу сорняков. В 1988 г. зеленая масса сорняков на контроле составила 179 ц/га, а на покровной песчаной культуре не превышала 30 ц/га. На третий год после проведения пескования этот эффект уменьшился, но все же остался весьма заметным. Таким образом, смешанная (пескование) и особенно покровная (римпауская) песчаные культуры земледелия оказывают комплексное положительное воздействие на свойства осушаемых торфяных почв европейского севера России, их гидротермический режим и на условия земледелия в этом регионе в целом. Они

способствуют существенному уменьшению, а в условиях покровной культуры – полной ликвидации мерзлотного горизонта в верхней части профиля.

Таблица 3.24 – **Продуктивность сельскохозяйственных культур(ц/га), засоренность полей на осушаемых торфяных и дерновых глееватых почвах Архангельской области при разных видах внесения песка**

Год	Черная культура	300 т/га песка	600 т/га песка	Покровная культура	Дерновая глееватая почва
Картофель					
1988	156±43	173±37	220 ± 44	212 ±29	202 ±31
1989	236±17	242±47	271 ±54	365 ± 28	260 ± 36
1990	173±29	191±36	220 ±41	256 ±32	236 ± 28
1990*	198±28	231±34	232 ± 37	263 ±33	
Капуста					
1988	312 ±49	354 ± 67	433 ±71	414 ±77	738 ± 87
1989	155 ±23	187 ± 19	233 ±28	353 ±30	709 ± 78
1990	344 ± 32	380 ±28	410 ± 31	441 ± 34	644 ± 67
1990*	354 ±41	370 ±30	401 ± 36	458 ± 29	
Однолетние травы (зеленая масса)					
1988	273 ± 39	307 ± 46	307 ± 38	363 ± 42	Не опр.
1990	337 ± 36	378 ± 38	390 ± 37	409 ± 39	
1990*	307 ±41	313 ±37	310 ±35	332 ± 40	
Биомасса сорняков (зеленая масса)					
1988	179 ±28	100 ±25	104 ± 27	30 ± 11	не опр.
1990	143 ±24	123 ±27	116 ± 28	45 ± 14	

Примечание: * Продуктивность культур на среднемощных торфяных почвах. Доверительный интервал при вероятности 95 %.

Внесение песка повышает температуру профиля торфяных почв и снижает вероятность возникновения заморозков на поверхности почвы. Установлена различная реакция сельскохозяйственных культур на пескование. Лучше всего на внесение песка реагирует картофель. Покровная песчаная культура дает максимальный положительный эффект только после интенсивного окультуривания минерального пахотного горизонта. Необходимо также подчеркнуть, что смешанное и покровное пескование торфяных почв в поймах рек и в полесьях экономически весьма целесообразно из-за близкого расположения сельскохозяйственных угодий к местам добычи песка.

Данные, полученные по зерновым культурам (ячмень) в условиях засушливого 1992 г., позволяют утверждать, что покровное и особенно смешанное пескование способствовали существенному повышению урожая ячменя. Он составил на черной культуре 28 ц/га; на смешанном песковании – 50; на покровном песковании – 39 ц/га. Различия достоверны при вероятности $p = 0,95$. Прибавка урожая относительно контроля – 22 и 11 ц/га, или 79 и 39 %.

3.4.12. Преимущества песчаных культур земледелия и неизвестные деграционные изменения

Вся сумма известных данных, полученных нами и другими авторами, свидетельствует о том, что песчаные культуры обладают несомненными преимуществами по сравнению с черной культурой земледелия. Действительно, в случае их применения резко ослабевает или полностью исчезает опасность поверхностных пожаров и пирогенной деградации торфяных почв. В результате внесения песка увеличивается теплопроводность, уменьшается теплоемкость торфяной почвы. Как следствие, улучшается температурный режим почвы; повышается сумма активных температур за вегетационный период; значительно снижается амплитуда колебания температур в пределах пахотного слоя и амплитуда колебания температур в течение суток; увеличивается глубина прогревания почв, сокращаются сроки оттаивания и уменьшается вероятность поздневесенних и раннеосенних заморозков. Существенно возрастает урожайность практически всех возделываемых сельскохозяйственных растений.

Многочисленные данные свидетельствуют о том, что в результате использования песчаных культур земледелия улучшается качество сельскохозяйственной продукции: увеличивается содержание протеина в многолетних травах, возрастает содержание сахара в капусте, крахмала – в картофеле, изменяется в лучшую сторону соотношение зерна и соломы у зерновых, снижается полегаемость трав, а также засоренность полей сорняками. В условиях песчаных культур земледелия увеличивает-

ся ресурс продуктивной влаги. Наконец, повышается несущая способность осушенных торфяных почв, уменьшается или прекращается вынос торфа с полей с картофелем и овощами, а также в результате налипания на колеса уборочной техники и транспорта.

Таким образом, казалось бы, внесение песка в или на поверхностный горизонт осушенных торфяных почв существенно улучшает их свойства и режимы, повышает продуктивность земледелия. Однако при этом остается один весьма существенный аспект, который не получил должного отражения практически ни в одной из исследовательских работ, связанных с этой проблемой. Оптимизация водного и температурного режимов, благоприятно влияющих на рост, развитие и продуктивность высших растений, оказывает одновременно стимулирующее воздействие на жизнедеятельность микробиоты, в том числе на целлюлозолитические аэробные микроорганизмы [154, 153].

Из этого следует, что внесение песка может иметь своим следствием ускорение процесса разрушения органического вещества торфа и его сработку до простых окислов – воды, нитратов и диоксида углерода. Впоследствии это дало основание многим исследователям утверждать, что песчаные культуры земледелия способствуют ускоренному разложению органического вещества пахотного горизонта, но при этом тормозят его распад в более глубоких слоях почвенного профиля и в целом во всей толще торфяной почвы. Так, В. И. Белковский [34] подчеркивает, что «обогащение пахотного слоя торфяной почвы песком... способствует усилению минерализации органического вещества в 1,5–2 раза. В торфяном горизонте... ниже пескованного пахотного слоя скорость минерализации органического вещества замедляется примерно в 2 раза по отношению к такому же слою на контроле... Поэтому, несмотря на то, что в обогащенных песком горизонтах скорость минерализации значительно выше, чем на контроле, суммарные объемы потерь органического вещества в них существенно ниже, так как разложению здесь подвергается намного меньшее количество торфа». Аналогичные суждения встречаются и в других работах.

Однако рассмотренные нами материалы по характеристике гидротермического режима позволяют утверждать, что внесение песка в поверхностные горизонты вызывает увеличение температуры не только всех слоев профиля осушенных торфяных почв, но и грунтовых вод. Эти различия по абсолютным величинам в теплый период составляют до 6–8 °С в пахотном, 2–4 °С в более глубоких слоях профиля и, наконец, в грунтовых водах – 1–2 °С. Значит, идет интенсивный прогрев всего профиля на фоне благоприятной влажности для жизнедеятельности аэробной микрофлоры. Это обстоятельство позволяет признать, что внесение песка может оказаться причиной существенного роста биологической активности не только в пахотном горизонте, но и вообще во всех слоях почвенного профиля. Так как это предположение подтверждают экспериментальные данные, то должен быть изменен подход к оценке общего баланса углерода в торфяных почвах, в том числе после внесения песка. Кроме того, вполне вероятно, что реальные абсолютные потери углерода в результате распада органического вещества торфяных почв существенно больше тех величин, которые приняты многими исследователями в настоящее время.

Глава 4. АГРОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ. ОСОБЕННОСТИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ НИЗИННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЯХРОМСКОЙ ПОЙМЫ

Изучение торфа и торфяных земель в нашей стране тесно связано с историей Центральной торфо-болотной опытной станции (ЦТБОС), образованной после объединения Московской областной болотной опытной станции (МОБОС) и Центральной торфяной опытной станции (ЦТОС) в 1958 г. На Яхромской пойме 19 января 1919 г. на месте бывшего Кончининского участка было создано Яхромское болотное опытное поле, впоследствии Московская областная болотная опытная станция. Сотрудники Яхромского болотного опытного поля под руководством первого директора – Б. Д. Оношко проводили исследования по изучению болот поймы, их водного режима, растительного покрова, химического состава, зольности торфа и климата. Огромный вклад в эти исследования внесли ученые Центральной торфяной опытной станции. Ими проводилось изучение торфяных месторождений, отработывались методы исследований торфов: полевые, камеральные и лабораторные. Постепенно создавался торфяной фонд страны [275, 265, 253, 254, 335, 74, 274, 301].

Согласно проведенным изысканиям долина (пойма) реки Яхромы подразделяется, как все классические поймы, на прирусловую, центральную и притеррасную части. Прирусловая часть поймы сложена аллювиальными легкосуглинистыми отложениями, которые переслаиваются торфом (торфоземы агроминеральные: контуры IV_A, IV_{AT}). Центральную часть занимают низинные торфяные почвы (контуры II – III), развитые на древесно-осоковых (травянистых) и древесных торфах. Притеррасная часть поймы (контуры I, I_{Ca}, I_{Fe}) представлена низинными торфяными почвами, развитыми на гипновых и разнотравно-гипновых торфах (рис. 4.1).

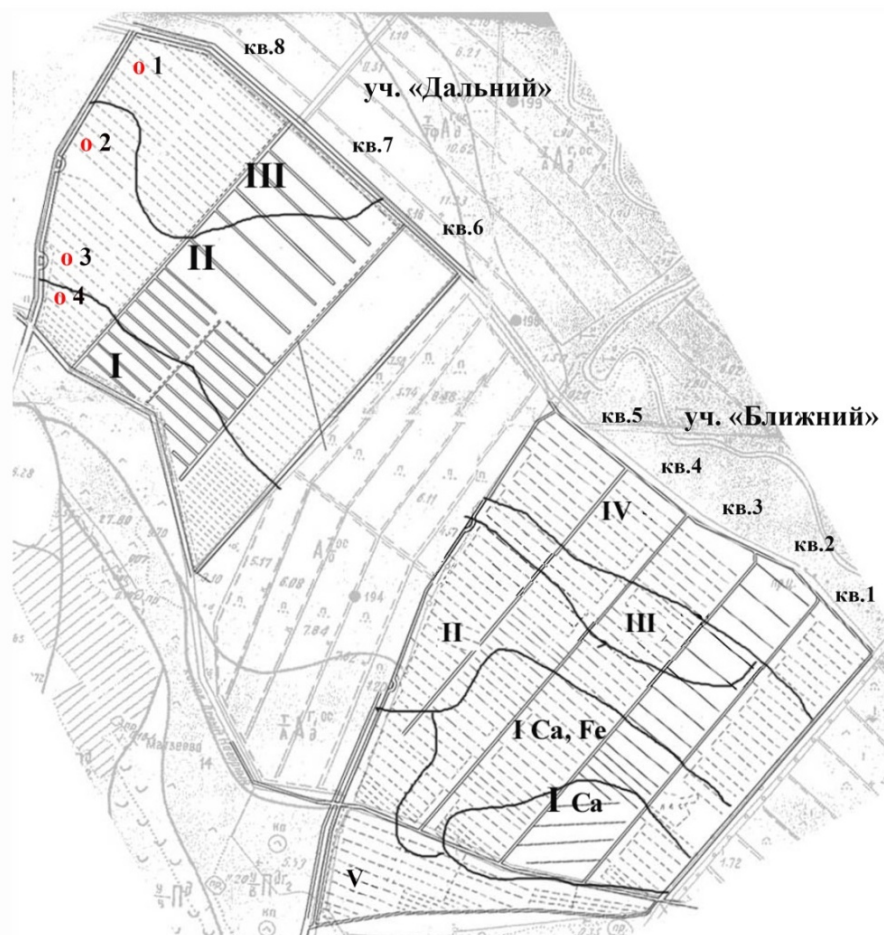


Рисунок 4.1 – Схема залегания торфяных почв по элементам рельефа поймы

Притеррасная часть поймы: почвенные контуры: I, I_{Ca}, I_{Fe} – низинные торфяные почвы на разнотравно-гипновых и гипновых торфах; центральная часть поймы: II – низинные торфяные почвы, развитые на древесном торфе, подстилаемые залежью осокового торфа; III – низинные торфяные почвы на мощном древесном торфе; прирусловая часть поймы: IV_A, IV_{AT} – торфоземы агроминеральные; T₁-T₄: точки замера УГВ и отбора почвы на влажность

Исследованиями, проводимыми в ЦТБОС (ныне Дмитровский отдел ФГБНУ ВНИИМЗ), торфяные низинные почвы центральной части поймы, развитые на древесном и древесно-осоковом (травянистом) торфе, относятся к лучшим среди торфяных почв Яхромской поймы. Они содержат максимальное количество углерода (50–60 %). Степень разложения торфа пахотного горизонта обычно высокая и достигает 40–60 %. Эти почвы наиболее плодородны, древесный торф меньше подвержен сработке, легче других поддаются окультуриванию. Зольность торфа находится чаще всего в интервале 15–30 %, но может достигать в пахотном горизонте в некоторых случаях более 30 %. Эти почвы богаты азотом (2,17–2,44 %), содержат большое количество нитратов. Содержание фосфора зависит от питания грунтовых вод, обогащенных фосфором, или присутствия в торфяной залежи минералов, содержащих фосфор, и колеблется от 0,57 до 0,95 %. Исходное содержание калия низкое – от 0,03 до 0,6 %, поэтому при возделывании сельскохозяйственных культур требуется внесение повышенных норм калийных удобрений. Реакция среды слабокислая (рН 5,5–5,8). Мощность торфяной залежи в среднем имеет глубину около 3 м, хотя часто достигает больших глубин, до 6 м и более [254].

Особые свойства древесного и древесно-осокового торфа: высокая степень разложения и зольность, большая мощность торфяной залежи определяют высокое плодородие низинных торфяных почв центральной части поймы и их долголетие. Норма их осушения при мелиорации Яхромской поймы позволяют держать УГВ в центральной пойме на уровне 100–120 см, что благоприятно для выращивания овощных культур и позволяет использовать торфяные почвы в качестве подмосковного огорода. Верхний горизонт торфяных почв притеррасной поймы имеет обычно высокую зольность (45–85 %) и низкую ёмкость катионного обмена (40–80 мг-экв/100 г). Кислотность рН сол. может достигать 7,7; гидролитическая кислотность снижается до 5–15 %. Торфяные почвы притеррасной поймы, сформированные на осоково-гипновых и гипновых торфах, имеют значительно меньшее исходное плодородие, более низкое содержание подвижных форм азота, образующихся в процессе минерализации. Степень разложения торфа не выше 25–30 %. Гумус этих почв биохимически неустойчив; эти торфа легче и быстрее, чем древесные, подвергаются деградации. Содержание фосфора в результате выклинивания минерализованных грунтовых вод может колебаться в осоково-гипновых притеррасных торфяниках от 0,7 до 1,4 %. На этих торфах сельскохозяйственные растения обычно слабо реагируют на внесение фосфора. В ряде случаев минерализованные грунтовые воды содержат повышенное содержание Са (3–12 %, СаО) и Fe (до 15 % FeO).

Для торфяников центральной поймы, сформированных на древесных торфах и её притеррасной части, залегающей на разнотравно-гипновых торфах, характерны существенные различия и в водном режиме. Торфяные почвы центральной части поймы, как уже отмечалось, хорошо осушены и имеют уровень грунтовых вод в течение вегетативного периода на глубине 100–120 см. В очень сухие периоды и годы УГВ может опускаться до 140 см и ниже.

В условиях жаркого лета 2007 г. показатели УГВ были значительно ниже средних многолетних как для центральной части поймы, так и для её притеррасной части. На самом дренированном участке (точка Т1), которая находилась близко и от магистрального, и от внутреннего каналов, УГВ опускался в отдельные моменты до уровня 170 см. Для точки Т2 показатели были более близки к норме УГВ центральной поймы (рис. 4.2).

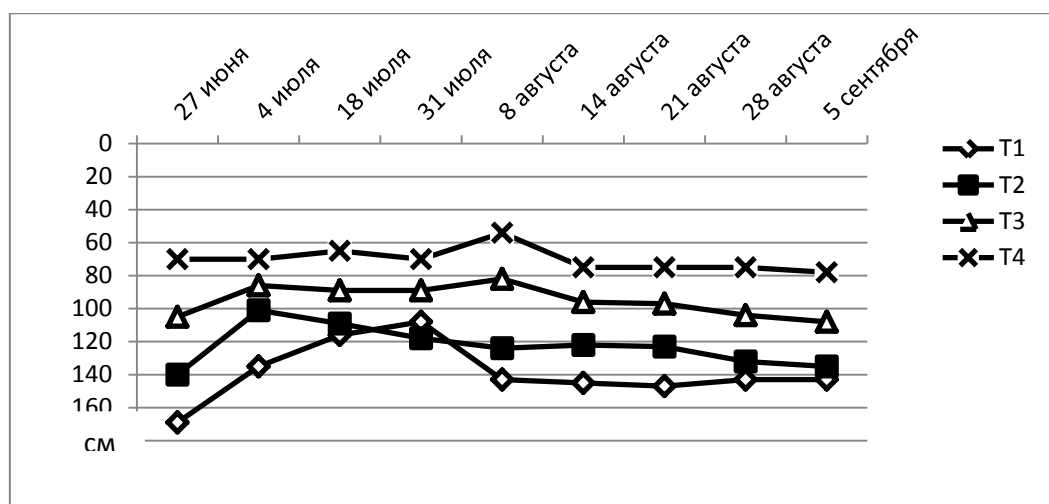


Рисунок 4.2 – Динамика УГВ торфяных почв разного ландшафтно-экологического залегания. Т1 – древесный торф, Т2 – разнотравно-древесный торф (центральная часть поймы), Т3 – разнотравно-гипновый торф: пашня, Т4 – гипновый торф: залежь (притеррасная часть поймы)

На торфяных почвах притеррасной части поймы, даже при заложении дренажа через 15 м, чаще всего не обеспечивается необходимой нормы осушения для овощных культур. Во влажные годы УГВ не опускается ниже 40–60 см, в сухие может находиться на уровне 80–100 см. Дело в том, что в притеррасной части находится зона разгрузки минерализованных грунтовых вод, влажность здесь повышена. На торфяных почвах, прилегающих к притеррасной части поймы (точка Т3), УГВ опускался в течение вегетационного периода до 80–100 см, в наиболее сухие периоды – до 107–110 см. Для более низких участков притеррасной части поймы (точка Т4) динамика УГВ в течение вегетационного периода сохранялась, но в целом УГВ повышался до 70–75 см, поднимаясь в самые влажные периоды почти до 50 см и снижаясь в наиболее сухие периоды до 78 см. На рисунке 4.2 видно, что наиболее высокая норма осушения характерна для торфяных почв, сформированных в центральной части поймы, наименьшая соответствует травяно-гипновым и, особенно, гипновым торфам притеррасной части поймы. Торфяные почвы центральной части, сформированные на разнотравно-древесных торфах, занимают промежуточное положение, но ближе к древесным торфам.

Указанные разновидности торфяных почв отличаются и влажностью почвенного профиля. Меньшая влажность отмечена для торфяных почв, сформированных на древесных торфах, максимальная – на торфяниках притеррасной части поймы. Для сравнения приводим влажность пахотных горизонтов на 27.06.07. На глубине 0–5 см эти величины составляют для торфяных почв центральной части 33,3 %; притеррасной – 49,8 %. На глубине 5–10 см влажность равна соответственно 80,7 и 105,2 %; на глубине 10–20 см – 113,9 и 118,4 %; для глубины 20–30 см соответственно 86,4 и 89,0 % (табл. 4.1).

Таблица 4.1. – Динамика влажности пахотного горизонта торфяных почв разного ландшафтно-экологического залегания по элементам поймы

Глубина, см	Сроки отбора						
	18.06	27.06	04.07	17.07	31.07	14.08	28.08
Торфяные почвы центральной части поймы							
0–5	47,49	33,26	57,94	53,05	60,68	47,62	37,22
5–10	46,44	80,70	87,40	124,31	79,11	83,97	96,40
10–20	106,40	113,90	143,05	96,53	81,52	65,86	87,27
20–30	71,17	86,43	139,06	90,12	100,84	97,49	123,68
Торфяные почвы притеррасной части поймы							
0–5	76,95	49,80	72,83	126,24	108,82	117,52	64,02
5–10	129,99	105,17	91,64	134,22	118,45	142,09	111,48
10–20	143,70	118,43	132,33	137,19	104,95	135,89	134,21
20–30	144,50	89,02	149,20	141,70	126,02	159,81	128,54

Уровень грунтовых вод и влажность почвы – одни из самых важных мелиоративных характеристик торфяных почв, определяющих во многом их важнейшие свойства: скорость разложения органического вещества торфа, деградацию торфяных почв, возможность возделывания определенных групп культур, пищевой режим почв и способность растений поглощать из почвы элементы питания. Эти показатели важны и для ведения сельскохозяйственного производства, соблюдения технологий выращивания овощных культур, ибо определяют начало проведения работ, зависящее от влажности и спелости почвы; их успешное выполнение на протяжении вегетационного периода, сроки и продолжительность уборки и т. п.

В прирусловой части поймы чисто торфяные почвы отсутствуют; здесь торф переслаивается с легкосуглинистыми аллювиальными отложениями и формируются торфоземы агроминеральные. Эти почвы хорошо дренированы, уровень грунтовых вод может быть на уровне или немного ниже, чем в центральной части поймы; в сухие периоды и годы может опускаться до 140 см. Для этих почв характерно более низкое содержание органического вещества, в пределах 22–32 % благодаря примесям минеральных частиц; степень разложения торфа более 35 %. Зольность составляет 55–80 %, кислотность выше, чем на остальных участках поймы (рН сол. 4,9–5,6). Эти почвы благоприятны для выращивания практически всех сельскохозяйственных культур, но требуют периодического поддерживающего известкования и внесения минеральных удобрений в соответствии с требованиями культур. Для землепользования Дмитровского отдела ФГБНУ ВНИИМЗ прирусловая часть поймы присутствует только на стационаре «Ближний» (контур IV – рис. 4.1).

4.1. Особенности микроклимата Яхромской поймы

Яхромская пойма простирается в длину на 30 км, с колебаниями в ширину в основном от 2 до 3 км, в районе землепользования Дмитровского отдела ФГБНУ ВНИИМЗ, в частности стационара «Дальний», – до 7–8 км. Разница в высотных отметках между наиболее высоким коренным массивом с востока и юго-востока долины и поверхностью поймы составляет до 100 м, то есть пойменные почвы

долины р. Яхромы расположены намного ниже почв террасы, кроме того, территория поймы открыта действию холодных северных ветров. Этот факт характеризует особенности микроклимата Яхромской долины, определяет характер проявления здесь заморозков, начало промерзания почв осенью и конец оттаивания весной, влияет на продолжительность вегетационного периода и сказывается на развитии произрастающих на пойме сельскохозяйственных культур.

Сопоставив среднемесячные многолетние данные по температуре воздуха и количеству осадков, выпадавших на водоразделе г. Дмитрова и на территории метеостанции ЦТБОС, И. Н. Скрынникова [335] пришла к выводу о том, что отличия показателей среднегодовых температур и количество выпадавших осадков на пойме и водораздельных участках незначительны. Основное различие микроклимата на пойме и водоразделе заключается в относительной влажности воздуха. Так, относительная влажность воздуха в 13 часов летом составляла на пойме 70–82 %, а на водораздельных участках – 54–62 %. Высокая относительная влажность воздуха в пределах поймы является характерным отличием долинного микроклимата и играет огромную роль как в жизнедеятельности растений, так, видимо, и в процессах почвообразования, особенно в годы с засушливым летним периодом. Обильные утренние росы летом, характерные для территории землепользования Дмитровского отдела ФГБНУ ВНИИМЗ, являются следствием этой особенности микроклимата. Ход изменений среднемесячных температур воздуха на водоразделе и в долине в течение года одинаков. Для пойм и водораздельных пространств Московской области характерны следующие температурные сезоны:

1. Холодный период (зимний) со среднесуточной температурой воздуха ниже -5°C ; начало периода – 30 октября, конец – 5 апреля. Длительность периода 5 месяцев 5 дней.
2. Переходный период (от холодного к теплему) – весенний: с температурой воздуха от -5°C до $+10^{\circ}\text{C}$; начало периода – 5 апреля, конец – 6 мая. Продолжительность 1 месяц.
3. Теплый период (летний) с температурой воздуха свыше $+10^{\circ}\text{C}$; начало – 5 мая, конец – 15 сентября. Продолжительность теплого периода 4 месяца 10 дней. Наиболее теплыми являются июнь, июль, август.
4. Переходный период (от теплого к холодному) – осенний, с температурой воздуха от $+10^{\circ}\text{C}$ до -5°C ; с 15 сентября по 30 октября, длительность периода 1,5 месяца.

Судя по многолетним данным, самым теплым месяцем в году является июль (в условиях Московской области среднесуточная температура $+17^{\circ}\text{C}$). Однако рассмотрение данных по среднемесячной температуре воздуха летнего периода в отдельные годы показывает, что вегетационные периоды отдельных лет могут значительно отличаться от средних многолетних – по осадкам, влажности воздуха и температуре почвы. Сравнение среднемноголетних данных по осадкам для поймы и водораздела показывает, что сумма осадков за год на пойме – 504 мм, а на водоразделе – 564 мм. Сумма осадков за вегетационный период на пойме выше (347 и 324 мм соответственно). Такое распределение осадков создает более благоприятные условия для произрастания сельскохозяйственных культур на пойме в теплые вегетационные периоды. В прохладные и сырые годы растения на пойме развиваются хуже, чем на водораздельных участках. В зимний период из-за выпадения здесь меньшего количества осадков в долине формируется неглубокий снеговой покров, который в суровые и малоснежные зимы не предохраняет верхние горизонты торфяных почв от более глубокого промерзания.

Избыток воды в пойменных, особенно в торфяных пойменных почвах, определяет условия их температурного режима. Промерзание торфяных почв с поверхности идет медленно и неглубоко: в теплые зимы до 30–35 см; в холодные зимы – редко более 50–60 см. В мерзлом состоянии поверхность почвы находится около 4 месяцев в году. Оттаивание торфяных почв происходит на 10–15 дней позднее, чем минеральных, благодаря их низкой теплопроводности.

Вегетационный период на пойме короче, чем на окружающих землях, так как почвы долины, тем более торфяные, позднее освобождаются от избытка влаги (в среднем на 2 недели) и позднее «спевают» для проведения сельскохозяйственных работ, так как медленнее прогреваются. Вследствие высокой влагоемкости торфяных почв и накопления в них влаги полевые работы осенью на пойме завершаются раньше на две недели, чем на территориях вне поймы.

Кроме того, необходимо учитывать, что, по средним многолетним данным, промерзание почвы на Яхромской пойме начинается относительно рано (в октябре), а оттаивание происходит только со второй половины апреля и продолжается почти весь май, а иногда отмечается и в июне. Заморозки в долине р. Яхромы в течение вегетационного периода повторяются очень часто, абсолютный минимум температуры на поверхности почвы бывает значительным. Интенсивность заморозков на поверхности торфяных почв в течение вегетационного периода по среднемноголетним данным может достигать: в апреле до -22°C , в мае -10° , июне $-5,5^{\circ}$, в июле $-1,2^{\circ}$, в августе $-4,5^{\circ}$, в сентябре $-9-10^{\circ}$, в октябре $-15-21^{\circ}\text{C}$.

4.2. Изучение трансформации почвенного покрова торфяных массивов полесий новыми методами. Изучение современных структур почвенного покрова с применением ГИС-технологий и статистического анализа. Геоинформационные системы

Геоинформационная система (ГИС) – это средство визуализации пространственной информации и возможность ее представления в динамическом режиме. ГИС начинают активно применяться в почвоведении и сельском хозяйстве, так как при обследовании почвенного покрова приходится работать с множеством пространственных данных: физических, биологических, агрохимических. Наглядное представление их в виде картосхем возможно с помощью таких программ, как MapInfo, Surfer и других, входящих в систему ГИС.

MapInfo Professional предназначена для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных и позволяет создавать и анализировать карты различного назначения. С помощью MapInfo можно решать сложные задачи географического анализа на основе реализации запросов и создания различных тематических карт, осуществлять связь с удаленными базами данных, экспортировать географические объекты и другие программные продукты. Для использования в ГИС данные должны быть преобразованы в подходящий цифровой формат. Процесс преобразования данных с бумажных карт в компьютерные файлы называется оцифровкой. Геоинформационная система MapInfo была разработана в начале 90-х годов. На сегодняшний день этот пакет наиболее распространен в нашей стране и является лидером компьютерной картографии. В своей работе мы используем эту программу для оцифровки сканированных растровых карт и помещения точек обследования на такую карту. После оцифровки карты становится возможным определение географических координат точек обследования в прошлые годы и обнаружение этих точек на местности с помощью навигатора. В дальнейшем для мониторинга и анализа произошедших изменений образцы отбираются и анализируются уже конкретно в этих точках. Расположение точек, в которых проводились многолетние наблюдения начиная с 1973 г., и их обозначения показаны на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3 – Карта стационаров ДО ФГБНУ ВНИИМЗ с указанием расположения точек опробования в 1973 г. и последующие годы:

1 – стационар «Ближний» (кварталы 1–5); 2 – стационар «Дальний» (кварталы 6–8). Нумерация точек состоит из двух частей: первая цифра – номер квартала, вторая – номер точки на участке

Достаточно часто приходится иметь дело с исходными данными, полученными для конкретных точек. Эти точки могут располагаться в разных местах исследуемой области в разные годы и у разных исследователей. Для сопоставления полученных в конкретные временные периоды значений необходимо использовать компьютерные программы геоинформационной системы. Наиболее популярна программа Surfer, которая производит перерасчет исходных данных, полученных в произвольных точках исследуемой области, на узлы регулярной прямоугольной сетки (grid). Этот метод пересчета называется gridding. Некоторые исследователи называют его интерполированием, что не совсем

верно. Наиболее распространенным методом интерполяции является Kriging. Число линий сетки по вертикали и горизонтали можно выбрать по желанию. Минимальные и максимальные значения координат XY должны совпадать с аналогичными у базовой карты, чтобы карта изолиний полностью покрывала базовую. В результате проведенного пересчета создается grid-file, в котором хранится информация о распределении того или иного свойства по узлам построенной сетки, то есть по площади, покрывающей исследуемый участок.

Как правило, регулярная сетка строится в прямоугольной области, ограниченной максимальными и минимальными значениями координат точек обследования. Однако площади обследования не всегда имеют прямоугольный вид. Более того, иногда необходимо представить в виде карты распределения того или иного свойства на нескольких участках, не имеющих общих границ. Для решения подобных задач в программе Surfer существует специальный вид данных – так называемые бланкованные области. Чтобы их создать, нужно оцифровать ту область, которую хотим исключить из обследования [294].

При мониторинге изменения свойств почвенного покрова необходимо выбирать шкалу для представления свойств одинаковой для каждого года обследования. Результатом проделанной работы является серия карт, которые можно визуальнo сопоставить друг с другом.

4.3. Пространственное распределение физико-химических и водно-физических свойств почв Яхромской долины

Большая часть используемых нами методов была опробована на стационарах «Ближний» и «Дальний», расположенных в долине р. Яхромы Дмитровского района Московской области. Подробно история формирования, освоения и изучения данного объекта была описана выше. Анализ почвенного покрова долины начнем с пространственного распределения зольности, содержания органического углерода, полевой влажности и кислотности пахотного горизонта участка «Ближний» (100 лет освоения), представленного на рисунке 4.4.

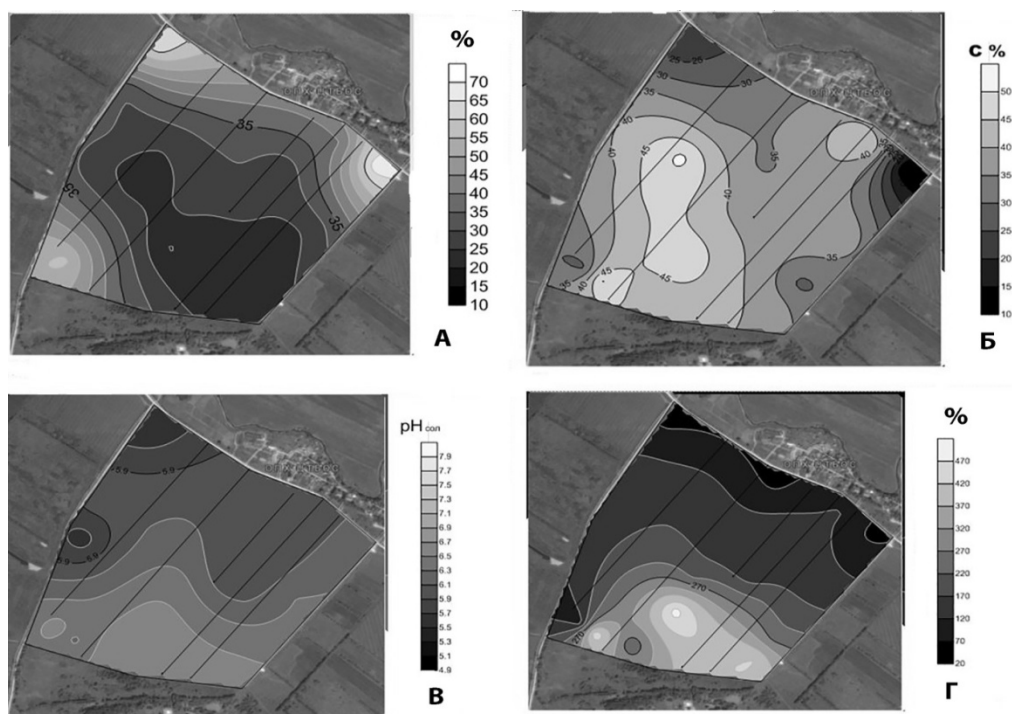


Рисунок 4.4 – Пространственное распределение физико-химических и водно-физических свойств пахотного горизонта торфяных почв: А – зольность (в %), Б – содержание органического углерода (в %), В – pH солевой вытяжки, Г – полевая влажность (в %). Участок «Ближний» (100 лет освоения)

С данным комплексом свойств, как будет показано далее, связаны агрохимические, микробиологические и другие особенности почв долины. Данные параметры и в настоящее время, после более чем 100 лет освоения, определяются положением исследуемых объектов в ландшафте. Целесообразно выделить участки прирусловой, центральной и притеррасной частей поймы. Так, в торфах прирусловой части поймы наблюдаются максимальная зольность и минимальное содержание органического углерода, поскольку здесь торф переслаивается аллювиальными наносами. В торфах центральной части поймы отмечено максимальное содержание углерода. Здесь почва формируется на мощных торфяниках древесного ботанического состава.

Максимальная влажность торфа наблюдается в притеррасной части, поскольку главной причиной переувлажнения поймы является внутритпочвенный сток с водораздела. Напротив, прирусловая часть имеет наименьшую влажность почвы за счет как дренирующего действия реки, так и меньшей влагоемкости агроминеральных торфоземов. Кислотность минимальна также в почвах притеррасной части поймы, так как они находятся в зоне разгрузки минерализованных грунтовых вод и обогащены карбонатными и карбонатно-железистыми отложениями.

Для почв стационара «Дальний» (освоен более 50 лет назад) отмечены меньшие максимальные значения зольности, влажности и большее содержание углерода (рис. 4.5). Кроме того, для почв этого участка характерна более низкая вариабельность этих показателей, ибо он целиком расположен в центральной части поймы и за счет этого более однороден. Здесь четко выделяется только пирогенный участок с резко сниженным содержанием углерода, повышенным содержанием зольности и более высокими показателями рН. Торфяные пожары на здесь происходили несколько раз около 20 лет назад. Область пирогенного торфа расположена на территории 7-го квартала и захватывает притеррасную и центральную части долины. На этой территории расположены точки обследования с номерами 10–13 (рис. 4.5).

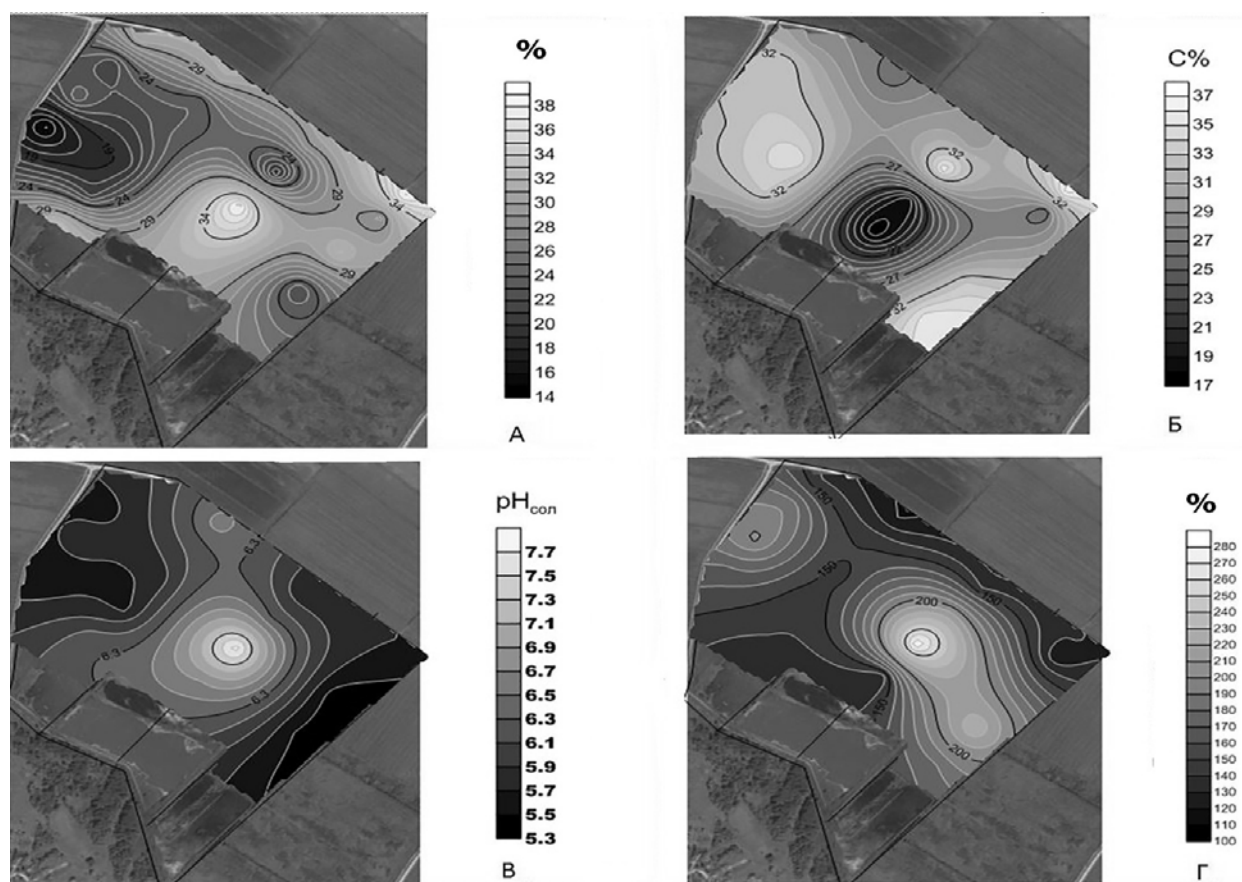


Рисунок 4.5 – Пространственное распределение физико-химических и водно-физических свойств пахотного горизонта торфяных почв: А – зольность (в %), Б – содержание органического углерода (в %), В – рН солевой вытяжки, Г – полевая влажность (в %). Участок «Дальний» (50 лет освоения)

4.4. Пространственное распределение агрохимических свойств почв

В пространственном распределении элементов питания, помимо исходных свойств торфа, имеет значение несколько факторов: разложение органического вещества торфа и освобождение при этом питательных веществ, в первую очередь минерального азота, а также внесение минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры. Для стационара «Ближний» (100 лет освоения) важен и третий фактор, влияющий на системность внесения удобрений: дренажная система здесь работает плохо, и он требует реконструкции мелиоративной сети. Во влажные и прохладные годы участок переувлажнен, и овощные культуры поэтому высеваются выборочно, а удобрения вносятся только там, где на данный момент высевается культура. Этот факт накладывает дополнительную пестроту на участке в распределении этих показателей. По картограммам (рис. 4.6) видно, что в пахотном горизонте участка «Ближний» содержание подвижных форм калия колеблется в пределах 50–100 мг/100 г почвы, фосфора – 15–50 мг/100 г.

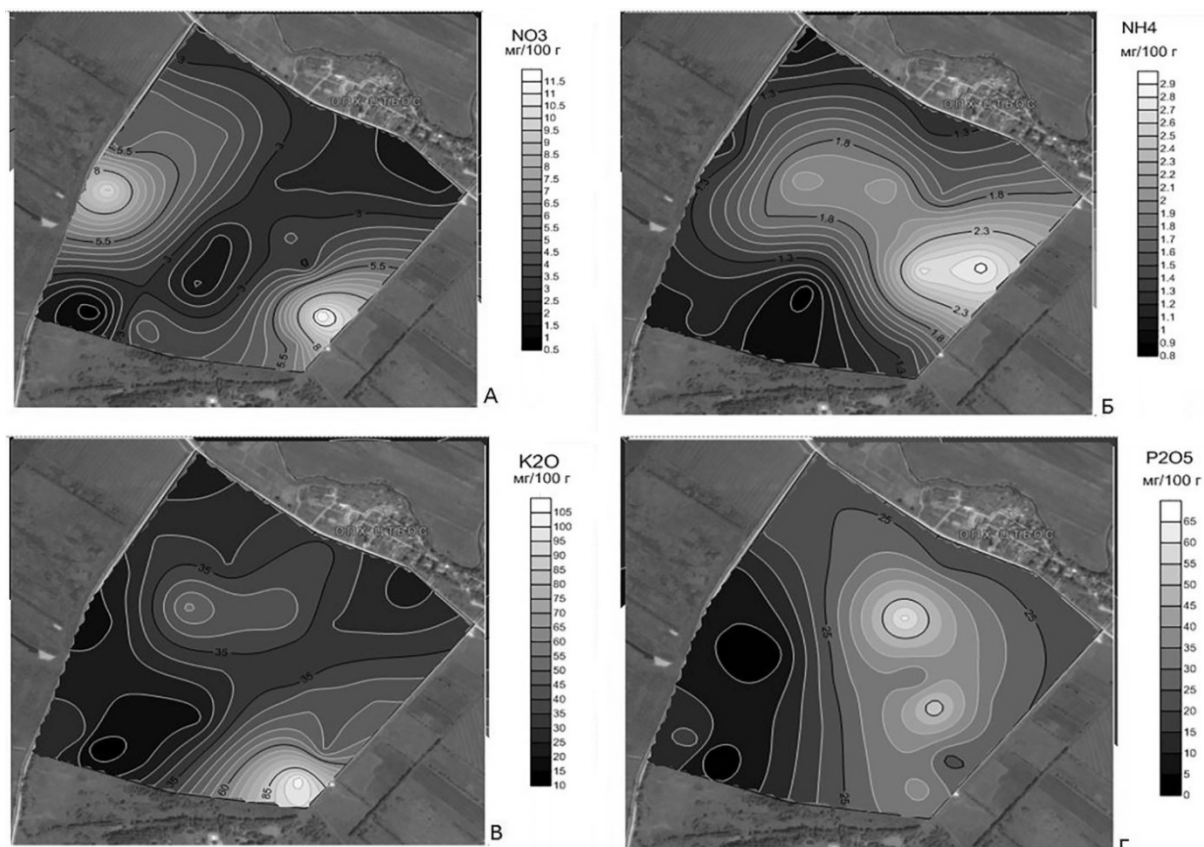


Рисунок 4.6 – **Пространственное распределение макроэлементов питания:** содержание нитратов (А), обменного аммония (Б), подвижного калия (В) и фосфора (Г) в мг/100 г почвы в пахотном горизонте торфяных почв участка «Ближний» (100 лет освоения)

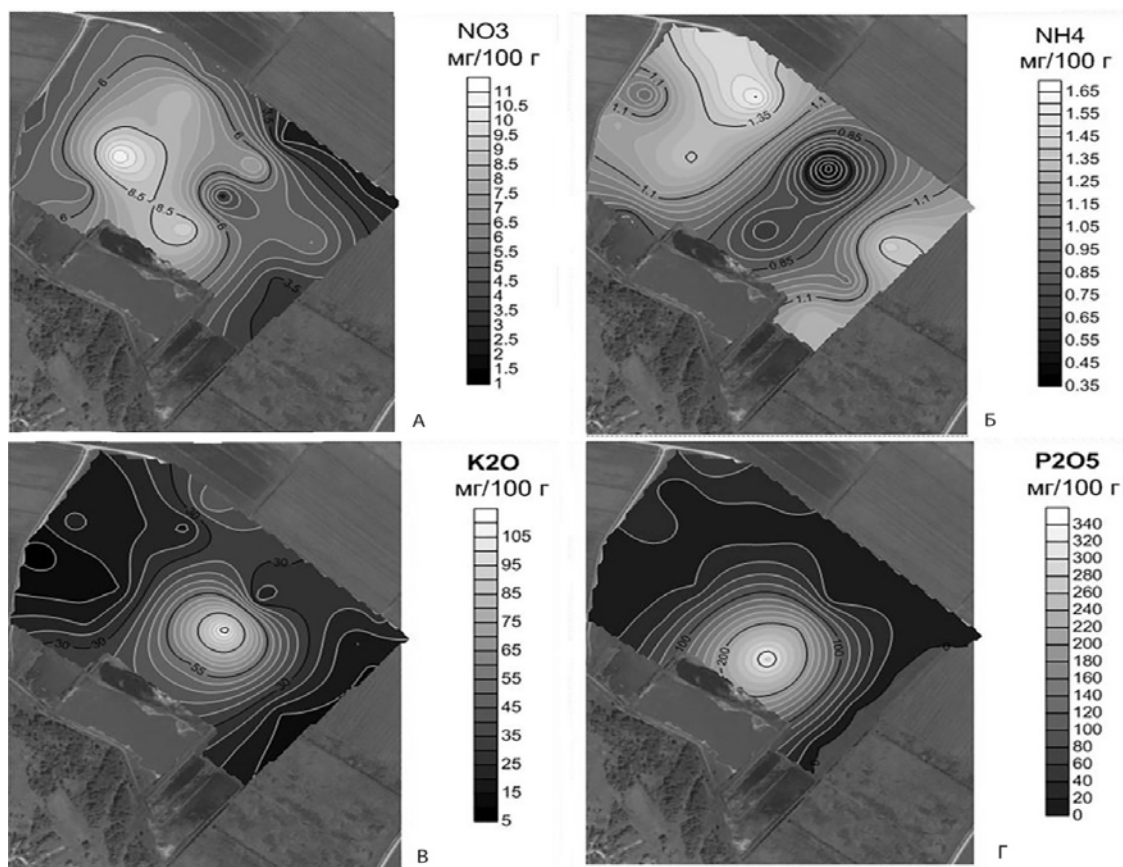


Рисунок 4.7 – **Пространственное распределение макроэлементов питания:** нитратов (А), обменного аммония (Б), подвижного калия (В) и фосфора (Г) в мг/100 г почвы в пахотном горизонте почв участка «Дальний» (50 лет освоения)

Содержание калия достигает максимума в юго-восточном углу участка на притеррасной пойме, что также можно связать с его накоплением под действием грунтовых вод. В распределении минерального азота в пахотном горизонте четко прослеживается закономерность, характерная для торфяных почв, на которых возделываются овощные культуры: соотношения аммонийного и нитратного азота значительно меньше единицы, что свидетельствует о неустойчивости торфяной агроэкосистемы.

Стационар «Дальний» вновь оказывается более однородным, за исключением пирогенного участка. За счет включения золы он содержит максимальное количество калия и фосфора (55–105 и 60–320 мг/100 г почвы) и минимальное количество аммиачного азота (рис. 4.7).

Обеспеченность минеральным азотом средняя для участка «Ближний» и повышается на участке «Дальний», особенно если говорить о его нитратных формах. Это связано с тем, что участок «Дальний» практически полностью расположен в центральной части поймы с мощной древесной и древесно-осоковой залежью. Это самая плодородная часть Яхромской поймы, и содержание органического вещества здесь особенно велико. При его постепенном разложении высвобождается большое количество соединений азота – прежде всего нитратов. Срок освоения стационара «Дальний» на 50 лет меньше, чем стационара «Ближний», поэтому запасы элементов питания здесь все еще выше.

Для торфяных почв стационара «Дальний» содержание обменного калия от 35–45 и подвижного фосфора от 20 до 40 мг/100 г почвы достаточно для формирования полноценного урожая овощных культур. Но даже на этом участке обнаружены точки с содержанием калия менее 15–25 и менее 20 мг/100 г почвы для фосфора, что явно требует дополнительного внесения минеральных удобрений.

4.5. Факторы современной структуры почвенного покрова долины реки Яхромы

Для количественного определения значимости факторов, определяющих закономерности распределения параметров почвенных свойств, были применены дискриминантный анализ, метод главных компонент и кластерный анализ. Использовалась компьютерная программа Statistica 8.0. Для анализа привлекались как агрохимические, так и микробиологические данные.

В ходе анализа по методу главных компонент были получены 4 независимых фактора, которые объясняют 75 % дисперсии. Затем по этим четырем главным компонентам был сделан кластерный анализ (метод Варда, расстояние Манхэттен), чтобы увидеть, на какие группы подразделяются наши объекты. На самом высоком уровне различия выделяются 2 кластера (рис. 4.8): почвы «Дальнего» (внизу) и почвы «Ближнего» (вверху), с которыми оказались сгруппированы сгоревшие участки «Дальнего» (7–10 и 7–11). На следующем уровне выделяется кластер со сгоревшими почвами «Дальнего» и почвами с притеррасной части «Ближнего» (1–2 и 3–14). Выделяется кластер объектов прирусловой поймы (1–5, 3–17 и 5–27). Неординарное включение характерно только для трех точек: 8–14, 8–19 и 1–3.

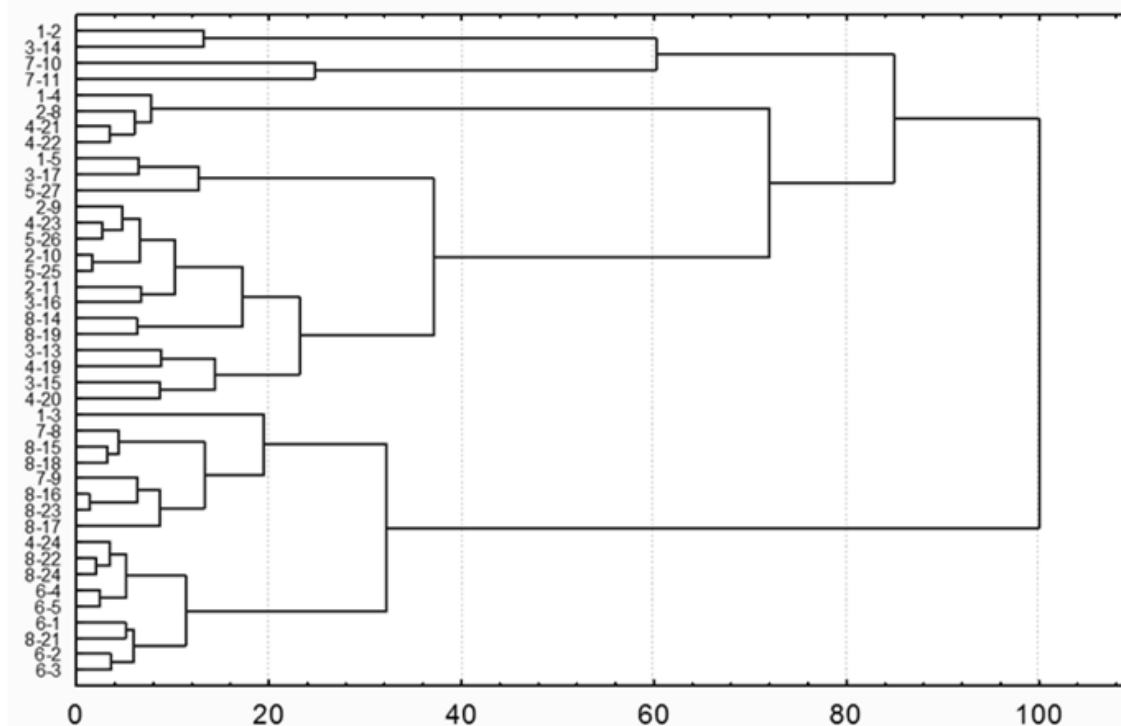


Рисунок 4.8 – Иерархическая классификация всех объектов по результатам кластерного анализа методом Варда с расстоянием Манхэттен

Таким образом, основными факторами, определяющими различия в свойствах пахотного горизонта изученных участков Яхромской долины, выступают приуроченность к участку «Ближний» или «Дальний», характер расположения участков – на прирусловой, центральной или притеррасной пойме и связанный с этим ботанический состав торфа. Причиной различий между участками может быть как различающийся в два раза возраст освоения, так и другая особенность: участок «Дальний» полностью расположен в центральной пойме на торфах древесного ботанического состава, тогда как «Ближний» захватывает также прирусловую и притеррасную часть.

Для анализа влияния исключительно возраста освоения были отдельно проанализированы образцы торфа только из центральной поймы одинакового древесного состава. В этот раз на самом высоком уровне был выделен кластер, объединяющий почвы 8-го квартала стационара «Дальний» и 2-го квартала стационара «Ближний», а также кластер со всеми остальными объектами (рис. 4.9).

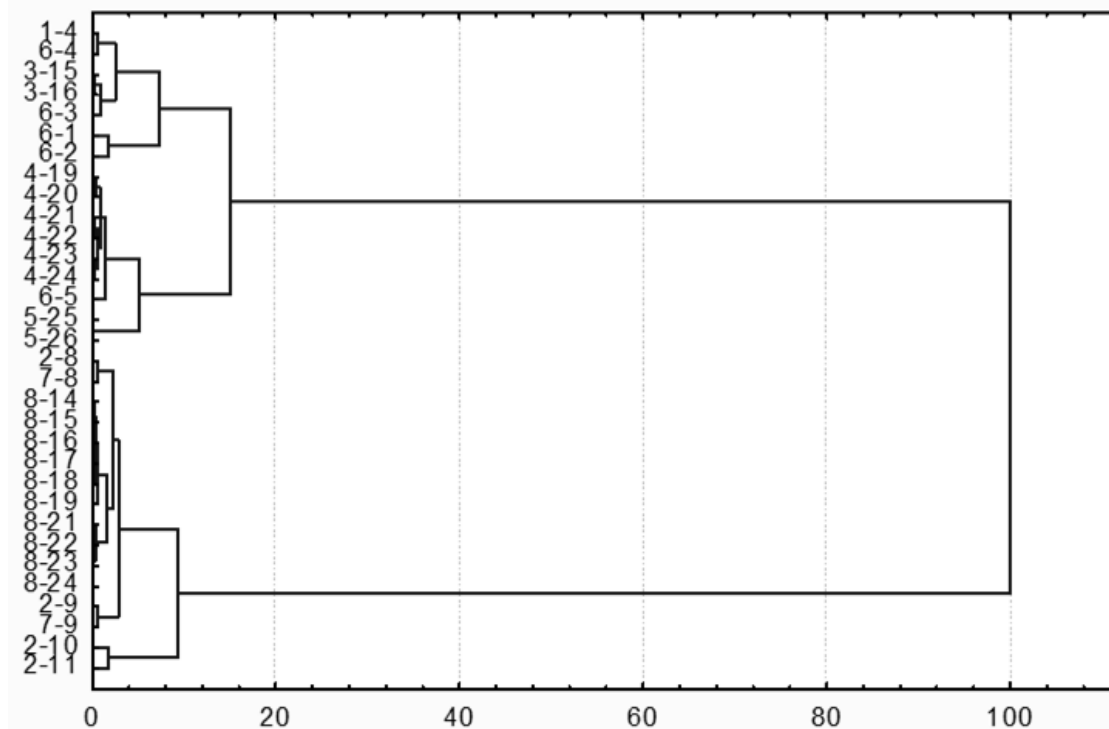


Рисунок 4.9– Иерархическая классификация объектов центральной поймы по результатам кластерного анализа методом Варда с расстоянием Манхэттен

Это можно связать с особенностями экспериментальной дренажной системы на 2-м квартале – в то время как на остальных кварталах был создан гончарный дренаж, 2-й квартал был осушен открытыми дренами. Со своей задачей они не справились, участок оставался переувлажнен – так что можно считать, что сближение по свойствам 8-го и 2-го кварталов связаны с меньшим возрастом освоения 8-го квартала и более щадящим режимом осушения 2-го квартала. Значит, влияющим на почвенный покров фактором в данном случае можно считать степень трансформации водно-воздушного режима участка, которая зависит не только от времени его эксплуатации, но и от способа осушения.

Нам не удалось выявить закономерностей, связанных с типом землепользования: ни участки, занятые одной культурой, ни заброшенные участки (занятые как травянистой растительностью, так и молодой лесной порослью) не группировались вместе. Очевидно, требуется время, чтобы подобные различия проявили себя в свойствах почвенного покрова.

4.6. Микробные процессы образования и поглощения парниковых газов

Как и в предыдущем разделе, отбор образцов проводился из пахотного горизонта в точках, отмеченных на рис. 4.3. Картирование распределения свойств по площади исследуемых участков осуществлялось в программе Surfer версии 13.

4.6.1. Методы газовой хроматографии

Газовая хроматография уже прочно вошла в обиход микробиологических исследований, поскольку позволяет определить метаболическую активность ряда функциональных групп микроорганизмов в поле, в почвенных образцах и чистых культурах. В ходе работы определяли концентрации

углекислого газа на хроматографе с детектором по теплопроводности (катарометром), закиси азота на детекторе электронного захвата, метана и этилена на пламенно-ионизационном детекторе. Применялись модели 3700/4 Московского опытного завода «Хроматограф», Chrom-4, а также Кристалл-2000 и Кристалл-5000 производства фирмы «Хроматэк».

Опыты проводились в микрокосмах. Для этого 2 г органогенных или 5 г минеральных горизонтов помещали в пенициллиновые флаконы объемом 15 мл. Флаконы закрывали резиновыми пробками и инкубировали при температуре 28 °С в течение нескольких часов или суток, после чего шприцом отбирали образец газовой фазы во флаконе и анализировали. Использовались свежие образцы при естественной влажности, до анализа они хранились в холодильнике. Актуальную активность процессов (в том числе базального дыхания – БД) определяли по накоплению газов во флаконе с образцами. Для измерения субстрат-индуцированного дыхания (СИД) в почву добавляли раствор глюкозы (2,5 мг/г). При определении скорости метаногенеза, помимо добавления глюкозы во флаконе, создавали анаэробные условия путем продувки его аргоном.

Активность денитрификации почв определяли ацетиленовым методом [249]. Во флаконы с навесками почвы добавляли раствор глюкозы и калийной селитры (2,5 мг $C_6H_{12}O_6$ + 0,4 мг KNO_3 /г почвы), газовую фазу замещали аргоном, вводили 1 мл ацетилена и инкубировали в термостате. Активность денитрификации оценивали по накоплению в газовой фазе закиси азота. Поглощение закиси азота при этих условиях было блокировано ацетиленом.

Для определения потенциальной интенсивности азотфиксации образцы почв инкубировались сутки с добавлением 10 мг/г глюкозы, после чего флаконы закрывали резиновыми крышками и в них вводили 0,5 мл ацетилена. Нитрогеназа катализирует реакцию превращения ацетилена в этилен, поэтому по количеству образовавшегося этилена может быть оценена ее активность.

4.7. Пространственное распределение интенсивности микробиологических процессов

Разложение торфа на поздних сроках использования торфоземов представляет собой преимущественно микробиологический процесс. Эмиссия парниковых газов торфяными почвами является ничем иным, как обратной стороной их минерализации, потерь органического вещества (CO_2) или азотных удобрений (N_2O). Эта проблема имеет не только глобальное приложение, но и вполне конкретное, заключающееся в сохранении почвенного плодородия на локальной территории. Остановимся на некоторых особенностях этих процессов, необходимых для пояснения изменения свойств торфоземов в процессе длительного постмелиоративного использования.

Картограммы пространственного распределения интенсивности микробиологических процессов в пахотном горизонте участка «Ближний» (100 лет освоения) представлены на рисунке 4.10.

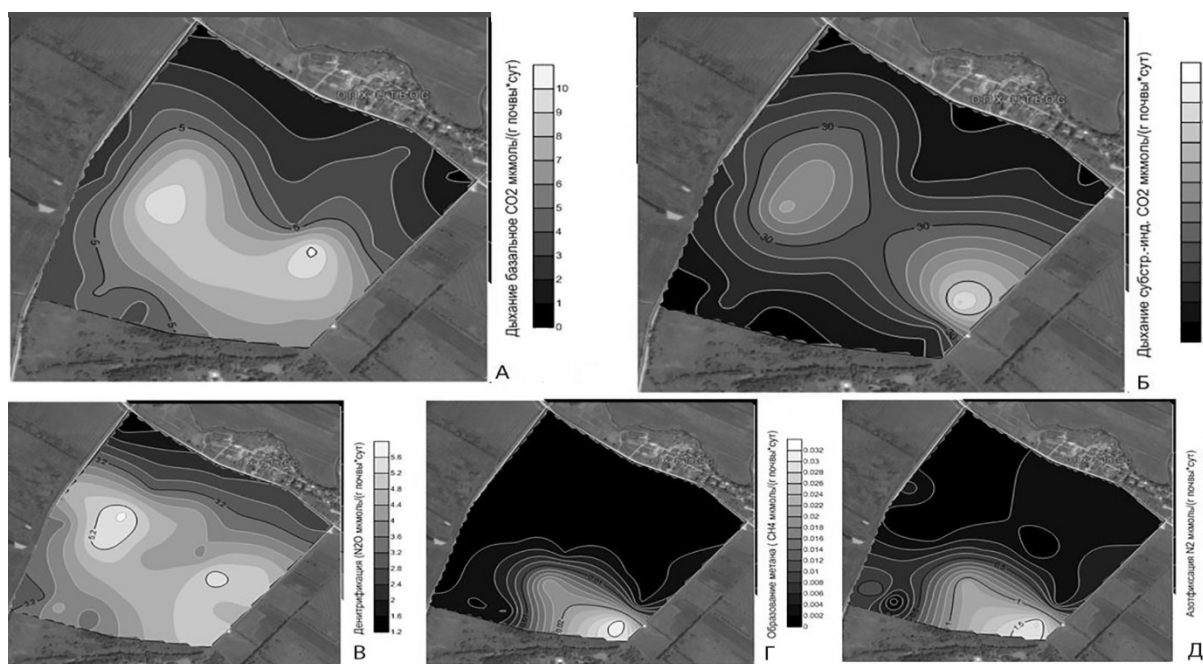


Рисунок 4.10 – Пространственное распределение интенсивности базального дыхания (А), субстрат-индуцированного дыхания (Б), денитрификации (В), метаногенеза (Г), азотфиксации (Д) в перерасчете на абсолютно сухую массу почвы (в $\mu\text{моль/г почвы}\cdot\text{сут}$) пахотного горизонта участка «Ближний» (100 лет освоения)

Максимальные показатели базального и субстрат-индуцированного дыхания, а также денитрификации для стационара «Ближний» приурочены к центральной части поймы и области распространения торфов древесного ботанического состава с высоким содержанием органического вещества и минерального азота. Активность процессов метанообразования и азотфиксации максимальна в притеррасной части поймы на торфяных почвах разнотравно-гипнового и гипнового состава, в зоне разгрузки минерализованных грунтовых вод, поступающих с водораздела.

Картограммы пространственного распределения интенсивности микробиологических процессов на участке «Дальний» (срок освоения – 50 лет) представлены на рисунке 4.11. В этом отношении участок также более однороден. Для него характерна большая активность метанообразования и меньшая активность азотфиксации по сравнению с «Ближним». Участки с минимумом для базального и субстрат-индуцированного дыхания и денитрификации совпадают – это область пирогенных торфяников, сгоревших около 20 лет назад и в настоящее время пребывающих под луговой растительностью. Участок с максимальной активностью базального дыхания соответствует максимальной активности денитрификации – интересно, что это тоже пирогенный торфяник, но впоследствии заросший лесом.

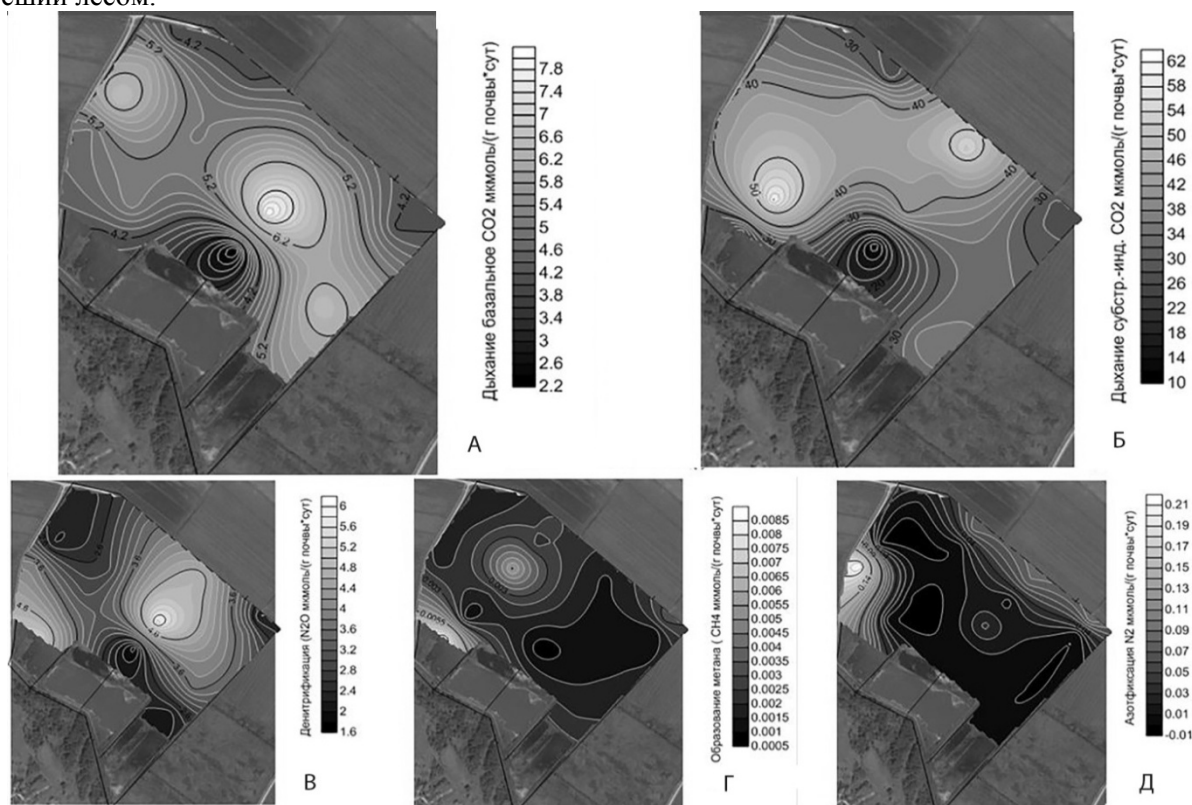


Рисунок 4.11 – Пространственное распределение интенсивности БД (А), СИД (Б), денитрификации (В), метаногенеза (Г), азотфиксации (Д) в перерасчете на абсолютно-сухую массу почвы (в мкмоль/г*сут) пахотного горизонта участка «Дальний» (50 лет освоения)

4.8. Анаэробное окисление метана в торфоземах Яхромской долины

Аэробное окисление метана не является единственным путем поглощения этого парникового газа микроорганизмами. В последние десятилетия ведутся интенсивные исследования процесса анаэробного окисления метана за счет таких окислителей, как сульфаты, нитраты, нитриты и т. д. Абсолютное большинство работ, однако, проведено на примере водных местообитаний. Предполагается, что микроорганизмами донных отложений Мирового океана анаэробно окисляются от 75 до 300 Тг CH_4 в год (Hinrichs, Voetius, 2002). Эти значения не только многократно превосходят интенсивность итогового поступления метана из океана в атмосферу (около 10–15 Тг/год), но и оказываются сопоставимы с общей его эмиссией (около 500–600 Тг/год) [429]. Тем не менее попыток оценить значение анаэробного окисления в наземных экосистемах, в том числе в почвах, пока не предпринималось.

К настоящему моменту установлено, что процесс имеет полностью биологическую природу, и доказано существование, по меньшей мере, двух его типов: сопряженного с сульфатредукцией и с денитрификацией. Первый процесс изучен более полно, относительно второго пока имеется лишь несколько работ. Сочетая изотопные и молекулярные методы, удалось установить, что он проводится

консорциумом архей и бактерий-сульфатредукторов, причем археи предположительно используют для окисления метана ферменты метаногенеза, катализирующие не прямые, а обратные реакции [416, 424].

Для измерения анаэробного поглощения метана была применена оригинальная методика, сходная с использованной S. Kumaraswamy et al. [436]. Оценивался отклик поглощения метана на внесение в почву акцептора электрона, в их качестве использовали нитрат калия и сульфат натрия, для которых была доказана возможность окисления метана. Количество добавляемого в почву KNO_3 составляло 0,4 мг/г, как и в случае определения денитрификации. Исходя из того, что нитрат восстановится до $\frac{1}{2} \text{N}_2\text{O}$, став акцептором 4 электронов, рассчитали эквивалентное количество сульфата натрия – 0,3 мг/г, считая, что сульфат будет восстановлен до сульфида (характерно для *Desulfosarcina*, *Desulfococcus* и *Desulfolobus*), получив 8 электронов. Исходная концентрация метана, добавленного в газовую фазу флакона, составляла около 300–500 ppm и измерялась перед началом инкубации.

Интенсивность поглощения метана образцами торфоземов возрастала при добавлении нитратов и сульфатов в среднем на четверть. Можно выдвинуть следующие объяснения данного прироста, помимо стимулирования анаэробных метанотрофов акцепторами электрона. Это стимулирование их улучшением условий минерального питания; увеличение соокисления метана при росте анаэробов на иных субстратах; активность обыкновенных аэробных метанотрофов, использующих остаточный кислород во флаконах.

Активность аэробных метанотрофов мы считаем возможным исключить. Введение нами во флаконы ацетилена, являющегося ингибитором обеих форм метанмонооксигеназы, позволяет ожидать полного их подавления [66, 449, 434]. Ферментный комплекс аэробных метанотрофов полностью и необратимо разрушается под действием ацетилена, и активность этих организмов отчасти восстанавливается лишь в течение нескольких суток после удаления газа [445].

Оценка остаточной концентрации кислорода также свидетельствует о невозможности протекания аэробного окисления метана даже в гипотетических микрizonaх, куда мог не продиффундировать ацетилен. Оптимум для аэробных метанотрофов составляет от 15 до 45 % кислорода; при концентрации менее 1 % наблюдается подавление развития исследованных в этом отношении культур [65]. В нашем исследовании содержание кислорода составляло еще меньше – от 0,05 до 0,4 %, какой-либо зависимости поглощения метана от содержания кислорода выявлено не было. Наконец, наиболее важен тот факт, что без вытеснения воздуха аргоном и без внесения ацетилена, измеряя обычное аэробное окисление метана, мы не смогли обнаружить значимого прироста окисления от внесения нитратов и сульфатов, даже наоборот, в ряде случаев наблюдали его снижение.

При добавлении глюкозы в вариантах с внесением нитрата и сульфата прирост поглощения метана оказывался заметно меньшим. Можно заключить, что поглощение метана проводится именно специфическими автотрофными организмами, конкурирующими с гетеротрофами за акцептор электрона.

Поскольку в случае с нитратами увеличение поглощения метана могли вызвать улучшившиеся условия азотного питания, в один из вариантов опыта был добавлен хлорид аммония. Для одинакового количества добавленных молей азота его масса составляла 0,21 мг/г – но это также не вызвало прироста поглощения метана. Чтобы определить масштабы соокисления метана в анаэробных условиях микроорганизмами при использовании иных субстратов, была проведена также серия опытов с добавлением во все варианты глюкозы.

Кроме того, изучалось изменение денитрификации при добавлении в газовую фазу флакона больших количеств метана. Для этого образцы подготавливали аналогично описанной выше методике определения денитрификации. Газовая фаза флаконов другой серии образцов замещалась метаном. Глюкоза в обоих случаях не добавлялась. Наблюдалось увеличение интенсивности денитрификации при добавлении метана в газовую фазу. Это еще раз доказывает, что метан является одним из субстратов для денитрификаторов.

С помощью радиоизотопного метода мы проследили судьбу меченого по углероду метана после поглощения его почвой из газовой фазы. Для этого во флакон с почвенным образцом с помощью микрошприца вносили 50 мкл раствора $^{14}\text{CH}_4$ (3 мкКю) и инкубировали при комнатной температуре в течение 48 часов. Затем пробу фиксировали 1 мл 2н раствора КОН и хранили при -18°C до анализа. Разделение и анализ образовавшихся ^{14}C -продуктов проводились согласно принятой методике [65]. Меченая углекислота отгонялась в течение 1 часа в системе для отгонки с обратным холодильником в токе аргона при слабом кипячении. $^{14}\text{CO}_2$ улавливалась ловушками с 10%-ным раствором 2-фенилаланина в толуольной сцинтилляционной жидкости ЖС-106 (Монокристалл, Украина). После удаления летучих продуктов определяли включение ^{14}C в органическое вещество, используя метод

«мокрого» сжигания до $^{14}\text{CO}_2$ в присутствии $\text{K}_2\text{S}_3\text{O}_8$ при 105 °С. Радиоактивность определялась на жидкостном сцинтилляционном счетчике RackBeta 1219 (LKB, Швеция).

Прежде всего выяснили, что включение изотопа ^{14}C в микробную биомассу значимо не меняется от добавления акцепторов электрона, зато эффект акцепторов на включение ^{14}C в CO_2 , то есть непосредственно на окисление метана, весьма ярко выражен (рис. 4.12). Это согласуется с представлениями о том, что анаэробное окисление метана является процессом энергетически малоэффективным, поэтому микроорганизмы вынуждены перерабатывать большие объемы газа, но прирост их биомассы крайне низок.

Таким образом, наиболее вероятное объяснение указанной закономерности – стимулирование анаэробных метанотрофов внесением доступных акцепторов электрона.

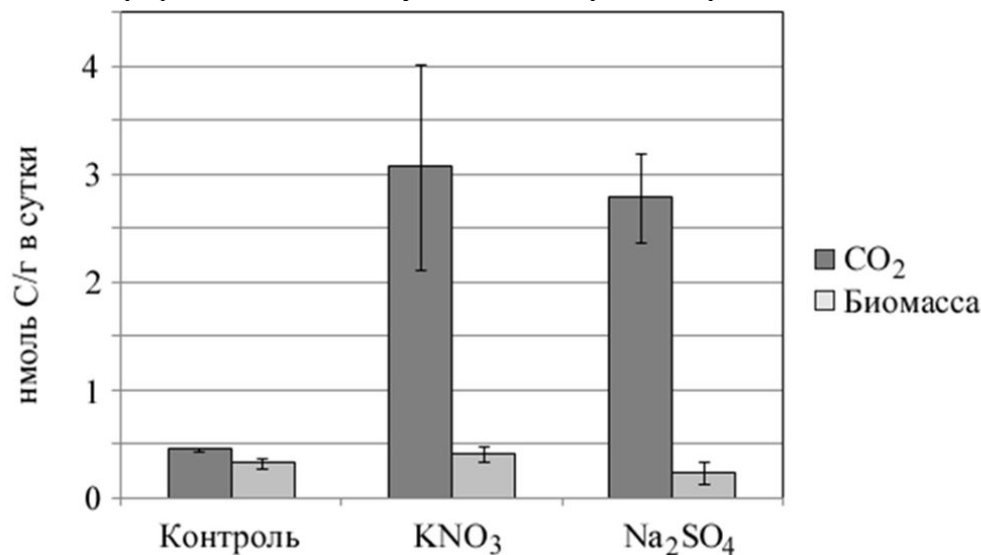


Рисунок 4.12 – Интенсивность включения углерода метана в CO_2 газовой фазы и микробную биомассу после инкубации в анаэробных условиях

Учитывая отсутствие работ, посвящённых анаэробному окислению метана в автоморфных почвах, нами был исследован образец дерново-подзолистой почвы водораздела той же почвенно-климатической зоны. Для него также оказались характерны прирост поглощения метана в анаэробных условиях при добавлении нитратов и сульфатов, нивелирующиеся под действием глюкозы, а также увеличение денитрификации при введении в газовую фазу метана. Основные отличия могут быть сведены к следующему: во-первых, выявлено малое поглощение метана в контроле, сопоставимое со значениями, наблюдаемыми в обогащенных минеральными наносами почвах прирусловой части Яхромской поймы. Во-вторых, относительный прирост поглощения метана при добавлении нитратов превышал здесь все аналогичные значения, рассчитанные для торфяных почв, достигая значений в 2,6 раза. Абсолютный прирост при этом соответствовал средним значениям для торфяных почв. Исходя из изложенного можно отметить, что проводящие процесс микроорганизмы присутствуют и в дерново-подзолистых почвах, функционируя в анаэробных зонах агрегатов и окисляя биогенный метан. Но здесь метан является менее важным субстратом для анаэробов, чем в осушенных торфяных почвах; меньшее число организмов проводят его анаэробное окисление в обычных условиях, значительно увеличивается их активность при устранении лимитирования по азоту. В связи с этим от дерново-подзолистых почв можно ожидать более резких изменений в структуре микробного сообщества при помещении их в условия, благоприятные для анаэробного окисления метана, чем от торфяных почв. Отличия сообщества, сформировавшегося после вызванной таким образом сукцессии, будут в большей степени обусловлены развитием анаэробных метанотрофов. Такая сукцессия была нами запущена и изучена методом FISH.

С добавлением нитратов и сульфатов наблюдалось снижение абсолютной численности учитываемых клеток бактерий в 1,8–3,1 раза по сравнению с контролем при одновременном возрастании численности архей в 2,1–2,5 раза (рис. 4.13). Это вызывало изменение в структуре прокариотного сообщества почвы. Если в контроле доля архей не превышала 7 %, то в варианте с нитратами она достигала 20 %, а в варианте с сульфатами – более 35 %.

Полученные данные хорошо согласуются с представлениями о структуре микробного комплекса анаэробного окисления метана, сформировавшимся при изучении донных отложений. В состав консорциума, производящего окисление метана при помощи сульфатов, входит в среднем 100 клеток

архей групп ANME и 200 зубактерий-сульфатредукторов [426]. При использовании в качестве акцептора электронов нитратов и нитритов соотношение зубактерий к археям оказалось шире и установилось равным 8 : 1 [453], а через продолжительное время культивации археи оказались вовсе элиминированы [416]. В нашем исследовании в образце с нитратами сохранялась заметно большая популяция зубактерий по сравнению с сульфатами.

Для определения почвенных факторов, влияющих на развитие анаэробных метанотрофов в осушенных торфяных почвах, нами была произведена оценка пространственного распределения активности этого процесса на участке «Ближний» (рис. 4.14). Использовались два показателя – общее поглощение метана в контроле и отклик почвенного микробного сообщества на внесение нитратов как более значимого акцептора электронов в торфяных почвах.

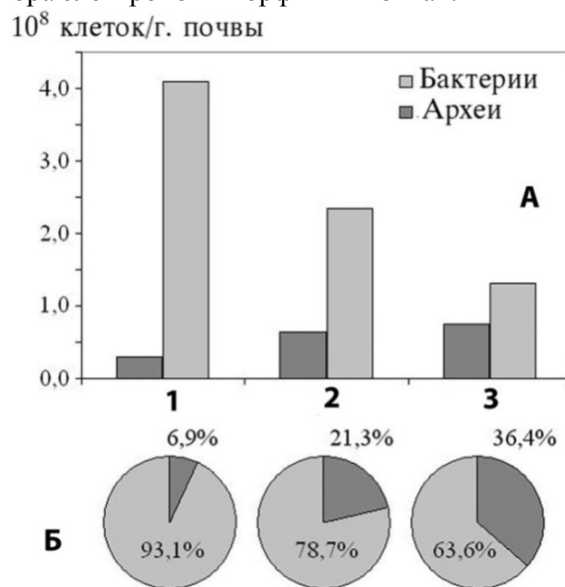


Рисунок 4.13 – Изменение численности (А) и соотношения бактерий и архей (Б) в микробном сообществе при добавлении субстратов анаэробного окисления метана:
1 – контроль; 2 – метан и нитраты; 3 – метан и сульфаты

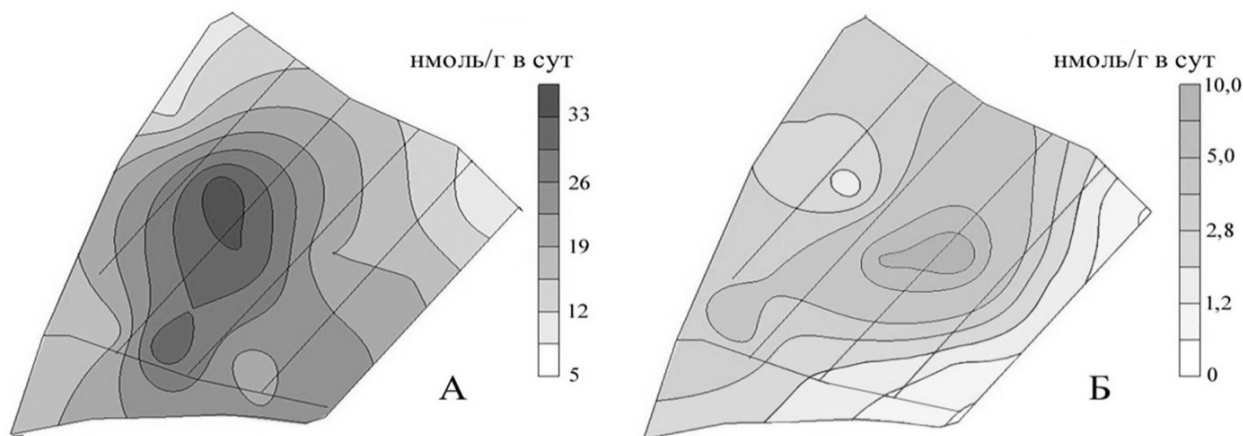


Рисунок 4.14 – Распределение в пахотном горизонте почв участка «Ближний»:
А – величин поглощения метана в контроле, Б – прироста поглощения метана при добавлении KNO₃

Поглощение метана в контроле принимало значения от 6,8 до 35,7 нмоль/г сут (в среднем 18,7 нмоль/г сут), отклик во всех образцах оказался положительным и составил от 0,3 до 8,6 нмоль/г сут (в среднем 3,8 нмоль/г сут). Какой-либо зависимости прироста поглощения метана от контрольных значений для того же образца не выявлено, он составлял относительно контроля от 2,3 до 65,7 % (в среднем 26 %). Эти величины в осушенных торфяных почвах оказались на несколько порядков меньше, чем данные, полученные по близкой методике для затопленных почв рисовников: 40 мкмоль/г сут в контрольном варианте, 170 мкмоль/г сут при добавлении нитрата калия [436]. Для нескольких неосушенных торфяных почв значение средней скорости анаэробного окисления метана составило 17 нмоль/кг сек, что соответствует около 1,5 мкмоль/г сут [459].

Обнаружено, что наибольших величин оба показателя достигают в центральной пойме, при этом карта прироста поглощения метана при добавлении нитратов накладывается на карту содержания нитратов таким образом, что максимум прироста отмечается в области минимального содержания нитратов. Это может свидетельствовать о том, что анаэробные метанотрофы представлены во всех почвах участка, но их развитие лимитировано доступностью акцептора электрона.

Метаногенез и анаэробное окисление метана могут быть сопряжены не только *in situ*, но и *in vitro*. Таким образом, измеряя даже в микрокосмах скорость образования метана, мы можем измерять на самом деле некую равнодействующую скоростей метаногенеза и анаэробного окисления новообразованного метана. И если окисляется большая часть метана, а, например, в морских осадках его окисляется до 80–90 %, то именно варьирование скоростей анаэробного окисления метана может оказывать определяющее влияние на выделение этого парникового газа из анаэробных зон почвы. Отчасти это может объяснять тот факт, что старопашотные торфяные почвы 100-летнего возраста освоения на большей части участка показали нулевую величину потенциальной активности метанобразования, тогда как при 50 годах освоения эта активность везде выше нуля. В почвах более молодого участка выше содержание нитратов, но выше и содержание доступных форм органического вещества, поэтому у микроорганизмов нет нужды использовать метан как субстрат для денитрификации.

4.9. Таксономическая и функциональная структура микробных сообществ осушенных торфяных почв. Трансформация микробных сообществ торфоземов при длительных и интенсивных антропогенных нагрузках

Длительное использование торфоземов под овощные и кормовые культуры в условиях применения интенсивных технологий внесло значительные изменения и в структуру микробиоценоза, и в его функциональную деятельность.

Сельскохозяйственное использование осушенных торфяных почв требует особого внимания к микробиологическим процессам циклов азота и углерода, поскольку существует опасность быстрой деградации почв в связи с минерализацией торфа. Микроорганизмы участвуют также в процессах восстановления почвенного плодородия и самоочищения, ввиду чего изучение функционирования микробного населения в торфяных почвах является важной и актуальной задачей.

Между тем исследованию микробиологии осушенных торфяных почв исторически уделялось несправедливо мало внимания. В архивах МОБОС, ЦТБОС и позднее Дмитровского отдела ФГБНУ ВНИИМЗ сохранились обширные материалы, посвященные изучению агрохимических и агрофизических свойств, ботанические описания и т. д. практически с самого начала осушения долины реки Яхромы в 1906 г. [284]. При этом микробиологическое обследование почв данного участка началось только в 1960-е годы, когда он был уже значительный период времени осушен, а его исходное микробное население замещено. Отчасти это объясняется общим состоянием микробиологии торфов как научного направления: в первых же работах ЦТБОС по этой теме отмечается наличие лишь разрозненных исследований, касающихся только какого-нибудь одного вида торфа и носящих пионерный характер [255].

Однако именно в это время происходит строительство дренажной сети расположенного к северо-западу участка «Дальний», так что там микробиологам ЦТБОС удалось проследить изменения, происходящие в первые десятилетия после осушения. Первоначально осушенные торфяные почвы отличались высоким разнообразием микроорганизмов. Исходное содержание актиномицетов в момент осушения составляло только 15 %; среди них фиксировалось обилие пигментных форм – это больше характерно для видов, обитающих на поверхности растений и случайно попавших в почву. Через 20 лет после осушения в микробных сообществах резко доминировали актиномицеты, составляя до 80 % численности. Прочие группы микроорганизмов снижали свою численность или вовсе исчезали [219]. Связывались произошедшие изменения прежде всего с исчерпанием запасов легкодоступной органики в ходе минерализации торфа и сдвигом в микробном сообществе в сторону гидролитиков. По коэффициентам олиготрофности старопашотный торфяник обеднен легкоподвижными формами органики и легкогидролизуемым азотом и в сравнении с 1970-ми годами ниже в 7–10 раз [198].

Значительная роль актиномицетов, их высокая численность и разнообразие сохраняются и на более поздних сроках освоения. Торфоземы участка «Дальний», имеющие более короткую историю освоения, чем «Ближний» (50 лет против 100), проявляют существенные отличия от последнего. На участке «Дальний» общая численность актиномицетов, учтенных с помощью посева на питательные среды, составила $1,2\text{--}1,7 \cdot 10^6$ КОЕ/г, тогда как на участке «Ближний» – $1,5\text{--}2,6 \cdot 10^6$ КОЕ/г. По сравнению с другими изученными почвами Южной тайги осушенные торфяные почвы Яхромской поймы

100-летнего срока освоения оказались наиболее богатыми актиномицетами. При этом в их составе обнаружено значительно число психротолерантных форм, что отражает тенденцию к разложению почвенного органического вещества, доступного круглогодично. Из старопашотных торфяников были выделены редкие в других экосистемах виды актиномицетов – *Streptomyces violaceoruber*, *Streptomyces lavendulae*. Поэтому почвы Яхромской поймы интересны как источник для выделения новых видов актиномицетов, которые, возможно, будут полезны в биотехнологии для синтеза антибиотиков и т. п.

Однако потенциальная продукция углекислого газа в верхнем горизонте участка «Дальний» превышает значения, наблюдаемые на участке «Ближний»: $20,86 \pm 2,29$ мкм/г*сут против $14,22 \pm 1,5$ мкм/г*сут, что указывает на большую физиологическую активность и биомассу аэробных микроорганизмов (табл. 4.2). В среднем выше оказались и скорости образования метана. Такие же данные получены и для актуальной полевой эмиссии CO_2 и CH_4 . Можно констатировать, что между 50 и 100 годами освоения торфяного массива, общая скорость протекания минерализации снижается. Разрушению начинают подвергаться наиболее устойчивые его компоненты.

Таблица 4.2 – Значения некоторых свойств торфоземов, сгруппированные по почвенным ареалам на торфах разного ботанического состава и связанных с потенциальным дыханием

Дальний	Зольность, %	Углерод, %	Потенциальное дыхание, мкм/г сут
I	$22,88 \pm 10,75$	$33,47 \pm 7,97$	$15,34 \pm 6,42$
II	$26,39 \pm 3,57$	$31,6 \pm 2,71$	$22,88 \pm 1,08$
III	$27,54 \pm 2,93$	$33,86 \pm 3,48$	$21,52 \pm 1,44$
Ближний			
I	$38,48 \pm 4,74$	$24,82 \pm 2,98$	$13,44 \pm 1,63$
II-III	$32,77 \pm 2,5$	$27,02 \pm 1,63$	$16,39 \pm 1,53$
IV	$54,3 \pm 8,23$	$16,12 \pm 3,13$	$12 \pm 2,02$

Тот факт, что прирост численности актиномицетов не вызывает увеличения эмиссии CO_2 , объясняется одновременным подавлением сапротрофных групп микроорганизмов, в основном ответственных за образование углекислого газа ранее. Нивелировка их влияния приводит к тому, что в рамках участка «Ближний» намечается прямая зависимость эмиссии CO_2 от численности актиномицетов. Так, своего максимума обе величины достигают на 1-м и 4-м кварталах (рис. 4.15), а минимума – на 2-м и 5-м. Очевидно, к поздним срокам освоения именно актиномицеты становятся основными деструкторами торфяной массы, и именно их деятельность наибольшим образом влияет на эмиссию CO_2 из торфяной почвы.

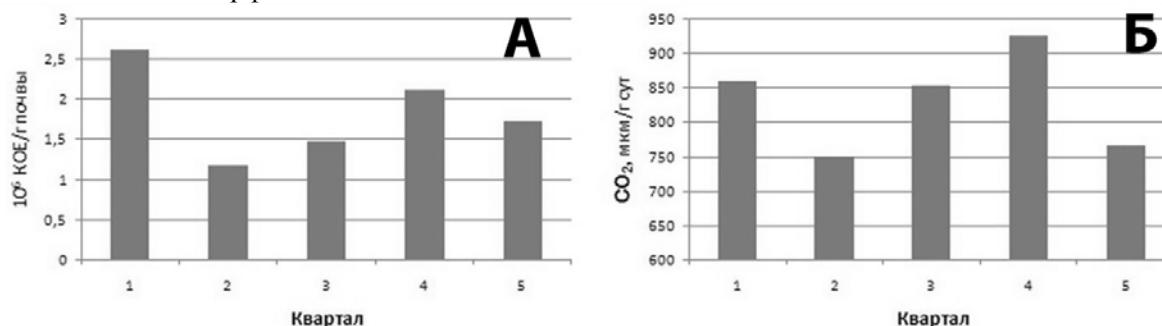


Рисунок 4.15 – Диаграмма поквартального распределения численности актиномицетов (А) и эмиссии CO_2 (Б) на участке «Ближний»

Уменьшение интенсивности дыхания и структурные перестройки в бактериальном сообществе связываются, таким образом, с истощением запасов органики, а также изменением ее качественного состава. Процессы, приводящие к газообразным потерям углерода, продолжающиеся в течение десятилетий, приводят к относительной аккумуляции зольных элементов. Пополнению пула органического вещества не способствуют ни водно-физические условия, в которых существуют торфяники после осушения, ни обилие в севообороте пропашных культур, после которых остается мало пожнивных остатков. И это еще раз указывает на то, что на торфоземах длительного использования весьма эффективно будет внесение органических удобрений.

4.9.1. Метод флуоресцентной гибридизации *in situ* (FISH)

Помимо традиционных культуральных методов, состав микробного сообщества изучался методом *in situ* гибридизации с рРНК-специфичными флуоресцентно-мечеными олигонуклеотидными зондами (*fluorescent in situ hybridization*). Он совмещает возможности идентификации и определения

численности отдельных филогенетических групп микроорганизмов в образцах различной природы и широко используется в практике современных исследований для изучения микробных сообществ в морских и пресноводных экосистемах, торфах и ризосфере растений, а также множестве других природных и антропогенных субстратов (Якушев, 1990) [414]. Использование метода FISH позволяет учесть живые, метаболически активные клетки. Окраска препаратов красителем акридиновым оранжевым дает возможность оценить общую численность клеток микроорганизмов в образцах, включая покоящиеся формы. Опыт проводился по следующей методике [237]:

1. Почвенную суспензию (1:10) обрабатывают ультразвуком (2 мин., сила тока 0,40А, частота 22 кГц). Клетки микроорганизмов отделяют от крупных частичек почвы трехкратным центрифугированием при 1 тыс. оборотов в течение 10 минут. Суспензию, полученную за три цикла обработки, центрифугируют при 10 000 об/мин в течение 10 мин. Полученный осадок заливают стерильной дистиллированной водой до объема 2 мл.

2. Фиксацию образцов осуществляют с использованием формальдегида в качестве фиксирующего агента. 2 мл суспензии центрифугируют при 10000 об/мин в течение 5 мин, полученный осадок ресуспензируют в 0,5 мл фосфатного буфера (NaCl – 8,0 г, KCl – 0,2 г, Na₂HPO₄ – 1,44 г, NaH₂PO₄ – 0,2 г, H₂O – 1 л, pH 7,0), добавляют 1,5 мл 4%-ного раствора формальдегида в фосфатном буфере и инкубируют при комнатной температуре на качалке в течение 1,5 час. Фиксированный материал собирают центрифугированием (8000 об/мин в течение 2 мин.), промывают два раза фосфатным буфером, ресуспензируют в смеси этанола и фосфатного буфера (1:1) и до анализа хранят при –20 °С.

3. 1 мкл суспензии фиксированного образца наносят для гибридизации на предметные стекла с окошками, разделенными тефлоновым покрытием. Нанесенные на стёкла, фиксированные препараты клеток обрабатывают раствором лизоцима (10 мг в 1 мл 0.05 М EDTA и 0.1 М TRISHCl, 1:1, pH 8,0) для увеличения проницаемости клеточных стенок бактерий. Полученные препараты выдерживают в течение 12–24 часов при комнатной температуре или в течение 1 часа при 37 °С и затем обрабатывают последовательно в серии растворов этанола (50, 80 и 100 %). Для гибридизации используют набор рРНК-специфичных олигонуклеотидных зондов. Гибридизацию препаратов с флуоресцентно-мечеными зондами проводят в соответствии с методикой R. I. Amann [399, 400] при температуре 46 °С.

По завершении процедуры гибридизации препараты докрашивают водным раствором акридина оранжевого (разведение 1:10 000; 2–4 мин). Избыток флуорохрома удаляют в процессе промывки, для чего стекла погружают на 10 мин в кюветы с дистиллированной водой. Препараты анализируют с использованием люминесцентного микроскопа ZEISS Mikroskop Axioskop 2 plus (Германия) со светофильтрами *Filterset 15* для зондов и *Filterset 09* для окраски акридиновым оранжевым. Численность микроорганизмов в образцах определяют путем учета количества гибридизованных с зондами клеток в 32 полях зрения микроскопа на одной ячейке.

4.10. Численность и состав прокариотных сообществ старопашотных эутрофных торфоземов

Выводы о составе микробных сообществ осушенных торфяных почв нельзя считать исчерпывающими, поскольку они были получены классическими методами посева на твердые питательные среды, которые позволяют охарактеризовать лишь разнообразие культивируемых форм, составляющих, как известно со времен С. Н. Виноградского, только небольшую долю от всех почвенных микроорганизмов. В связи с этим целью нашей работы было исследовать микробные сообщества осушенных более 100 лет назад торфяных и торфяно-минеральных почв долины реки Яхрома методом FISH, позволяющим учесть и некультивируемые формы, сохраняющие метаболическую активность и продуцирующие РНК. Особое внимание было уделено интеграции полученных данных с общим комплексом информации, полученной для данного объекта ранее, для этого в сочетании с микробиологическими исследованиями применялись ГИС-технологии, что является достаточно новым и, на наш взгляд, перспективным подходом.

Общая численность представителей домена *Bacteria* в почвах стационара «Ближний» снижается при движении от притеррасной и центральной части поймы к прирусловой (рис. 4.16 а), что можно связать со снижением содержания органического вещества в почве и увеличением кислотности. Максимумы численности бактерий достигаются на участках, расположенных под лесной растительностью: на юго-востоке стационара наиболее светлая область соответствует заповедному участку, никогда не вовлекавшемуся в сельскохозяйственное использование; на западе стационара – поросшей большими деревьями и кустарником залежи 10-летнего возраста.

Максимальная численность представителей домена *Archaea* отмечена в центральной части поймы на мощных древесных торфах также под лесной растительностью. В отличие от бактерий, в притеррасной части их численность снижается, но на участке под заповедным лесом существует еще

один локальный максимум. Свой локальный максимум обнаруживается и в прирусловой части (рис. 4.16 б) – в распаханых аллювиально-торфяных почвах, где, таким образом, также могут создаваться благоприятные условия для развития архей.

Численность метаболически активных прокариот, определяемая методом FISH, имеет более сложный тип распределения, чем физиологическая активность микробных сообществ. Последняя повторяет прежде всего вариации ботанического состава и гидрологического режима между прирусловой – центральной – и притеррасной частями поймы. Данный тип распределения сформировался еще до осушения и соответствует типу болотных биогеоценозов, описанных в начале работ в Яхромской долине [275, 284].

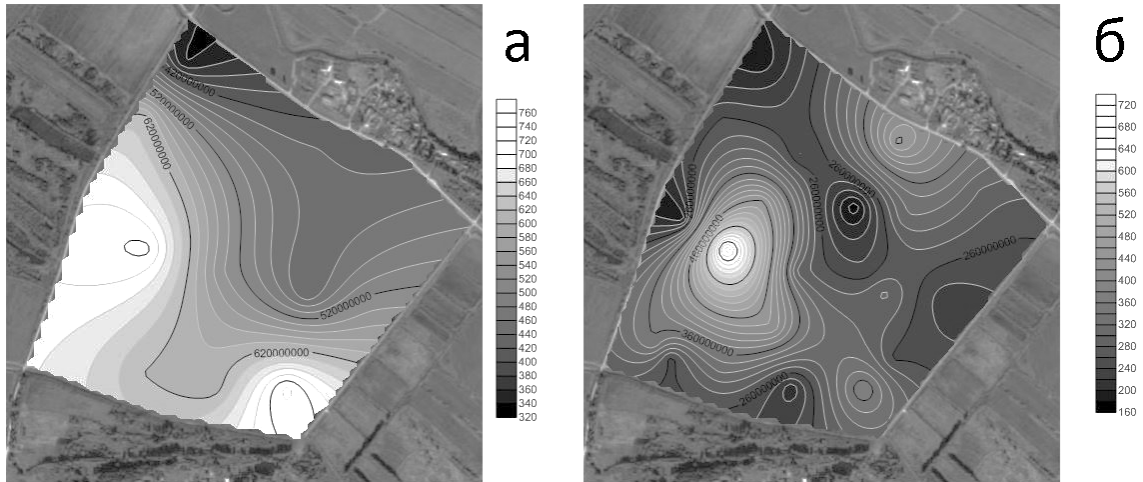


Рисунок 4.16 – Распределение общей численности: а) бактерий; б) архей в пахотном горизонте участка «Ближний» (млн клеток / г почвы)

Если распределение дыхания и активности денитрификации полностью соответствуют картограмме зольности, будучи связаны с доступностью органического вещества, а метанообразование и азотфиксация повторяют в первую очередь распределение влажности и кислотности – то на численность бактерий и архей, помимо этого, накладываются факторы растительности и типа антропогенного воздействия. В результате этого области наибольшей численности смещаются к притеррасной части поймы и в те участки центральной поймы, где сельскохозяйственная деятельность не ведется, а сохраняется либо разнотравье, либо лесные и кустарниковые фитоценозы. Причем для архей связь с типом землепользования выражена даже больше, чем для бактерий – изолиния 280 млн клеток/г почвы полностью повторяет в центральной части поймы границу современной пашни.

Точки для более детального изучения таксономического состава прокариотных сообществ были выбраны во всех трех частях поймы и также в каждой из областей с различным для этих частей типом землепользования.

Состав домена Archaea в притеррасной части поймы отличается доминированием *Thaumarchaeota* (41–47 %) (рис. 4.17). Среди бактерий преобладают *Gamma*proteobacteria (19–36 %), особенно в точке 2 под лесной растительностью. Значительную долю занимают также *Beta*proteobacteria, *Verrucomicrobia* и в отдельных случаях *Alpha*- и *Delta*proteobacteria, *Firmicutes* и *Actinobacteria* (рис. 4.18).

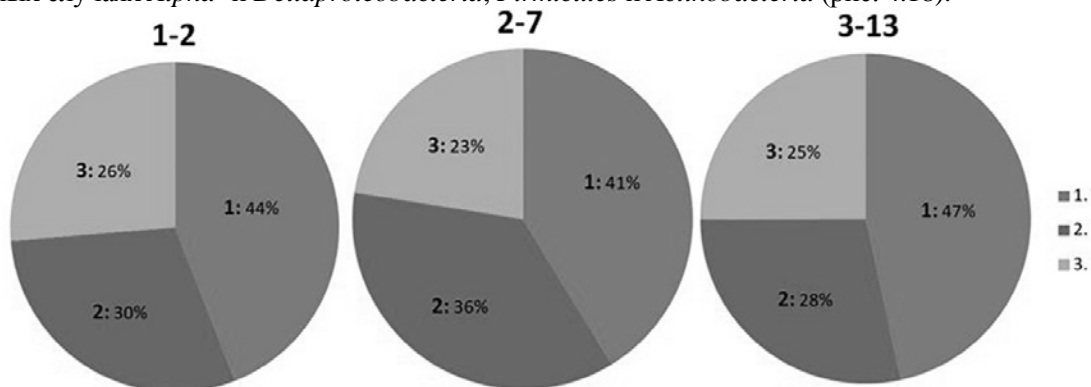


Рисунок 4.17 – Состав домена *Archaea* в верхних горизонтах почв притеррасной части поймы, в точках 1–2, 2–7 и 3–13. Соответствие секторов диаграммы и таксономических групп показано цветом и числовыми обозначениями: 1 – *Thaumarchaeota*; 2 – *Euryarchaeota*; 3 – *Crenarchaeota*

В притеррасной части поймы своих максимальных значений достигает активность азотфиксаторов. Однако азот здесь накапливается преимущественно в нитратной форме. Известно, что все культивируемые представители филума *Thaumarchaeota* способны к нитрификации, а гены относящиеся к археям гомолога бактериальной аммоний монооксигеназы (*amoA*) имеют большое распространение в почвах и природных водах [462].

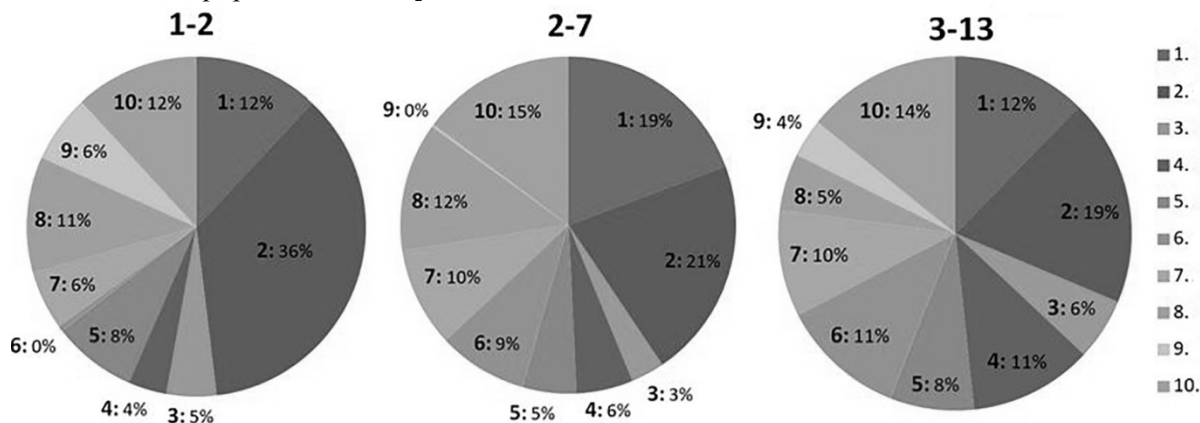


Рисунок 4.18 – Состав домена *Bacteria* в верхних горизонтах почв притеррасной части поймы, в точках 1–2, 2–7 и 3–13. Соответствие секторов диаграммы и таксономических групп показано цветом и числовыми обозначениями: 1 – *Betaproteobacteria*; 2 – *Gammaproteobacteria*; 3 – *Bacteroidetes*; 4 – *Firmicutes*; 5 – *Planctomyces*; 6 – *Actinobacteria*; 7 – *Alphaproteobacteria*; 8 – *Deltaproteobacteria*; 9 – *Acidobacteria*; 10 – *Verrucomicrobia*

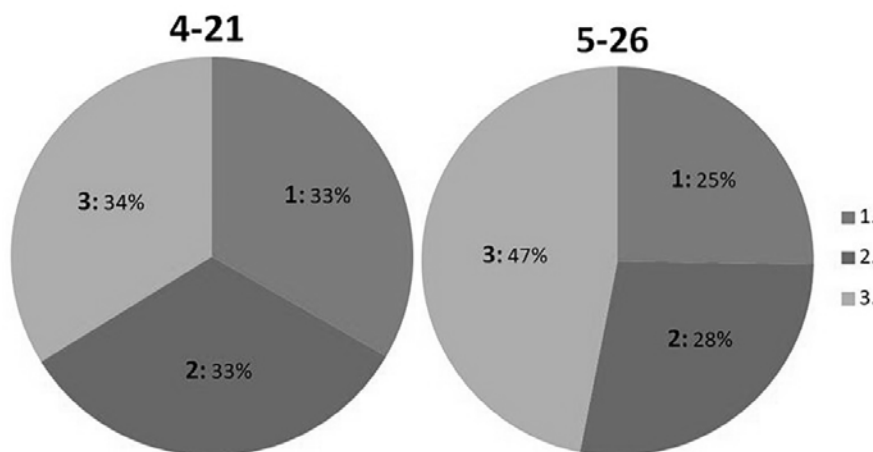


Рисунок 4.19 – Состав домена *Archaea* в верхних горизонтах почв центральной части поймы под залежью (точка 4–21) и под пашней (точка 5–26). Соответствие секторов диаграммы и таксономических групп показано цветом и числовыми обозначениями: 1 – *Thaumarchaeota*; 2 – *Euryarchaeota*; 3 – *Crenarchaeota*

Большинство известных нитрификаторов родов *Nitrosomonas*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus* и *Nitrosovibrio* относятся к *Betaproteobacteria* [451], которые также играют важную роль в прокариотных сообществах притеррасной части поймы (рис. 4.18). Можно предположить, что высокая численность данных групп связана именно с интенсивным преобразованием фиксируемого диазототрофами азота в нитратную форму.

В притеррасной части поймы нами была выявлена также максимальная активность метанообразования. Однако, хотя все известные метаногены относятся к типу *Euryarchaeota*, его представители численно не преобладают в данных почвах, составляя около 30 % от численности архей. Тем не менее интенсивное образование метана в переувлажненных почвах притеррасной части поймы может вызывать интенсивное развитие метанотрофов. Метанотрофы относятся преимущественно к классам гамма- и альфа-протеобактерий [65], поэтому именно развитием метанотрофов мы можем объяснить преобладание *Gammaproteobacteria* в почвах притеррасного участка. Способность к окислению метана показана и для представителей *Verrucomicrobia* [414], но физиологическое разнообразие представителей данной группы пока мало изучено. Доля *Gammaproteobacteria* в центральной части поймы снижается до 17–21 %, а *Verrucomicrobia* до 9–12 % (рис. 4.20), что объяснимо с позиции их приуроченности к областям выделения метана.

Свое доминирующее положение сохраняют и даже увеличивают долю до 19 % *Betaproteobacteria*. В то же время доля *Thaumarchaeota* снижается в центральной части поймы до 25–33 %. В исследованных нами точках наблюдался второй максимум содержания нитратов – при том, что одна из них находится под лесной растительностью и удобрения туда не вносились уже более 10 лет. Можно говорить о том, что в центральной части поймы складываются более благоприятные условия для бактерий-нитрификаторов, чем для архей. Основными факторами здесь, скорее всего, являются pH и влажность.

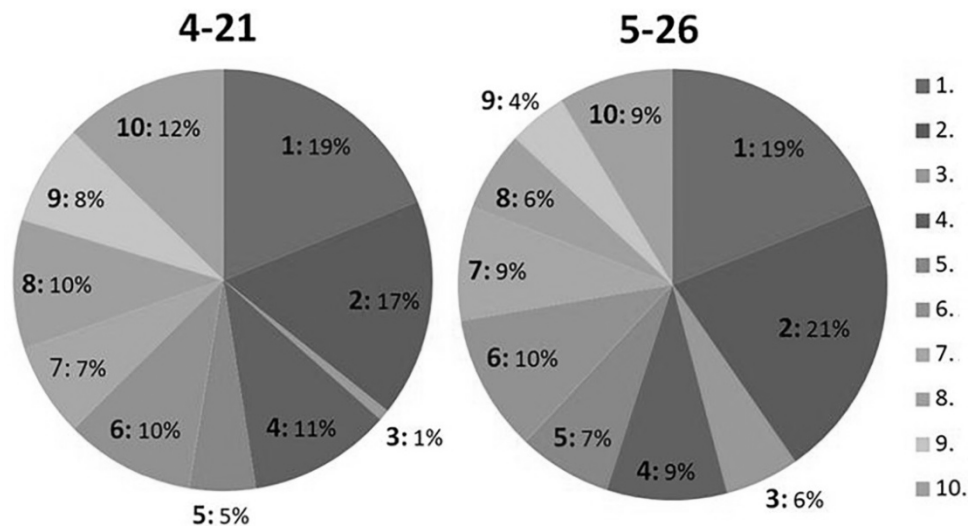


Рисунок 4.20 – Состав домена *Bacteria* в верхних горизонтах почв центральной части поймы под залежью (4–21) и под пашней (5–26). Соответствие секторов диаграммы и таксономических групп показано цветом и числовыми обозначениями: 1 – *Betaproteobacteria*; 2 – *Gammaproteobacteria*; 3 – *Bacteroidetes*; 4 – *Firmicutes*; 5 – *Planctomyces*; 6 – *Actinobacteria*; 7 – *Alphaproteobacteria*; 8 – *Deltaproteobacteria*; 9 – *Acidobacteria*; 10 – *Verrucomicrobia*

Оставшиеся группы бактерий занимают приблизительно одинаковые доли, но среди них все же можно выделить относительное обилие *Firmicutes*, *Actinobacteria* и *Deltaproteobacteria*.

В прирусловой части поймы, несмотря на низкую активность метаногенеза, обнаружена максимальная доля *Euryarchaeota* (рис. 4.21). По всей видимости, метаногены занимают среди них незначительную часть.

Среди бактерий в данных почвах доминируют *Acidobacteria* (15–20 %) и *Alphaproteobacteria* (15 %). К последним относится большое число разнообразных организмов, среди которых есть как симбионты, так и патогены растений и животных, метанотрофы и фотосинтезирующие организмы, в связи с чем данная группа требует более пристального внимания для определения выполняемых ею функций.

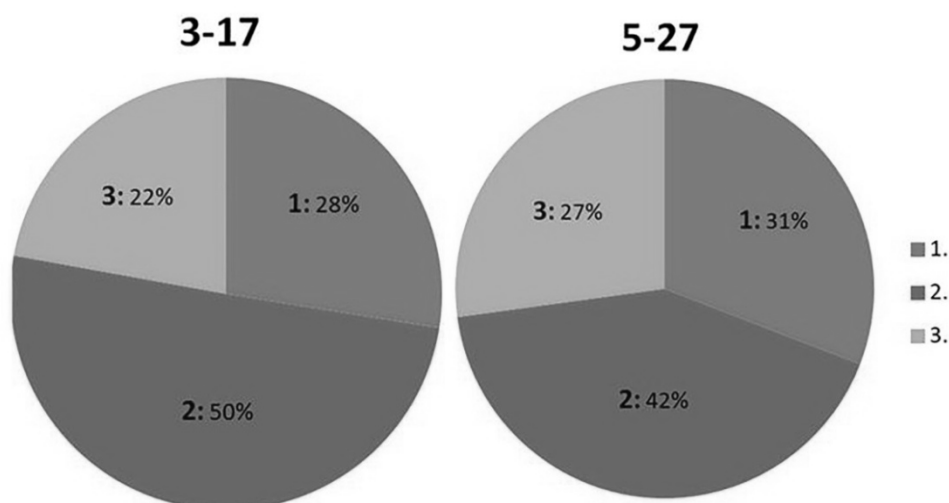


Рисунок 4.21 – Состав домена *Archaea* в верхних горизонтах почв прирусловой части долины (поймы) в точках 3–17 и 5–27. Соответствие секторов диаграммы и таксономических групп показано цветом и числовыми обозначениями: 1 – *Thaumarchaeota*; 2 – *Euryarchaeota*; 3 – *Crenarchaeota*

Существенную долю занимают здесь и *Planctomycetes* (11–13 %), традиционно рассматривающиеся как водные организмы [418], хотя сейчас эти почвы не только не заливаются паводковыми водами, но и являются наименее влажными. Доли *Beta*- и *Gammaproteobacteria* опускаются в среднем ниже 10 %, на том же уровне оказывается и доля *Verrucomicrobia* (рис. 4.22).

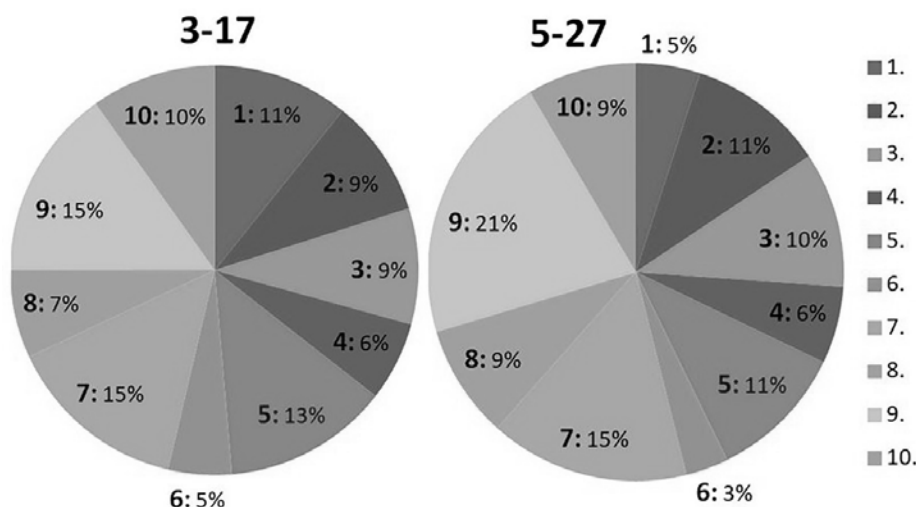


Рисунок 4.22 – Состав домена *Bacteria* в верхних горизонтах почв прирусловой части долины (поймы) в точках 3–17 и 5–27. Соответствие секторов диаграммы и таксономических групп показано цветом и числовыми обозначениями: 1 – *Betaproteobacteria*; 2 – *Gammaproteobacteria*; 3 – *Bacteroidetes*; 4 – *Firmicutes*; 5 – *Planctomyces*; 6 – *Actinobacteria*; 7 – *Alphaproteobacteria*; 8 – *Deltaproteobacteria*; 9 – *Acidobacteria*; 10 – *Verrucomicrobia*

Так как прирусловье представлено аллювиально-торфяными почвами, минеральная часть в которых преобладает над органической, доля и численность таких типов, как *Firmicures* и *Actinobacteria*, среди которых большое значение имеют гидролитики, снижается. Доля *Bacteroidetes* увеличивается, но их численность падает по сравнению с другими частями поймы. В целом почвы прирусловой части поймы значительно отличаются от центральной и притеррасной частей как по составу, так и по общей численности и физиологической активности микробных сообществ.

Таким образом, в микробных комплексах осушенных торфяных почв при помощи молекулярно-биологических методов обнаружено значительное участие трудно культивируемых и пока что слабо изученных таксонов, таких как *Thaumarchaeota*, *Verrucomicrobia*, *Acidobacteria*, *Planctomycetes*. Эти данные приходят в противоречие с представлениями о составе прокариотных сообществ старопашотных торфяных почв, полученных ранее культуральными методами. Так, метод FISH не продемонстрировал доминирования актинобактерий ни в одном из образцов.

Тем не менее с применением ГИС-технологий и картографического подхода можно сделать некоторые предположения об экологических функциях и факторах, определяющих распространение обнаруженных организмов в почвах. Так, развитие *Thaumarchaeota* и *Betaproteobacteria* в притеррасной и центральной частях поймы коррелирует с повышенной активностью нитрификации, а *Gammaproteobacteria* и, возможно, *Verrucomicrobia* связаны с работой окислительного фильтра, перехватывающего биогенный метан, выделяющийся из нижней части почвенного профиля. *Firmicures*, *Actinobacteria* и *Bacteroidetes* развиваются преимущественно в почвах с большим содержанием органического вещества, и, можно считать, исходя из этого связаны с его деструкцией.

Как видно на примере исследованных точек 21 и 26, находящихся под залежью и пашней соответственно, распашка сама по себе принципиально не меняет структуру бактериальных сообществ, по крайней мере, в содержащих большие запасы органического вещества почвах центральной части поймы. Однако антропогенное воздействие накладывается на распределение естественных факторов развития микробиоты, в целом подавляя численность бактерий, особенно архей.

Пашотные почвы Яхромской поймы, будучи приурочены к области развития аллювиальных отложений, оказываются резко отличными по таксономической структуре микробных сообществ от остальных, в том числе целинных почв. В данных почвах прокариотные комплексы оказываются подавлены, в особенности группы, которые в других частях долины можно связать с гидролитической деятельностью и работой окислительного газового фильтра. Результатом этого могут стать более низкая способность почв к самоочищению от органических поллютантов и нарушение их биосферных функций, связанных с перехватом потоков метана в атмосферу.

4.11. Комплексный структурно-функциональный метод характеристики микробных популяций

Для того чтобы оценить особенности почвенного гидролитического комплекса торфоземов различных сроков освоения, был применен комплексный структурно-функциональный метод характеристики микробных популяций. Суть подхода заключается в изучении микроорганизмов *in situ* на основе анализа кинетических параметров комплексной модели роста микробных ассоциаций на селективных жидких питательных средах. Эти параметры отражают метаболическую готовность микроорганизмов к росту на питательной среде и их физиологическое состояние. Количество сред, на которых возможен рост, отражает физиологическое разнообразие сообщества. Полученные параметры определяются особенностями экологических стратегий микроорганизмов [388].

R-стратегии – приспособленные к быстрому росту микроорганизмы, живущие в средах с высокой емкостью. В неблагоприятных условиях они погибают или переходят в покоящиеся формы, а после снятия стресса легко восстанавливают численность. Это характерно, с одной стороны, при поступлении в микрзоны почвы избытка субстрата, что создает условия неограниченного роста для голодающей популяции, а с другой – когда в результате экологических катаклизмов происходит отмирание или вынос большей части популяции, в результате чего имеющийся субстрат оказывается в избытке в расчете на единицу биомассы микроорганизмов. В этом случае преимущество получают микроорганизмы с более высокой скоростью роста, даже если они не обладают ферментными системами для эффективного усвоения специфических субстратов.

K-стратегии – микроорганизмы, сохраняющие высокую конкурентоспособность в условиях ограничения популяции емкостью среды. Характеризуются более экономичным обменом и наличием ферментных и транспортных систем с высоким сродством к субстрату, которые позволяют им расти при низкой его концентрации в среде. Все это дает им преимущество в условиях недостатка ресурсов и повышенной популяционной плотности [42].

Схема проведения эксперимента приведена на рисунке 4.23. Из свежих почвенных образцов, помещенных на хранение в холодильник, готовили водные суспензии (почва: вода = 1 : 5). Для гомогенизации и десорбции микроорганизмов пробирки с суспензиями встряхивали в течение 20 мин при 2000 об./мин. на вортексе модели «MultiReax» фирмы «Heidolph». Для подавления роста грибов в суспензии добавляли антибиотик нистатин 0,05 %. Затем пробирки с суспензиями центрифугировали для удаления взвеси субстрата при 3200 г 5 мин. Чтобы определить концентрацию культивируемых микроорганизмов в исходном субстрате, производили посев из супернатанта на агаризованную ГПД среду (1 г/л) общепринятым способом.

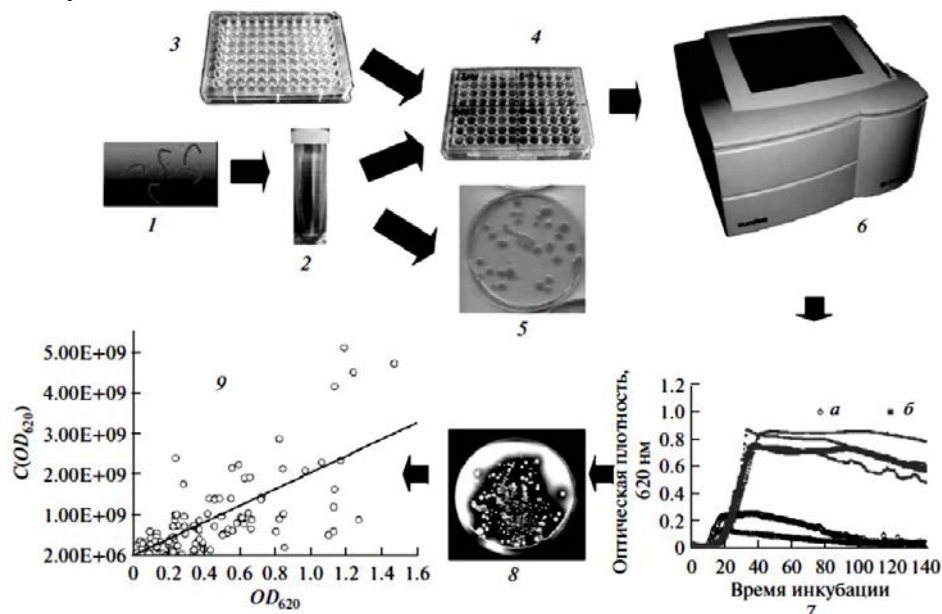


Рисунок 4.23 – Схема проведения эксперимента (по Якушеву): 1 – навеска почвы; 2 – почвенная суспензия в пробирке для вортэксивирования; 3 – культуральная планшета с жидкими питательными средами; 4 – культуральная планшета, инокулированная суспензией; 5 – чашка Петри с микроорганизмами, выделенными из исходной суспензии; 6 – иммуно-ферментный анализатор «Sunrise»; 7 – кривые роста оптической плотности в ячейках планшеты, построенные ИФА; 8 – высев из лунок планшеты на ГПД среду; 9 – линейная корреляционная зависимость концентрации бактерий в суспензии $C(OD_{620})$ от оптической плотности (OD_{620}) при высеве из лунок на ГПД среду (8, 9 – в данном исследовании не проводилось, использовали готовый калибровочный график)

В ячейки 96-луночной плоскодонной культуральной планшеты с крышкой вносили набор из 12 различных жидких питательных сред по 100 мкл. Среды были основаны на полимерах разной степени доступности: кератин, казеин, целлюлоза, декстран, хитин, нуклеиновая кислота, инулин, агароза, твин 20, пектин, крахмал, ксилан, после чего в ячейки добавляли полученный супернатант по 100 мкл. Затем планшету помещали в иммуноферментный анализатор (ИФА) («Sunrise» фирмы «Tecan»), который автоматически регистрирует рост микроорганизмов по оптической плотности (620 нм) в динамике на протяжении ~ 220 часов. Температуру поддерживали на уровне 25 °С. Параллельно с этим проводили контроль сред на стерильность. Для этого добавляли используемые жидкие питательные среды по 100 мкл в ячейки культуральной планшеты и вносили индикатор на дегидрогеназную активность – ТТХ (трифенилтетразолия хлорид) по 100 мкл (1 г/л). По окончании роста производили пересчет оптической плотности в концентрацию клеток микроорганизмов. В исследовании пользовались готовым калибровочным графиком.

Рост ассоциации микроорганизмов в ячейках описывается комплексной моделью [388]. Физиологическое состояние микроорганизмов и стратегии роста культивируемой ассоциации *in situ* выражается через следующие параметры [42]:

γ – метаболическую готовность к росту на питательной среде. Она характеризует скорость реакции ассоциации микроорганизмов на появление пищевых субстратов: высокие значения характерны для г-стратегов и низкие – для К-стратегов;

μ_m – максимальное значение удельной скорости роста μ , ч⁻¹. Характеризует скорость роста в условиях избытка пищи: высокие значения типичны для г-стратегов, низкие – для К-стратегов;

K_p – константа полунасыщения Михаэлиса, лимитирующим рост метаболитом. Высокие значения характерны для г-стратегов, низкие – для К-стратегов;

δ – метаболическая готовность культуры противостоять отмиранию: высокая для К-стратегов и низкая – для г-стратегов;

a_m – максимальная удельная скорость отмирания, ч⁻¹: высокая для г-стратегов и низкая – для К-стратегов;

Y – экономический коэффициент роста микроорганизмов на пищевом субстрате (максимальный прирост биомассы на грамм субстрата), который вычислялся, исходя из максимальной оптической плотности культуры по формуле:

$$Y = \frac{X_m - X_0}{S_0}, \quad (4.1)$$

где X_m – максимальная концентрация культуры; X_0 – начальная концентрация культуры, S_0 – начальная концентрация субстрата, г/л.

Параметр Y комплексной модели схож с экономическим коэффициентом, принятым в микробной кинетике: чем больше значение Y , тем выше эффективность ассимиляции пищи ассоциацией микроорганизмов в жидких питательных средах. Для г-стратегов типична низкая эффективность использования, а для К-стратегов – высокая. Удельное физиологическое разнообразие микробных ассоциаций гидролитического комплекса оценивается по факту роста на том или ином субстрате в жидкой питательной среде в расчете на 1 г субстрата.

4.12. Гидролитические комплексы торфоземов

Пользуясь выявленными закономерностями распределения функциональной активности почвенных микробных сообществ, мы выделили 8 контрастных объектов, репрезентативных по отношению к различным участкам поймы. 3 образца представляли стационар «Дальний» (1 из них пирогенный), 5 образцов – разные части поймы на стационаре «Ближний» (1 образец с прирусловой части, 2 с притеррасной, 3 – с центральной). Для выбранных объектов характерно также различное использование – от заповедного леса на 1-м квартале «Ближнего» до высокоинтенсивного сельскохозяйственного производства на 8-м квартале стационара «Дальний». Образцы были проанализированы комплексным структурно-функциональным методом [388].

Полученные результаты позволяют заключить, что, несмотря на длительные сроки освоения, которые привели к значительным потерям органического вещества в ходе минерализации, низинные торфа Яхромской поймы – богатое местообитание, сравнимое по этим факторам с гнилой древесиной и опадом и характеризующееся высоким функциональным разнообразием гидролитиков (рис. 4.24). В том числе это касается исследованного пирогенного торфяника.

Кластерный анализ показывает похожую картину – наибольшее сходство исследованных образцов наблюдается с гнилой древесиной, подстилкой и кишечником обитающих в подстилке сапрофагов, а также гумусовыми горизонтами серой лесной почвы (рис. 4.25). При этом сами образцы торфоземов вполне однородны и группируются друг с другом, а не с иными субстратами.

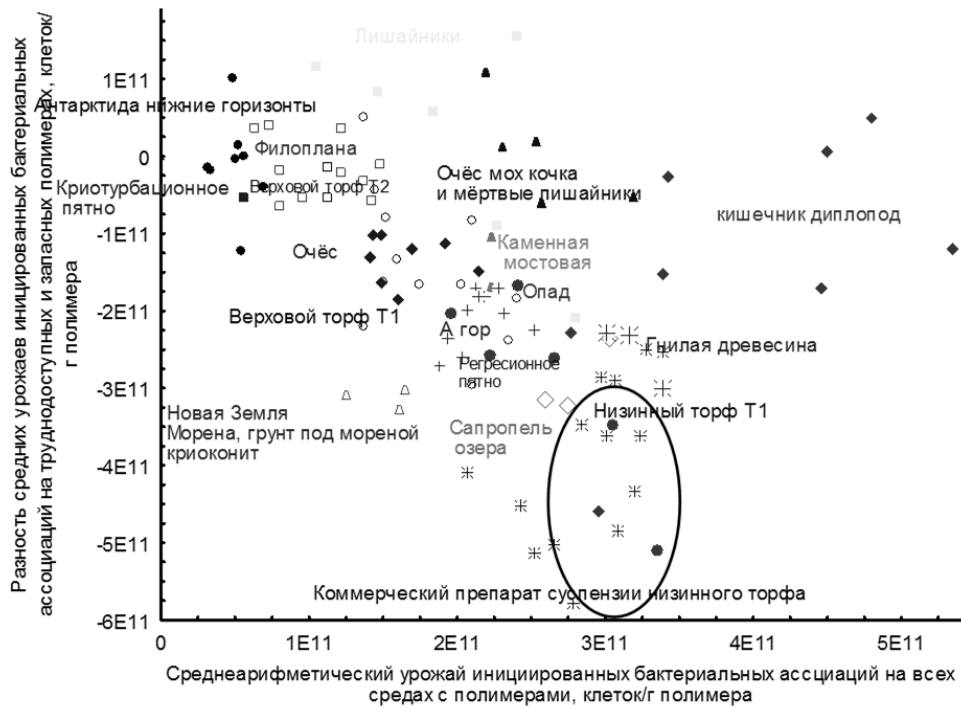


Рисунок 4.24 – Положение исследованных объектов (обведены овалом) в общей совокупности объектов, исследованных данным методом, в пространстве главных компонент

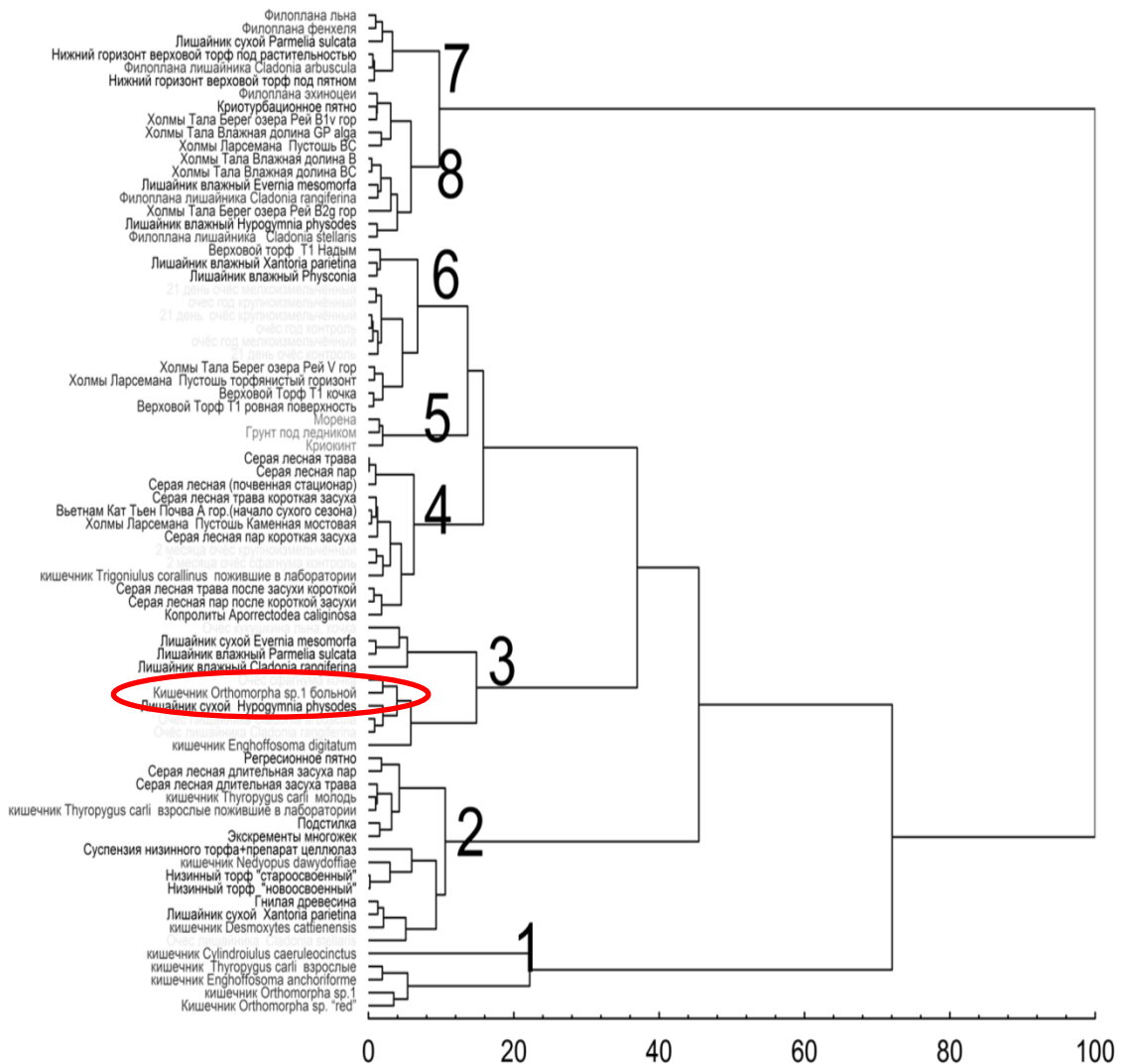


Рисунок 4.25 – Место исследованных объектов в иерархической классификации всех исследованных данным методом местообитаний по результатам кластерного анализа (метод Варда, расстояние Манхэттен)

Однако при более детальном рассмотрении (рис. 4.26) между ними все же можно обнаружить различия. Наименьший средний урожай бактериальных ассоциаций по всем полимерам характерен для пирогенного торфяника (7–11). Это указывает на относительно низкое разнообразие гидролитиков, среди которых не оказывается нужного количества представителей, способных к разрушению предложенного полимера. Наибольшая же величина, указывающая на максимальное разнообразие гидролитиков, получена для образца 8–21 (центральная пойма, 50 лет освоения). Остальные образцы обоих участков разместились между этими двумя полюсами.

По разности урожаев на труднодоступных и запасных полимерах больше всего различаются 4–22 (центральная пойма) и 3–17 (прирусловая пойма). По этому параметру можно разделить объекты притеррасной и прирусловой поймы (1–3, 3–13 и 3–17), а также центральной поймы (7–8, 7–11, 5–25, 4–22).

Метод демонстрирует определенную чувствительность, характеризуется высокой производительностью и в значительной степени автоматизирован, хотя еще находится в стадии отработки. В последующие годы планируются обследования большего числа точек и более детальный анализ полученных кривых роста с целью поиска наиболее информативных показателей именно для осушенных торфяных почв.

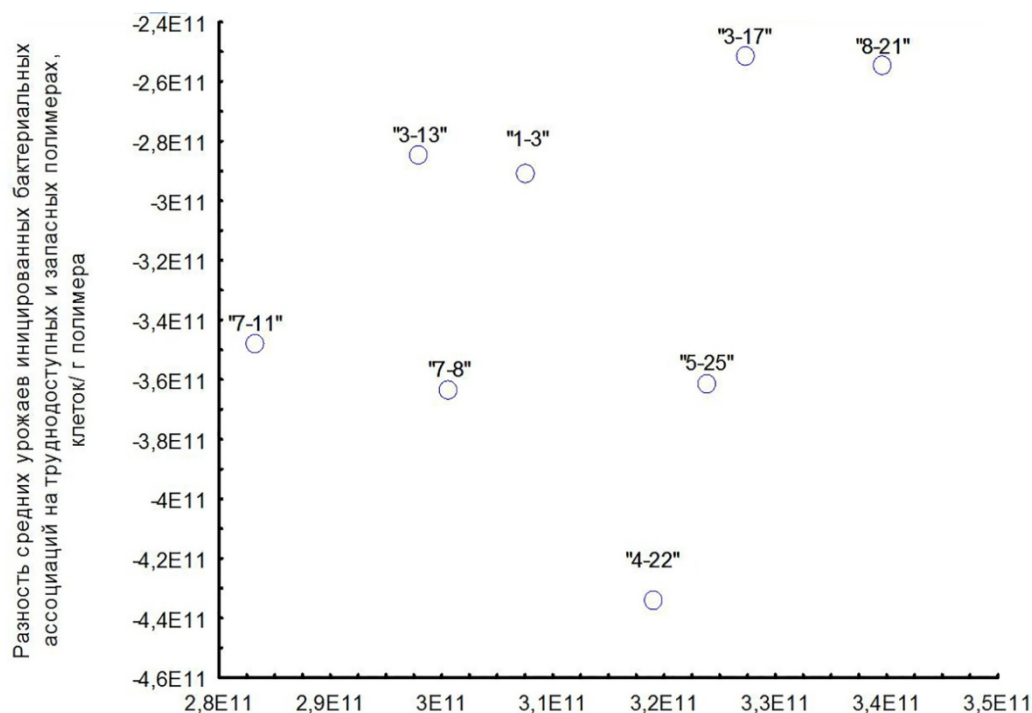


Рисунок 4.26 – Детализированный фрагмент распределения исследованных объектов в том же пространстве координат, что и на рисунке 4.24

Тем не менее на данном этапе исследования можно заключить, что на строение и функционирование гидролитических комплексов торфоземов оказывают влияние, в первую очередь, состав и условия формирования торфа, а также сроки освоения. Текущий тип землепользования регистрируемого влияния не демонстрирует. Его эффект, очевидно, должен накапливаться в течение длительного времени, измеряемого десятилетиями.

4.13. Термодинамическая устойчивость органического вещества торфяных почв к микробному разложению

Несмотря на многочисленные экспериментальные работы в области влияния изменений климата на баланс парниковых газов в различных типах почв [427, 431, 410, 441], прогнозирование этих явлений до сих пор невозможно. Главная неопределенность здесь связана с трудностями измерения устойчивости почвенного органического вещества. Большинство исследователей сходятся в том, что в почве целесообразно выделить три пула почвенной органики разной степени устойчивости, включая «лабильные» фракции и «инертный» углерод, что находит отражение в основных биогеохимических моделях (таких как CENTURY и ROTH-C). Однако эти пулы – категория исключительно умозрительная. Не существует ни точной характеристики каждого из них, ни методов определения. Кроме того, несмотря на все внимание, уделенное математическому моделированию потоков парниковых

газов из почв, остаются совершенно неизученными их конкретные механизмы, имеющие определенную микробиологическую природу. Очевидно, что изменения климата, вызывающие закономерный сдвиг в составе растительных сообществ биогеоценозов, будут также ощутимо воздействовать на микробное население почвы, изменяя характер и направленность очень многих протекающих в почве биохимических процессов.

Ранее нами были показаны многочисленные изменения, протекающие в торфяных почвах на поздних стадиях их осушения. Показано, что процессом, определяющим основные черты микробного сообщества старопахотных торфяных почв и его физиологическую активность, является обеднение этих почв легкодоступным, «лабильным» углеродом. Таким образом, естественные, неосушенные торфяные почвы можно представить состоящими из двух пулов углерода – «лабильного», минерализация которого заторможена анаэробными условиями, и «стабильного», устойчивого благодаря химическому строению образующих его органических веществ. После осушения «лабильный» углерод интенсивно эмитируется в атмосферу, и по мере его исчерпания интенсивность эмиссии CO_2 торфяной почвой снижается в несколько раз.

Эти представления можно сопоставить с математическими моделями, описывающими влияние глобального потепления климата на эмиссию парниковых газов почвами и оперирующими теми же категориями. Большинство проведенных в этой области исследований показали, что различные по доступности микроорганизмам и по скорости минерализации пулы обладают разной термочувствительностью. Одним из важнейших параметров каждого пула является Q_{10} , показывающий, во сколько раз увеличивается скорость его разложения при увеличении температуры на 10°C . Согласно уравнению Аррениуса Q_{10} реакций с энергией активации порядка 50 кДж/моль (именно такая энергия активации считается характерной для реакций разложения гумуса) в диапазоне температур от 0 до 30°C ($273\text{--}303\text{K}$) составляет около 2, возрастая с ростом энергии активации и снижаясь с дальнейшим ростом температуры. Но в почвенной среде в связи с ограниченной доступностью субстратов для определенных биогеохимических реакций показатель Q_{10} может сильно отличаться от расчетного [409, 419].

Однако среди исследователей нет консенсуса относительно коэффициентов Q_{10} разных пулов углерода. Предлагались как модели с чувствительным к температуре лабильным пулом углерода и нечувствительным стабильным [444], так и наоборот – модели, где наиболее высоким Q_{10} обладал медленно разлагающийся стабильный пул углерода [431, 427].

Почвы Яхромской поймы интересны тем, что представляют собой почти в чистом виде не гипотетический «модельный», а настоящий стабильный пул углерода, присутствовавший в некогда естественной торфяной почве.

Нами была исследована сукцессия, инициированная увлажнением воздушно-сухих образцов осушенных торфяных почв разного ботанического состава и разных сроков освоения (50 и 100 лет), и протекающая при различных температурах – 5°C и 20°C , моделирующих различные погодные климатические условия. В ходе сукцессии проводились измерения дыхательной активности модельных объектов.

Для всех почв характерна единая динамика дыхательной активности: сразу или через некоторое время после начала сукцессии наблюдается ее пик, после чего активность снижается и колеблется возле некоторых значений. Этот пик связан с разложением микробной биомассы и мелких корней, погибших при отборе и транспортировке образцов. Напротив, на стационарной фазе микроорганизмы существуют, в основном, за счет запасов почвенного углерода, поэтому величина образования CO_2 , наблюдаемая на этой фазе сукцессии, использовалась как характеристика этой почвы при данной температуре. Также по достижении стационарного состояния отбирались образцы для определения состава микробного сообщества, оценивались биомасса и скорость денитрификации.

Сопоставление интенсивности образования CO_2 за счет почвенных запасов органики показало (табл. 4.3), что торфяные почвы после 100 лет освоения менее чувствительны к повышению температуры, чем после 50 лет освоения. Особенно это характерно для торфяных почв древесного ботанического состава. Итак, по нашим результатам видно, что в случае низинных торфяных почв стабильный пул углерода является одновременно наименее чувствительным к изменению температуры.

Таблица 4.3 – Усиление микробного дыхания при росте температуры с 5°C до 20°C (в разах) для осушенных низинных торфяных почв южной тайги

Ботанический состав	Участок после 50 лет освоения	Участок после 100 лет освоения
Гипновый	1,97	1,91
	2,88	1,81
Древесный	2,28	1,61
		1,47

Интенсивность денитрификации, основного источника N_2O в почвах, не показала определенной зависимости от температуры: примерно в половине образцов повышение температуры сопровождалось повышением уровня денитрификации, в половине – наоборот, даже в пределах одной группы древесных торфов. Активность процесса больше зависит от возраста освоения торфяной почвы и нарастает по мере роста сроков освоения (табл. 4.4).

На первый взгляд – парадоксально, биомасса после завершения сукцессии практически во всех почвенных образцах оказалась ниже при инкубации при 20 °С. Мы предлагаем следующее объяснение этому факту. Хорошо известно, что большинство микроорганизмов в почве существует в покоящейся форме. Увлажнение воздушно-сухих образцов при 20 °С вызывает прорастание большего числа покоящихся форм, чем при 5 °С. Между ними идет более сильная конкуренция, а по мере истощения исходных запасов лабильной органики активизировавшиеся при 20 °С организмы погибают, тогда как при 5 °С те же формы остаются в состоянии покоя, и поэтому биомасса более стабильна.

Таблица 4.4 – Денитрификация в исследованных почвах (мкмоль N_2O /г сутки)

Почва	5 °С	20 °С
Пахотные горизонты низинных торфяных почв, осушенных 50 лет назад		
Т. 6, гипновый торф	1,7	2,42
Т. 18, древесный торф	1,4	1,47
Т. 14, древесный торф	2,51	0,3
Пахотные горизонты низинных торфяных почв, осушенных 100 лет назад		
Т. 2, гипновый торф	3,78	5,04
Т. 19, древесный торф	3,71	1,42
Т. 22, древесный торф	3,5	1,42
Т. 10, древесный торф	2,3	2,4
Т. 5, органо-минеральная почва	9,1	3,46

Тем не менее мы можем заключить, что месяца инкубации недостаточно, чтобы вызвать принципиальные изменения в количестве микробной биомассы в почве. Таким образом, различия в скоростях эмиссии парниковых газов между вариантами с разными температурами и разным ботаническим составом торфа в данном эксперименте определяются не изменением общей биомассы, а, вероятно, изменением физиологического состояния или видового состава микроорганизмов.

В качестве объектов для сравнения мы проанализировали образцы тундровых оторфованных почв, которые были отобраны в 8 км к югу от пос. Тазовский в Ямало-Ненецком автономном округе в подзоне южной тундры. 3 разреза расположены по элементам рельефа. Разрез 1 заложен на мерзлом полигональном торфянике в самой высокой точке мезорельефа. Растительный покров представлен ягелем, багульником, морошкой, единичными особями карликовой березы, в микропонижениях – сфагнумом. Точка 2 – самая низкая, разрез заложен в хасырее – открытом болоте в спущенном озере. Растительность: сфагнум, морошка, брусника. Точка 3 занимает промежуточное положение. Для анализа использовали образцы верхних горизонтов указанных почв, а также горизонтов, залегающих непосредственно над многолетней мерзлотой на глубине 25–30 см.

Различие между скоростями образования CO_2 при 5 °С и 20 °С указано в таблице 4.5. Можно отметить, что это различие имеет явную тенденцию к снижению вниз по профилю. Единственное исключение – горизонт А0 торфяной почвы хасырея. Причиной этому, по нашему мнению, является его ботанический состав – в отличие от других точек современный растительный покров здесь представлен сфагнумом, устойчивость которого к микробному разложению широко известна. По сравнению с осушенными торфяными почвами южной тайги естественные торфяные почвы более холодной климатической зоны значительно более податливы к изменению температур.

Таблица 4.5 – Усиление микробного дыхания при росте температуры с 5 °С до 20 °С для торфяных почв южной тундры

Горизонт	Торфяная почва выровненных повышенных участков	Торфяная почва повышенного хасырея	Торфяная почва хасырея
А0	9,3	7,6	4,4
Т1	7,9	6,3	9,2
Т2	7,4	6,6	5,9
Т3		4,8	
Т4		3,0	

В связи с изложенным именно для них мы проанализировали методом FISH численность и таксономический состав прокариотных микробных сообществ. Численность метаболически активных бактерий составила $3\text{--}7 \cdot 10^8$ клеток на грамм почвы (рис. 4.27). Распределение численности растущих при 20 °С форм по профилю – убывающее в соответствии с температурными условиями этих почв.

Учет с помощью данного метода общего количества бактериальных клеток не показал значимых различий между вариантами с различной температурой. В верхних горизонтах (A0, T1) отмечено лишь небольшое возрастание численности бактерий на 5–20 % при увеличении температуры с 5 °С до 20 °С. С другой стороны, в нижних горизонтах исследованных почв (T2 торфяной почвы, T4 почвы повышенного хасырея) повышение температуры сопровождалось снижением на 15–20 % численности метаболически активных бактерий.

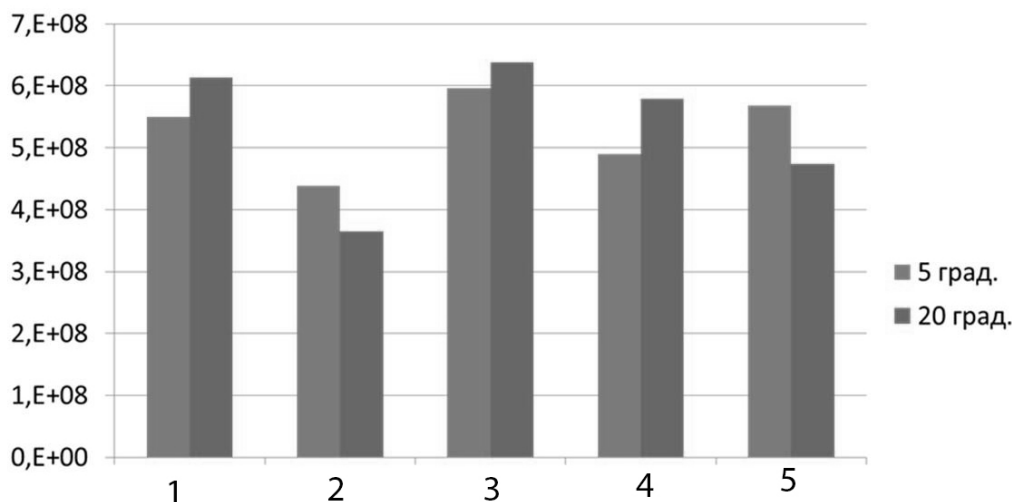


Рисунок 4.27 – Численность метаболически активных представителей домена *Bacteria* в исследованных почвах после инкубации при различных температурах: 1 – торфяная почва, разрез 1, горизонт A0; 2 – торфяная почва, разрез 1, горизонт T2; 3 – хасырей, разрез 2, горизонт A0; 4 – повышенный хасырей, разрез 3, горизонт T1; 5 – повышенный хасырей, разрез 3, горизонт T4

Представители домена *Archaea* увеличили свою численность при 20 °С в 2 раза, причем именно в нижних торфяных горизонтах. В моховых очесах их количество оставалось стабильным (рис. 4.28).

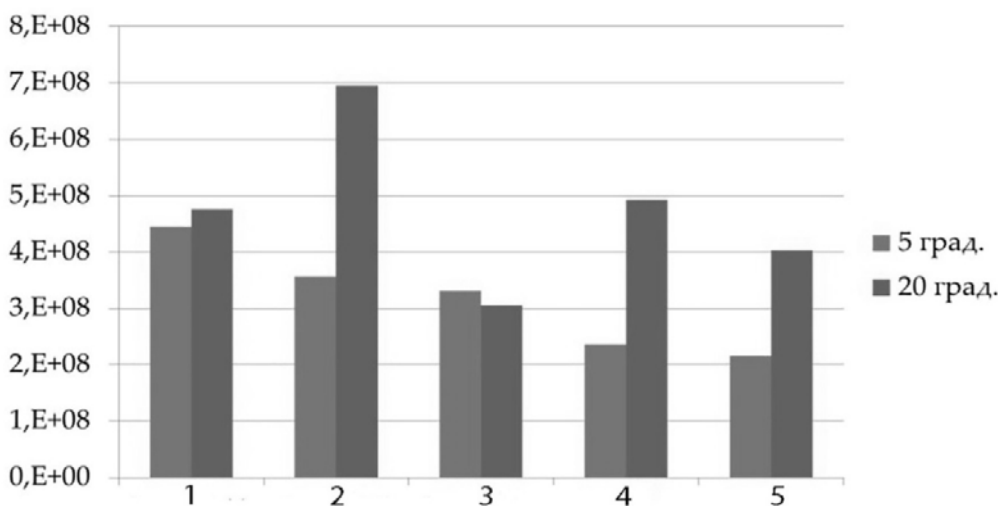


Рисунок 4.28 – Численность метаболически активных представителей домена *Archaea* в исследованных почвах после инкубации при различных температурах: 1 – торфяная почва, разрез 1, горизонт A0; 2 – торфяная почва, разрез 1, горизонт T2; 3 – хасырей, разрез 2, горизонт A0; 4 – повышенный хасырей, разрез 3, горизонт T1; 5 – повышенный хасырей, разрез 3, горизонт T4

В составе сообщества при изменении температур инкубации наиболее резкие изменения оказались связаны с филумом *Planctomycetes* и классом *Gamma*proteobacteria. *Planctomycetes* доминировали при 5 °С в сообществах всех исследованных северных почв. Планктомицеты обычно выделяются из природных вод, прежде всего морских, но обнаруживаются они и в переувлажненных болотных почвах [418]. Значительную долю при 5 °С занимали также *Gamma*- и *Delta*proteobacteria.

При росте температуры проявились различия между почвами мерзлого полигонального торфяника, занимающего возвышенные участки рельефа, и почвами хасырея – болота в спущенном озере, включая его окраинные части. Как ни странно, именно на повышенных участках рельефа планктомицеты сохраняли и даже увеличивали свою долю в составе сообщества.

В почвах же хасырея и повышенного хасырея при росте температуры увеличилась доля и численность *Actinobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes* и ряда других микроорганизмов. Особенно значительный прирост испытала численность представителей класса *Gammaproteobacteria*. Именно этот филум доминировал при 20 °С во всех исследованных бактериальных сообществах, составляя от трети до половины всех представителей домена Eubacteria. В исследованиях, проведенных культуральными методами, для тундровых почв отмечается крайне низкое таксономическое разнообразие, причем именно представители *Gammaproteobacteria*, такие как р. *Pseudomonas*, назывались в числе наиболее обычных их обитателей [280]. Однако следует полагать, что значение этих организмов преувеличено, поскольку они относительно лучше растут на искусственных средах и, к тому же, при высоких для данных почв температурах. В целом, бактериальные комплексы данных почв при исследовании их методами прямой микроскопии на уровне филумов демонстрируют участие большого числа таксономических групп.

Таким образом, происходящее при росте температуры значительное увеличение скоростей микробного образования CO₂ (в 3–9 раз) не сопровождается соответствующим кратным ростом численности и биомассы прокариотного микробного сообщества ни в осушенных, ни в природных торфяных почвах. Основные изменения в структуре микробных сообществ в условиях тундры вызваны ростом участия домена *Archaea* и класса *Gammaproteobacteria*. Среди последних наибольшее значение имеют, согласно литературным источникам, псевдомонады – и они могут быть связаны с разложением только легкодоступного органического вещества. Это согласуется со снижением отклика на повышение температуры в ряду почв от природных к осушенным 100-летнего срока освоения.

Однако представители филумов *Actinobacteria*, *Firmicutes* и *Bacteroidetes*, среди которых известно большое число гидролитиков, при росте температуры также увеличивают свою численность и долю в почвах пониженных элементов рельефа. Поэтому, хотя усиление потерь углерода в основном следует связать с разрушением лабильного органического вещества, в данных почвах при повышении температуры можно ожидать и некоторого усиления минерализации собственно запасов торфа.

4.14. Применение электрофизических методов для изучения почвенного покрова осушенных торфяных массивов

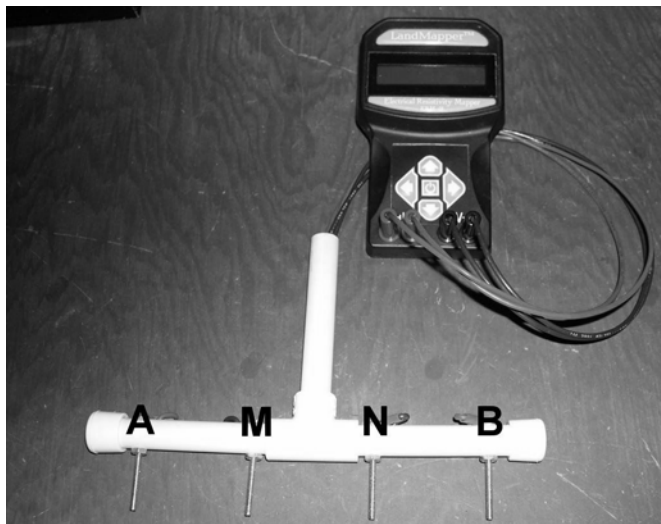
4.14.1. Электрофизические методы

Одной из актуальных задач является поиск доступных и быстрых методов оценки структуры неоднородности почвенного покрова. Для этого нами были предложены электрофизические методы, сочетающие простоту в использовании с высокой информативностью полученных результатов. Многолетними исследованиями, проведенными под руководством Анатолия Ивановича Позднякова, было установлено, что почвы не только аридных, но и гумидных территорий различаются по величинам удельного электрического сопротивления. Причина формирования этих различий заключается в том, что под действием почвообразовательных процессов в них создается различная плотность (концентрация) подвижных электрических зарядов (катионов в ППК и почвенном растворе). Процессы выщелачивания – оподзоливание, лессиваж, рассоление, осолодение и другие аналогичные процессы, увеличивая долю первичных, устойчивых минералов крупных фракций, снижают плотности подвижных электрических зарядов и увеличивают сопротивление почвы. Процессы гумусоаккумуляции, оглеения, торфонакопления, окультуривания и другие подобные увеличивают плотность подвижных электрических зарядов и тем самым снижают электрическое сопротивление почв.

Электросопротивление, таким образом, связано с широким комплексом свойств почв, важных как с агрономической, так и с генетической точки зрения, и является их интегральным показателем. В результате для дифференциации почв, различающихся характером либо степенью выраженности процессов почвообразования, а следовательно, свойствами и таксономическим положением – в полевых условиях могут быть эффективно использованы электрофизические методы [291, 287].

Набор электрофизического инструментария уже сейчас не мал и приносит большую пользу при точном земледелии. Но особенно важно, что электрические параметры могут быть измерены дистанционно, очень быстро и с минимальными затратами труда. Для обследования состояния почвенного покрова в настоящее время мы используем специально нами разработанный портативный прибор «LandMapper» (рис. 4.29) для проведения электрофизических измерений, а также GPS-приемник фирмы «Garmin» для определения географических координат точек обследования.

Этот прибор разработан нашим коллективом и используется уже на протяжении более 10 лет. Система работы довольно проста. На крайние два электрода А и В подается электрический ток, на средних двух М и N измеряется разность потенциалов. Далее сопротивление рассчитывается фактически по закону Ома, с той лишь разницей, что необходимо учесть объем охваченной электрическим полем почвенной толщи – чем дальше друг от друга расположены электроды, тем этот объем больше. Однако данная простота обеспечивает широкое разнообразие возможностей для применения метода [294, 420].



А



Б

Рисунок 4.29 – Прибор LandMapper и установка для профилирования (А), работа в поле (Б)

Используя раму с фиксированным расстоянием между электродами, можно довольно быстро составить карту удельного электрического сопротивления верхнего горизонта. Подобные карты стали уже необходимым элементом системы точного земледелия в США и других странах. Выпускаются установки для автоматического измерения сопротивления почвы. Затем карта переносится на бортовой компьютер трактора, занятого обработкой почвы, посевом или внесением удобрений. Узнавая свое положение на поле и сверяясь с почвенной картой, машина автоматически корректирует дозировку удобрения, задает глубину обработки и т. п. Все это позволяет снизить издержки и увеличить выход продукции, поскольку все технологические приемы проводятся в тех местах и с той степенью интенсивности, с которой это требуется для выращивания определенной культуры.

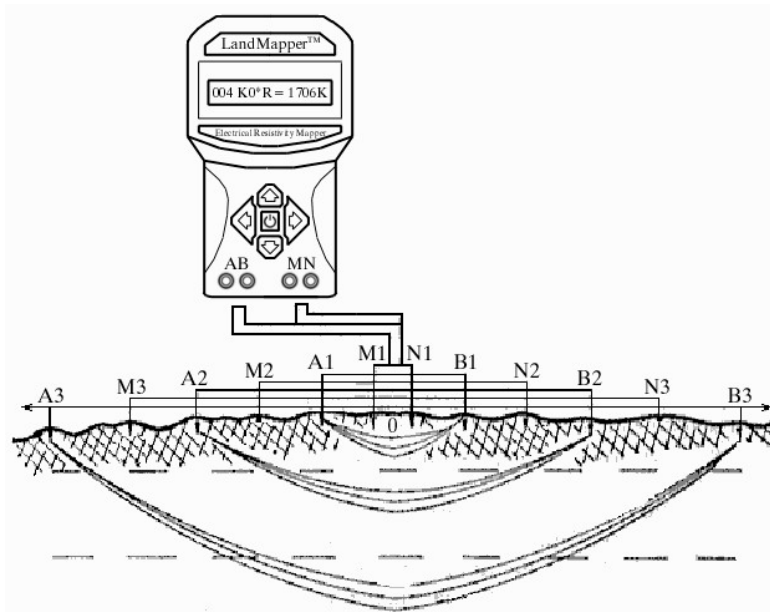


Рисунок 4.30 – Схема измерений в методе вертикального электрического зондирования

Если применение тяжелой техники невозможно, исследования можно проводить и вручную. Но как бы ни была составлена карта, она становится отличным ориентиром для почвоведов и агрономов, позволяя по одному заложенному в характерной точке разрезе охарактеризовать обширную область, выделенную по схожим значениям электросопротивления. Наоборот, оставаясь на одной точке и постепенно увеличивая расстояние между питающими и приемными электродами, можно заглянуть глубоко в почвенную толщу, изучить ее профиль, не закладывая разреза. Этот метод получил название вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) (рис. 4.30).

При измерении электрического сопротивления с увеличивающимися расстояниями между электродами получают график изменения сопротивления с глубиной, так называемую кривую ВЭЗ. Качественный анализ такой кривой позволяет оценить изменение свойств по профилю почвы. Для почв с контрастным изменением электрических параметров в профиле, таких, например, как дерново-подзолистые, возможна и количественная интерпретация [290, 291]. Впоследствии полученные данные могут быть использованы для уточнения интерпретации результатов ВЭЗ на схожих почвах. Этот же прибор может применяться и для измерений по стенке разреза или карьера (рис. 4.31). Принцип измерений такой же, как и при картировании.

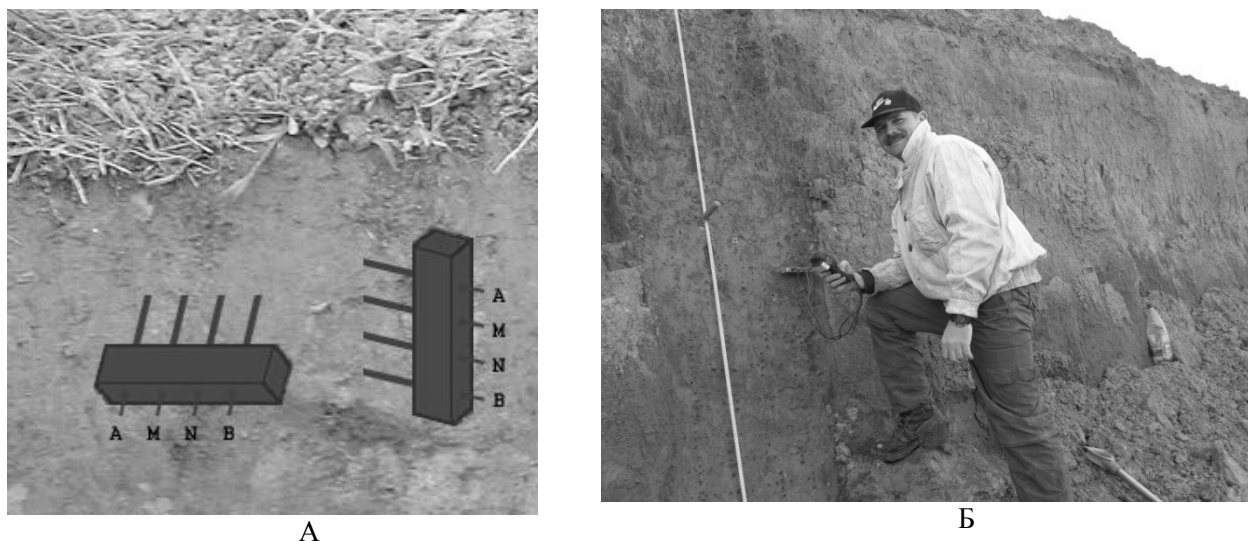


Рисунок 4.31 – Измерение по стенке разреза или карьера: А – схема измерительной установки и способы размещения ее на вертикальной поверхности; Б – пример работы на местности

В лабораторных стандартизированных условиях можно проводить измерения почвенных образцов в пастообразном состоянии, а также почвенных растворов, вытяжек, суспензий, грунтовых и поверхностных вод. Полученные результаты также можно использовать для уточнения итогов полевых наблюдений. Для лабораторных измерений созданы специальные измерительные кюветы.

Размеры кюветы – примерно 5 x 3 см и 3 см в высоту. Сделана она из пластика или плексиглаза, не проводящего электрический ток. Боковые площадные электроды выполнены в виде пластин из проводящего металла, например, меди. Они выступают в роли электродов АВ. Из этого же материала выполнены и вплавленные в боковую стенку стержни, выступающие в роли электродов MN (рис. 4.32).



Рисунок 4.32 – Соединение прибора с кюветой для измерений электрического сопротивления в почвенных образцах

Таким образом, одним и тем же портативным прибором LandMapper можно проводить измерения электрического сопротивления почв и почвенных образцов как на местности, так и в лаборатории. В настоящее время выпускается модификация прибора LandMapper ERM 03/04, который наряду с измерениями электрического сопротивления может измерять электрические потенциалы при присоединении специальных датчиков [293, 443].

4.14.2. Электрофизические методы оценки скоростей образования и поглощения парниковых газов

Как было показано, величины параметров физико-химических почвенных свойств и скорости эмиссии парниковых газов существенно варьируют даже в пределах одного поля, не говоря уже о более крупных территориях. Однако часто оценки эмиссии базируются на нескольких измерениях в точках, произвольно выбранных исходя из состояния растительности или типа рельефа, с последующим пересчетом на всю площадь участка. Более детализированные исследования требуют больших затрат времени, сил и финансовых средств.

Согласно как литературным данным, так и нашим исследованиям существует довольно строгая взаимосвязь между свойствами почвы и биомассой, физиологической активностью, а в некотором приближении даже с видовым составом почвенных микроорганизмов [245, 430]. Кроме того, известен ряд однозначных зависимостей между электрическим сопротивлением почвы и содержанием гумуса, ЕКО, грансоставом, а в торфяных почвах и с зольностью [291]. Сопротивление может стать легко определяемым и емким показателем, по которому можно сделать вывод о состоянии почвы, а значит, и состоянии почвенного микробного сообщества. Измеренное нами сопротивление пахотного горизонта изменялось в полном соответствии с делением торфоземов по положению в прирусловой-центральной-притеррасной частях поймы (рис. 4.33А). Причем это касается как измеренного в лаборатории при стандартных условиях т.н. истинного сопротивления, так и значений сопротивлений, полученных в поле с поверхности почвы без какого-либо отбора образцов.

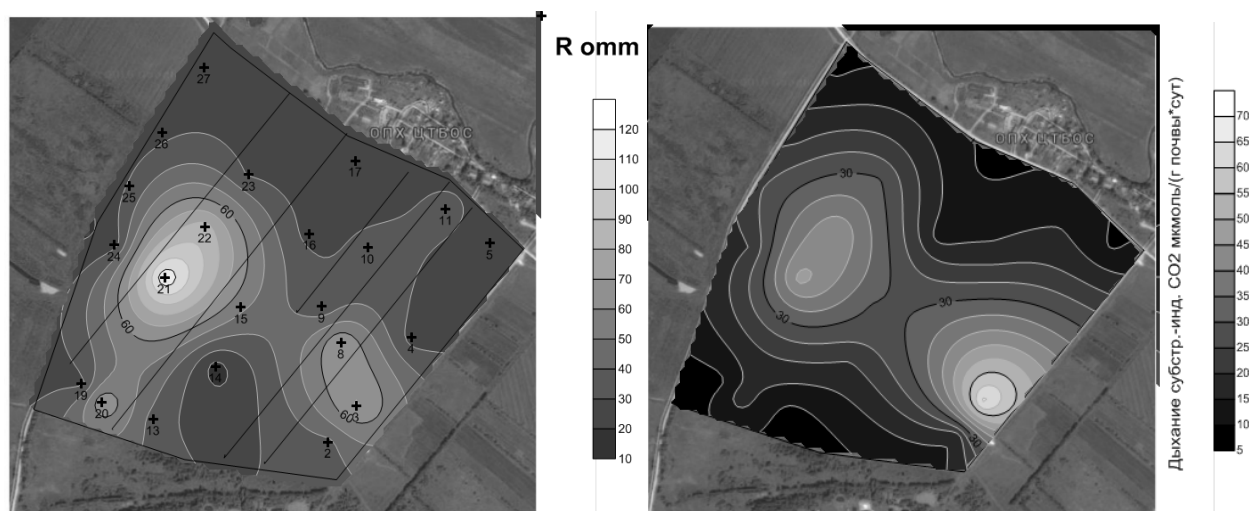


Рисунок 4.33 – Распределение величин: А – удельного электрического сопротивления пахотного горизонта (полевые измерения); Б – субстрат-индуцированного дыхания

Наибольшие величины достигались в центральной пойме, где зольность минимальна, а почвенный раствор не так минерализован, то есть несет в себе мало подвижных ионогенных соединений (электрических зарядов). Истинное удельное электрическое сопротивление обычно ниже значений, полученных в поле. Распределение величин дыхания и сопротивления очень схожи (рис. 4.33, 4.34), при этом характер их распределения ближе друг к другу, чем к границам стратиграфических участков, выделенных на Яхромской пойме ранее на основе ботанических и ландшафтно-геохимических исследований. Хотя для всей территории участка коэффициент корреляции между ними невысок (поскольку, как будет показано ниже, имеется несколько вариантов зависимостей на разных по положению и свойствам почвах) и делать прямые перерасчёты вряд ли возможно, электрическое сопротивление можно использовать для целей рекогносцировочного картирования.

Метод позволяет хорошо оценить топографию распределения величин дыхания, выделить однородные по этому показателю почвенные контуры и объективно подойти к выбору точек для дальнейших точных измерений. Связь в пределах участка наблюдается также с величинами денитрификации (образования закиси азота).

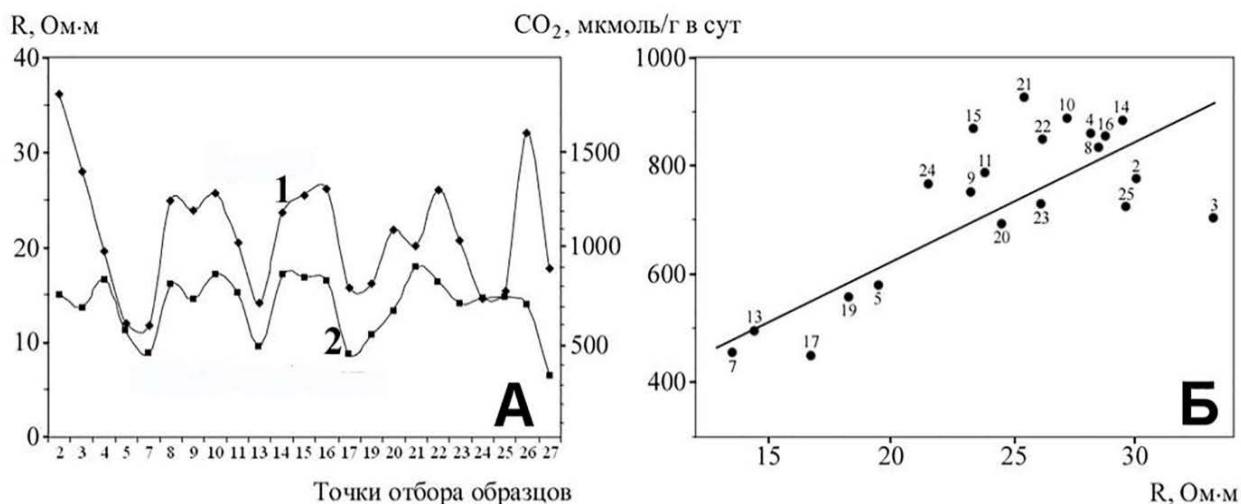


Рисунок 4.34 – Изменение электрического сопротивления по точкам обследования (А, кривая 1) и CO₂ (А, кривая 2). Зависимость между скоростью образования CO₂ и электрическим сопротивлением, измеренным в лаборатории (Б)

Важно проводить полевые измерения в условиях высокой влажности, поскольку зависимость сопротивления от влажности носит экспоненциальный характер [291]. Таким образом, при высоком содержании влаги значительные изменения в ее содержании приводят к минимальным изменениям сопротивления, и наоборот. В засушливый период следует ориентироваться на результаты лабораторных измерений при стандартизированной влажности.

4.14.3. Образование парниковых газов в условиях антропогенного загрязнения

Одним из немаловажных факторов, определяющих условия жизни микробного сообщества в антропогенно-преобразованных почвах, является загрязнение. Нами был поставлен модельный эксперимент, позволяющий, с одной стороны, определить степень влияния загрязнения на физиологическую активность почвенных микроорганизмов, а с другой – проследить обнаруженную зависимость между сопротивлением и дыханием почвы в идеальных условиях варьирования лишь одного почвенного параметра. Навески загрязнялись медным купоросом, моторным маслом и нитратом калия в предельно допустимых концентрациях и при их многократном превышении.

Внесение избыточных доз нитратов привело к закономерному росту денитрификации и снижению скорости азотфиксации. При высоких дозах наблюдалось снижение образования метана, возможно, вызванное усилением его анаэробного окисления. Использованное в модельном опыте моторное масло, напротив, стимулировало дыхание, а поскольку нефтепродукты не содержат азот, то и процесс азотфиксации. Сокращалась лишь активность метаногенеза, что связано с невозможностью сбраживания углеводов. При загрязнении тяжёлыми металлами наиболее сильно подавлялась активность дыхания.

Взаимосвязь между электрофизическими и биологическими параметрами довольно ярко проявилась и в данном опыте, поскольку загрязнение закономерно изменяло и сопротивление почвы – диссоциирующие в растворе поллютанты снижали его, диэлектрики же (нефтепродукты) – повышали. Наиболее тесная связь наблюдалась при этом между сопротивлением и дыханием (рис. 4.35). Опыт, на наш взгляд, прекрасно иллюстрирует природу найденных взаимосвязей, вызванных синхронным изменением двух величин под влиянием третьей. Однако в масштабах всей поймы в качестве последней выступает не загрязнение, а зольность торфа.

4.14.4. Оценка постмелиоративных эволюционных преобразований торфоземов Яхромской поймы электрофизическими методами

Наши исследования на Яхромской пойме показали, что между участками с разными сроками освоения отчетливо прослеживаются различия как по величинам эмиссии CO₂, так и по электросопротивлению. На участке «Ближний» (100 лет освоения) между этими двумя величинами наблюдается прямая зависимость (рис. 4.36 А). На участке «Дальний» (50 лет освоения) между значениями дыхания и сопротивления также наблюдается корреляция, однако зависимость в этом случае обратная (рис. 4.36 Б). В подпахотном горизонте, состоящем из практически неизменного, неразложенного торфа, связь дыхания и сопротивления отсутствует (рис. 4.36 В).

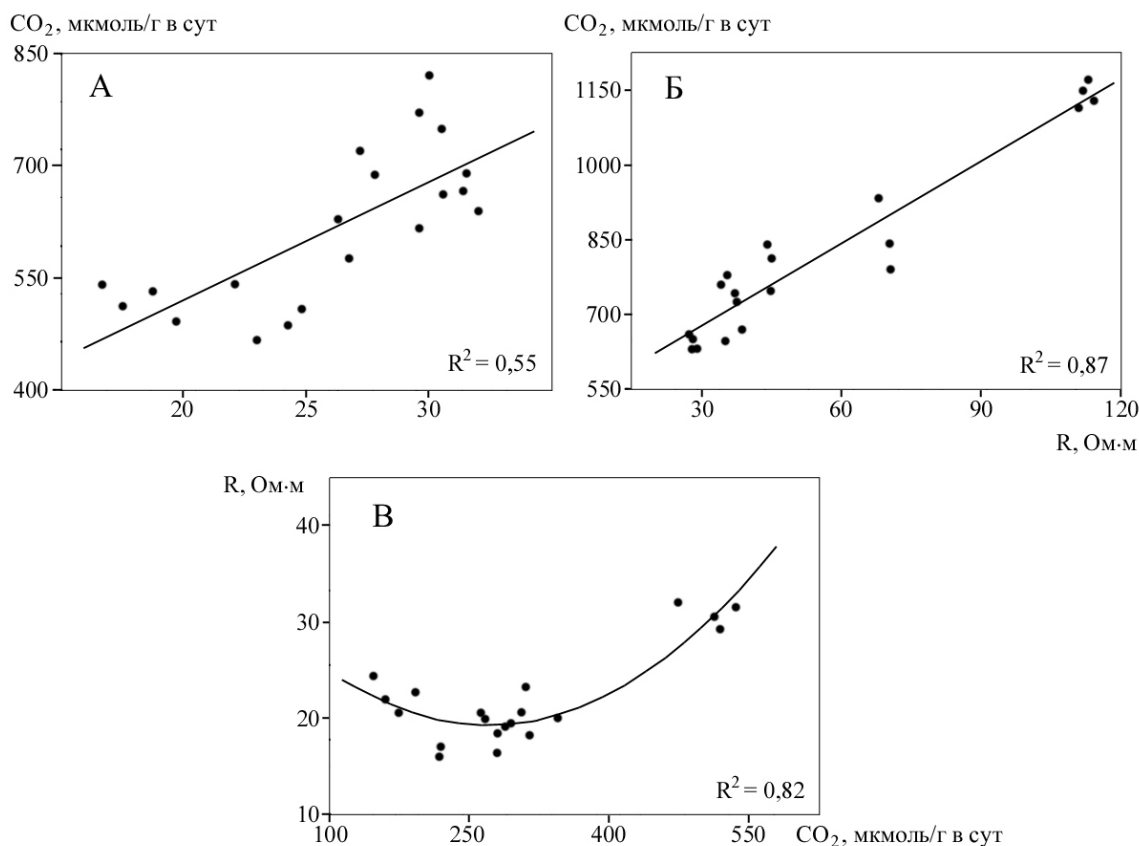


Рисунок 4.35 – Корреляция между образованием CO₂ и электрическим сопротивлением в условиях нитратного загрязнения (А), загрязнения нефтепродуктами (Б) и солями тяжелых металлов (В)

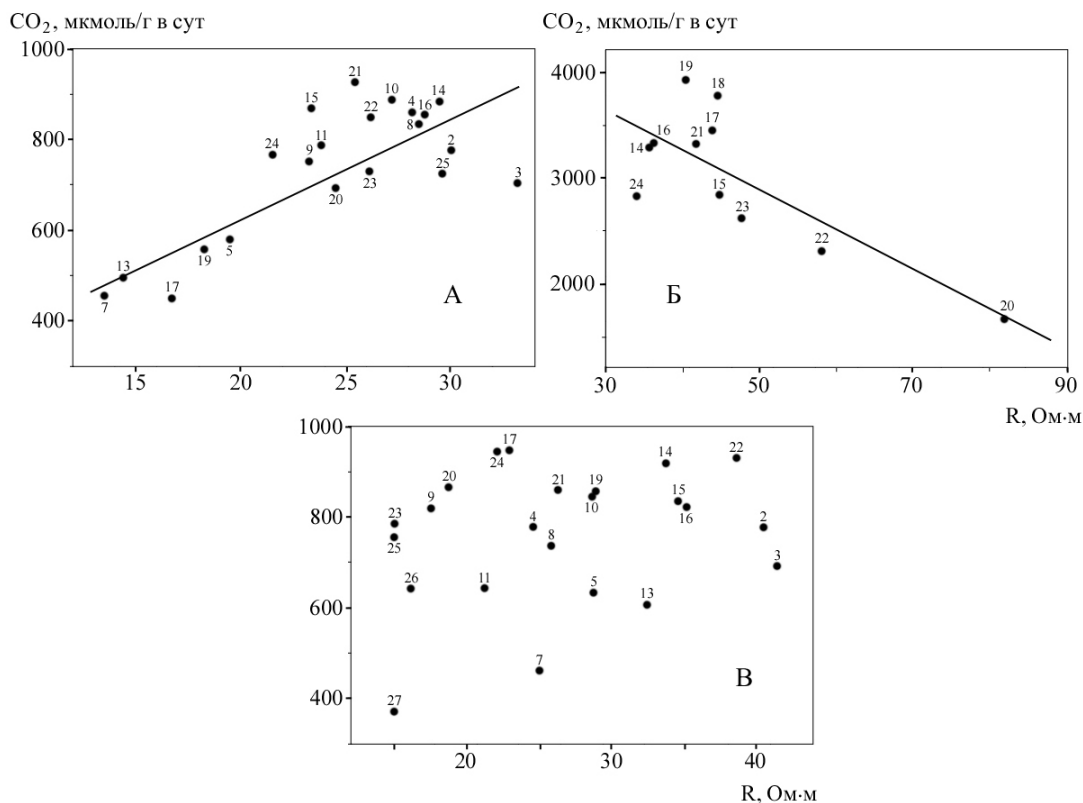


Рисунок 4.36 – Трансформация видов корреляций потенциальной эмиссии CO₂ и электрического сопротивления в процессе постмелиоративной эволюции торфяных почв Яхромской поймы. Для участка «Ближний» (А) после 100 лет освоения уравнение зависимости имеет вид: D (мкм/г сут) = $22,17 ER$ (Ом·м) + $179,21$. Для участка «Дальний» (Б) после 50 лет освоения: D (мкм/г сут) = $-37,5 ER$ (Ом·м) + $4767,2$; для подпахотного горизонта, не затронутого минерализацией, зависимость отсутствует (В)

Сопоставление величин дыхания и сопротивления раскрывает периодизацию эволюции торфяных почв после осушения и позволяет определить, насколько торф близок к состоянию равновесия в новых геохимических и гидротермических условиях. На участке «Дальний» (50 лет освоения) при интенсивном протекании минерализации в почвах с наиболее высокой скоростью разложения (то есть большими потерями CO_2) происходит относительная аккумуляция зольных элементов, что снижает сопротивление. Почвы участка «Ближний» (100 лет освоения) близки к равновесному состоянию, по газообразным потерям углерода они в целом сопоставимы с ненарушенными торфяными почвами. При этом относительно интенсивное разложение носит остаточный характер и приурочено к тем точкам, где торф пока ещё менее разложен, его зольность ниже, а сопротивление – выше. Почвенное микробное сообщество, минерализуя торфяную массу, определяет в конечном итоге собственные условия существования, легко диагностируемые по электрическому сопротивлению.

Таким образом, удельное электрическое сопротивление почвы можно использовать как основу для методов экспрессной оценки распределения ее способности к образованию парниковых газов и для характеристики антропогенного воздействия на торфяники, в частности, для определения стадии их освоения. Несмотря на длительную историю освоения и мощное антропогенное воздействие при бессменном выращивании пропашных культур, исходные свойства торфа до сих пор оказывают определяющее влияние на пространственные структуры современного почвенного покрова.

Вместе с тем важнейшими антропогенными факторами является способ и время осушения. Именно этими причинами прежде всего определяется варьирование агрохимических и микробиологических свойств пахотных горизонтов почв долины реки Яхромы.

Наложение неоднородности антропогенного воздействия и использования при освоении на естественную пестроту почвенных свойств приводит к еще большему усложнению структуры почвенного покрова старопахотных торфяников. В этих условиях большую пользу приносит использование геоинформационных систем для анализа полученных данных. Эффективным экспресс-методом анализа структуры почвенного покрова могут стать электрофизические методы, предложенные нашим коллективом.

Основным процессом, определяющим характер функционирования осушенных торфяных почв при их длительном (свыше 50–100 лет) сельскохозяйственном использовании, является истощение запасов легкодоступной органики. Результатом этого становится снижение биологической активности и, как следствие, не только падение почвенного плодородия, но и замедление процессов трансформации почвенного покрова, стабилизация его состояния и большая (хотя и далеко не абсолютная) устойчивость к внешнему антропогенному воздействию. Задачей является такая активизация микробного сообщества, которая приведет к положительному влиянию на состояние торфоземов и сельскохозяйственных культур. Для этого необходимо фундаментальное знание о функционировании окультуренных торфяников.

Современными молекулярно-биологическими методами было показано значительное участие в формировании прокариотных сообществ торфяных почв некультивируемых и мало изученных таксономических групп. Интеграция данных методов с ГИС-технологиями позволяет отчасти установить экологические функции данных организмов. Дальнейшие исследования по данной теме необходимы для сохранения таких уникальных, выполняющих значительные биосферные функции и обладающих высоким плодородием объектов, как торфяники и торфяные почвы.

4.15. Особенности подбора культур для выращивания на торфяных почвах

Учитывая погодные условия Дмитровского района Московской области и микроклимат Яхромской долины, подбор культур, выращиваемых на пойме, должен отвечать следующим условиям:

1) короткому вегетационному периоду, в среднем 108 дней, с колебаниями в отдельные годы от 75 до 130 дней;

2) возможности проявления заморозков:

– в начале вегетационного периода;

– ранней осенью, когда культура ещё не готова к уборке;

– редко в середине вегетации (9–10 июня 1982 г. выпал небольшой снег, температура на поверхности почвы составляла 0° , -1°C);

3) необходимости адаптации сельскохозяйственных культур к условиям «холодных почв», так как торфяники, по сравнению с минеральными почвами, имеют более низкую теплопроводность и медленнее прогреваются;

4) сравнительно высокому залеганию УГВ (для мелиорированных почв), от 1–1,2 м для центральной части поймы 0,8–1,0 м, на участках, прилегающих к притеррасной части, при благоприят-

ных условиях вегетационного периода, и более высокому УГВ для сырых и прохладных лет, соответственно 0,8–1,0 м и 0,6–0,8 м.

Анализируя микроклимат, характерный для Яхромской долины, возможность возделывания здесь сельскохозяйственных культур, можно сделать следующее заключение:

– необходимо исключить из списка культур, возможных для выращивания на Яхромской пойме, теплолюбивые растения и культуры с длительным вегетационным периодом, а также культуры для ранней реализации, т. е. ранние овощи;

– на торфяных почвах центральной части поймы можно выращивать среднеспелые и среднепоздние сорта и гибриды овощных культур: капусты и столовых корнеплодов, а также картофеля, для сортообновления, кроме того, кормовые культуры: многолетние и однолетние травы, кормовые корнеплоды и другие.

Итак, микроклимат Яхромской поймы позволяет выращивать в центральной её части на низинных торфяных почвах и в прирусловой части на торфоземах агроминеральных следующие культуры: капусту белокочанную, цветную и реповидную; все столовые (морковь, свеклу, петрушку, пастернак, сельдерей, брюкву, репу, редис, редьку) и кормовые корнеплоды. На пойме неплохо удаются зеленые культуры: лук на перо, овощи на зелень (кроме укропа, так как для него губительны холодные росы и туманы), кормовые корнеплоды, кормовые бобы на силос, картофель как продовольственную культуру, а также на семена для сортообновления, горох на зерно и корм, кормовую капусту, многолетние и однолетние бобово-злаковые и злаковые кормовые культуры.

Притеррасная часть поймы лучше всего подходит для выращивания многолетних злаковых трав, организации сенокосов и пастбищ.

После масштабной мелиорации Яхромской поймы многие сотрудники ЦТБОС вплотную занимались подбором культур, наиболее подходящих для выращивания на торфяных почвах [11, 10, 13, 47, 15, 361].

4.15.1. Роль многолетних трав в сохранении и поддержании высокого уровня плодородия торфяных почв

Рациональное использование мелиорированных торфяных почв должно сводиться к созданию культурных агроценозов, которые характеризовались бы сформировавшимся при осушении гидрологическим и гидротермическим условиям, обеспечивающими высокую продуктивность торфяных почв при минимальном разрушении органического вещества.

Результаты научных исследований и практика использования осушенных земель показывают, что среди сельскохозяйственных культур, которые рационально и наиболее полно используют плодородие торфяных почв и поддерживают его на высоком уровне, первостепенное место принадлежит многолетним травам.

В севооборотах ЦТБОС (ныне Дмитровский отдел ФГБНУ ВНИИМЗ) ежегодный урожай сена многолетних злаковых трав за 7 лет составил 11,4 т/га сена, не снижаясь в холодные и дождливые годы. В совхозе «Куликовский» Дмитровского района Московской области в такой холодный год многолетние травы первого года пользования дали в первом укосе 6 т/га на площади 132 га и во втором – зеленой массы отавы 10–12 т/га [11].

Многолетние травы приводят к значительному снижению уровня засоренности полей, что позволяет считать их ведущей культурой севооборотов на торфяных почвах [331, 378]. По данным ЦТБОС, парные травосмеси тимофеевки с лисохвостом луговым в среднем за 18 лет обеспечили чистые урожаи по фону калийного удобрения (без сорной растительности) 73,7 ц/га, а с кострцом безостым – от 96,3 до 103,3 ц/га в среднем за пять лет [47]. Систематическое выращивание однолетних, особенно пропашных, культур приводит к ухудшению физических свойств торфяных почв. В торфе происходит необратимая коагуляция коллоидов, приводящая к потере способности набухать и увлажняться. Это, в свою очередь, является причиной распыления торфяных почв, ухудшения физико-химических и биологических свойств торфа, что в итоге приводит к снижению продуктивности сельскохозяйственных культур и длительности использования торфяных почв вообще [378].

Эти негативные явления в значительно меньшей степени выражены под многолетними травами, которые, кроме того, играют структурообразующую роль, причем наиболее эффективно в течение первых 2–3 лет культуры. Травосмеси проявляют свою структурообразующую способность в большей степени по сравнению с чистыми посевами злаковых трав, а максимальное количество водопрочных агрегатов обеспечивают двойные бобово-злаковые [332]. Введение клеверо-timoфеечной травосмеси в овоще-кормовой севооборот увеличивает урожай овощных культур и качество овощной продукции [380] и улучшает биологическое состояние торфяных почв [289].

При этом нужно учитывать, что бобовые культуры хорошо развиваются на торфяных почвах только в течение первого года пользования и потом выпадают из-за накопления в почве большого количества нитратов, заменяясь злаковым травостоем. Однако если при посеве клеверо-тимофеечной травосмеси выдерживать соотношение семян 1 : 3, то на второй год пользования тимофеевка луговая занимает всю площадь и дает урожай до 150 ц/га сена.

По мнению В. И. Белковского [36], многолетние травы могут выполнять отводимую им почвозащитную функцию только в условиях оптимального водно-воздушного и пищевого режимов. В противном случае травы утрачивают своё преимущество перед другими культурами и не только не обеспечивают высокой продуктивности, но и своей почвозащитной роли. Потери органического вещества в таком случае под многолетними травами могут быть более высокими, чем под зерновыми и даже пропашными культурами.

Учитывая приведенные обстоятельства, при которых многолетние травы могут выполнять почвозащитную функцию, необходимо подбирать виды и составы травостоев многолетних трав для залужения и использования в севооборотах так, чтобы они максимально соответствовали водно-физическим и физико-химическим характеристикам торфяных почв и обеспечивать выбранным травосмесям оптимальный режим питания.

4.15.2. Вклад сотрудников МОБОС и ЦТБОС в развитие кормопроизводства и подбор культур для выращивания на торфяных почвах

Вопросами кормопроизводства на торфяных почвах Яхромской поймы занимались многие ученые-исследователи МОБОС, а позднее ЦТБОС. Обобщая исследования сотрудников ЦТБОС (Б. Д. Оношко, Н. А. Тюнеева, Е. А. Фирсановой, С. В. Пономаревой, И. А. Евграфова, С. Н. Давыдовской, П. С. Гусева, З. И. Аристовой, Г. А. Ильина, К. М. Ивановой, М. Н. Поповой, Е. Д. Алексеева, Ю. К. Бурака, В. В. Тямина, А. К. Рыцарева) и многих других. Ю. К. Бурак [47] – директор ЦТБОС с 1970 по 1977 год – отмечал, что в своих исследованиях сотрудники разрабатывали дифференцированные нормы осушения, подбирали виды и сорта сельскохозяйственных культур, отрабатывали системы обработки и удобрений для создания высокопродуктивных сенокосов и овоще-кормовых севооборотов.

Многолетними опытами научных сотрудников доказано, что отдельные кормовые культуры, возделываемые на низинных торфяниках, предъявляют разные требования к степени осушения. Менее требовательны к осушению многолетние и однолетние луговые травы, зерновые культуры. Для получения высоких и устойчивых урожаев им необходимо понижение уровня грунтовых вод в среднем за вегетацию до 60–90 см от поверхности почвы. Более требовательны к осушению культуры пропашного типа: овощи, картофель, кормовые корнеплоды, силосные культуры (кукуруза, подсолнечник). Для получения высоких урожаев они нуждаются в понижении УГВ на 90–100 см от поверхности почвы в среднем за вегетацию.

Учитывая биологические особенности многолетних луговых трав, а также их различное отношение к условиям местообитания, сотрудники МОБОС провели огромные исследовательские работы по подбору видов луговых трав и их травосмесей различных сроков пользования, а также других кормовых культур. Цель этих работ – освоение и организация на торфяных почвах прочной и высокопродуктивной кормовой базы животноводства.

Результаты исследований показали, что:

- для залужения низинных болот центральной части Нечерноземной зоны России лучшим компонентом для долгосрочных сенокосных травосмесей можно считать тимофеевку луговую;
- низинные луговые злаки (мятлик луговой, овсяница красная, а из верховых злаков – ежу сборную) вводить в долгосрочные травосмеси не следует, так как они не увеличивают урожай травосмесей и не удлиняют сроки пользования сенокосов;
- клевера (красный и розовый) в долгосрочных травосмесях со злаковыми компонентами на низинных торфяных почвах (осоково-луговых и осоково-древесных, богатых усвояемым азотом) сильно угнетаются злаковыми травами и выпадают уже на 2-й год пользования;
- кустовые луговые злаки (тимофеевка луговая) с 4–5-го года пользования, овсяница луговая со 2–3-го года начинают сильно выпадать, особенно, в травосмесях с корневищными злаками;
- корневищные злаки (лисохвост луговой и кострец безостый) – наоборот, постепенно увеличивают свое участие в травостоях, вытесняя кустовые злаки;
- лисохвост луговой с 4–5-го года пользования начинает преобладать в долгосрочном искусственном травостое, независимо от процента, высеваемого в первоначальной смеси;
- кострец безостый, введенный в травосмесь с малым процентом участия, развивается медленнее лисохвоста лугового и позднее начинает преобладать в травостое;

– величина засоренности травосмесей обнаруживает ясно выраженную зависимость от видового состава травосмеси. Травосмеси без участия корневищных злаков – лисохвоста лугового и костреца безостого – на 6-й год пользования (когда тимофеевка уже сильно выпала) дают высокий процент засоренности (44–68 % от общего урожая);

– засоренность травосмесей с лисохвостом и кострецом оказалась низкой (6–18 %). При этом растительность, засоряющая первоначальный травостой, в основном представлена луговыми злаками (условными сорняками), имеющими значительную кормовую ценность (лисохвост луговой, мятлик луговой и обыкновенный, пырей ползучий и др.);

– собственно сорняки (мелкие осоки, щучка и другие малосъедобные растения) составляли меньшую часть сорной растительности и даже на 24-й год пользования, количество их не превышало 10 %.

Анализ экспериментального материала показал, что следует идти по пути упрощения видового состава долгосрочных травосмесей. Двучленная травосмесь из тимофеевки луговой (90 %) и лисохвоста (10 %) дала чистый урожай сена трав (без сорной растительности) за 18 лет – 71,5 ц/га. Все парные тимофеечно-кострецовые травосмеси (90 % тимофеевки и 10 % костреца безостого и 70+30) на одних калийных удобрениях в среднем за 5 лет обеспечили урожай сена от 96,3 до 103,5 ц/га, без сорной растительности, соответственно от 96,3 до 103,3 ц/га, что свидетельствует о высокой продуктивности представленных двухкомпонентных травосмесей.

4.15.3. Биологическая эффективность возделывания многолетних трав и травосмесей при трехукосном использовании травостоя

Для обеспечения более эффективного подбора многолетних трав с целью залужения торфяных почв низинного типа и выращивания их в овоще-кормовых севооборотах и вне севооборотных участков изучалась продуктивность семи видов трав и их травосмесей в центральной части Яхромской поймы (5-й квартал участка «Ближний»).

Травы высевались беспокровно в мае. До посева и после него поле прикатывали гладким водоналивным катком, что обеспечило заделку семян на глубину от 1,5 до 2–3 см. Использование травостоев трехукосное. Под первый укос вносили $N_{30}P_{60}K_{120}$, под второй и третий по $N_{30}K_{120}$ [13]. Урожай сена отдельных видов трав свидетельствует об их высокой урожайности. В первый год пользования урожай составил за три укоса от 10,3 до 16,0 т/га; на второй год – от 12,8 до 14,1 т/га, на третий год – от 11,4 до 12,6 т/га (табл. 4.6). Выход сырого протеина составил в первый год (за 3 укоса) 0,99–1,58 %, кормовых единиц – 6,24–9,67 т/га; на второй г. п. соответственно 1,14–1,68 % и 6,15–11,4 т/га, на третий год: 1,03–1,32 % и 6,86–7,70 т/га. Качество корма было высоким во всех трех укосах, причем каждый последующий укос имел более высокое содержание сырого протеина.

Таблица 4.6 – **Продуктивность различных видов многолетних трав и травосмесей на низинных торфяных почвах при трехукосном использовании травостоя**

Виды трав и смесей	Первый год пользования			Второй год пользования			Третий год пользования		
	сено, т/га, 16 %	сырой протеин, %	корм. единицы, т/га	сено, т/га, 16 %	сырой протеин, %	корм. единицы, т/га	сено, т/га, 16 %	сырой протеин, %	корм. единицы, т/га
Тимофеевка луговая	12,1	1,09	7,25	12,9	1,34	9,36	11,4	1,03	6,86
Овсяница луговая	10,9	0,99	6,57	12,8	1,33	6,15	11,7	1,12	7,12
Овсяница тростниковая	13,5	1,26	8,11	14,0	1,27	6,79	11,7	1,32	7,42
Райграс многолетний	15,2	1,52	9,16	12,9	1,14	8,55	11,9	1,29	7,53
Ежа сборная	16,0	1,58	9,67	12,8	1,25	9,04	11,7	1,17	7,52
Двукосточник тростниковый	14,3	1,45	8,58	14,1	1,57	11,2	12,1	1,10	7,52
Кострец безостый	10,3	1,20	6,24	14,0	1,68	11,4	12,6	1,06	7,70
Ежа сборная + овсяница трост.	10,8	1,01	6,52	13,3	1,37	8,06	12,1	1,46	7,48
Ежа сборная + кострец безостый	11,1	1,01	6,74	13,5	1,48	8,11	10,0	1,00	6,03
Кострец безост. + тимофеевка луг.	15,7	1,68	9,48	13,1	1,38	7,87	9,9	1,03	5,97

Тимофеевка луговая как злак среднепоздний укосной спелости достигала на 7–10 дней позднее других трав, но также показала очень хорошие результаты. Наибольшей устойчивостью против полегания отличались: двукисточник тростниковый (5 баллов), тимофеевка луговая и кострец безостый (по 4,5 балла). Все изученные травы были пригодны для механизированной уборки.

При уборке и учете урожая первого укоса на третий год пользования тимофеевка луговая была в фазе полного колошения, овсяница луговая и тростниковая – окончания выметывания метелки, райграсс многолетний – окончания цветения, ежа сборная – налива семян, двукисточник тростниковый и кострец безостый – цветения.

Испытанные травосмеси не имели преимуществ по урожайности перед одновидовыми травами. Урожай сена составили по годам: 1 г.п. – 10,8–15,7 т/га, 2 г.п. – 13,1–13,5 и 3 г.п. – 9,9–13,1 т/га. Качество кормов было следующим: 1 г.п. – содержание сырого протеина 1,01–1,68 %, выход кормовых единиц 6,52–9,48 т/га; 2 г.п. соответственно 1,37–1,48 % и 7,87–8,11 т/га; 3 г.п.: сырой протеин – 9,9–12,1 %, выход кормовых единиц – 5,97–7,48.

Следовательно, на низинных торфяниках можно создавать высокопродуктивные сенокосы одновидовым посевом костреца безостого или тимофеевки луговой либо других видов трав в зависимости от условий выбранных участков.

Анализируя требования многолетних трав к условиям произрастания, можно сделать следующее заключение.

Для наиболее дренированных низинных торфяных почв центральной части поймы, подстилаемых древесным или разнотравно-древесным торфом, для залужения в первую очередь подойдет кострец безостый. Этот злак хорошо растет при влажности почвы 50–60 % от полной влагоемкости и не любит повышения уровня грунтовых вод выше 1 м. Неплохо подходят подобные участки тимофеевке луговой, овсянице луговой и тростниковой, а также ежа сборной и канареечнику тростниковидному.

На более влажных участках торфяных почв притеррасной части поймы и примыкающих к ней участков для залужения подойдут лисохвост луговой, мятлик луговой, полевица белая, райграсс многолетний, так как они требуют лучших условий увлажнения. Канареечник тростниковидный благодаря своей пластичности может расти как на дренированных, так и на переувлажненных участках.

При планировании посевных площадей под многолетние травы следует учитывать потребности не только в сене, но и в сенаже, травяной муке и в зеленых кормах на подкормку животным в весенне-летний период из расчета 40–45 кг на 1 голову. В этих целях необходимо сеять не только овсяницу луговую, канареечник тростниковидный, кострец безостый и тимофеевку луговую, но и травы, дающие корм в ранние сроки, – лисохвост луговой и ежу сборную.

Лисохвост луговой и овсяница луговая на торфяных почвах сильно полегают. Их лучше выращивать в травосмесях, добавляя к ним (25–30 % от нормы высева) семена тимофеевки луговой или костреца безостого.

Глава 5. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

5.1. Общие положения

Система обработки торфяных почв – важнейшее технологическое звено выращивания сельскохозяйственных культур, поэтому проблемой обработки мелиорированных торфяников занимались и занимаются многие исследователи [275, 152, 359, 331, 361, 15, 11, 10].

Результаты исследований сотрудников ЦТБОС (ныне Дмитровский отдел ФГБНУ ВНИИМЗ) по системам земледелия на торфяных почвах, в том числе по системам обработки почв, были использованы наряду с результатами исследований других научных учреждений при разработке рекомендаций ВНИИГиМ «Технология окультуривания и сельскохозяйственного использования торфяных почв» [349].

Своевременная качественная обработка – важнейшее мероприятие для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия торфяных почв. Она создает в пахотном слое наиболее благоприятные условия для роста и развития растений, улучшает водно-воздушный и тепловой режим почвы, способствует благоприятному развитию микробиологических процессов, активизирует процессы разложения органического вещества торфа и послеуборочных растительных остатков, очищает поля от сорняков, способствует гибели вредителей и болезней сельскохозяйственных культур.

Система обработки торфяных почв во многом отличается от обработки минеральных почв. Органические почвы в отличие от минеральных имеют очень низкую плотность сложения. Для низинных длительно используемых торфяников с повышенной зольностью эта величина чаще всего не превышает 0,3–0,4 г/см³. Поэтому, если для минеральных почв, особенно суглинистого и глинистого гранулометрического состава, главной задачей обработки является создание рыхлого корнеобитаемого слоя для растений, то для торфяных почв – это задача прямо противоположная: обеспечить достаточную плотность верхнего слоя почвы, что достигается её прикатыванием с помощью тяжелых водоналивных катков. Особенно важно проводить прикатывание при посеве мелкосеменных культур, поэтому торфяную почву прикатывают перед посевом культуры и после.

Из системы обработки торфяных почв исключаются такие приемы, как обработка пара, так как чистые пары из системы земледелия торфяных почв исключаются, «закрытие» влаги, рыхление плужной подошвы, весеннее боронование озимых зерновых и многолетних трав. В то же время повышается роль обработки почвы как средства борьбы с сорной растительностью, вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, а также способа регулирования скорости разложения органического вещества.

Система обработки торфяных почв состоит из основной, предпосевной и послепосевной обработок. Обычно обработка почвы дифференцируется в зависимости от водного режима участка, степени разложения торфа, вида предшественника и требований возделываемой культуры, степени засоренности полей и т. д.

Основная задача зяблевой вспашки – борьба с сорняками и вредителями. При обработке пласта многолетних трав необходимо добиться полного оборота дернины. С этой целью ее режут утяжеленными балластом дисковыми боронами БДТ-2,2 в 2–3 следа в разных направлениях. При необходимости дискование повторяют. Борона должны иметь хорошо заточенные диски. Спустя 10–12 дней дернину запахивают плугом с предплужниками на глубину 30–35 см.

После зерновых, зернобобовых и других рано убираемых культур почву перед вспашкой один-два раза лушат на глубину 10–12 см для уничтожения сорняков и вредителей сельскохозяйственных культур. Зябь поднимают через 10–12 дней после прорастания сорняков. Зяблевой вспашкой, проводимой на торфяниках обычно на глубину 25–30 см, уничтожают проростки сорняков, зимующих насекомых-вредителей, их куколок и личинок, а также споры некоторых паразитных грибов. В большинстве случаев зяблевая вспашка имеет преимущество перед весенней вспашкой, за исключением заливных пойменных участков. На слаборазложившихся торфяниках предпочтение имеет ранняя зябь, на сильно разложившихся – поздняя.

На полях из-под поздно убираемых овощных и кормовых культур зяблевую вспашку проводят сразу после уборки урожая оборотными плугами с глубокой заделкой растительных остатков. В ряде случаев, например при подготовке почвы под яровые зерновые, на чистых от сорняков полях зяблевая вспашка может быть заменена мелкой обработкой дисковыми боронами (если участки не засорены корневищными и корнеотпрысковыми сорняками).

Глубина вспашки зависит от условий увлажнения пахотного слоя. При близком залегании грунтовых вод (20–50 см весной и 79–80 см летом) следует пахать на глубину 30–35 см. Напротив,

при глубоком осушении (60–70 см весной и 100–110 см летом) преимущество имеет вспашка на 20–25 см, которая меньше нарушает капиллярную связь между почвенно-грунтовой водой и зоной основного распространения корней растений [349].

Предпосевная подготовка почвы под озимые культуры состоит из тщательного выравнивания поверхности поля после ранее проведенной вспашки, дискования почвы при появлении сорняков в двух взаимно перпендикулярных направлениях и обязательного прикатывания перед посевом и после него. Весной почву под яровые культуры дискуют при ее оттаивании на 10–12 см, т. е. проводят работы по мерзлоталой почве. Под культуры позднего сева почву дискуют второй раз непосредственно перед посевом. По данным ЦТБОС, на старопахотных торфяных почвах высокой степени разложения при незначительном наличии на полях остатков погребенной древесины целесообразно вместо дискования проводить культивацию почвы. Замена дисковых орудий культиватором позволяет более эффективно бороться с многолетними корневищными сорняками (пыреем, мятой, осотом желтым), которые хорошо развиваются на рыхлых торфяных почвах.

Послепосевные обработки торфяных почв в основном связаны с междурядными обработками капусты и столовых корнеплодов и должны быть строго регламентированы. Междурядные обработки почвы на капусте проводят на глубину 6–8 см при появлении сорняков и на 10–12 см в начале образования кочанов, с внесением хлористого калия: 30–60 кг/га (по д. в.), в зависимости от вносимых доз удобрений и подокучиванием растений.

Междурядные обработки моркови и свеклы проводятся на грядах с одновременным уничтожением сорняков на склонах и в середине гряды культиватором Шмоцер (Германия) дважды за сезон. Ежегодно на торфяных почвах должна проводиться эксплуатационная планировка поверхности почвы в 2–3 следа (вслед за зяблевой вспашкой или весной после дискования или перепашки) планировщиками типа П-2,8, Д-719 или простыми рельсовыми и цепными приспособлениями (волокушами).

После такой планировки почвы весной можно сеять корнеплоды сеялкой грядоделателем ГС-1,4 в комплекте с МТЗ-82, предварительно внося удобрения под весеннее дискование или перепашку, или высаживать рассаду капусты шестирядной сажалкой СКН-6 или СКН-6 А.

5.2. Некоторые особенности использования сельскохозяйственной техники на торфяных почвах

Из-за низкой плотности торфяных почв иногда возникает проблема нормальной проходимости сельскохозяйственной техники в период, когда почва переувлажнена, и техника начинает буксовать, тонуть и т. п. В подобных условиях образуются рытвины, неровности, которые в дальнейшем приходится выравнивать и нивелировать поверхность, используя планировщики. Поэтому, чтобы избежать дополнительных планировок, в наборе сельскохозяйственной техники хозяйства обязательно должна быть представлена ширококолесная техника, оказывающая на почву меньшее давление, или гусеничные трактора.

Обязательным приемом подготовки поля после осенней зяблевой вспашки и, особенно, весенней перепашки почв является уборка пней и крупных остатков древесины для самых плодородных торфяных почв центральной части Яхромской поймы, залегающих на осоково-древесных и древесных торфах. К сожалению, это очень трудоемкий, хотя и важный агротехнический прием, невыполнение которого часто приводит к поломке сельскохозяйственной техники и агротехническим огрехам при культивации, дисковании почв, нарезке гряд, посеве культур и т. д., что снижает качество проводимых работ. Акцент на весеннюю перепашку сделан потому, что именно зимой древесина и пни выдавливаются из нижних слоев торфяника на поверхность и мешают затем обработке почв. Поэтому уборка пней и погребенной древесины, выпаханных весной, является обязательным агротехническим приемом на подобных почвах.

5.3. Система питания и защиты растений на торфяных почвах

5.3.1. Система удобрений многолетних трав

Важное место в получении высоких и устойчивых урожаев многолетних трав на торфяных почвах отводится применению удобрений. При построении системы удобрений должен учитываться ряд факторов, определяющих их эффективность: потребность сельскохозяйственных культур в элементах питания, содержание питательных элементов в почве и их подвижность, гидрологический режим, различные специфические свойства отдельных типов почв.

Отличительной особенностью системы удобрений под сельскохозяйственные культуры на торфяных почвах является то, что она должна строиться с учетом необходимости максимального использования растениями азота, освобождающегося при минерализации торфа, и ежегодного внесения

калийных и фосфорных удобрений, так как торфяные почвы чаще всего бедны фосфором и калием. Лучше всего используют азот, освобождающийся при минерализации торфяных почв, многолетние травы.

Кроме того, торфяные почвы бедны усвояемой медью, поэтому при первичном освоении обязательно вносят медьсодержащие удобрения. Эту операцию затем повторяют через каждые 5–7 лет, если содержание меди в почве менее 4–5 мг на 1 кг абсолютно сухой почвы. Многолетние травы очень чувствительны к недостатку меди: при ее дефиците они плохо кустятся, не образуют генеративных побегов, верхушки листьев у них засыхают, приобретают белый цвет, растения гибнут или дают незначительный урожай. Медные удобрения вносят в виде пиритных огарков (отходы сернокислого и бумажно-целлюлозного производства) и медного купороса. Норма внесения пиритных огарков – 5–6 ц/га. В них имеется от 0,3 до 1 % меди и в небольшом количестве марганец, кобальт и цинк. Медный купорос содержит около 25 % меди. Его применяют в дозе от 10–15 до 15–20 кг/га. Для устранения недостатка меди можно проводить некорневую подкормку растений медным купоросом (250–300 г/га) тракторными опрыскивателями в ранние фазы развития растений, с тем чтобы как можно меньше повредить посевы. Расход воды при наземном опрыскивании – 300–400 л/га.

На незатопляемых участках и там, где грунтовые воды отстоят от поверхности почвы на расстоянии не менее 50–60 см, калийные и фосфорные удобрения можно вносить как весной, так и осенью с заделкой дисковыми боронами на глубину 12–15 см. Дозу основных минеральных удобрений в зависимости от их вида определяют исходя из наличия питательных веществ в почве, выноса их планируемым урожаем, коэффициентов использования растениями питательных элементов из почвы и вносимых удобрений.

Фосфор легко закрепляется в почве и с течением времени накапливается в ней, но в формах, труднодоступных для растений, поэтому ежегодное внесение фосфорных удобрений эффективно. Калий в торфяных почвах находится в подвижном состоянии, легко усваивается растениями и может вымываться грунтовыми и талыми водами.

В посевах ЦТБОС на старопашотных торфяных почвах низинного типа при ежегодном внесении под каждый укос $N_{30}P_{60}K_{120}$ урожайность тимофеевки луговой на сено за два укоса составила в среднем за 7 лет первой ротации севооборота 114,5 ц/га, а за 7 лет второй – 128,5 ц/га.

В посевах Карельской опытной станции на малозольных мощных торфяниках при ежегодном внесении весной под первый укос $N_{45}P_{45}K_{120}$ средний урожай тимофеевки луговой на сено за 14 лет при двуукосном использовании был 65,1 ц/га.

Прибавка урожая сена многолетних трав от действия азотных удобрений в первые годы после залужения составляли свыше 40 ц/га, а в среднем за 14 лет – 29,6 ц/га.

Калийные удобрения в среднем за 14 лет дали прибавку сена 27,1 ц/га, несмотря на высокое содержание калия в почве. Каждый внесенный килограмм K_2O давал прибавку сбора сена 27,5 кг.

5.3.2. Системы удобрений многолетних трав в севооборотах и вне севооборотных участков

Исследования по изучению эффективности норм и сроков внесения минеральных удобрений под клеверо-тимофеечную травосмесь при двухукосном использовании травостоя проводили на старопашотных торфяных почвах Яхромской поймы, сформированных на мощных разнотравно-древесных торфах. Степень разложения торфа пахотного горизонта на опытном участке высокая (55–60 %), зольность составляла 31 %, рНксл – 6,0, гидролитическая кислотность – 24,6, сумма поглощенных оснований – 134,8 м-экв/100 г почвы; содержание P_2O_5 и K_2O в вытяжке Кирсанова соответственно 8,7 и 29,3 мг/100 г почвы.

Выбор клеверо-тимофеечной травосмеси был продиктован следующими соображениями:

– на торфяных почвах, мелиорированных для выращивания овощных культур, в кормовое звено севооборота вероятно введение многолетних трав на срок не более 2–3 лет;

– бобово-злаковая травосмесь лучше восстанавливает торфяные почвы, несмотря на тот факт, что клевер красный через год пользования, практически, полностью выпадает. Разлагаясь в течении года, бобовая культура обогащает почву свежим органическим веществом, повышает уровень плодородия, улучшает условия питания тимофеевки. Тимофеевка, благодаря этому, полностью заполняет освободившуюся площадь.

В опыте испытывались умеренные дозы минеральных удобрений (варианты 2–8): азота от 90 до 180 кг/га по д.в., фосфора 60–90, калия 120–180. Фосфорные удобрения вносились весной. Для азотных и калийных удобрений испытывалось как разовое внесение (под 1 укос), так и дробное – под каждый. Одновременно изучалась эффективность расчетных норм удобрений на планируемый урожай сена 150 ц/га. В вариантах 9 и 10 дозы удобрений рассчитывали методом элементарного баланса,

исходя из содержания осенних запасов питательных веществ в почве и учета коэффициентов их использования из почвы. В варианте 9 – коэффициенты использования NPK из удобрений не учитывались; в варианте 10 – учитывались. Для этих вариантов указаны дозы, внесенные в среднем за 3 года.

Результаты полевых опытов показали, что рациональное применение минеральным удобрениям под многолетние травы на торфяных почвах позволяет получать высокий и стабильный урожай сена, до 150 ц/га. Причем азотные удобрения играют значительную роль в повышении урожайности, обеспечивая в разные по условиям вегетативного периода годы максимальные прибавки (38,6 %): фосфорно-калийные удобрения (P₆₀K₁₂₀) за три года дали 35,8 % прибавки урожая; NPK – удобрения в зависимости от доз обеспечивали 56,8–71,8 % прибавки урожая.

Наиболее эффективным и экономически оправданным при двухукосном использовании клеверо-тимофеечной травосмеси является применение умеренных доз удобрений (N₆₀₊₃₀P₆₀K₁₈₀ и N₆₀P₆₀K₁₂₀), что позволило получить в среднем за три года соответственно 136,6 и 129,0 ц/га сена и обеспечить окупаемость 1 кг удобрений 18,8–22,5 кг и 21,7–23,7 кг сена. Внесение повышенных доз удобрений (N₁₂₀₊₆₀P₉₀K₁₂₀₊₆₀) и расчетных норм на планируемый урожай 150 ц/га позволяет получать высокие планируемые урожаи (150,2–162,2 ц/га), но приводит к полеганию и частичному выпреванию травостоя, что значительно усложняет уборку и резко снижает урожай в последующие годы (до 122,5–118,0 ц/га – вар. 8 и 10) (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Биологическая эффективность минеральных удобрений клеверо-тимофеечной травосмеси при двухукосном использовании травостоя

Внесено удобрений по д. в.	Урожай сена 14 % влажности, т/га				Средние прибавки урожая за 3 года, т/га
	1 г. п.	2 г.п.	3 гп.	Средний урожай за 3 года	
1. 0	9,3	8,3	7,0	8,2	-
2. P ₆₀ K ₁₂₀	10,6	11,8	11,1	11,2	3,6
3. N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	11,1	14,1	13,4	12,9	5,7
4. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	11,4	13,9	13,4	12,9	5,7
5. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀	12,0	14,5	14,5	13,7	6,6
6. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀₊₆₀	11,5	13,4	13,1	12,7	5,4
7. N ₆₀₊₃₀ P ₉₀ K ₁₂₀₊₆₀	11,5	13,7	13,6	13,0	5,8
8. N ₁₂₀₊₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀₊₆₀	12,1	15,6	12,3	13,3	6,2
9. N ₁₆₀₊₉₀ P ₁₂₆ K ₁₈₀₊₇₄	12,2	15,0	15,1	14,2	7,2
10. N ₁₈₇₊₉₃ P ₁₃₅ K ₁₂₀₊₇₆	12,5	16,2	11,8	134,9	6,4
HCP ₀₅	0,4	1,1	1,4		

Следует отметить, что в варианте 9, где не учитывались коэффициенты использования NPK из удобрений, получен самый высокий и стабильный урожай, потому что соотношение NPK в удобрении было более сбалансированным между азотом, фосфором и калием, в связи с чем и на 2-й, и на 3-й год пользования урожаи были стабильны и составили соответственно 15,0 и 15,2 т/га. Необходимо отметить, что сравнительно низкий урожай клеверо-тимофеечной травосмеси в первый год пользования был связан с жарким и засушливым летом, когда травосмеси не хватало влаги, а удобрения не могли использоваться эффективно.

Кроме того, нашими исследованиями было установлено следующее:

- внесение нормы азота более 90 кг/га по д.в. на старопахотных торфяных почвах под первый укос нерационально;
- дозы калийных удобрений на торфяных почвах должны превышать дозы азотных удобрений;
- разовое внесение калийных удобрений под первый укос в дозе 180 кг/га в течение трех лет достоверно превышало эффективность дробного внесения под укосы (120 + 60). Однако необходимо отметить, что это максимальная норма внесения калийных удобрений под первый укос, превышать которую не следует, чтобы не ухудшать качество сена;
- увеличение дозы азота под второй укос увеличивало прибавку урожая. Величина прибавки была выше во влажные годы;
- дробное внесение невысоких норм азотных удобрений (60 + 30) не имело преимуществ перед разовой дозой, равной 90 кг/га по д. в. (под 1 укос).

Вся норма фосфорных удобрений вносится весной. Если полив трав не предполагается, то 2/3 нормы азотных и калийных удобрений вносят весной, а вторую часть – после первого укоса. При выращивании трав с поливом под второй укос можно вносить до половины нормы азотно-калийных удобрений.

Нежелательно внесение в запас фосфорных и калийных удобрений перед залужением, так как фосфор может необратимо закрепиться при повышенном содержании железа в торфяных почвах, а

калий, наоборот, очень подвижен в торфяных почвах и легко вымывается в дренажные воды, что не позволяет сохранить его запасы. Поэтому доза минеральных удобрений, вносимая перед залужением, должна соответствовать потребностям трав первого года жизни.

5.4. Основные технологические моменты выращивания овощных культур на торфяных почвах

В современных условиях основой технологий выращивания овощных культур должны стать следующие базовые положения, которые необходимо знать руководителю, агроному и агрохимику предприятия, занимающегося производством овощной продукции:

- знание истории полей, где будет размещаться севооборот и каждая культура (какие культуры размещались, нормы и виды внесения удобрений, гербицидов, инсектицидов, фунгицидов, если они применялись);
- правильный выбор предшественников и системы предпосевной обработки почвы;
- освоение научно обоснованных севооборотов;
- использование высокоурожайных, устойчивых к болезням и пригодных к механизированной уборке сортов или гибридов;
- освоение научно обоснованной системы удобрений;
- периодическое обследование севооборотных участков с отбором почвенных образцов на содержание подвижных форм элементов питания;
- посев корнеплодов качественными откалиброванными семенами 95–99 % всхожести, что дает возможность использования для посева пневматической сеялки точного высева, а также посадка закаленной отсортированной рассады капусты рассадопосадочной машиной;
- поддержание влажности почвы во время вегетации на уровне 70–80 % наименьшей влагоемкости (НВ);
- механизированное выполнение всех операций, включая уборку и послеуборочную обработку продукции;
- сочетание агротехнических, механических и химических методов борьбы с сорной растительностью, болезнями и вредителями каждой культуры.

Такой подход к соблюдению технологий выращивания овощных культур позволит сельскохозяйственному предприятию оперативно решать все технологические и агротехнические задачи, экономить ресурсы, получая высокие урожаи качественной продукции. Грамотная организация уборки, хранения, переработки и реализации овощной продукции позволит предприятию получать максимальную прибыль.

5.4.1. Современные системы удобрений овощных культур, включающие новые виды удобрений, увеличивающие производительность длительно используемых торфяных почв и улучшающие их биологическое состояние

Производители овощной продукции заинтересованы в повышении урожайности и качества овощей, а в условиях рыночной экономики и конкуренции, конечно, в первую очередь, в повышении экономической эффективности как отдельных агроприемов, так и всей технологии производства сельскохозяйственных культур в целом.

Одним из важных технологических звеньев повышения урожайности культур и эффективности сельскохозяйственного производства является сбалансированная система удобрений основными элементами питания под каждую культуру. Оптимально сбалансированная система удобрений при правильном построении и рациональном использовании обеспечивает возделываемые культуры на протяжении всего вегетационного периода необходимыми элементами питания, определяя высокие урожаи хорошего качества. Важной особенностью такой системы удобрений являются оптимальные соотношения между элементами питания, чтобы каждый из них не мешал поступлению в растение других питательных веществ (то есть не был антагонистом). Оптимизация такой системы удобрений – очень сложный процесс и достигается только многолетним опытным путем [292].

Основу системы удобрений на торфяных почвах составляют минеральные удобрения: основное их внесение, припосевное внесение и почвенные подкормки. Основное внесение фосфорно-калийных удобрений на торфяных почвах осуществляется весной, так как низинные торфяные почвы часто характеризуются повышенным содержанием железа, на котором фосфор необратимо закрепляется. Наш опыт свидетельствует о том, что калий на торфяниках очень подвижен и легко вымывается из профиля. Основное внесение азотных удобрений допустимо только весной, чтобы предотвратить его потери и не загрязнять паводковые и сточные воды мелиоративных систем.

При посеве культур на торфяных почвах, особенно моркови, очень эффективно припосевное внесение суперфосфата (P_{10}), так как на длительно используемых торфяных почвах слой, куда сеялка укладывает семена, пересыхает и с годами уже не восстанавливает в полной мере способность впитывать влагу, превращаясь в гидрофобный торф. В таком состоянии торф не может полноценно обеспечить семена влагой и фосфором для прорастания, поэтому припосевное внесение под морковь только суперфосфата иногда более эффективно, чем основное внесение удобрений [199]. При рассмотренной выше системе удобрений питательные вещества поступают в растения через корень и при благоприятных условиях вегетационного периода могут практически полностью обеспечить культуру полноценным питанием. При неблагоприятных условиях (жаре, похолодании, недостатке или избытке влаги, воздействии химических средств защиты растений и т. д.) в растениях может произойти сбой при усвоении того или иного элемента, и полноценное питание нарушится. Особенно важно, если это происходит в критические периоды для растений, тогда на помощь им приходят некорневые подкормки.

В настоящее время научно доказано, что растение может потреблять элементы питания как через корень, так и через лист при проведении некорневых подкормок. Опыты по влиянию некорневых подкормок удобрениями стали проводиться с 70-х годов прошлого века (на тот момент чаще всего с микроэлементами).

В последнее десятилетие произошло насыщение российского рынка удобрений и агрохимикатов новыми видами и формами, которые производители рекомендуют внедрять в технологии производства сельскохозяйственных культур, в том числе для овощных. Очень часто эти препараты предлагаются использовать для некорневых подкормок посевов и предпосевной обработки семян. Появление на рынке России огромного ассортимента новых видов удобрений, регуляторов и стимуляторов роста, их активная реклама и применение отдельными производителями современных препаратов при выращивании овощных культур требует их срочной апробации (проверки эффективности и безопасности применения по сравнению с их традиционными видами).

В современной научной литературе появилось много работ, отмечающих положительное влияние указанных видов удобрений и препаратов на урожайность сельскохозяйственных культур и качество получаемой продукции. Так, положительное действие некорневых подкормок комплексным водорастворимым удобрением террафлекс на урожай картофеля отмечено при разном уровне минерального питания [250], причем авторы уточняют, что прибавки урожая от террафлекса возрастают при увеличении уровня минерального фона.

Исследованиями З. И. Глазовой [70] установлено, что применение некорневых подкормок террафлексом на гречихе экономически целесообразно, так как каждый их килограмм окупается от 23,3 до 102,4 кг зерна. По данным автора, наиболее эффективна двукратная обработка посевов бинарной смесью террафлекса: прибавка урожая зерна в 11,1–19,2 раза больше, чем при внесении азофоски в рядки.

Положительное влияние кремнийорганических регуляторов роста отмечено при выращивании огурца и овощных культур для длительного хранения путем замачивания семян перед посевом и некорневых обработок по основным фазам развития [283]. По данным авторов, эти препараты улучшают сохранность и качество овощной продукции при длительном хранении, поэтому их можно применять при выращивании картофеля, зерновых, овощных и других сельскохозяйственных культур, хотя в наших исследованиях на торфяных почвах кремнийорганический препарат «Мивал-агро» не дал положительных результатов.

Больше всего работ в научной литературе посвящено положительному влиянию на сельскохозяйственные культуры органо-минеральных удобрений (Дрожжина и др., 2014), гуматов разного происхождения и регуляторов роста [150, 221, 385]. Учитывая многочисленные данные о положительном действии новых видов удобрений на урожай и качество сельскохозяйственных культур, их можно включать в технологический процесс производства продукции для оптимизации питания растений на протяжении вегетационного периода, особенно в критические моменты для роста и развития каждой отдельной культуры. Как влияют некорневые подкормки новыми видами удобрений на урожайность овощных культур, выращиваемых на низинных торфяных почвах, и их биологические свойства, рассмотрим в следующей главе.

5.4.2. Влияние некорневых подкормок новыми видами удобрений и регуляторов роста на продуктивность овощных культур и биологические свойства торфяных почв

Исследования биологической эффективности некорневых подкормок новыми видами удобрений проводились нами на торфоземах центральной части Яхромской поймы, подстилаемых разнотравно-древесным и древесным торфом. Исследованиями были охвачены три основные овощные культуры (капуста, морковь и столовая свекла), возделываемые на мелиорированных низинных тор-

фяных почвах поймы. Полевые опыты закладывались на 8-м квартале стационара «Дальний» Дмитровского отдела ФГБНУ ВНИИМЗ с 2013 по 2017 год.

В качестве фонового удобрения в полевых опытах (2013, 2015 и 2016 гг.) под белокочанную капусту было внесено $N_{60+30}P_{90}K_{120+60}$, под столовую свеклу – $N_{90}P_{90}K_{120+60}$, под морковь – $P_{40}K_{60}$. Эти нормы удобрений отрабатывались нами на протяжении многолетних исследований по оптимизации соотношений элементов питания в удобрениях под каждую культуру, после анализа баланса НРК в системе «почва – растение – удобрение» предыдущих исследований [381]. В производственных опытах (2014, 2017 гг.) нормы удобрений определялись производителями продукции, опыты закладывались также в центральной части поймы на 8-м квартале.

Для проведения некорневых подкормок нами использовались следующие концентрации рабочих растворов удобрений и стимулятора роста: мочевины и террафлекса – 0,5 %, мегафол – 0,25, флоргумат – 0,25–0,5 %, лигногумат – 0,05, мивал-агро – 0,0033 %, экстрасол – 1 %.

Необходимо отметить, что разработанные системы удобрений под капусту, столовую свеклу и морковь на основе их традиционных форм (аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий) обеспечили высокие урожаи овощей: кочанов капусты – 80,6 т/га, корнеплодов свеклы – 53,8, моркови – 55,7 т/га. Прибавки урожая составили значительные величины, особенно на капусте и столовой свекле, соответственно 140,6 и 89,4 % по сравнению с неудобренными вариантами и связаны с высокой требовательностью этих культур к непосредственному внесению минеральных удобрений. В посевах моркови прибавка составила 53,0 %; для культуры, отзывчивой в первую очередь на плодородие почв и возделываемой на плодородных низинных торфяных почвах, это хороший результат (табл. 5.2).

Таблица 5.2 – Биологическая эффективность некорневых подкормок овощных культур современными удобрениями и стимуляторами роста

Варианты опыта	Урожайность культур, т/га, прибавка урожая, %					
	капуста		столовая свекла		морковь	
	2013 г.		2015 г.		2016	
Без удобрений	33,5		28,4		36,4	
НРК- Фон (Ф)	80,6	140,6	53,8	89,4	55,7	53,0
Ф+ Террафлекс – при высадке рассады	89,5	11,0	-	-	-	-
Ф+ $H_2O_{н.к.}$	80,1	-	53,6	-	-	-
Ф + Мочевина _{н.к.}	88,5	10,5	53,6	-	61,2	5,5
Ф + Мегафол _{н.к.}	84,2	5,0	53,6	-	51,0	-
Ф + Террафлекс _{н.к.}	89,6	11,7	58,1	8,3	61,9	6,2
Ф+ Флоргумат _{н.к.}	92,4	15,0	56,2	4,9	55,0	-
Ф+ Лигногумат _{н.к.}	-	-	59,3	10,6	60,0	4,3
Ф+ Мивал-агро _{н.к.}	-	-	50,9	-	-	-
Ф + Экстрасол _{н.к.}	-	-	52,0	-	-	-
НСР ₀₅		3,7		2,1		3,9

Для капусты условия вегетационного периода 2013 г. складывались очень благоприятно: год был влажным, прохладным, но переизбытка влаги не было, так как торфяные почвы центральной поймы хорошо дренированы. Высокая эффективность НРК-удобрений была связана также с тем, что питательные вещества из почвы вымывались частыми дождями, а их недостаток компенсировался новым поступлением питательных веществ с почвенными и некорневыми подкормками. Этот факт свидетельствует о правильности выбранной системы удобрений, служившей в опыте фоном для испытуемых препаратов. Внесение террафлекса в лунку при посадке рассады дало существенную прибавку по сравнению с НРК-фоном – 8,9 т/га, что составило 11,0 %.

Биологическую эффективность некорневых подкормок изучаемыми препаратами сравнивали с обработкой растений водой, а также мочевиной, так как это азотное удобрение традиционно используется для некорневых подкормок растений в первой половине вегетации, не вызывая ожога листьев.

Некорневая подкормка капусты флоргуматом дала максимальный эффект по сравнению с остальными препаратами. Прибавка урожая стандартных кочанов составила 12,3 т/га (15,0 %). Высокие прибавки были получены и при проведении некорневых подкормок мочевиной – 8,4 т/га (10,5 %) и террафлексом – 9,5 т/га (11,7 %). Мегафол также обеспечил достоверную прибавку урожая кочанов, но она минимальна (4,1 т/га – 5,0 %) и очень близка к НСР₀₅.

Если сравнивать биологическую эффективность испытуемых препаратов с подкормкой растений мочевиной, то достоверная прибавка была получена только при обработке капусты флоргуматом (3,9 т/га – 4,4 %).

В 2015 г. некорневые подкормки посевов столовой свеклы растворами мочевины и мегафолла не обеспечили прибавку урожая, несмотря на то что в предыдущие годы эффект от таких обработок капусты и моркови был достоверным, а для мегафолла на моркови был максимальным. Отсутствие эффекта при обработке мочевиной посевов столовой свеклы понятно – весной, в составе основного удобрения, была внесена достаточно высокая доза азота (N_{90}), так как столовая свекла очень требовательна к уровню минерального питания. Кроме того, низкий уровень грунтовых вод в июне (100–104 см) и в июле (110–122 см) при достаточно благоприятной температуре воздуха (20–24 °С) и небольшом количестве осадков до 10 июля обеспечивал хорошую минерализацию торфа с высвобождением большого количества нитратного азота. По нашему мнению, по той же причине более низкая урожайность была отмечена на варианте 10 – при обработке посевов экстразолом (52,0 т/га) по сравнению с фоновыми вариантами, так как это препарат ризосферных, азотфиксирующих бактерий.

Положительный эффект зафиксирован от некорневых подкормок посевов комплексным водорастворимым удобрением террафлекс марки 17+17+17 и гуминовыми удобрениями на основе калия: флоргумата и, особенно, лигногумата. Прибавки урожая корнеплодов на этих вариантах составили соответственно 4,5 т/га (8,4 %), 2,6 т/га (4,9 %) и 5,7 т/га (10,6 %). Самый низкий урожай получен при некорневой подкормке посевов свеклы кремнийорганическим регулятором роста растений, мивал-агро – 50,9 т/га.

Результаты полевого опыта 2016 г. показали высокую эффективность основного внесения фосфорно-калийных удобрений ($P_{40}K_{60}$). Прибавка к контролю без удобрений составила 19,3 т/га, или 53,0 %. Такая отзывчивость моркови на внесение минеральных удобрений для торфяных почв отмечена нами впервые и свидетельствует о правильном подходе к разработке системы удобрений под эту культуру.

Вегетационный период 2016 г. отличался переменной погодой, когда теплые периоды чередовались с прохладными и дождливыми, в результате чего элементы питания вымывались из почвы. Особенно влажной была вторая половина вегетации. Поэтому внесение основного удобрения под морковь было столь эффективно, обеспечив 53 % прибавки урожая к неудобренному контролю.

На этом фоне хорошо проявили себя некорневые подкормки лигногуматом, мочевиной и особенно террафлексом, марки 17+17+17, обеспечив значительные прибавки урожая корнеплодов моркови по отношению к фону соответственно 4,3; 5,5 и 6,2 т/га, или 7,7; 9,9; 11,1 %.

ФлоргуMAT не обеспечил прибавки урожая моркови, и в этом была наша ошибка, так как на время его применения препарату было три года (при сроке годности – 4). В 2016 г. на том же участке, где мы проводили опыты, на фоне той же нормы удобрений ($P_{40}K_{60}$), в опыте Н. В. Фомичевой некорневая подкормка моркови флоргуMATом обеспечила прибавку 14 % [303]. Этот факт послужил нам уроком – мы поняли, что надо пользоваться только свежими препаратами, если они выпускаются в жидкой форме, даже если запас срока годности превышает не один год.

В 2014 и 2017 гг. опыты закладывались нами на производственных участках, а фоном служили нормы удобрений, используемые производителями. Норма основного внесения удобрений для моркови в 2014 г. была просто огромной – 500 кг диаммофоски, в пересчете на NPK по действующему веществу (д. в.) это 50:130:130, почти в три раза больше, чем по отработанной нами норме удобрений под морковь ($P_{40}K_{60}$). На этом фоне достоверные прибавки урожая были получены только при обработке моркови мегафолом (6,0 т/га – 12,1 %). Возможно, этот стимулятор роста эффективен на высоком минеральном фоне. Значительные прибавки были получены при обработке посевов мочевиной (2,3 т/га) и при более поздних подкормках растений террафлексом (1,8 т/га). Максимальный эффект показал стимулятор роста мегафол, обеспечив 12,1 % прибавки, в отличие от 2013 г., когда он на капусте обеспечил только 3,5 % прибавки урожая кочанов (табл. 5.3).

Таблица 5.3 – Биологическая эффективность некорневых подкормок моркови современными удобрениями, производственный посев 2014 г.

Варианты опыта	Урожай корнеплодов, т/га	Прибавка к фону		Товарность, %	Отношение осн. продукции к побочной
		т/га	%		
1. Диаммофоска, 500 кг/га – фон(Ф)	50,0			87,1	1,4
2. Ф+ H ₂ O - фон 2	49,7			92,3	2,9
3. Ф+ мочевина	52,0	2,3	4,6	95,1	3,3
4. Ф + мегафол	55,7	6,0	12,1	95,0	2,7
5. Ф + террафлекс	45,8	-		96,4	2,7
6. Ф + террафлекс*	51,5	1,8	3,6	92,0	3,7
8. Ф+ флоргуMAT	49,8	-	-	96,0	2,6
9. Ф+ мивал-агро	47,2	-	-	91,4	3,1
НСР ₀₅		4,6			

Примечание: * обработка посевов проведена на 2 недели позднее.

В 2017 г. нами оценивалась биологическая эффективность совместного внесения новых удобрений с гербицидами в двух опытах на посевах столовой свеклы. В опыте 1 некорневые обработки удобрениями проводились за день до внесения гербицидов, в опыте 2 – вместе с гербицидами, в одной баковой смеси (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Опыты 1 и 2 «Влияние новых видов удобрений и регуляторов роста при совместном применении с гербицидами на урожайность корнеплодов и биологические характеристики торфяных почв»

Анализ урожайных данных показал, что внесение гербицида снижало урожай столовой свеклы с 35,3 т/га (Ф) до 34,3 т/га (Ф1), несмотря на то, что через 3 часа после обработки прошел сильный ливень. Проведение некорневых подкормок удобрениями увеличило урожай корнеплодов с 35,3 до 36,0–38,6 т/га в опыте 1, и с 34,3 до 36,0–40,9 т/га в опыте 2. Значит, некорневые подкормки испытываемыми удобрениями благотворно влияли на урожай корнеплодов, снимая стресс у растений при обработке посевов гербицидами. Необходимо отметить, что при некорневых подкормках мочевиной и террафлексом как в 1 опыте, так при их внесении совместно с гербицидом, в опыте 2, можно говорить лишь о тенденции к увеличению урожая корнеплодов, так как результаты были очень близки и находились в пределах ошибки опыта.

В условиях вегетационного периода 2017 года наиболее эффективным было совместное применение с гербицидами удобрений флоргумат и, особенно, лигногумат, что позволило получить в опыте 1 прибавки урожая корнеплодов 2,3–3,3 т/га (6,5–9,3%). В опыте 2 при использовании гербицидов и удобрений в одной баковой смеси прибавки на этих вариантах составили соответственно 4,9–6,6 т/га, или 14,3–19,2 % (табл. 5.4). Этот факт свидетельствует о том, что совместное внесение гербицидов и удобрений в одной баковой смеси благотворно влияло на растения, обеспечив максимальный урожай корнеплодов.

Чтобы понять, как меняется суммарная биологическая активность под влиянием удобрений, изучалась суммарная биологическая активность торфяных почв методом аппликации и почвоутомление методом проростков. В верхней части пахотного горизонта закладывалась хлопчатобумажная ткань до проведения некорневых подкормок. Ткань предварительно взвешивалась, прикреплялась к стеклам и закладывалась ниже поверхности почвы на 1 см, т. е. находилась в почве на глубине 1–8 см. Экспозиция ткани в почве – два месяца. Ткань была заложена на всех вариантах с некорневыми подкормками и на контроле. Повторность трехкратная. После снятия ткани ее высушивали, очищали и взвешивали. По разнице в весе ткани на фоновых вариантах опытов и вариантах, где проводились некорневые подкормки, оценивали изменения суммарной биологической активности почв.

Таблица 5.4 – Биологическая эффективность совместного применения гербицидов и удобрений в посевах столовой свеклы

Варианты опыта	Урожай корне- плодов, т/га	Прибавка урожая, %, к		Товарность %	Основная продукция /побочная продукция
		фону	фон +Г		
Опыт 1 – некорневые подкормки – за день до обработки посевов гербицидом					
N ₃₀₊₃₀ P ₇₈ K ₁₆₈₊₃₀ -Фон (Ф)	35,3	-		78	0,9
Ф +Мочевина +Г	36,0	2,0		82	1,4
Ф +Террафлекс +Г	37,0	4,8		79	1,2
Ф +Флоргумат +Г*	37,6	6,5		85	1,1
Ф +Лигногумат +Г	38,6	9,3		88	1,3
НСР ₀₅		2,2			
Опыт 2 – удобрения вносились в одной баковой смеси с гербицидом					
N ₃₀₊₃₀ P ₇₈ K ₁₆₈₊₃₀ +Г – фон 1 (Ф1)1	34,3	-		77	1,4
Ф 1+ (Мочевина +Г)	36,0		5,0	85	1,3
Ф 1+ (Террафлекс +Г)	36,5		6,4	73	1,3
Ф 1+ (Флоргумат +Г)*	39,2		14,3	84	1,4
Ф 1+ (Лигногумат +Г)	40,9		19,2	82	1,4
НСР ₀₅			2,5		

Примечание: * в 2017 г. использовался свежий препарат.

Для оценки возможного влияния изучаемых препаратов на почвоутомление использовали метод проростков. Для этого в 2015 г. на защитной площади полевого опыта перед уборкой урожая были отобраны почвенные образцы методом конверта. В лаборатории их тщательно перемешали. Из смешанного образца отбирали по 50 г почвы в чашки Петри, довели влажность почвы до 80 % от НВ. В каждую чашку согласно вариантам опыта добавляли изучаемый препарат в соответствии с дозой, вносимой с некорневыми подкормками в полевом опыте, и снова перемешивали. Норма внесения препарата в лабораторном опыте рассчитывалась на площадь чашки Петри и вносилась однократно. После заполнения всех чашек препаратами, а контроля водой высевали тест-культуру (пшеница). Повторность опыта трехкратная. Влажность почвы поддерживалась в заданных параметрах до конца экспозиции опыта. По развитию проростков тест-культуры оценивались сравнительное почвоутомление по вариантам опыта и возможное влияние новых видов удобрений на этот показатель.

Технологические приемы возделывания столовой свеклы на защитной площади, где отбирались образцы, были такими же, как и в опыте. Норма удобрений под столовую свеклу также составляла N₉₀P₉₀K₁₂₀₊₆₀, и служила в опыте фоном. Единственным отличием защитных полос было отсутствие некорневых подкормок изучаемыми препаратами.

В результате проведенных исследований было установлено, что все изученные препараты благотворно влияли на биологическое состояние верхней части пахотного горизонта, увеличивая суммарную биологическую активность торфяных почв с 23,6 до 31,0–43,3 %. Максимальная суммарная биологическая активность отмечена при обработке свеклы мочевиной (43,3 %), террафлексом (38,1 %) и лигногуматом (37,7 %); минимальная – при обработке посевов мегафолом (31,0 %) и флоргуматом (32,1 %) (табл. 5.5).

Таблица 5.5 – Влияние современных удобрений и стимулятора роста мегафол на биологические характеристики торфяных почв в посевах свеклы (2015 г.)

Варианты опыта	Суммарн. биологическая активность, %	Параметры тест-культуры и их изменение, см				
		длина проростков		кол-во корней	прирост к контролю	
		росток	корень		росток	корень
Контроль-Н ₂ О	23,6	10,6	12,7	2	-	-
Мочевина	43,3	11,1	12,1	2	0,5	-0,6
Мегафол	31,0	10,5	12,8	2	-0,1	0,1
Террафлекс	38,1	11,2	11,9	2	0,6	-0,8
Флоргумат	32,1	11,3	12,4	4	0,7	-0,3
Лигногумат	37,7	12,1	14,7	2	1,5	2,0
Мивал-агро	34,4	11,2	13,7	2	0,6	1,0
Экстрасол	35,2	11,8	14,1	2	1,2	1,4

Результаты лабораторного опыта показали положительное влияние применяемых удобрений на развитие проростков, т. е. снижали почвоутомление. Максимальное увеличение длины ростка и корня отмечено для лигногумата (1,5 и 2,0 см), что согласуется с максимальными урожайными данными столовой свеклы на этом варианте. Несколько ниже эти показатели на варианте с экстразолом (1,2 и

1,4 см), ещё меньше для варианта с мивал-агро (0,6 и 1,0 см). Близкие показатели прироста ростков, как для мивал-агро, зафиксированы для мочевины, террафлекса и флоргумата (0,5–0,7 см).

Уменьшение длины корней по сравнению с контролем на этих вариантах не свидетельствует о снижении ростовых процессов, так как на этом этапе развития растения в первую очередь важно развитие ростка, для того чтобы сформировать ассимиляционный аппарат, что и обеспечивает корневая система. Необходимо отметить, что при внесении флоргумата на всех растениях тест-культуры было сформировано не два, а четыре равноценных корня практически одинаковой длины что свидетельствует о положительном влиянии этого препарата на развитие корневой системы. Стимулятор роста мегафол не оказал влияния на развитие тест-культуры (т. е. не снижал, но и не увеличивал почвоутомление).

Результаты, рассмотренные выше, свидетельствуют об отсутствии отрицательного влияния испытуемых препаратов на биологические свойства торфяной почвы. Для удобрений террафлекс, флоргумат, лигногумат, экстрасол и мивал-агро отмечено благоприятное влияние на биологические характеристики торфяных почв.

Оценка суммарной биологической активности почв в 2017 г. показала, что минимальные её значения были там, где не проводились некорневые подкормки, особенно при внесении гербицидов: 30 и 40 %. Обработка посевов удобрениями за сутки до внесения гербицидов (опыт 1) увеличило суммарную биологическую активность почв с 40 до 50–67 %. При совместной обработке посевов свеклы гербицидами и удобрениями (опыт 2) указанный показатель повысился с 35 до 43–50 %. Этот факт свидетельствует о лучших условиях существования почвенных микроорганизмов там, где некорневая подкормка удобрениями была проведена за день до обработки посевов свеклы гербицидами (табл. 5.6).

Таблица 5.6 – Влияние совместного и раздельного использования удобрений и гербицидов на биологические свойства торфяных почв (2017 г.)

Варианты опытов	Суммарная биологическая активность, %	Оценка почвоутомления по показателям тест-культуры, см			
		росток	изменения к фону	корень	изменения к фону
Опыт 1 – некорневые подкормки – за день до обработки посевов гербицидом					
1. Фон (Ф)	40	4,4	-	2,8	-
2. Ф+М*+Г	50	4,7	+0,3	2,7	-0,1
3. Ф+Т*+Г	60	4,7	+0,3	3,2	+0,4
4. Ф+Ф*+Г	53	5,0	+0,6	3,6	+0,8
5. Ф+Л*+Г	67	4,9	+0,5	2,9	+0,1
Опыт 2 – удобрения вносились в одной баковой смеси с гербицидом					
1. Ф+Г	35	4,4	-	2,8	-
2. Ф+(М*+Г)	47	4,5	+0,1	2,8	-
3. Ф+(Т*+Г)	43	4,6	+0,2	2,8	-
4. Ф+(Ф*+Г)	50	5,0	+0,6	3,8	+1,0
5. Ф+(Л*+Г)	45	4,9	+0,5	3,0	+0,2
Лес (контроль)	-	4,6	-	4,5	-

Примечание: * М – мочевина, Т – террафлекс, Ф – флоргумат, Л – лигногумат.

Нами отмечено снижение почвоутомления по показателям роста тест-культуры и в первом, и во втором опытах. На росте корневой системы кресс-салата лучше сказалась предварительная подкормка удобрениями. Особенно здесь выделился флоргумат, обеспечив максимальный прирост корня 0,8 см. Сравнение развития ростков кресс-салата в почве, отобранной по вариантам опыта и в лесу, свидетельствует о незначительной положительной разнице почвы леса по сравнению с фоновыми вариантами опытов (4,6 и 4,4 см). Внесение современных удобрений улучшило показатели роста тест-культуры, в результате чего они стали лучше в опытах, чем в лесу: 4,7–5,0 см, при обработке посевов за день до внесения гербицидов и 4,6–5,0 см при внесении удобрений и гербицидов в одной баковой смеси. Отбор образцов почвы проведен 16.08.17 – за один день: и в опытах, и в лесу (рис. 5.2).

Этот факт свидетельствует о том, что почвоутомление (во второй половине вегетационного периода) при интенсивном использовании торфяных почв было выражено на пашне меньше, чем в лесу, по показателям роста тест-культуры, несмотря на то что к этому моменту в опытах были проведены две обработки гербицидами, одна инсектицидом. По нашему мнению, это связано с погодными условиями вегетационного периода 2017 г. Постоянное вымывание питательных веществ из верхней части профиля почвы приводило к их недостатку в почве леса – в опытах элементы питания пополнялись внесением минеральных удобрений: основным внесением, а также проведением почвенных и

некорневых подкормок, что в итоге и проявилось при росте тест-культуры на почве, взятой по вариантам опытов. Корни на образцах лесной почвы развивались гораздо лучше (4,5 см и 2,7–3,8 по вариантам опыта), так как при недостатке питательных веществ корень развивается более интенсивно для обеспечения элементами питания проростков.



Рисунок 5.2 – Сравнение почвоутомления на контрольных вариантах. Слева – опыт 1, справа – опыт 2, по центру - лес

Таким образом, проведенные исследования по изменению показателей суммарной биологической активности почвы и почвоутомлению свидетельствуют о положительном влиянии некорневых подкормок исследованных препаратов на биологические свойства торфяных почв; в единичном случае об отсутствии положительного, но и отрицательного влияния на эти свойства (мегафол). Кроме того, нам важно было понять, что интенсивно используемые торфяные почвы Яхромской поймы, несмотря на ежегодные обработки посевов овощных культур химическими средствами защиты растений (ХСЗР), способны восстанавливать свои биологические свойства.

5.4.3. Построение систем удобрений овощных культур в современных условиях при интенсивном использовании мелиорированных низинных торфяных почв

При построении систем удобрений сельскохозяйственных культур, в том числе овощных, производитель должен прежде всего учитывать требования каждой культуры к условиям питания и стремиться к оптимальному обеспечению растений питательными веществами. Основные овощные культуры, выращиваемые на Яхромской пойме (капуста, морковь, столовая свекла), имеют длительный вегетационный период, поэтому перед агрономом-агрохимиком стоит важная задача: обеспечить бесперебойное поступление питательных веществ в растение на протяжении всего периода вегетации.

Наши многолетние исследования по разработке систем удобрений под овощные культуры на торфяных почвах, проведение серии опытов по отработке оптимальных соотношений элементов питания в удобрениях позволили в значительной мере уменьшить агрохимическую нагрузку на торфяные почвы, сохраняя высокую урожайность овощных культур [381].

Среди указанных овощных культур наиболее требовательными к внесению удобрений, в том числе азотных, являются капуста и столовая свекла. Эти культуры требуют сравнительно высоких норм и фосфорно-калийных удобрений.

Морковь, в отличие от капусты и свеклы, с одной стороны, не переносит высокой концентрации почвенного раствора, а с другой, очень требовательна к почвенному плодородию, т. е. под морковь необходимо вносить невысокие нормы удобрений. По нашим данным, под посеvy моркови на низинных хорошо дренированных торфяных почвах центральной части Яхромской поймы наиболее эффективно внесение фосфора и калия в дозах 40 и 60 кг/га по д. в. Очень важно при этом выдерживать соотношение 1 : 1,5. Для более влажных почв притеррасной части поймы самое эффективное

соотношение фосфора и калия равно 1 : 2. Повышенные дозы удобрений лучше вносить под предшествующую культуру, так как морковь хорошо использует плодородие торфяных почв [292]. Необходимо, однако, учитывать, что это относится к сортам отечественной селекции. Интенсивные сорта и гибриды зарубежных селекции требуют более высоких норм удобрений.

В зависимости от планируемых урожаев и уровня плодородия почвы под капусту среднеспелых сортов и гибридов необходимо вносить следующие нормы минеральных удобрений в пересчете на действующее вещество: азота 60–90 кг/га, фосфора 60–90, калия 180 кг/га, под столовую свеклу соответственно 75–90, 90, 180.

Под поздние сорта капусты вносятся более высокие нормы удобрений. Если на торфяниках выращиваются сорта, предназначенные для зимнего хранения, то азотные удобрения либо не вносятся, либо вносятся в небольших количествах на уровне 30–60 кг азота на гектар до июля.

При размещении овощных культур во времени следующим образом: 1) капуста (по пласту многолетних трав); 2) морковь; 3) картофель; 4) столовая свекла – не только будут выбраны лучшие предшественники, но и появится возможность учесть разное отношение культур к условиям питания, правильно распределяя удобрения в хозяйстве.

Появление в современной России на рынке агрохимикатов огромного ассортимента новых видов удобрений (комплексных водорастворимых, микробиологических, кремнийсодержащих, гуматов разного происхождения, регуляторов и стимуляторов роста), активная реклама и применение новых видов удобрений отдельными производителями овощной продукции требует их апробации – проверки эффективности и безопасности применения по сравнению с традиционными видами.

Указанное обстоятельство заставило нас начать в 2013 г. исследования по изучению биологической эффективности новых видов удобрений, регуляторов и стимуляторов роста в качестве некорневых подкормок овощных культур. За пять лет исследований мы опробовали действие многих удобрений, регуляторов и стимуляторов роста в качестве некорневых подкормок: флоргумат, мегафол, террафлекс, мивал-агро, экстрасол, лигногумат. Так как производители этих препаратов рекомендуют использовать их при обработках посевов и посадок сельскохозяйственных культур гербицидами, а временные рамки этого агроприема обычно ограничиваются июнем, мы сравнивали эффективность действия указанных препаратов с мочевиной.

Наиболее эффективно питательные вещества используются при равномерном их поступлении в растения. Использование результатов наших многолетних данных и современных исследований позволило сделать вывод о том, что современная система удобрений овощных культур с длительным вегетационным периодом должна включать:

- основное внесение удобрений;
- припосевное внесение удобрений;
- почвенные подкормки;
- некорневые подкормки.

Учитывая полученные результаты исследований, отмеченные выше, мы предлагаем следующие системы удобрений для основных овощных культур (табл. 5.7). Основное внесение удобрений и проведение почвенных подкормок (фон) под капусту обеспечило прибавку урожая к контролю 140,6 %, под столовую свеклу – 89,4 %. Внесение террафлекса (17+17+17) при высадке рассады капусты дало прибавку к фону 11,0 %. Основное удобрение под морковь обеспечило прибавку урожая 53,0 %, припосевное внесение суперфосфата (P₁₀) увеличило урожай этих корнеплодов на 14,5 %.

Таблица 5.7 – Современные системы удобрений овощных культур

Белокочанная капуста	Морковь	Столовая свекла
Основное внесение удобрений, нормы внесения (по д. в.)		
N ₆₀₊₃₀ P ₉₀ K ₁₂₀₊₆₀	P ₄₀ K ₆₀	N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀₊₆₀
Припосевное внесение удобрений под корнеплоды или при высадке рассады капусты		
Террафлекс при высадке рассады – 1 г в лунку	P ₁₀	P ₁₀₋₁₅
Почвенные подкормки		
N ₃₀ K ₆₀	K ₂₀₋₃₀ (по необходимости)	K ₆₀
Некорневые подкормки новыми видами удобрений и регуляторов роста		
Террафлекс – 0,5 %, флоргумат – 0,5–1%, лигногумат – 0,05 %		

На основании результатов, полученных в полевых исследованиях 2013–2017 гг., нами были определены наиболее эффективные современные удобрения и регуляторы роста в посадках белокочанной капусты и посевах столовых корнеплодов. Такими удобрениями оказались: террафлекс, флоргумат и лигногумат. За годы исследований эти удобрения обеспечили следующие прибавки урожая: террафлекс – 6,2–11,7, флоргумат – 4,9–15,0, лигногумат – 7,7–19,2 %, в том числе при совместном

использовании с гербицидами. Высокая эффективность была отмечена также некорневых подкормок растений мочевиной (5,5–10,5 %).

Эффективность некорневых подкормок удобрениями снижалась или отсутствовала вообще при внесении очень высоких норм основного удобрения. Особо это было ощутимо на моркови, когда опыты закладывались на производственных посевах и где производителями в 2014 г. были внесены под морковь очень высокие нормы удобрений (500 кг/га диаммофоски), т. е. проведение некорневых подкормок посевов овощных культур позволяет снижать нормы основного внесения удобрений и уменьшать величину почвенных подкормок.

Указанные удобрения совместимы с гербицидами и инсектицидами при их использовании в одной баковой смеси. Увеличение урожайности корнеплодов при совместном использовании современных удобрений и гербицидов свидетельствует о снижении стресса, которое испытывает культура при использовании ХСЗР.

Выбор препаратов для некорневых подкормок овощных культур остается за агрохимической службой сельскохозяйственного предприятия, но хочется отметить, что чаще всего наиболее эффективными оказывались гуматы разного происхождения (флоргумат и лигногумат) и комплексные водорастворимые удобрения типа террафлекс.

Исследованные удобрения благотворно влияли на биологические свойства торфяных почв, увеличивая их суммарную биологическую активность с 35–40 % до 45–67 %, и снижали почвоутомление после обработки посевов ХСЗР. Стимулятор роста мегафол не оказывал положительного, но и отрицательного влияния на проявление почвоутомления.

5.4.4. Включение некорневых подкормок овощных культур современными удобрениями в технологический процесс выращивания овощных культур совместно с ХСЗР

Результаты полевых и лабораторных исследований по эффективности некорневых подкормок современными удобрениями посевов столовых корнеплодов и положительному их влиянию на биологические свойства торфяных почв позволяют включать эти препараты в систему удобрений овощных культур как дополнительный прием для оптимизации их питания в течение всего вегетационного периода.

Для повышения эффективности некорневых подкормок указанные препараты лучше совмещать с обработкой посевов ХСЗР: если планируется две подкормки, то 2 обработки посевов нужно проводить с гербицидами (в одной баковой смеси), если три, то последнюю можно приурочить к обработке посевов инсектицидами (от морковной или свекловичной мухи). Если обработка культуры инсектицидами проводится в июле, в начале образования корнеплода, то третью обработку лучше провести с лингогуматом, флоргуматом или террафлексом, марок финал или универсал, с максимальным содержанием калия.

Все указанные нами препараты совместимы для приготовления баковых смесей с гербицидами и инсектицидами.

Наш опыт показал: если для некорневых подкормок используются жидкие удобрения, необходимо применять только свежие препараты, независимо от указанных гарантированных сроков хранения. При хранении жидких концентрированных удобрений, таких как флоргумат, их эффективность снижается с годами, если даже срок хранения не превышен, что может приводить к частичному или полному отсутствию эффекта от его применения, особенно если препарат неправильно хранился.

При использовании водорастворимых удобрений разных марок (типа террафлекс и т. п.) надо внимательно подбирать их состав по соотношению элементов питания, которое должно оптимально соответствовать каждому отрезку вегетационного периода развития культуры.

Приводим разные марки террафлекса, чтобы производителю было понятно, для чего важно обращать внимание на эту особенность удобрения и чем они отличаются:

– террафлекс Старт (11+40+11+3MgO+микро) – стимулирует развитие корневой системы в начале сезона, так как характеризуется максимальным содержанием фосфора. Это удобрение особенно эффективно на щелочных грунтах и старопашотных торфяных почвах, когда фосфор находится в малодоступной для растений форме;

– террафлекс 17+17+17 – применяется в период интенсивного вегетативного роста для быстрого развития надземной части растений (в первой половине вегетации). Содержит азот в амидной форме, которая наиболее быстро и эффективно усваивается растениями через листья;

– террафлекс Финал (4+8+36+3MgO+микро) – применяется во второй половине вегетации или в конце вегетации при повышенной потребности растений в калии (для капусты в период начала формирования кочанов и корнеплодов у моркови и свеклы);

– террафлекс Универсал (5+12+39+3MgO+микро) и террафлекс ГФ (10+11+32+ MgO + микро) – идеально подходят для выращивания растений по малообъемной технологии совместно с кальциевой селитрой. Эти удобрения быстро усваиваются растениями за счет преобладания азота в нитратной форме.

Первые три цифры марки террафлекса указывают на соотношение азота, фосфора и калия в удобрении. Максимальное количество фосфора содержится в марке Старт, что очень важно в первый период развития культуры. Наличие магния в удобрении активизирует процесс фотосинтеза у растений, что очень важно при наличии большого количества пасмурных дней в течение вегетации, характерного для центральной части России. Если у производителя есть возможность выбора марок террафлекса, для первой некорневой подкормки лучше выбрать террафлекс марки Старт, для второй – 17+17+17, для третьей, а при необходимости и четвертой – Финал или Универсал.

Таким образом, на основании результатов полевых и лабораторных исследований, проводимых на торфяных почвах центральной части Яхромской поймы, по оценке биологической эффективности некорневых подкормок новыми видами удобрений, выявлены лучшие из них – террафлекс, флоргу-мат и лигногу-мат. Они обеспечили максимальные прибавки урожая овощных культур, соответственно 6,2–11,7, 4,9–15,0, и 7,7–19,2 %, снимая стресс после обработки посевов и посадок овощных культур ХСЗР, и улучшали биологические свойства торфяных почв.

Разработаны современные системы удобрений овощных культур, включающие некорневые подкормки новыми видами удобрений. Рекомендуется использовать предложенные удобрения для совместных обработок с ХСЗР, в первую очередь с гербицидами (в одной баковой смеси).

5.5. Система защиты овощных культур на торфяных почвах

5.5.1. Защита овощных культур от сорной растительности

Высокая засоренность посевов на торфяных почвах – один из основных лимитирующих факторов, сдерживающих нормальное развитие и рост овощных культур. Больше всего страдает от засоренности культура столовой моркови, так как она очень долго всходит и медленно развивается в первую половину вегетации. В защите посевов и посадок овощных культур от сорняков, вредителей и болезней большое значение имеют рациональная структура посевных площадей, севообороты, правильная и своевременная обработка почвы и механическое удаление сорняков культиваторами в процессе вегетации. Но в настоящее время все-таки решающее значение в борьбе с сорной растительностью принадлежит системе применения гербицидов под каждую овощную культуру. Использование гербицидов помогает уменьшить количество почвенных обработок овощных культур, тем самым уменьшая процессы деградации торфяников и продляя срок эффективного использования мелиорированных торфяных почв.

Проблемам изучения защиты растений от сорняков на торфяных почвах посвящено много работ, в том числе сотрудников бывшей ЦТБОС (ныне Дмитровский отдел ФГБНУ ВНИИМЗ). В этих исследованиях также уделялось внимание действию гербицидов на качество продукции и биологические свойства торфяной почвы. В работах отмечалось, что применение препаратов в пределах установленных норм не ухудшает качество сельскохозяйственной продукции и биологические свойства почвы [266, 267, 262, 220, 363].

5.5.1.1. Применение гербицидов на капусте

В посадках капусты применяют гербициды: бутизан 400, дуалголд и фюзилады (табл. 5.8).

Таблица 5.8 – Применение гербицидов в посадках капусты

Гербицид	Предельная норма внесения, кг/га (л/га)	Против каких сорняков применяется	Сроки и методы применения
Бутизан 400	до 2-х	однолетние двудольные и злаковые	на 2–3-й день после высадки рассады; обработка почвы с поливом
Дуал Голд,	1,3–1,6	однолетние двудольные и злаковые	за 2–3 дня до всходов
Фюзилад Форте	0,75–1 (1,5–2)*	однолетние злаковые, многолетние злаковые	по вегетирующим растениям
Фюзилад Супер	1,5–2 (2–2,5)*	однолетние злаковые, многолетние злаковые	по вегетирующим растениям
Фуроре-супер	2–3	однолетние, двудольные и злаковые, мята, осоты	послевсходовый период независимо от стадии развития культуры

Примечание: * в скобках указаны нормы внесения гербицидов для многолетних злаковых.

Лучше всего гербициды применять, когда сорняки достигают фазы «семядоли – два настоящих листа». Если обработка проводится позднее, то дозу гербицидов приходится увеличивать, что отрицательно сказывается на развитии культуры. Не рекомендуется делать баковую смесь противозлаковых гербицидов с другими их видами. Эффективен также трефлан в дозе 2,0–2,5 л/га, с немедленной заделкой в почву за 3 дня до высадки рассады. Если на поле капусты не вносили почвенные гербициды, то спустя 2–3 дня после высадки рассады применяют дуалголд в дозе 1,3–1,6 л/га или бутизан 400 – 1,5–2 л/га, с обязательным последующим поливом.

В связи с запретом применения на капусте семерона в арсенале агронома не осталось ни одного гербицида против двудольных сорняков. Н. В. Крашенинник, кандидат сельскохозяйственных наук, технолог «АПХ групп Рус» [216] считает, что эту проблему можно решить применением бутизана: внести после высадки рассады не 1,5–2 л/га бутизана, а 0,5 л/га и затем по 0,5 л/га 2–3 раза по вегетирующим растениям капусты, не допуская появления всходов сорняков, так как этот гербицид по их всходам неэффективен. Проблему со злаковыми сорняками решают применением фюзилад форте – 0,75–1,0 л/га или фюзилад супер – 1–1,5 л/га. Если на участке появился пырей, дозы этих препаратов увеличивают соответственно до 1,5–2 и 2–2,5 л/га.

При обработке междурядий гербицидами сплошного действия хорошо зарекомендовали себя культиваторы «Стекете», которые в процессе работы укрывают культуру защитными кожухами.

5.5.1.2. Использование гербицидов в посевах моркови

Важно отметить, что столовые корнеплоды стали более интенсивно внедряться в производство на торфяных почвах (особенно морковь) после того, как для каждой овощной культуры появились эффективные гербициды и были отработаны системы их применения, так как ручная прополка и прореживание посевов корнеплодов оставались очень затратным мероприятием и требовали значительных людских ресурсов. Особенно при ручной прополке страдали посевы моркови, так как при любом нарушении связи с почвой ослабленные растения гибли. Важным моментом возделывания корнеплодов стала возможность использования в технологическом процессе пневматических сеялок точного высева, после чего отпала необходимость прореживания посевов (рис. 5.3).

В посевах моркови почву можно обработать реглоном (2,0 л/га) за 2–3 дня до появления всходов культуры (этот препарат разрешен в посевах моркови). Применение гербицидов – гезагарда и рейсера – осложняется определенными ограничениями. Так, гезагард характеризуется длительным периодом распада, и последний срок его внесения – за 70 дней до уборки, т. е. практически половину сезона поле остается без гербицидов. После применения рейсера в дозе 2,0–3,0 л/га на этом поле рекомендуется выращивать лук, томаты, тыквенные и крестоцветные культуры, но только через год (вот почему нужны сведения об истории полей). Поэтому дозу гезагарда 3,0 л/га и рейсера 2,0–3,0 л/га лучше использовать дробно.



Рисунок 5.3 – Посев моркови пневматической сеялкой точного высева «Синегем», Бельгия

Нормы внесения гербицидов, применяемые на торфяных почвах, выше, чем на минеральных, так как при высоком содержании органического вещества их эффективность ниже, а засоренность торфяников на порядок выше. Однако при использовании разрешенных препаратов в пределах допустимых норм остаточных количеств препарата в почве и растениях не обнаруживается. Совместное внесение гезагарда и рейсера повышает эффективность гербицидов благодаря эффекту синергизма. В таблице 5.9 приведены препараты, разрешенные на данный момент на моркови, и предельные нормы их внесения.

Таблица 5.9 – Разрешенные гербициды в посевах моркови

Гербициды	Предельная норма внесения, кг/га (л/га)	Против каких сорняков	Сроки и методы применения
Реглон	2	Однолетние двудольные и злаковые	По вегетирующим сорнякам за 2–3 дня до всходов моркови
Гезагард	3	Однолет. двудольные и злаковые	По вегетирующим растениям
Рейсер	2–3	Однолет. двудольные и злаковые	По вегетирующим растениям
Фуроре-супер	2–3	Однолетние двудольные и злаковые, мята, осоты	Послевсходовый период – независимо от стадии развития культуры

Исходя из того, что на данный момент гербицид раундап запрещен в посевах овощных, то почвенную обработку за 2–3 дня до всходов моркови нужно провести реглоном (2 л/га); по вегетирующим растениям: гезагард, 1 л/га + рейсер, 0,4 л/га – таких обработок можно провести 2–3, но не позднее, чем за 70 дней до уборки корнеплодов.

Обработка сорняков в фазу семядолей позволяет подавить самые злостные сорняки – амброзию, канатник и щирицу жминдовидную. В эту фазу можно уничтожить также подмаренник, но, если время упущено, приостановить рост подмаренника можно уже только более высокими дозами гербицидов [214]. При увеличении норм внесения препаратов необходимо следить за величиной суммарной дозы внесения гербицида, не превышая её.

Многолетние злаковые сорняки надо подавлять глифосатами в предыдущий год; однолетние – центурионом 0,05 л/га + амиго 0,15 л/га, причем обрабатывать посеы нужно, когда у сорняков не более двух листьев. При необходимости многолетние сорняки можно обрабатывать большими дозами центуриона (0,4 л/га) + амиго (1,2 л/га) при условии, что растения достигли высоты не менее 15 см. Все большую популярность в хозяйствах приобретают культиваторы «Стекете», которые позволяют обработать междурядья реглоном (2,0 л/га) при укрытии рядков моркови защитным кожухом.

5.5.1.3. Применение гербицидов в посевах столовой свеклы

После прикатывания почвы после посева нужно внести препараты дуалголд (1,3–1,6 л/га) плюс Фронтьер Оптима (0,4 л/га). Рекомендованные производителем дозы Фронтьера 0,8–1,2 л/га оказываются избыточными при дождливой весне или поливах завышенными нормами – тогда экран опускается и повреждает проростки. Доза Фронтьера 0,4 л/га при благоприятных погодных условиях достаточно эффективна. На двудольные сорняки оказывают сильное действие бетаналы – за 2–3 обработки удается избавиться от однолетних двудольных сорняков, включая и такой злостный сорняк, как щирица. Однако результат полностью зависит от фазы развития сорных растений.

При своевременном внесении в фазу семядолей у сорняков достаточно 1,0 л/га бетанала, в фазу 2–4-го листа дозу необходимо увеличивать до 1,5 л/га. Если сорняки вступили в раннюю фазу роста, необходимо использовать дозу 3,0 л/га, при этом культура должна иметь 4 настоящих листа [215]. Позже вносить гербицид бессмысленно (табл. 5.10).

Таблица 5.10 – Применение гербицидов в посевах свеклы

Гербициды	Предельная норма внесения, кг/га (л/га)	Против каких сорняков	Сроки и методы применения
Бетанал Эксперт ОФ, Бетанал Прогресс,	3	Однолетние двудольные (в т. ч. щирица) и однолет. злаковые	Сорняки: семядоли – 1 л/га; 2–4 листа – 1,5 л/га; > 4–3 л/га, свекла – 4 наст. листа
Дуал Голд	1,3–1,6	Однолетние злаковые, некоторые двудольные	До посева или всходов
Фронтьер Оптима	0,8–1,2	Однолетние злаковые, некоторые двудольные	До посева или всходов
Фуроре Супер Фуроре Ультра	2–3	Однолетние двудольных и злаковые, мяты, осоты	Послевсходовый период, независимо от стадии развития культуры

Злаковые сорняки успешно контролируются применением гербицида фуроре ультра (0,5–0,7 л/га) или фуроре супер (0,8–1,2 л/га). Хорошо зарекомендовал себя центурион с прилипателем амиго. Дозировка против злаковых также зависит от фазы развития сорняка: 2 листа – центурион 0,05 л/га, 4 листа – 0,2 л/га, поздняя фаза сорняка – 0,4 л/га.

5.5.2. Защита овощных культур от вредителей и болезней

В борьбе с вредителями и болезнями овощных культур хорошие результаты можно получить лишь при применении комплексной системы мер по защите растений, в которую входят все профилактические мероприятия (карантинные, агротехнические), проводимые ежегодно в обязательном порядке, независимо от появления в посевах и посадках вредителей и болезней. Важны также защитно-истребительные мероприятия (химические, биологические, механические и физические), проводимые при проявлении на овощных культурах болезней и вредителей, а также предупреждающие их. Например, при зяблевой вспашке важна глубокая тщательная заделка послеуборочных растительных остатков, на которых возможна перезимовка вредителей, их яиц, куколок, кист, личинок и т. п.

Среди перечисленных мероприятий большое значение имеют севообороты и правильное чередование культур. При проявлении, например, такой опасной болезни капусты, как кила, севооборот должен быть составлен таким образом, чтобы культура возвращалась на прежнее место не ранее, чем через 5–6 лет.

Инсектициды, применяемые в посадках капусты. Капустные культуры в большей степени, чем другие овощные, повреждаются вредными насекомыми. Всходам и рассаде в рассадниках больше всего вредят крестоцветные блошки и капустная муха. В жаркую погоду всходы могут полностью погибнуть от повреждения крестоцветными блошками. В фазе завязывания кочана и до конца вегетации большие повреждения наносят листогрызущие вредители (капустная моль, капустная белянка, совка).

Против капустной мухи эффективен препарат Актара. Он относится к классу неоникотиноидов, малотоксичен, зарегистрирован и рекомендован к применению. Им обрабатывают рассаду за день-два до высадки в поле. Дозу берут из расчета 0,2–0,3 кг/га или в среднем 0,3 кг на 30–50 тыс. штук рассады. В посадках капусты, несмотря на высокую эффективность практически против всех вредителей, этот препарат не разрешен. По мнению Н. В. Крашенинника [216], именно благодаря препарату Актара безрассадный способ выращивания капусты из экспериментального метода стал производственным, поскольку при внесении в почву он проявляет системную активность, быстро поглощается корнями и распространяется в растении.

Против листогрызущих вредителей традиционно в посадках капусты используют Децис Профи или Децис Эксперт. У этих препаратов разное содержание действующего вещества, поэтому нормы внесения соответственно разные: 0,03 и 0,05–0,1 л/га.

В борьбе против капустной моли, капустной белянки и совки можно применять препарат Ципи (0,16 л/га), используя 2–3-кратные обработки за вегетацию в зависимости от погодных условий и способности насекомых в этих условиях размножаться. Расход рабочего раствора 200–400 л/га. Сроки обработок должны быть приурочены к лету насекомых.

Вместо химических препаратов все чаще используют биопрепараты, в основном Фитоверм. При обработках от капустной моли Н. В. Крашенинник [216] советует рекомендованную дозу биопрепарата разделить на 4 части для опрыскивания посадок в течение четырех дней подряд.

Вредители моркови и препараты, используемые в борьбе с ними. Из вредителей моркови наиболее опасны морковная муха, листоблошка, зонтичная моль и огневка. Против морковной мухи и листоблошки эффективно применение большинства инсектицидов. Однако в посевах моркови из химических препаратов можно использовать только Карате Зеон (0,1–0,2 л/га) при расходе рабочего раствора 100–200 л/га и Ципи, КЭ (0,5 л/га) при расходе рабочего раствора 200–400 л/га.

Первая обработка должна быть приурочена к массовому вылету мухи. Самки откладывают яйца, когда растения моркови находятся в фазе двух настоящих листьев, поэтому в это время проводят первую обработку одним из указанных препаратов, а вторую – приблизительно через 20 дней. При обработке посевов моркови химическими препаратами разрешено не более двух обработок за вегетационный период. Дополнительно можно пользоваться биопрепаратами.

Вредители столовой свеклы и борьба с ними. Вредные насекомые повреждают столовую свеклу во все периоды её развития. В течение всего лета листья свеклы могут повреждаться гусеницами совок, лугового мотылька, свекловичной щитовки, свекловичным клопиком, тлей, личинками свекловичной минирующей мухи и т. п. К числу наиболее опасных вредителей свеклы относятся свекловичные блошки, свекловичные долгоносики и, особенно, свекловичная минирующая муха.

Из химических препаратов наиболее эффективен в посевах свеклы практически против всех вредителей, в том числе против минирующей мухи, БИ-58 (новый). Норма внесения 0,5 л/га. Расход рабочей жидкости 0,5–0,6 л/га. Обработки посевов проводят в период от рождения личинок, при появлении первых мин. Допускалось ранее 2–3 обработки за вегетационный период, но не позднее, чем за 30 дней до уборки. Однако необходимо отметить, что на настоящий момент этот препарат БИ-58 (новый) не разрешен в посадках столовой свеклы при её выращивании на продовольственные цели. Применение этого препарата разрешено только на семенниках овощных культур и картофеля, поэтому производителям нужно обращать пристальное внимание на использование биопрепаратов, севооборотов и агротехнические приемы.

5.5.3. Защита овощных культур от болезней

Химический метод борьбы с болезнями овощных культур должен служить лишь дополнением при организации их защиты. Химические средства защиты растений от болезней можно подразделить на две основные группы: протравители семян и препараты, используемые в семеноводстве овощных культур. Химические методы защиты от болезней при выращивании капусты, моркови и столовой свеклы для производства овощной продукции в настоящее время практически не применяются, а используются при семеноводстве овощных культур.

Из протравителей семян на всех указанных культурах можно применять Фундазол. Препарат эффективен от килы капусты, парши, серой гнили, фомоза, пероноспороза, бактериозов. Квадрис™ – системный фунгицид (250 г/л азоксистробина) – применяется на капусте и моркови против альтернариоза, пероноспороза, настоящей и ложной мучнистой росы. Кроме того, препарат действует на прорастающие гифы грибов, обладает выраженным ингибированием прорастающих спор. На моркови можно применять Топаз, КЭ, доза применения 0,125–1,0 л/кг, на свекле – Абига-Пик, вс. Норма применения 2,4–9,6 л/кг.

Протравители эффективнее действуют, если обработка семян проводится заблаговременно, при этом всхожесть семян не ухудшается и сохраняется в течение 7 лет. Учитывая эти моменты, овощеводческим хозяйствам или арендаторам земли целесообразно заказывать проведение обработки семян фирмам, которые занимаются их продажей, если в хозяйстве нет соответствующего отдела, отвечающего за этот агроприем.

Основные меры борьбы с болезнями овощных культур применяются при закладке маточников на хранение и выращивании семенников в последующий вегетационный период при семеноводстве овощных культур, а зонтичная моль и огневка повреждают семенники моркови.

Несмотря на то что на торфяных почвах семеноводством не занимаются, важно отметить, что на плодородных торфяных почвах с более влажным микроклиматом, утренними росами развитие сорняков, болезней и вредителей в значительной степени превосходит уровень выраженности этих негативных моментов, чем на минеральных почвах. Хозяйства Яхромской поймы имеют участки не только с торфяными, но и минеральными почвами и некоторые из них выращивают для себя семена (в частности, агрохолдинг «Дмитровские овощи»). Поэтому нужно отметить, что на семенниках овощных культур разрешены практически все препараты, рассмотренные выше, в том числе Арриво (от вредителей овощных), который в посевах корнеплодов и посадках капусты запрещен.

Из фунгицидов в течение вегетационного периода от мучнистой росы и церкоспороза официально разрешен в посевах столовой свеклы только Риас, КЭ (0,3л/га) – дважды за вегетационный период.

Обобщая опыт работы с овощными культурами, Н. В. Крашенинник отмечает, что на повреждаемость корнеплодов паршой в большей степени влияют агротехнические факторы: дефицит влаги, щелочная реакция почвы и свежие органические удобрения. Уровень зараженности посевов церкоспорозом, мучнистыми росами, фомозом и ржавчиной при соблюдении агротехники и правильной подготовке почвы (севооборот, глубокая вспашка с оборотом пласта и своевременная борьба с сорняками на полях и вокруг полей) обусловлен зараженностью семян возбудителями данных болезней [215].

5.5.4. Основные технологические моменты выращивания овощных культур на торфяных почвах

Обобщая результаты исследований и практических итоги, которые мы рассмотрели в предыдущих главах, необходимо отметить, что в современных условиях основой технологий выращивания овощных культур должны стать следующие основные положения, которые необходимо знать руководителю, агроному и агрохимику предприятия, занимающегося производством овощной продукции, и по возможности неукоснительно выполнять:

– правильный выбор предшественников и системы предпосевной обработки почвы;

- освоение научно обоснованных севооборотов, не только направленных на получение максимальной экономической эффективности при выращивании культур, но и способствующих воспроизводству почвенного плодородия и сохранению долголетия торфяных почв;
- знание истории полей, где будет размещаться севооборот и каждая культура: какие культуры размещались, нормы и виды внесения удобрений (особенно гербицидов и их возможное действие на последующую культуру), инсектицидов, фунгицидов;
- использование высокоурожайных, устойчивых к болезням и пригодных к механизированной уборке сортов или гибридов;
- соблюдение невозврата овощных культур (одного семейства) в течение ротации севооборота;
- освоение научно обоснованной системы удобрений;
- периодическое обследование полей севооборотов с отбором почвенных образцов на содержание подвижных форм элементов питания;
- посев корнеплодов качественными откалиброванными семенами 95–99 % всхожести, что дает возможность использования для посева пневматической сеялки точного высева, а также посадка закаленной отсортированной рассады капусты рассадопосадочной машиной;
- при использовании отечественных семян, не подготовленных к посеву, обязательным приемом должна стать их предпосевная подготовка: проверка всхожести, калибровка, а по возможности дражирование;
- поддержание влажности почвы во время вегетации на уровне 70–80 % наименьшей влагоемкости;
- механизированное выполнение всех операций, включая уборку и послеуборочную обработку продукции;
- разумное сочетание агротехнических, механических и химических методов борьбы с сорной растительностью, болезнями и вредителями каждой культуры

Такой подход к соблюдению технологий выращивания овощных культур позволит сельскохозяйственному предприятию оперативно решать все технологические и агротехнические задачи, экономить ресурсы, получая высокие урожаи качественной продукции. Грамотная организация уборки, хранения, переработки и реализации овощной продукции позволит предприятию получать максимальную прибыль.

5.6. Образование и развитие сельскохозяйственных предприятий на Яхромской пойме. Яхромский совхоз-техникум, ныне Яхромский аграрный колледж

В целях обеспечения Москвы овощами и картофелем за счет их производства в специализированных совхозах Московской области Совет Министров СССР в 1958 г. принял постановление об организации совхоза «Яхромский» с земельной площадью 13 839 га, в том числе пашни 7352 га. Совхоз был организован на базе семи колхозов [391].

Так как земли колхозов были расположены в пойме реки Яхромы, то и совхоз было решено назвать «Яхромский». При организации совхоза начался новый решающий штурм поймы. В комплексе решались хозяйственные и экономические вопросы. В совхоз поступал транспорт со строительными материалами, техникой. Стройка была объявлена народной, в ней участвовали рабочие и служащие. Появились молодежные отряды строителей, мелиораторов, механизаторов. Областной комитет комсомола объявил шефство над строительством, и по призыву комсомола сотни юношей и девушек прибыли на стройку в совхоз.

Трудностей было много. Не хватало рук, техники, дорог, специалистов, но люди всё равно ехали в хозяйство. Вскоре началось строительство первых финских домиков от старого Синьково до будущего поселка (Ново-Синьково). С 1960-х годов в Дмитровском районе развернулось масштабное жилищное строительство с развитой инфраструктурой. В сельской местности хозяйств Яхромской поймы появились новые жилые микрорайоны, в том числе поселки городского типа в Рогачево, на территории совхоза «Дмитровский» – пос. Горшково. Семьи рабочих хозяйств получили благоустроенные квартиры. Сельское поселение Ново-Синьково было названо лучшим в Подмосковье. В нем активно шло строительство жилых комплексов, возведен современный стадион, где проводятся межрегиональные соревнования. В настоящее время в поселках появились физкультурно-оздоровительные комплексы. В первый год своего существования совхоз «Яхромский» продал государству 9 тыс. т овощей. По итогам 1961 г. на ВДНХ СССР хозяйству был присужден Диплом 1-й степени.

В 1963 г. был организован Дмитровский совхоз-техникум. В 1964 г., в целях повышения качества подготовки кадров среднего звена, совхоз и Дмитровский совхоз-техникум были объединены в

одно хозяйство, оно было названо Яхромский совхоз-техникум. Яхромский аграрный колледж (так он сейчас называется) по рейтингу входил в сотню самых крупных и эффективных сельхозпроизводителей в России. Его посевные площади составляют более 2400 га, стадо молочного скота – 500 голов и 1470 голов молодняка айрширской породы.

В настоящее время основная задача руководства Яхромского аграрного колледжа – подготовка высококвалифицированных специалистов. Колледж располагает всем необходимым для качественной подготовки специалистов агропромышленного комплекса: 52 кабинета и лаборатории, видеозал, учебный корпус для практических занятий. Кузнечная, токарная, слесарная и сварочная практики проводятся в учебно-производственных мастерских. В помощь студентам прекрасная библиотека и три читальных зала. Для практических занятий есть хорошая производственная база: цеха полеводства и овощеводства, животноводческие фермы, тепличный комбинат.

Совхоз «Рогачевский», позднее агрофирма «Рогачево». В ноябре 1959 г. на землях бывших колхозов «Луч» и «Пламя» Дмитровского района был организован совхоз «Рогачевский». Общая площадь совхозных угодий в границах двух хозяйств составляла 12 602 га. В то время на пойменных почвах собирали невысокие урожаи овощей, например, в колхозе «Луч» со 124,5 га сельхозугодий собирали овощей по 186 ц/га, в других хозяйствах и того меньше.

Зимой 1959 г. труженики совхоза продолжили освоение заболоченных земель, которые уже осенью дали первые 6 тыс. т овощей. К весне 1965 г. в эксплуатации хозяйства находились 1915 га осушенных и орошаемых участков, в том числе 1050 га пашни. Они превратились в высокопродуктивные овощные плантации, сенокосы и пастбища и стали лучшими в хозяйстве.

Однако было много проблем. Сильная разобщенность сельхозугодий, раздробленность пашни и сенокосов, неправильная конфигурация и изрезанность полей ограничивали доступ современной скоростной и широкозахватной техники, препятствовали производительному использованию мощных тракторов, комбайнов и других машин. Невыровненный рельеф влиял и на равномерность созревания урожая, сдерживая сроки уборки и снижая качество сена. Поэтому создание мелиоративного отряда во второй половине 1966 г. было подсказано самой жизнью.

В первый год совхозные мелиораторы очистили и отремонтировали 15 км осушительных каналов, охватывающих более 500 га площадей, очистили 10,4 км оросителей, на 360 га спланировали трассы оросителей и дорожки для дождевального агрегата. Шла раскорчевка кустарников и капитальная планировка полей. Коренным образом улучшились луга и пастбища. С годами росли мощность и техническая оснащенность мелиоративного отряда. В феврале 1972 г. совхоз перешел на цеховую структуру управления. В хозяйстве были организованы цеха: овощеводства, механизации, строительства и по два цеха – полеводства и животноводства, а также другие специализированные службы, к которым относился и мелиоративный отряд.

В 1974 г. отряд мелиораторов выполнил капитальный ремонт оросительных сетей на площади 610 га, текущий – на 400 га; осуществлял уход за осушительной сетью на 347 га, дорогами – 1140 га, освоил 905 га новых земель, улучшил 3069 га лугов, а на 1170 га заготавливал торф.

По сведениям на январь 1976 г., была построена осушительная сеть на площади 2624 га, причем на 1629 га – с закрытым дренажом. Протяженность осушительной и оросительной сетей составила более 80 км, они имели 600 гидротехнических сооружений. Для полива сельскохозяйственных культур использовали 22 дождевальные машины и 16 насосных станций. Совхозные мелиораторы в среднем за год готовили и вводили в эксплуатацию до 100 га ранее неиспользуемых земель.

В 1975 г. средняя урожайность по хозяйству составила: столовой свеклы 492 ц/га, капусты 563, моркови 663 ц/га; в бригаде А. П. Голобурдиновой с 32 га было собрано по 771 ц/га моркови. Механизированное звено Е. Н. Царькова получило с 200 га по 200 ц/га картофеля.

В 1974 г. в хозяйство влился бывший совхоз «Покровский», вследствие чего было организовано ещё по одному цеху полеводства и животноводства. Земельные угодья «Рогачевского» стали одними из самых крупных по подмосковным масштабам: 16 482 га, в том числе 14 174 га сельхозугодий и 7460 га пашни. Одна треть этих земель располагалась в поймах рек Яхрома и Сестра.

Но таким огромным хозяйством стало трудно управлять. В 1986 г. совхоз «Рогачевский» был разделен на два хозяйства: «Рогачевский» и «Бунятинский».

Совхоз «Бунятинский», позднее «Агрофирма Бунятино». К совхозу «Бунятинский» отошли принадлежавшие ранее совхозу «Рогачевский» цеха полеводства и овощеводства. Земли цеха овощеводства располагались на реконструированной части Яхромской поймы совхоза «Рогачевский». Почти заново пришлось создавать управленческую, технологическую и транспортную инфраструктуру хозяйства. Даже контора агрофирмы, в которой ютился директор со специалистами, размещалась в обычной деревенской избе.

«Строить пришлось много, – рассказывает руководивший агрофирмой «Бунятино» в 1986–2002 гг. В. В. Крылов. – Начали с реконструкции прежних и строительства новых мастерских, конторы, автогаража в Бунятино, строительного цеха в Подвязново, где возвели новую животноводческую ферму на 400 голов. Кроме того, построили картофелесортировальный пункт, зерносушильный комплекс, сеной сарай, несколько складов многоцелевого назначения. И все это росло и развивалось без единой гудударственной копейки – только хозрасчетным способом».

Не забывали и о главных ресурсах агрофирмы – людях. Был построен новый поселок Бунятино с полной инженерной инфраструктурой, жилыми домами и коттеджами на 200 семей, магазином, центральной усадьбой хозяйства.

Первыми в районе в конце 1980-х годов бунятинцы внедрили безрассадный способ посева капусты. В 2000 г. здесь было построено и первое в России современное овощехранилище, позволяющее одновременно хранить 3000 т капусты. В хранилище предусмотрено помещение для предреализационной обработки овощной продукции – сортировки, мытья, упаковки.

В период с 2006 по 2008 год база хранения продукции была расширена до 20 тыс. т и продолжала расширяться за счет строительства современных хранилищ. В 2008 г. начато строительство цеха переработки. С 2002 г. ЗАО «Агрофирма Бунятино» возглавляет генеральный директор С. Н. Филиппов.

Совхоз «Дмитровский», позднее ОАО «Дмитровское». После постановления Совета Министров РСФСР от августа 1959 г. об организации на Яхромской пойме Дмитровского района овощеводческих хозяйств, в числе других был создан совхоз «Дмитровский», который возглавил Николай Александрович Мочалов – талантливый организатор сельскохозяйственного производства.

В начале 80-х годов прошлого века в совхозе насчитывался большой парк сельскохозяйственной техники, причем все почвообрабатывающие, посевные и посадочные машины поступали только в навесном варианте. Это значительно упрощало эксплуатацию техники, повышало производительность труда. Так, в очень сложном по погодным условиям 1982 г. государству планировалось продать 22 218 т овощей. В среднем с каждого гектара овощеводы собрали по 422 ц продукции. По тем временам – отличный результат. Поэтому и государственный план реализации овощей был перевыполнен, их продали 24 500 т, хотя год был очень неблагоприятным. В совхозе «Дмитровский» широко внедрялся передовой опыт и достижения науки. Хозяйство являлось одним из крупнейших, экономически крепких сельскохозяйственных предприятий района и стало хорошо известно в России.

Овощеводы «Дмитровского» одними из первых в стране освоили современную технологию производства рассады в пленочных теплицах. С применением финской технологии значительно облегчился труд работниц теплиц. Экономический эффект производства рассады резко возрос, а затраты ручного труда сократились в 10 раз. Среднегодовое производство овощей достигло 18–20 тыс. т. Это стало возможным благодаря постоянному совершенствованию передовых технологических приемов возделывания культур. Морковь выращивали по голландской технологии, капусту – по финской.

В 1992 г. совхоз был преобразован в акционерное общество «Дмитровское». В настоящее время это сельскохозяйственное предприятие, к сожалению, не существует. Н. А. Мочалов ушел из жизни. Новое руководство не смогло консолидировать специалистов, коллектив, и хозяйство распалось.

Совхоз «Куликовский», ныне ЗАО «Куликово». Совхоз «Куликовский» был создан в 1969 г. С момента создания и по настоящее время хозяйство, как и другие сельхозпредприятия Яхромской поймы, специализируется на производстве овощей открытого грунта, картофеля и молока. Доля в валовом производстве овощей открытого грунта по Дмитровскому району составляет около 22 %, картофеля – более 15, молока – не менее 5 %.

Всё налаживалось непросто. К концу 1997 г. в хозяйстве сложилась кризисная ситуация. Коллектив ЗАО «Куликово» решил избрать нового директора. В числе других была кандидатура главного энергетика агрофирмы «Бунятино» С. Э. Амосова, который и был избран директором. Ко времени избрания директором он проработал в сельскохозяйственном производстве 17 лет. Хозяйство было принято в тяжелом состоянии: огромные долги, в упадке полеводство, овощеводство, животноводство. Не хватало техники. Но благодаря упорному целеустремленному труду руководителя, специалистов и рабочих вскоре были получены неплохие результаты.

Хозяйству нужны были вложения. И в это трудное время нашлись люди, которым оказалась не безразлична судьба предприятия. Инвестиционно-торгово-производственная компания «Агротех XXI» вложила более 325 млн рублей в развитие сельхозпредприятия. Все финансовые вложения были направлены, в первую очередь, на внедрение новых технологий в овощеводство и картофелеводство, закупку современной высокотехнологичной сельскохозяйственной техники.

Благодаря инвестициям всего за несколько лет в ЗАО «Куликово» была создана мощная база хранения и переработки овощной продукции, существенно обновлен тракторный и автомобильный

парки. Сегодня в наличии у хозяйства более 50 единиц новой техники фирмы «Гримме», 11 машин «МАН», один «мерседес», два МАЗа, оборудованные фурами-рефрижераторами. Своевременно производится ремонт техники. Посевные площади капусты, моркови и свеклы постоянно увеличиваются. Уже к 1999 г. «Куликово» в числе двух других хозяйств района получило наибольший объем прибыли. Бесспорно, в этом заслуга прежде всего нового директора предприятия, который умело руководил сплоченной командой специалистов и заставил поверить остальных работников в положительный исход их общего дела.

Главным направлением в работе руководства было сохранение прежних, ведущих отраслей производства – овощеводства, полеводства и животноводства. Особое внимание обращалось на интенсификацию производства, повышение урожайности, продуктивности и качества продукции, поэтому совершенствовались технологические процессы. При посеве моркови и свеклы стали применять сеялки точного высева, что позволило сократить расход семян в три раза. Благодаря внедрению новых технологий повысился выход товарной продукции. Целенаправленная работа в овощеводстве, строгое соблюдение правил агротехники, внедрение передовых интенсивных технологий позволили получать высокий урожай качественной продукции, а значит, сделать отрасль высоко rentабельной. Уделяя должное внимание овощеводству, не ослабляли внимание к полеводству – зерновым культурам; на пойме также выращивали картофель.

С приходом С. Э. Амусова наступил переломный момент и в животноводстве. Отремонтировали животноводческие помещения, укрепили кормовую базу. На стойловый период кормов заготавливали с избытком. Повысилась продуктивность дойного стада. Молочное животноводство тоже стало прибыльным.

В 90-е годы все сельхозпредприятия пережили сложный период. В это время менялась не только внутренняя и внешняя государственная политика, но и система хозяйствования; страна переходила к рыночной экономике, совершенствовались технологические процессы. Совхозы ушли в прошлое. Их заменили акционерные общества. В это сложное время очень многое зависело от руководителя: его энергии, целеустремленности, желания идти вперед, поднимая хозяйство, умения сплотить коллектив, специалистов, чтобы они поверили и в руководителя, и в себя, но главное – в то, что вместе коллектив может добиться многого.

В 1996 г. на земле, арендованной у агрофирмы «Рогачево», было образовано ООО «Дока-Генные Технологии», президентом которой стал А. М. Чуенко. Предприятие показало свою жизнеспособность, занимаясь индустриальным производством семенных клубней на безвирусной основе. Здесь испытывалось до 38 сортов и гибридов картофеля. Есть специальные сорта для чипсов и картофельной соломки. Семенным картофелем из Рогачева заинтересовались многие районы Сибири, хотя главная задача предприятия – обеспечение семенными клубнями хозяйств Подмосковья, и в первую очередь Дмитровского района.

Современные рыночные отношения потребовали концентрации деятельности в определенных направлениях, не дублирующих функции предприятий, входящих в созданный агрохолдинг. Так, картофелеводством и растениеводством в компании занимается теперь ООО «Дока-Генные Технологии». Сегодня в хозяйстве около 5 тыс. га отданы под картофель в четырехпольном минимальном севообороте. На площади около 1,5 тыс га размещены многолетние травы.

Третье, не менее важное направление – производство зерновых. В 2002 г. хозяйство закупило 25 т суперэлитных семян озимой пшеницы сорта «Имени Раппопорта» – хлебопекарной и одной из лучших по качественным характеристикам. Однако за неимением необходимого зерносушительного комплекса в 2003 г. засеяли только 150 га площадей в надежде получить урожай семян хорошего качества. В проблемном по погодным условиям году урожайность составила 45 ц/га. С 2004 г. озимая пшеница размещалась уже на 500–600 га. После реконструкции зерносушительного комплекса площади под зерновыми были расширены до 1500 га.

В настоящее время в ООО «Дока-Генные Технологии» продолжается реализация комплексной программы внедрения новейших биотехнологий и оборудования для индустриального производства безвирусных мини-клубней картофеля и интенсивного возделывания семенного картофеля в поле. Технологический уровень производства картофеля и овощей в агрофирме «Рогачево» поднят на достаточно высокий уровень рентабельности, что позволяет получать большую отдачу. Производить данные культуры в этом и соседних хозяйствах Яхромской поймы стало экономически выгодно.

5.7. Реконструкция мелиоративной системы Яхромской поймы на современном этапе

Интенсивное использование Яхромской поймы требует со временем ремонта и реконструкции мелиоративной системы, чтобы своевременно предотвращать неблагоприятные изменения на мелиорируемом объекте. В рамках реализации ФЦП «Сохранение и восстановление плодородия почв зе-

мель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006–2010 годы и на период до 2013 года» ФГБУ «Управление "Спецмелиоводхоз"» успешно провел работы по реконструкции межхозяйственных каналов, сооружений, насосных станций на мелиоративных системах Яхромской поймы Дмитровского района Московской области. Основной целью проведения реконструкции является предотвращение выбытия из сельхозоборота угодий площадью 250 га (7-я очередь).

Завершение седьмой очереди реконструкции мелиоративных систем Яхромской поймы способствовало улучшению мелиоративного состояния внутрихозяйственной сети, обеспечивающей проведение сельскохозяйственных работ на полях сельхозпредприятий, расположенных на Яхромской пойме [392].

В 2014 г. проведена реконструкция 8-й очереди Яхромской осушительно-оросительной системы. В частности, выполнены работы по очистке межхозяйственных магистральных каналов общей протяженностью 11,6 км с объемом земляных работ более 62,5 тыс. кубометров, сводке кустарниковой растительности с последующим переустройством дренажных устьев и восстановлением дренажных труб. Разобраны пришедшие в негодность гидротехнические сооружения на каналах, шлюзы, регуляторы, трубопереезды и построены новые. Кроме того, отремонтированы эксплуатационные дороги со щебеночным покрытием длиной 4,82 км, мост на р. Дятлинка. Проведена реконструкция оросительной насосной станции № 1 с заменой всего технологического и электросилового оборудования, подводящих и отводящих трубопроводов, а также полным переустройством аванкамеры. Общая площадь предотвращения выбытия земель из сельскохозяйственного оборота составляет 900 гектаров [393].

В 2015–2018 гг. на Яхромской пойме велась реконструкция гидротехнических сооружений. В июле 2016 г. отделом надзора за строительством № 11 в сельском поселении Куликовское Дмитровского района проведена плановая проверка комплексной реконструкции межхозяйственных каналов, сооружений, насосных станций на мелиоративных системах Яхромской поймы (9-я очередь строительства). Начальник ведомства Руслан Тагиев сообщил, что работы ведутся по графику. По его словам, реконструкция предусматривает очистку русел межхозяйственных каналов протяженностью 9,8 км, спрямление старицы р. Яхромы общей протяженностью до 30 км, а также реконструкцию оросительной насосной станции, строительство 32 шлюзов-регуляторов и других гидротехнических сооружений [396].

Завершение реконструкции позволило получить значительный прирост объема производства продукции растениеводства на землях сельскохозяйственного назначения, а также ввести в эксплуатацию дополнительно до 1000 гектаров мелиорируемых земель (табл. 5.11).

Таблица 5.11 – Рост урожайности с/х культур в пойме р. Яхрома после реконструкции в 2017 г.

Название хозяйства	Культура	Площадь до реконструкции, 2016 г., га	Площадь после реконструкции, 2017 г., га	Урожайность до реконструкции, 2016 г., т/га	Урожайность после реконструкции, 2017 г., т/га	Рост, %
ЗАО «Куликово» Дмитровский р-н, пойма р. Яхромы	Картофель	530	630	226	367	162,4
	Овощи	733	822	478	647	135,4

5.7.1. О задачах и путях выполнения мелиоративных мероприятий в Яхромской пойме Дмитровского района Московской области в 2018 г. [397]

В соответствии с Госпрограммой «Сельское хозяйство Подмосковья» в Московской области в 2018 г. намечено выполнение работ по реконструкции и восстановлению внутрихозяйственных мелиоративных систем на площади не менее 1,4 тыс. га, культуртехнических работ на площади не менее 10,0 тыс. га. Наибольший объем работ по реконструкции внутрихозяйственных мелиоративных систем в 2018 г. (0,72 тыс. га) необходимо выполнить сельскохозяйственным предприятиям ОА «Агрофирма «Бунятино» в объеме не менее 308 га и ЗАО «Куликово» на площади не менее 416 га.

Для осуществления поставленных целей в увязке со сроками реконструкции федеральных мелиоративных систем в Министерстве сельского хозяйства и продовольствия Московской области (далее – Министерство) в феврале-марте т. г. были проведены два координационных совещания, на которые были приглашены крупные специалисты проектных организаций (АО «Центр Сервис Проект» и ООО «Калининградский проектный институт»), а также руководители ФГБУ «Управление «Плодородие», ФГБУ «Управление «Спецмелиоводхоз» и ответственные работники названных сельхозпредприятий.

Если в предыдущие годы наиболее актуальными были вопросы по объемам субсидирования затрат из бюджета Московской области, то в 2018 г. благодаря усилиям руководства Министерства и лично министра Андрея Викторовича Разина объем средств из консолидированного (объединенного с федеральным) бюджета только на гидромелиоративные мероприятия составил 98,1 млн руб., на культуртехнические работы – не менее 67,0 млн руб.

Впервые за многие годы объем компенсации затрат по реконструкции внутри хозсети достигнет уровня 45 % от общей стоимости работ, а компенсация затрат по культуртехнике достигнет 6,0 тыс. рублей за 1 га. То есть старые проблемы, которые находились в плоскости низких объемов поддержки (4,0 млн рублей в 2012 г.) перешли в плоскость конкуренции за бюджетные деньги (98,1 млн рублей или более, чем в 24 раза) и улучшение качества работ.

Реконструкция осушительно-оросительной системы агрофирмы «Бунятино». В 2017 г. руководством агрофирмы «Бунятино» совместно с министерством сельского хозяйства Московской области был разработан масштабный проект реконструкции осушительно-оросительной системы. Всерьез заняться вопросами мелиорации аграриев побудило неудовлетворительное состояние полей, мелиоративных и оросительных систем, которые были построены почти полвека назад.

Срок реализации проекта 20 месяцев, прямые инвестиции – 55 млн рублей, то есть 170 тыс. рублей на 1 гектар. За это время работы должны быть проведены на площади 389 гектаров. Для проведения этих тяжелых и энергоемких работ агрофирма «Бунятино» купила в 2017 г. планировщик итальянской компании Montefiori за 3 млн рублей. Его задача – выравнивание поверхности почвы в соответствии с заданными параметрами. Ему в помощь – лазерная установка, которая задает необходимый уровень по горизонту. Работает планировщик в паре с самым мощным американским трактором JohnDeere 8335R. В кабине трактора установлен бортовой компьютер и удобный цветной дисплей, на котором отображаются все параметры.

На первом этапе проводится так называемая кулисная планировка земельного участка. Экскаватором или бульдозером срезается лишний грунт, который затем завозится грузовиками в понижения и ямы. Второй этап – финишная планировка. Уровень выравнивается в соответствии с рельефом, а также задается определенный уклон участка. На третьем этапе проводятся культуртехнические мероприятия: внесение органики и компоста, дискование; глубинное рыхление.

В завершение, мелиораторы восстанавливают системы орошения и проводят частичную укладку дренажа. На планировке работают самые подготовленные механизаторы, в их числе Виктор Филиппов. За смену он перетаскивает до 2 тыс. кубометров почвы. В этом году агрофирма «Бунятино» купила два комплекта систем орошения итальянской компании Idrofoglia. В каждом комплекте мощная мотопомпа, катушка с трубой ПНД протяженностью 540 м и консоль для разбрызгивания. Зона покрытия двух консолей – 110 м. Комплекты оросительных систем обошлись хозяйству в 12 млн руб. На соседней карте на поливе капусты работает российская система орошения ДДА на базе трактора Агромаш. При поливе она также покрывает участок в 100 м [392].

Одобен проект реконструкции гидротехнических сооружений на мелиоративных системах Яхромской поймы в Подмоскowie. Эксперты Главгосэкспертизы России рассмотрели представленную повторно проектно-сметную документацию. По итогам проведения государственной экспертизы выданы положительные заключения. Десятая очередь работ, технические решения по которой изложены в проектной документации, завершающий этап обновления мелиоративной системы поймы.

Осушительно-оросительная система Яхромской поймы расположена на площади 10 тыс. гектаров в Дмитровском районе Московской области. Обновление объектов системы поможет в предотвращении выбытия из сельскохозяйственного оборота 800 га земель (рис. 5.4).

Проектом, рассмотренным экспертами Главгосэкспертизы России, предусмотрена реконструкция трех межхозяйственных каналов, входящих в состав комплекса гидротехнических сооружений поймы. Общая длина реконструируемых межхозяйственных каналов составляет 7,79 км. Участок работ расположен неподалеку от деревень Бунятино, Давыдково и Петраково, села Куликово и поселка Луговой. Десятая очередь работ включает расчистку и профилирование каналов, восстановление и защиту откосов посевом трав, укрепление габионными сетчатыми изделиями, а также реконструкцию трубопереездов. Кроме того, будут проведены обустройство канала протяженностью 3,04 км с целью спрямления участка реки Старая Яхрома, реконструкция 2,4 км дамб-дорог и оросительной насосной системы № 3.

Обновление мелиоративной системы Яхромской поймы проводится в рамках реализации федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» [394].



Рисунок 5.4 – Zuma\TASS Работа дождевальной установки

5.7.2. Современное состояние АПК Дмитровского района

Дмитровский район – крупнейший сельскохозяйственный район Московской области, а Яхромская пойма – один из немногих комплексных и высокопроизводительных сельскохозяйственных районов в России с интенсивным уровнем агрокультуры. На небольшой территории в 100 кв. км производится ежегодно более 30 % овощей, производимых в Московской области. В овощеводческом секторе работают около десятка агрохолдингов и ряд фермерских хозяйств. Ведущими предприятиями района являются: Агрохолдинг «Дмитровские овощи», с 2002 г. в его состав входят хозяйства: ООО «Фрухтринг», ЗАО «Агрофирма «Бунятино», ООО «ДмитровАгроРесурс», ООО «Дмитровские овощи».

Основные направления хозяйственной деятельности агрофирма сохранила: овощеводство, картофелеводство, молочное животноводство и кормопроизводство. Растущие экономические показатели позволяют уверенно решать производственные вопросы, приобретать новую технику, полностью обеспечивать хозяйство минеральными удобрениями и средствами защиты растений.

К традиционным овощам на полях добавились цветная и краснокочанная капуста, салаты (рис. 5.5) и ещё пара десятков наименований.



Рисунок 5.5. – Салатное раздолье на Яхромской пойме

В агрохолдинге теперь выращивают не только фуражное, но и продовольственное зерно. Буянтинцы полностью обеспечивают своё хозяйство собственной рассадой капусты. Картофель возделывается по новейшей индустриальной технологии, семенной материал – элитный. Современные технологии возделывания моркови увеличили выход стандартной продукции. Больше половины моркови убирается механизированно, картофель и почти вся свекла – комбайнами, капуста – с частичным или полным применением механизации.

Сейчас агрохолдинг один из крупнейших сельхозпроизводителей района и Московской области, обеспечивающий замкнутый круг деятельности: выращивание, переработку, хранение и поставку свежей и переработанной продукции свыше 200 клиентам Москвы и Подмосковья. Ежегодно производит 70–100 тыс. т. овощей и картофеля. Здесь одна из самых больших посевных площадей под овощами и картофелем – 2802 га, или 38 % от всех площадей сельскохозяйственных предприятий района и 12,5 % – от Московской области.

На всех стадиях производства внедрены современные технологии: передовая технология обработки почвы (*Lemken*); осуществляется посев мелкосеменных культур (технология *Schmotzer*); проводится посев фасоли для улучшения плодородия севооборота.

В хозяйстве люди работают на современной немецкой технике, заменяющей ручной труд многих десятков человек.

ФГУ СПО МО «Яхромский аграрный колледж» – старейшее предприятие района, основанное в 1958 г., производит картофель и овощи. Объемы производства овощей – до 30 тыс. т, зерно – 1 тыс. т, молоко – 2 тыс. т. Но главное направление – осуществление учебного процесса на основе хорошо оснащенной учебной и производственной базы, где готовят агрономов, мелиораторов, ландшафтных дизайнеров, менеджеров, бухгалтеров. Колледж выпускает ежегодно 150 специалистов села, работающих во всех уголках России.

ООО «Дока-Генные Технологии» – выполняют инновационные исследования и разработки, используемые в агропромышленном комплексе страны. Производят микрорастения и миниклубни собственных и лицензионных сортов картофеля в новейшем биотехнологическом комплексе; семенной картофель высоких репродукций, защищенный от вирусов и болезней; столовый картофель; выращивают овощную продукцию и зерновые культуры в севообороте.

ООО «Агронавт» и ЗАО «Куликово» – крупные хозяйства, производят ежегодно по 45 тыс. т картофеля и овощей каждое, с современной техникой, большими площадями посадки и объемом хранилищ до 60 т.

ООО «Дубна плюс» – самое крупное животноводческое предприятие района и Московской области. поголовье дойного стада составляет 1000 голов и размещено на двух молочно-товарных фермах, оборудованных самой современной техникой. Производство молока составляет свыше 7 тыс. т в год. Валовой надой на 1 корову – 7300 кг/год.

В районе 58 крестьянских (фермерских) хозяйств, которые производят 15 тыс. т картофеля и овощей, 350 т молока.

Глава 6. ПИРОГЕННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ – ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ФОРМЫ ДЕГРАДАЦИИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОЖАРОВ НА ОСУШАЕМЫХ БОЛОТНЫХ МАССИВАХ

6.1. Понятие пирогенных образований и их значение для торфяных почв

6.1.1. Общие положения [104]

Пожары на осушаемых торфяных почвах – явление распространенное, но по ряду причин недостаточно изученное. Вместе с тем площади таких пожарищ следует рассматривать как территории экстремального экологического бедствия, поскольку при их возникновении происходит тотальная потеря почвенного покрова. Осушенные торфяные почвы в этом случае замещаются преимущественно минеральными пирогенными образованиями, отличающимися полной или частичной потерей плодородия. Однако этим не исчерпывается отрицательная роль пожаров. Они ограничивают реальные ареалы местообитания и деятельности человека, снижают видовое разнообразие флоры и фауны, являются причиной огромных одномоментных выбросов в атмосферу диоксида углерода и окислов азота, миграции нитратов в грунтовый поток, усиливают парниковый эффект. Таким образом, очевидно многофакторное отрицательное влияние пожаров на экологическое состояние значительных территорий. Изученность этого опасного явления остается весьма ограниченной. Слабо разработаны анализ причин и эффективные способы защиты органических почв от возгорания, неизвестны признаки оценки вторичных пирогенных образований, возникших на месте сгоревших торфяников, и их классификация.

Все это определяет научную и прикладную значимость проблемы. Для того чтобы представить масштабы явления, рассмотрим некоторую информацию по осушительным самотечным и польдерным системам только Рязанской области за 1996–1997 гг. Так, в 1996 г., по нашим данным, на территории осушаемых торфяных почв польдера «Макеевский мыс» интенсивные пожары привели к выгоранию торфа до минерального дна на площади не менее 60 га. В том же году, по данным Рязанского областного управления лесного хозяйства, сгорело 50 га осушенных торфяных почв на массиве «Штыга-Толпега» в районе сел Деревенское и Вознесеново. В районе сел Ижевское и Городовичи на объекте «Б. Ковеш» полностью выгорели мощные торфа на площади 200 га. В 1997 г. продолжались пожары на объекте осушения «Болонь», погибло более 30 га на объекте «Лавронь». На объекте «Гарище» пожарами уничтожено 50 га плодородных осушенных торфяных почв. В целом за эти два прошедших года на осушительных системах только Рязанской области безвозвратно исчезло около 1000 га торфяных почв, в сельскохозяйственное освоение которых сравнительно недавно (20–40 лет тому назад) были вложены значительные инвестиции. Пока мы не располагаем данными о пожарах на торфяных почвах лесных угодий. Можно, однако, предполагать, что эти потери весьма велики.

Существенно и то, что процесс уничтожения осушаемых торфяных почв имеет явную тенденцию быстрого роста. Так, было показано по результатам обследования, что на польдере «Макеевский мыс» в 1996 г. сгорели осушаемые торфяные почвы на площади 60 га. Позднее, по данным повторного обследования в 2002 г., было установлено, что пирогенные образования занимали 140 га. Таким образом, всего за 6 лет площадь сгоревших плодородных осушаемых торфяных почв возросла более чем в 2 раза. Однако процесс пирогенной деградации на этом не закончился. В 2007 г. произошло практически полное выгорание торфяных почв на всей площади этого польдера, т. е. на массиве, занимавшем еще недавно территорию около 2000 га плодородных мелиорированных земель.

Аналогичная ситуация, часто не учтенная земельными и экологическими службами, имеет место и на многих других объектах осушения Российского Нечерноземья. При этом опасность заключается не только в том, что в настоящее время уничтожается одна из наиболее плодородных групп почв России, но и в том, что все еще сохраняются условия для существенного расширения масштабов этой экологической катастрофы в средне- и южнотаежной подзонах, в зонах широколиственных лесов и в лесостепи. Особенно опасны пожары торфяных почв в полесьях – обширных флювиогляциальных и древнеаллювиальных низменностях, почвенный покров которых образован легкими (песчаными, супесчано-песчаными) и торфяными почвами. Здесь торфяные низинные почвы после осушения образуют наиболее плодородные земли.

Опасность пожаров на торфяных почвах связана не только с уничтожением низинных торфяных почв Нечерноземья, наиболее плодородных почв этого региона, глубоким изменением агроэкологических условий, уничтожением биоты и другими факторами, определяющими возможность существования человека. Они опасны и тем, что, как показали исследования А. Н. Геннадиева и А. С. Цибарт [370], при пожарах болотных почв «после сгорания торфа в составе ассоциаций пирогенных по-

лициклических ароматических углеводородов (ПАУ) возникают 3-ядерный фенантрен, 4-ядерные хризен и тетрафен, 5-ядерный бенз(а)пирен. Образование тяжелых соединений типа бенз(а)пирена... возможно при тлении с малым доступом кислорода».

Опасность пожаров на осушаемых торфяных почвах в полесьях велика еще и потому, что, по нашим наблюдениям, уровни грунтовых вод, особенно на самотечных системах или нестабильно управляемых польдерах, подвержены значительным колебаниям. В период летней межени здесь нередко происходит отрыв капиллярной каймы грунтовых вод от нижних горизонтов торфяной залежи, быстрое иссушение профиля торфяных почв и их сгорание. При этом на поверхность выходит бесплодный оглеенный кварцевый песок.

На примере типичного для условий европейских полесий массива торфяных почв, приуроченного к крупному летнему польдеру, нами была предпринята попытка изучить структуру и морфологию вторичных пирогенных образований, возникших на месте сгоревших осушаемых торфяных почв; исследовать видовой состав пионерных поселений растений, определяющих развитие вторичного почвообразования; раскрыть причины неоднородности пирогенных образований; наметить возможные мероприятия по защите органических почв от уничтожения и деградации при пожарах [143].

Исследования были выполнены на территории польдера «Макеевский мыс», расположенного в Спас-Клепиковском районе Рязанской области. Польдер в исходном состоянии характеризовался типичными для еропейских полесий почвенным покровом и гидрогеологическими условиями. Плодородные торфяные почвы ранее, до пожара, использовались для возделывания картофеля, трав, зерновых, овощных культур; здесь размещали продуктивные пастбища. Пирогенная деградация торфяных почв может протекать стремительно и приводить их к полному уничтожению за весьма короткий период, определяемый сутками. Гидротермическая деградация имеет тот же эффект, но она осуществляется за весьма продолжительный период, нередко исчисляемый многими десятилетиями.

Принципиальная задача заключается в том, чтобы исключить возможность возникновения пирогенной деградации и не допустить развития гидротермической деградации, наиболее ярким проявлением которой всегда является негативный баланс углерода. В случае любого из этих двух видов деградации, таким образом, происходит сработка органических горизонтов разной мощности. При этом в случае пирогенных торфяных почв особое значение приобретает оценка сохранившейся над уровнями грунтовых вод толщи торфяных горизонтов. В основу диагностики их хозяйственной значимости может быть положен эколого-гидрологический принцип оценки целесообразности использования торфяных почв и необходимости проведения рекультивационных мероприятий [96, 117].

Применительно к рассматриваемым ситуациям могут быть приняты три следующие степени деградации почв и образований, испытавших пирогенное и гидротермическое воздействие: 1) почвы с пирогенно-деградированным поверхностным горизонтом, в которых уровни грунтовых вод позволяют использовать их для размещения любых районированных сельскохозяйственных культур, возделывание которых целесообразно на торфяных почвах; 2) почвы с укороченными в результате пирогенной деградации торфяными верхними и средними частями профиля, в которых уровни грунтовых вод позволяют использовать их для размещения любых многолетних трав (бобовых, злаковых); 3) пирогенные образования с глубокой деградацией всех основных органогенных горизонтов и интенсивным вторичным заболачиванием их минерального профиля.

Такие пирогенные образования возникают преимущественно в условиях осушенных болотных массивов с исходно малой (50–100 см) и средней (100–200 см) мощностью органогенных горизонтов. На мощных торфяных почвах (>2 м) в результате пожаров возможно возникновение особого вида пирогенных образований, которые отличаются тем, что в этом случае происходит полное выгорание органической массы торфа до межени уровня залегания грунтовых вод. Положение последних практически исключает возможность их любого использования в сельскохозяйственном производстве, поэтому на таких пирогенных образованиях интенсивному сельскохозяйственному использованию должны предшествовать специальные мероприятия по их рекультивации. Почвы первых двух групп в постпирогенный период характеризуются относительно благоприятными свойствами для ведения сельскохозяйственного производства. В основном они не подлежат рекультивации.

Специальные мероприятия здесь ограничиваются перемешиванием массы золы поверхностного слоя с нижележащим торфяным горизонтом. Если, однако, нижележащий горизонт в процессе пожара был подвергнут пирогенному обжигу и уплотнен, то здесь может оказаться целесообразным его механическое разрушение с помощью кротования (но не глубокого рыхления). Все другие охранные мероприятия на таких почвах предусматриваются в том же составе, что и на обычных полнопрофильных почвах. Эти мероприятия рассмотрены ниже. Очевидно, что вовлечение в сельскохозяйственное производство пирогенных образований и пирогенных торфяных почв должно осуществ-

ляться с учетом следующего ряда факторов: характера использования территории, причин заболачивания, гранулометрического состава подстилающих пород, других элементов ландшафта, а также их химических и физических свойств.

6.1.2. Морфология пирогенных образований и их классификация [104]

Вследствие пожаров на месте плодородных торфяных осушенных почв, как показали полевые исследования, возникают вторичные малопродуктивные или бесплодные пирогенные образования. Вторичный пирогенный покров массива после пожара весьма неоднороден по своим свойствам. На сгоревшем торфяном массиве в пределах польдера «Макеевский мыс» нами выделены следующие виды вторичных пирогенных образований, с которыми, в частности, может быть связана дифференциация способов восстановления их плодородия. Их морфологическое строение характеризуется следующими особенностями.

1. *Пирогенно-перегнойные образования.* Они образуют значительную (до 40 %) площадь территории сгоревшего массива. Их верхний горизонт мощностью 6–10 см образован массой желто-охристой золы, содержащей значительное количество гидроокиси железа. Ниже залегает темноокрашенный слой углистой супеси, мощность которого варьирует от 10 до 20 см. Глубже – светло-серый оглеенный песок.

2. *Пирогенно-песчаные образования (15–20 % площади).* Этот вид отличается от пирогенно-перегнойных отсутствием углистого и перегнойного слоев. Последний в некоторых случаях может присутствовать в профиле, но его мощность при этом не превышает 3–5 см. По всем другим признакам морфология пирогенно-песчаных образований совпадает с морфологией пирогенно-перегнойных. Происхождение трех горизонтов, определяющих профиль рассматриваемых образований, достаточно очевидно. Поверхностный ярко-охристый слой золы обязан своим возникновением полностью сгоревшему слою торфа. Чем мощнее был торф в исходном состоянии, тем больший слой золы аккумулярован на поверхности. Находящийся непосредственно под слоем золы материал – углистая масса не полностью сгоревшего торфа. Наконец, перегнойный горизонт унаследован вторичными пирогенными образованиями от исходных торфяных почв. Он формируется в начальной стадии их развития и затем, после накопления органического материала, залегает на контакте торфяной почвы и верхней кровли минерального дна болот.

3. *Песчаные образования.* Эти образования генетически связаны с подъемами минерального дна болотного массива. Они приподняты над окружающей поверхностью на 0,3–0,5 м. Песчаные образования занимают около 30 % территории пожарища. Как следует из описания, песчаные образования, в отличие от предыдущих, не имеют зольного горизонта. В целом мощность пирогенно-преобразованной толщи здесь невелика из-за отсутствия ряда слоев. Причина этого заключается в следующем. Песчаные образования возникли на наиболее повышенных элементах рельефа минерального дна сгоревшего болотного массива в условиях наиболее глубокого залегания грунтовых вод. Поэтому, если на относительно пониженных отметках более высокий уровень грунтовых вод послужил препятствием для распространения пожара вглубь, то здесь, на повышениях, вся торфяная толща оказалась незащищенной от воздействия высоких температур. Во-вторых, господствующее положение этих образований в рельефе обусловило активную ветровую эрозию зольного и углистого материала. Этот эффект, по-видимому, усугубился и водной эрозией поверхностных слоев паводковыми водами, затопившими весной сгоревший массив.

4. *Пирогенно-древесно-песчаные образования.* На участках исходного торфа с большой массой погребенной древесины сформировались образования, перекрытые с поверхности слоем плотной спекшейся ствольной древесины мощностью 0,1–0,3 м. Древесные остатки образуют своеобразный панцирь на поверхности оглеенного минерального субстрата. Отличием этих образований от остальных изученных объектов сгоревшего массива является присутствие в верхней части пирогенно-преобразованной древесины, сохранившей свою структуру. Необходимо отметить неоднородность сгорания торфяной толщи этих образований. В итоге формируется специфический микрорельеф, представляющий из себя сочетание повышенных участков (слой 1), вертикально обрывающихся и переходящих в понижения, поверхность которых покрыта слоем золы (3–5 см), сходной с золой пирогенно-перегнойных образований.

Причина подобной неоднородности связана с локальным скоплением стволов погребенной древесины в исходном торфе, а также с активной дефляцией золы с повышенных участков микрорельефа в понижения. Возможно также, что неполное сгорание древесного торфа и погребенной древесины объясняется особенностями литологического строения профиля этих образований. В профиле этих пирогенных образований возможен активный капиллярный переток влаги от зеркала грунтовых

вод к поверхностным слоям профиля. За счет этого дополнительного увлажнения выгорание непосредственно прилегающего к поверхности минерального дна болота слоя древесного торфа не приобрело тотального характера.

5. *Пирогенно измененные торфяные почвы.* Эти почвы имеют определенное локальное распространение на осушенных массивах польдера «Макеевский мыс». Они строго приурочены к трассам открытых каналов и простираются по всей длине открытых дренажных линий узкой лентой шириной 5–8 м. Их органические горизонты могут иметь различную мощность. В исследованном нами случае она составила 0,7–0,8 м. Особенностью этих образований является интенсивное иссушение поверхностных слоев торфа (мощностью 20–25 см) в условиях высоких температур и необратимая коагуляция органических коллоидов. Торф в этом случае приобретает высокую механическую прочность. Он в значительной мере утрачивает способность к набуханию и смачиванию.

Решающее влияние на относительную сохранность исходных торфяных почв оказало то обстоятельство, что вся узкая территория на момент пожара была покрыта мощной травяной растительностью. Это определило их слабую пирогенную трансформацию. Вместе с тем центральная часть массива, на момент пожара занятая жнивьем, подверглась деградации. Наблюдения на территории польдера «Макеевский мыс» и на других объектах мелиорации свидетельствуют о том, что пирогенно измененные торфяные почвы получают наиболее широкое распространение на осушаемых массивах, образованных мощными торфами, т. е. там, где мощность органогенной толщи существенно превышает норму осушения, а также в тех случаях, когда переувлажнение почв возникает в зонах влияния напорных вод. Кроме того, пирогенно измененные торфяные почвы широко представлены и на неосушенных болотных массивах, подверженных действию пожаров.

Приведенная схема отражает изменения гипсометрических уровней поверхности после сгорания торфа, а также взаимосвязь пирогенных образований и рельефа минерального дна осушенного болотного массива. Полученные данные позволяют следующим образом классифицировать пирогенные образования полесий и характеризовать их морфологические особенности (табл. 6.1). Кроме приведенных в таблице пирогенных образований, в зависимости от строения ландшафта, генезиса и состава подстилающих торф минеральных пород и режима грунтовых вод могут возникать другие их виды.

Таблица 6.1 – Пирогенные образования, возникающие после сгорания осушаемых низинных торфяных почв полесских ландшафтов

Вид вторичных пирогенных образований и почв	Исходный вид осушенной торфяной почвы (до пожара)	Особенности морфологии профиля вторичных пирогенных образований и почв		
		мощность сохранившегося торфа	мощность слоя золы, см	минеральное дно болота
Пирогенно-перегнойно-песчаное образование	Торфяные низинные мало- и среднемощные почвы	нет	6–16 и более	оглеенный песок
Пирогенно-песчаное образование	Низинные торфяно-глеевые почвы	-//-	3–6	-//-
Песчаное образование	Низинные торфянисто- и торфяно-глеевые почвы	-//-	<3	-//-
Пирогенно-древесно-песчаное образование	Торфяные низинные мало- и среднемощные почвы с включением больших масс стволовой древесины	-//-	Рассеянная масса золы в верхней части профиля, самостоятельный горизонт золы не выражен или <3	Оглеенные суглины, прослой суглинка, песок
Пирогенно измененная торфяная почва	Торфяные низинные среднемощные почвы	70–80 % исходной мощности в верхнем полуметре, ниже – 100 % сохранность	1–2	оглеенный песок

На системах, где не осуществляется регулирование режима грунтовых вод, в период летней межени часто происходит отрыв капиллярной каймы от торфяной толщи и ее полное сгорание. Значительная масса пепла быстро уносится ветрами, а на дневную поверхность выходит верхняя кровля галечникового или валунно-галечникового аллювия. Ее продуктивность обычно ничтожно мала. Та-

кие территории в перспективе не могут быть использованы в сельском хозяйстве даже в качестве низкопродуктивных лугов и пастбищ. В этих случаях обычно маломощный слой торфа быстро сгорает, а образованная масса золы разносится ветром. На поверхность, подобную булыжной мостовой, выходит подстилаящая торф масса валунно-галечникового бесплодного аллювия.

6.1.3. Химические свойства и плодородие пирогенных образований и пирогенноизмененных почв [104]

Наибольшее внимание при исследовании свойств пирогенных образований обращалось на поверхностные слои, образованные толщей охристой золы. В золе по сравнению с исходным торфом (табл. 6.2) высоко содержание практически всех макро- (Ca, Mg, K, Mn, P и др.) и микроэлементов, а также тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu и др.). При этом, однако, не преодолен порог предельно допустимых концентраций (ПДК).

Таблица 6.2 – Валовое содержание (мг/кг) некоторых элементов в исходном торфе (до сгорания), в золе непосредственно после пожара (1996 г.) и через год (1997 г.) после пожара*

Элемент	Торф исходный	Зола		Вынос за 1-й год, %
		1996	1997	
Ca	15810	37648	25574	32
Mg	5527	23528	13041	45
K	30956	57451	40485	30
Mn	339	1429	887	38
P	6419	22370	19143	10
Pb	4	91	73	20
Cu	9	48	47	2
B	27	143	119	17
Co	11	31	27	13
Cd	0,11	0,36	0,29	19
Ge	1	4	3	25

Примечание: *анализы выполнены лабораторией тяжелых металлов ММА им. Сеченова на атомно-эмиссионном плазменном квантометре Labtest-UV-25 стандартным методом).

По нашим наблюдениям (табл. 6.2, 6.3) значения рН поверхностного слоя золы непосредственно после пожара оказались сильнощелочными – 10,5–11,6. Это обусловлено высокой концентрацией в золе углекислого калия (поташа). После паводка и промывки атмосферными осадками значения рН золы снизились до 8,2–8,4. Эти величины связаны с повышенным содержанием углекислых солей щелочноземельных металлов в золе. Естественное элювирование оказывает существенное влияние на общее содержание в золе Ca, Mg, K, Mn и других элементов.

Только за один год их валовое содержание в массе золы уменьшилось соответственно на 32, 45, 30 и 38 %. Вынос фосфора был относительно невелик – 10 %. Однако в случае, если вынос будет продолжаться такими темпами, его запасы окажутся достаточными для растений на протяжении весьма ограниченного отрезка времени. Вместе с тем нехватка калия рискует оказаться критической уже в первые 2–3 года. При этом нами не были учтены потери элементов питания с ветровой эрозией и их вынос с возможным урожаем. Предположение о возможном интенсивном выщелачивании калия из зольных горизонтов пирогенных образований получило достаточно убедительное подтверждение в более поздних исследованиях, выполненных через четыре года после пожара. Абсолютное содержание доступного фосфора (в форме P_2O_5) сократилось в 3 раза, но еще удерживалось на уровне высокой обеспеченности. Вместе с тем содержание доступного калия уменьшилось более чем на два порядка и оказалось на уровне очень низкой обеспеченности (табл. 6.3–6.6).

Для оценки плодородия пирогенных образований была выполнена серия вегетационных исследований (табл. 6.5–6.6) с двумя культурами – тимофеевка луговая и овес (сорт «Скаун»). В качестве субстратов для их выращивания использовали следующие горизонты пирогенных образований: 1) зола (в чистом виде); 2) углистый материал; 3) перегнойный горизонт; 4) песок оглеенный; 5) смесь: зола, перегнойно-песчаный горизонт, оглеенный песок в соотношении 1:2:1 (смесь приблизительно отражает состав пахотного слоя на пирогенно-перегнойном образовании в случае их распашки).

В качестве контроля использовали пахотные слои осушенной торфяной и супесчаной бурой оподзоленной окультуренной почвы. Результаты исследований в условиях вегетационного опыта позволяют сделать следующие выводы. Поверхностные горизонты пирогенных образований в режиме вегетационного опыта обладают плодородием, причем это свойство особенно отчетливо удалось проследить в вариантах опыта без внесения удобрений (табл. 6.5).

Таблица 6.3 – Химические и физико-химические свойства зольных горизонтов разного возраста и гумусового горизонта (2000 г) пирогенно-перегнойных образований

Горизонты	рН		Доступный		Обеспеченность растений		Углерод гумуса или органические вещества, %
			K ₂ O	P ₂ O ₅			
	водный	солевой	мг/100 г		К	Р	%
Свежая зола, отобранная после пожара 1996 г.	11,40	8,10	24,6	18,8	высокая	высокая	4,18
Пирогенно-перегнойное образование через 4 года после пожара, 2000 г.							
Al, 0–1 см	8,05	7,41	0,6	17,5	очень низкая	высокая	5,03
Ash, 1–10 см	8,20	8,00	0,3	6,1	очень низкая	высокая	1,47
Пирогенно-песчаное образование через 4 года после пожара, 2000 г.							
V, 0–1 см	7,20	6,33	11,3	9,8	средняя	очень низкая	1,50
Aml, 1–8 см	7,18	6,15	2,1	9,3	очень низкая	очень низкая	1,39

Примечание: Al – гумусовый горизонт, сформировавшийся на золе; Ash – зольный горизонт; V – дерновый горизонт; Aml – перегнойно-песчаный горизонт.

Таблица 6.4 – Физико-химические свойства пирогенных образований и почв, возникших на месте сгоревших осушаемых торфяных почв

Пирогенные образования и почвы, № разреза	Слой, горизонт	Глубина, см	рН		Нг	Поглощенные	
			H ₂ O	KCl		Al	H
Пирогенно-перегнойное. Разрез 11	Зола сразу после пожара	0–10	11,64	11,10	-	-	-
	Зола на второй год	0–10	8,36	8,05	0,02	-	-
	Углистый	10–15	7,48	6,86	0,35	-	-
	Перегнойный	15–37	7,08	6,23	0,45	-	-
	Gg	37–63	5,57	4,84	0,06	0,06	0,32
Песчаное. Разрез 12	Слой 1	0–5	7,92	7,46	0,01	0,01	0,06
	Слой 2	30–40	6,13	5,64	0,23	0,10	0,28
Пирогенно-древесно-песчаное. Разрез 13	Углистый	0–10	6,25	5,05	2,95	1,00	0,00
	Слой 2	10–25	5,85	5,05	4,25	3,00	0,50
	Слой 3	25–35	5,19	4,53	7,15	2,50	1,50
	Go	35–47	5,46	4,32	0,44	0,03	0,30
	Go суглинок	47–65	5,82	4,64	0,56	0,25	0,45
	Go песок	47–65	5,75	4,75	0,11	0,13	0,12
Пирогенно измененная торфяная почва. Разрез 14	Ggo	65–80	5,88	4,52	0,15	0,01	0,24
	Слой 1	0–11	8,26	7,07	0,07	0,08	0,00
	Слой 2	11–24	6,28	5,48	3,35	1,25	0,50
	Слой 3	24–40	5,21	4,61	7,75	1,00	1,00
	Слой 4	40–70	5,44	4,59	9,15	1,00	1,50
	Слой 5	70–100	5,59	5,07	3,70	1,11	1,39
	Go	100–110	5,66	4,65	0,17	0,02	0,16

Существенно и то, что в этом случае были зафиксированы максимальные абсолютные урожаи зеленой массы овса и тимофеевки луговой в варианте «смесь золы, перегной и песка». Относительно высокие урожаи этих культур были получены на варианте «слой перегной», а затем – на субстрате «углистый слой» и «слой золы». Это позволяет полагать, что в случае использования пирогенных образований для размещения луговых культур наиболее перспективными для освоения после оптимизации водного режима могут оказаться пирогенно-перегнойные виды. При этом с помощью обычной пахоты можно создать плодородный пахотный слой.

Наименее перспективными для сельскохозяйственного освоения являются выходы оглеенного песка (нередко занимающие на пожарищах значительные площади) в случае размещения на них луговых трав как без удобрений, так и на фоне удобрений.

Необходимо обратить внимание и еще на одно важное обстоятельство. Оно заключается в том, что внесение удобрений в золу и в субстраты, содержащие значительные массы золы приводит к заметному уменьшению урожая по сравнению с неудобренными вариантами. Например, в варианте «зола без удобрений» (табл. 6.6) был получен урожай 22,5 г/сосуд, с удобрениями – 18,9; в варианте «смесь зола, перегной, песок» без удобрений урожай составил 30,1 г/сосуд, а с удобрениями – 25,1 г/сосуд.

Таблица 6.5 – Урожай (г/сосуд) зеленой массы овса сорта «Скакун» в вегетационном опыте на мелкоземе пирогенных образований (повторность 4-кратная; Р – 90 %)

Вариант	Средний урожай	Доверительный интервал	A _п почвы, % от контроля	
			торфяной	супесчаной
Без внесения удобрений				
Горизонт A _п торфяной почвы, контроль*	12,6	11,2–14,0	100	103
Горизонт A _п супесчаной почвы, контроль	12,2	8,0–16,4	97	100
Зола	22,5	21,6–23,4	179	184
Углистый песчаный материал	23,2	21,0–25,4	184	190
Переговойный песчаный мелкозем	25,9	24,0–27,8	206	212
Смесь (зола, переговой, песок)	30,1	27,7–32,5	239	247
Песок оглеенный	11,0	9,2–12,8	87	90
На фоне удобрений				
Горизонт A _п торфяной почвы, контроль + NPK**	24,8	23,7–25,9	100	99
Горизонт A _п супесчаной почвы, контроль + NPK	25,0	20,2–29,8	101	100
Зола + NP	18,9	17,0–20,8	76	77
Углистый песчаный материал 4- NPK	26,3	23,5–29,1	106	105
Переговойный песчаный мелкозем + NPK	26,2	18,6–33,8	106	105
Смесь (зола, переговой, песок) + NPK	21,4	15,8–27,0	86	86
Смесь (зола, переговой, песок) + NPK и местное органическое удобрение (сапропель)	25,1	20,1–30,1	101	100
Песок оглеенный + NPK	20,9	23,4–27,8	84	84

Примечания: * Для контроля использован пахотный слой низинной торфяной маломощной почвы, длительно находившийся под посевами зерновых культур (овса, ячменя), без внесения за последние пять лет органических и минеральных удобрений.

** Во всех вариантах + NPK – N₂₄₀ P₉₀ K₁₂₀.

Таблица 6.6 – Урожай (г/сосуд) зеленой массы тимфеевки луговой в вегетационном опыте без удобрений на мелкоземе пирогенных образований (повторность 4-кратная; Р – 90 %)

Вариант	Средний урожай	Доверительный интервал	A _п почвы, % от контроля	
			торфяной	супесчаной
Горизонт A _п торфяной почвы, контроль	4,0	2,6-5,4	100	174
Горизонт A _п супесчаной почвы, контроль	2,3	1,1-3,5	58	100
Зола	5,7	5,2-6,2	142	248
Углистый песчаный материал	7,1	6,0-8,2	178	309
Переговойный песчаный мелкозем	7,5	6,9-9,1	188	326
Смесь (зола, переговой, песок)	9,5	7,8-11,2	238	413
Песок оглеенный	1,1	0,8-1,4	28	48
Смесь (зола, переговой, песок) + органическое удобрение (сапропель)	5,5	4,4-4,6	138	239

Причины этого явления не вполне ясны. Можно лишь предполагать, что внесение удобрений в золу пирогенных образований приводит к снижению урожая в результате появления соединений, ингибирующих рост и развитие травянистой растительности, или после внесения удобрений нарушается баланс элементов питания. Однако очевидно, что эти предположения нуждаются в проверке. Тем не менее данное явление систематически повторялось на всех этапах вегетационного опыта.

Предпринятые исследования свидетельствуют и о том, что для пирогенных образований должна быть разработана адаптированная система удобрений, учитывающая особенности их свойств. Об этом свидетельствует прежде всего то обстоятельство, что на фоне внесения NPK произошло резкое увеличение (в 2,2 раза) продуктивности торфяной почвы (контрольный вариант), а также оглеенного песка и пахотного слоя супесчаной почвы (соответственно в 2,2, 1,75 и 1,27 раза). В пирогенных образованиях (на второй год их возникновения) внесение минеральных удобрений вызвало в основном снижение урожая овса, его незначительное повышение или не повлияло вообще на массу овса. Так, в вариантах опыта «зола», «углистый песчаный мелкозем», «смесь золы, переговая и песка», «пере-

гноино-песчаный мелкозем» отношение массы растений на удобренном и неудобренном фонах составило соответственно 0,81; 1,17; 0,71 и 1,01.

В данном случае, по-видимому, имеет место эффект удобрения на фоне «огневой культуры» земледелия, с тем лишь опасным различием, что сжигается не лесная растительность, как это имело место в глубокой старине в лесах на подзолах, а реальные органические почвы, в освоение которых был вложен значительный капитал, предназначенный для эффективного и неопределенно долгого их использования в условиях надежной экологической защиты.

Эти данные позволяют также высказать предположение о том, что в первые годы после формирования пирогенно-перегнойных образований (по крайней мере, на второй-третий год) здесь могут возделываться травы без внесения удобрений. Однако резервы минеральных элементов, концентрирующиеся лишь в маломощных поверхностных слоях, будут быстро использованы растениями, а также интенсивно элювируются водами речного паводка и осадками. Об этом свидетельствуют приведенные наблюдения за изменением общего содержания некоторых химических элементов, сосредоточенных в золе пирогенно-перегнойных образований, и изменения их физико-химических свойств.

6.1.4. Растительность пирогенных образований, их наземная и подземная биомасса. Видовой состав растительности [104]

В границах польдера «Макеевский мыс» в зоне пожара на площади 60 га в 1996 г. огнем была уничтожена вся древесная и травянистая растительность. Через один-два года после пожара появились пионерные растения. В связи с экстремальными условиями жизни (высокие значения pH, переувлажнение и др.) растения в первые годы после пожара находятся в подавленном, карликовом состоянии. Вегетативные органы растений носят признаки угнетения. Это проявляется:

- в малорослости: высота большей части травянистых растений независимо от вида меньше 10 см. Исключение составляют вейник наземный и полынь обыкновенная, которые являются доминантами на исследуемых территориях на протяжении всего постпирогенного периода;
- видоизменении формы листьев, цветов и значительном уменьшении их размеров;
- слабом развитии корневых систем.

С 1997 по 2007 год нами проводился ежегодный мониторинг растительного покрова на территории пирогенных образований. Он показал, что на следующий год после пожара встречались единичные пионерные поселения полыни (*Artemisia vulgaris* L.), иван-чая (*Chamaenerion angustifolium* Holub.) и такие сорные растения, как мать-и-мачеха (*Tussilago farfara* L.) и одуванчик (*Taraxacum officinale* Wigg.). Как и во всех пионерных сообществах, наблюдалась неполная занятость экотопа. Со временем структура растительного и почвенного покрова пирогенных образований существенно изменилась. При исследовании территории в 2001 г. пирогенно-древесно-песчаные образования не были обнаружены.

Древесный слой этих образований под влиянием погодных условий и паводков разложился и исчез. В 2002 г. на территории польдера произошел второй пожар. Органогенная толща торфяных почв, сохранившаяся в основном вдоль линий каналов после пожара в 1996 г., выгорела до минерального дна. В результате на всем массиве в 2002 г., т. е. через 6 лет после пожара, число пирогенных образований сократилось до двух видов: пирогенно-перегнойных, расположенных на пониженных участках рельефа со слоем золы мощностью до 10–15 см, и пирогенно-песчаных на более высоких отметках массива с локальным выходом минерального горизонта на поверхность и слоем золы менее 6 см.

Видовой состав растительного покрова за 6 лет после пожара претерпел существенные изменения. Уже в 2000 г. (т. е. на 4-й год после пожара) сформировался сплошной растительный покров на всех видах пирогенных образований. Доминирующими видами являются вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* L. Roth.) на пирогенно-перегнойных образованиях и полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.) на пирогенно-песчаных образованиях. Эти виды формируют четкие ареалы, которые можно легко фиксировать при визуальном анализе территорий. На пирогенных образованиях в травянистом ярусе было обнаружено большое разнообразие сорных трав, представленных однолетними, двулетними и многолетними видами, появление и исчезновение которых связано с особенностями погодных условий. Так, здесь широко распространены жерушник болотный (*Rorippa palustris* L. Bess.), марь белая (*Chenopodium album* L.), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), подорожник большой (*Plantago major* L.), трехреберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum* Sch.) и другие виды. Видовое разнообразие однолетних и двулетних видов и их ежегодная изменчивость говорят о начальной стадии становления фитоценоза. Среди луговых трав обнаружены ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), различные виды лисохвоста (*Alopecurus pratensis* L.), овсяница красная (*Festuca rubra* L.), костер безостый (*Bromus mollis* L.) и дру-

гие. Все эти виды были найдены, в основном, на пирогенно-перегнойных образованиях, которые, как показывают наши наблюдения, более богаты элементами минерального питания по сравнению с другими видами пирогенных образований.

Следующую группу растений образуют влаголюбивые виды. Они являются индикаторами водного режима исследуемых территорий. Весной паводковые воды затапливают территории пирогенных образований. Период их затопления составляет один-два месяца. В летний период уровень грунтовых вод находится на глубинах 40–50 см в профиле пирогенно-перегнойных и 80–100 см в профиле пирогенно-песчаных образований. В результате сформировавшегося режима переувлажнения растительный покров на исследуемых территориях представлен широким спектром видов влаголюбивых растений и растений-торфообразователей, таких как лютик ползучий (*Ranunculus repens L.*), осока острая (*Carex acuta L.*), тростник обыкновенный (*Phragmites australis Trin.*), щавель приморский (*Rumex maritimus L.*), чистец болотный (*Stachys palustris L.*) и другие. Кустарниковый ярус территорий пирогенных образований представлен различными видами ив, которые на данный момент доминируют, а также молодой порослью березы пушистой, осины обыкновенной и единично – сосной обыкновенной. Небольшие депрессии на поверхности пирогенных образований занимают различные виды зеленых мхов (*Leptobrium pyriforme Wils.*, *Bryum arventum Hedw.* и *Marshancia polymorfa L.*).

Наибольшее разнообразие растительного покрова установлено на пирогенно-перегнойных образованиях. Это связано с большей обеспеченностью питательными веществами по сравнению с другими видами пирогенных образований. Ранее нами было установлено [128, 129], что, интенсивно заселяя ареалы пирогенно-перегнойных образований, растения и их корни активно воздействуют на поверхностный слой золы и способствуют накоплению в нем органического вещества. В результате в 2000 г. можно было наблюдать появление маломощного (1,0–1,5 см) гумусового гор. А₁. К 2002 г. его мощность, по нашим наблюдениям, увеличилась до 3–4 см. Это связано с постепенным накоплением в верхней части зольного слоя органического вещества. К этому времени сформировался и маломощный (1 см) дерновый гор. V. Процесс накопления гумуса начался после отмывки зольного слоя от поташа (K₂CO₃) и существенного уменьшения величины рН.

Так, через четыре года после пожара значения рН зольного слоя уменьшились с 11,2 до 8,1, а в образовавшемся на его поверхности гумусовом горизонте возросло содержание органического вещества и доступного фосфора. В целом на всех пирогенных образованиях растения продолжают активно осваивать территорию и образуют сплошной покров. Видовой состав растительного покрова в первые постпирогенные годы заметно меняется, что говорит о динамично развивающемся биоценозе. Однако через 4–5 лет после пожара можно было отметить появление устойчивых доминантных видов, которые преобладают и в настоящее время [129].

6.1.5. Наземная и подземная биомасса [104]

Для оценки продуктивности естественной растительности на пирогенных образованиях в 2002 г. на площадках размером 1 м² в 5-кратной повторности была определена наземная масса растений. На пирогенно-перегнойных образованиях доминантным видом является вейник наземный, а на пирогенно-песчаных – полынь обыкновенная. Полученные данные свидетельствуют о высокой биопродуктивности пирогенно-перегнойных образований (табл. 6.7).

Таблица 6.7 – Продуктивность естественной растительности на пирогенных образованиях в сухой (2002) и влажный (2003) годы. Рязанская область. Пolder «Макеевский мыс»

Тип образования	Доминирующий вид растения	Сухая масса, ц/га	
		2002	2003
Пирогенно-перегнойное	Вейник наземный	45 ±3	67 ±3
Пирогенно-песчаное	Полынь обыкновенная	31 ±2	56 ±3

Вейник наземный принадлежит к грубым кормовым травам. Это растение может успешно вегетировать на пирогенно-перегнойных образованиях и создавать значительную зеленую массу без существенных затрат на выращивание. Таким образом, пирогенно-перегнойные образования могут стать источником сена естественных кормовых трав. В этом случае целесообразно предусматривать внесение минеральных удобрений, в первую очередь калия. Однако в сложившихся условиях из-за близкого залегания грунтовых вод его уборка возможна только вручную.

Вместе с тем на пирогенно-песчаных и, особенно, на песчаных образованиях, в ареалах, где господствует полынь обыкновенная, создание естественных сенокосов практически исключено. В этом случае необходимы предварительные работы по повышению плодородия этих минеральных субстратов.

Корневые системы растений, активно воздействуя на зольный горизонт, создают условия для аккумуляции органического вещества. Это, в свою очередь, способствует повышению жизнедеятельности микроорганизмов, увеличению живой массы корней и проявлению процесса первичного почвообразования. В верхнем горизонте пирогенно-перегнойных образований наблюдается преобладание массы живых корней (28,3 ц/га) над массой мертвых (6,3 ц/га) в слое 0–3 см. В этом слое четко проявляется дерновый процесс. Свидетельством последнего является и образование рыхлой мало-мощной дернины (1–2 см). В слое 0–3 см пирогенно-песчаных образований наблюдается преобладание массы мертвых корней (34,3 ц/га) над массой живых (11,0 ц/га).

6.1.6. Эволюция пирогенных образований и формирование почв на зольном субстрате в постпирогенный период [104]

Пожары на территориях осушаемых болот вызывают локальные экологические катастрофы. При этом нарушаются важнейшие естественные природные процессы: круговороты биогенных элементов, водный, тепловой и воздушный режимы. Уничтожается наземная и подземная фауна, растительность и почвенная микрофлора – важнейшие факторы почвообразования и почвенного плодородия. Однако уже через 1–2 года после пожара начинается процесс формирования нового биогеоценоза. В результате последовательной смены сукцессий потерянное равновесие постепенно восстанавливается, что приводит к образованию иного устойчивого биогеоценоза, отличного от «допирогенного» [130].

Результаты многолетних исследований пирогенных образований, возникших на месте сгоревших торфяных почв, показывают, что их эволюция в постпирогенный период осуществляется под влиянием ряда факторов. Во-первых, происходит дальнейшая деградация накопленного в допирогенный период органического вещества. Это проявляется в первую очередь в трансформации пирогенно-древесно-песчаных образований. В них имеет место быстрое разрушение древесины под влиянием инсоляции, осадков, температуры и удаление фрагментов древесины паводковыми водами, ежегодно затапливающими пойму.

Пирогенно измененные торфяные почвы подвергаются повторным пожарам и спустя непродолжительное время трансформируются в пирогенно-перегнойные или пирогенно-песчаные образования. Во-вторых, два основных вида минеральных пирогенных образований – пирогенно-перегнойные и пирогенно-песчаные, получившие наиболее широкое распространение на территории пожарища, в дальнейшем также подвергаются существенной трансформации, которая протекает по взаимосвязанным стадиям.

В полевых условиях нами были установлены следующие четыре стадии их эволюции. В процессе поселения травянистой растительности накопления значительной наземной и подземной массы органического вещества в поверхностных слоях профиля получает активное развитие дерновый процесс. Накапливается гумус, постепенно формируется дернина, усиливается ферментативная активность. Возникают хорошо выраженные маломощные гумусовый и дерновый горизонты. Происходит замещение пирогенных образований дерновыми почвами на их минеральном субстрате.

Начиная с третьего этапа эволюции пирогенно-деградированные образования приобретают благоприятные свойства для роста и развития растительных ассоциаций, адекватные свойствам и режимам различных минеральных пирогенных образований, поэтому на третьем этапе пирогенные образования приобретают характерные признаки почв. Они способны производить урожай растений, видовой состав и масса которых определяются свойствами и особенностями режима почв и грунтовых вод.

По существу, на протяжении короткого отрезка времени в 4–6 лет после опустошительного пожара проявляются отчетливые признаки активного процесса первичного почвообразования, который в наиболее яркой форме выражен в толще поверхностного зольного горизонта. Четыре установленных нами стадии превращения пирогенных образований в почвы можно определить по следующим признакам.

Первая стадия – выщелачивание. В первые 1–2 года происходит активное выщелачивание поташа (и других токсичных соединений и элементов) из зольных горизонтов. Поверхностные горизонты с рН 10,5–11,0 пирогенных образований после первого и (или) второго затопления паводковыми водами приобретают слабощелочную или нейтральную реакцию (рН 7,5–8,2).

Вторая стадия – формирование неустойчивых биоценозов. На 2–3-й год начинается процесс интенсивного заселения пирогенных образований травянистой и древесной растительностью. На втором этапе активизируется процесс накопления органического вещества и гумуса в поверхностном слое золы.

Третья стадия – формирование устойчивых биоценозов. Формируются стабильные биоценозы, адаптированные к экологическим условиям отдельных видов пирогенных образований. На третьей стадии на 5–6-й год на поверхности пирогенно-перегнойных образований возникает маломощный (1–2 см) дерновый горизонт.

Четвертая стадия – формирование дерновых почв с хорошо выраженными гумусовыми горизонтами и дерниной. Эта стадия характеризуется накоплением органического вещества в поверхностных горизонтах профиля. Органическое вещество оказывает существенное влияние на миграционную активность металлов с переменной валентностью, прежде всего, железа и марганца. На этом, четвертом, этапе пирогенные образования следует рассматривать как дерновые почвы, название которых должно отражать процесс их эволюции.

В рассматриваемом нами случае соответственно их следует выделять как дерновые пирогенно-перегнойные и дерновые пирогенно-песчаные или при малой мощности зольного горизонта (менее 3 см) – как дерново-песчаные почвы. Поскольку территория поймы подвержена ежегодному затоплению, аккумуляция гумуса и слаборазложившегося органического вещества становится фактором развития анаэробно-биотического процесса в поверхностных горизонтах пирогенного профиля. Последний оказывается причиной перехода неподвижного трехвалентного железа в подвижное двухвалентное и его выноса за пределы почвенного профиля. Это обстоятельство может способствовать переходу ретроградированного фосфора в доступную подвижную форму.

Зольный субстрат, отобранный после пожара и не содержащий гумуса, характеризовался на всем диапазоне наблюдений относительно высоким окислительно-восстановительным потенциалом (ОВ-потенциалом) и несущественным выходом железа в раствор. В отличие от контроля вариант с зольным субстратом, обогащенным органическим веществом и гумусом, характеризовался четким падением ОВ-потенциала на протяжении всего периода затопления.

Следствием этого явился значительный переход неподвижного трехвалентного железа в растворимую двухвалентную форму. В условиях экспериментального моделирования выход двухвалентного железа в раствор из гумусово-аккумулятивного горизонта, сформированного на золе, был в 34 раза выше, чем из свежей золы, отобранной сразу после пожара. Содержание органического углерода в этом случае было равно соответственно 5,03 и 0,03 % от массы субстрата (табл. 6.8).

Таблица 6.8 – Выход железа в зависимости от содержания органического вещества в условиях затопления

Горизонты пирогенных образований	Содержание железа, мг	C орг, %
Пирогенно-перегнойное образование через 4 года после пожара		
Al, 0–1 см	3,05	5,03
Ash, 1–10 см	0,70	1,47
Свежая зола, отобранная после пожара 1996 г.		
Ash	0,09	0,03

Итак, в постпирогенный период происходит разрушение пирогенно-древесно-песчаных образований и пирогенно измененных торфяных почв. В первом случае через 4–5 лет после пожара наблюдается полное исчезновение древесины, во втором – повторное сгорание органических горизонтов. Спустя 3–4 года после пожара в условиях полесий на территориях сгоревших осушаемых торфяных почв преобладают минеральные пирогенно-перегнойные и пирогенно-песчаные образования. На 4–5-й год после пожара завершается смыкание растительного покрова. Доминантными видами становятся вейник наземный на пирогенно-перегнойных и полын обыкновенная – на пирогенно-песчаных образованиях.

В результате активного воздействия растений на поверхностный слой золы пирогенно-перегнойных образований формируется гумусово-аккумулятивный горизонт. Его возникновение было обнаружено на 4-й год после пожара (мощность около 1,0–1,5 см). На 5–6-й год мощность гумусового горизонта увеличилась до 3 см, появилась маломощная (1 см) дернина. Установлены четыре стадии эволюции пирогенных образований в дерновые почвы: 1) выщелачивание; 2) формирование неустойчивых биоценозов; 3) формирование устойчивых биоценозов; 4) формирование дерновых почв с хорошо выраженным маломощным гумусовым горизонтом и образованием дернины. В естественных условиях возможно использование пирогенно-перегнойных образований для выращивания вейника наземного при условии его ручной уборки.

6.2. Борьба с пожарами путем обводнения торфяных массивов [104]

Сегодня в качестве основного способа борьбы с пожарами на осушаемых болотах предлагается применение тотального затопления (обводнения) торфяных почв. Выборочное затопление действительно необходимо для того, чтобы в данный момент ликвидировать огонь. Но тотальное затопление

пожарищ не всегда является целесообразным мероприятием по следующим причинам. Во-первых, потому что в процессе пожаров при полном выгорании торфа на значительных площадях полесских ландшафтов возникают вторичные структуры, так называемые пирогенные образования, в профиле которых вообще нет торфяных горизонтов. Такие образования часто занимают 30–35 % и более от общей площади пожарищ. Их профиль имеет минеральный супесчано-песчаный состав, т. е. это вторичные минеральные образования, в границах которых повторные пожары невозможны. Во-вторых, на осушаемых торфяных почвах, которые в полесьях Нечерноземья занимают весьма значительные площади, после затопления в последующие годы пожары могут возобновиться, поскольку в течение годового цикла произойдет сброс масс воды сохранившимися и непрерывно действующими открытыми и закрытыми дренами ранее созданных осушительных систем.

Кроме того, в период летней межени будет происходить общее понижение уровня грунтовых вод в ландшафте. В этом случае затопление придется повторять ежегодно. Кроме того, с затопленных торфяных массивов возможен отток воды по уклону локальных водоупоров. Тогда ежегодно придется вновь затоплять те же болотные массивы, которые были залиты в предшествующем году.

Выход из этой ситуации заключается в срочной реконструкции самотечных мелиоративных систем в системы двустороннего регулирования водного режима почв. В связи с этим необходимо признать, что обводнению и затоплению торфяных почв во всех случаях должно предшествовать прежде всего обследование массивов пожарищ с целью выявления участков с сохранившимися после пожаров органомогенными почвами. Только эти массивы, которые составляют не более 40–60 % от их общей площади до пожара, следует считать объектом затопления в год пожара, а затем после реконструкции мелиоративных систем использовать в качестве перспективных сельскохозяйственных земель.

В Нечерноземье осушаемые низинные торфяные почвы обладают высоким плодородием. Они располагаются преимущественно в полесских ландшафтах, минеральные песчаные почвы которых отличаются весьма невысокой продуктивностью. Это, в частности, определяет необходимость надежной защиты торфяных почв региона от тотального пирогенного уничтожения. С этой проблемой отрыва грунтовых вод от торфяной залежи практика мелиорации низинных торфяных почв в стране столкнулась в конце 1950-х – начале 1960-х годов, когда в целях быстрого и, казалось бы, экономичного и эффективного осушения был предложен «новый способ самотечного осушения низинных болот глубокими каналами» [4]. Задача этого способа, по замыслу авторов, заключалась в том, чтобы с помощью каналов глубиной 3,5–5,0 м оторвать капиллярную кайму зеркала грунтовых вод от торфяной залежи. Такой способ был рекомендован для почв полесских ландшафтов, в пределах которых обычно торфяная толща не превышает 2,0–2,5 м. В результате такого осушения после отрыва капиллярной каймы от торфяной залежи органомогенные почвы всегда оказываются в условиях стихийного водного режима. Их влажность определяется в этом случае только нормой выпадения атмосферных осадков.

В результате происходит ускоренное иссушение и разложение органического вещества торфяных почв, которые обычно заканчивались пожарами, их уничтожением и формированием на их месте пирогенных образований. В 1960 г. автор этой монографии обследовал массив «Кальское болото» в Рязанской области, где впервые апробировалось применение самотечного осушения торфяных почв глубокими каналами. Тогда впервые обратили внимание на опасность самотечного осушения низинных болот глубокими каналами, работающими на отрыв капиллярной каймы от органомогенной толщи почв и односторонний сброс грунтовых вод [97]. При этом подчеркивалось, что подобная «мелиорация» вызовет ускоренное разложение органического вещества осушаемых торфяных почв, их эрозию и пожары. Вскоре практика подтвердила эти наши опасения. К середине 70-х годов XX в. на массивах глубокого осушения низинных торфяных почв в Беларуси, где этот способ осушения получил особенно широкое применение, в результате эрозии и пожаров исчезли осушаемые низинные торфяные почвы на общей площади около 200 тыс. га.

В результате пирогенной деградации сгорели плодородные торфяные почвы интенсивного сельскохозяйственного использования, в мелиорацию и освоение которых сравнительно недавно были вложены значительные средства. Их место заняли песчаные малоплодородные или бесплодные сильнооглеенные образования, так называемые глееземы (по существу, аналоги пирогенных песчаных образований). В дальнейшем, в конце 1970-х годов, от применения глубокого самотечного осушения низинных торфяных почв почти повсеместно отказались, поскольку его опасное негативное последствие стало очевидным. Однако до последнего времени не существует запрета на использование в условиях полесий самотечного осушения, которое ежегодно в период летней межени вызывает отрыв капиллярной каймы грунтовых вод от органомогенных горизонтов торфяных почв и, как следствие, пожары разной интенсивности.

Сегодня в средние по осадкам и засушливые годы в период летней межени на самотечных осушительных системах с каналами нормативной глубины происходит снижение уровня грунтовых вод до отметок, при которых капиллярная кайма, как и в случае глубокого осушения, отрывается от торфяных горизонтов. Поэтому осушаемые торфяные почвы, оторванные от грунтовых вод, часто, почти ежегодно, и в этом случае оказываются в условиях стихийного водного режима. Очевидно, что в условиях потепления климата угроза повторения пожароопасной ситуации на торфяных массивах будет возрастать.

Следует подчеркнуть, что в 60–70-е годы XX столетия в печати систематически появлялись публикации почвоведов и агрономов, в которых подчеркивалась гидротермическая и пирогенная опасность нерегулируемого глубокого осушения низинных болот с помощью самотечных мелиоративных систем [73, 97, 335]. Однако реальные мероприятия по защите осушаемых торфяных почв от этой опасности практически нигде не применялись. Таким образом, сегодня, как и прежде, остаются актуальными две проблемы. Во-первых, устранение самой возможности возникновения пожаров и, во-вторых, сохранение на длительный срок осушаемых торфяных почв для их использования в земледелии, в лесном и водном хозяйстве.

6.2.1. Можно ли безусловно защитить торфяные осушаемые почвы от пирогенной деградации и уничтожения при пожарах? [104]

На этот вопрос следует дать положительный ответ. Можно создать такие мелиоративные системы, на территории которых будет исключено возгорание торфяных почв и развитие опустошительных пожаров. Однако для этого прежде всего необходимо принципиально изменить характер использования торфяных почв в сельскохозяйственном производстве и отказаться от самотечного осушения. Необходимо обеспечить повсеместный переход при мелиорации торфяных почв к применению систем двустороннего регулирования водного режима, способных поднимать уровень грунтовых вод и верховодки в засушливый период и понижать его в период переувлажнения весной и осенью. Кроме того, следует признать целесообразным использование торфяных почв только в качестве луговых угодий, занятых многолетними травами, и применение на осушаемых торфяных почвах таких агро-мелиоративных противопожарных мероприятий, как пескование.

Прежде чем перейти к рассмотрению этих способов мелиорации, попытаемся выяснить, что же происходит с осушаемыми полнопрофильными торфяными почвами во время и после пожаров? В результате многолетних полевых исследований нами установлено, что после пожаров на осушаемых болотах возникают, во-первых, пирогенно измененные торфяные почвы и, во-вторых, различные виды пирогенных образований [143, 123].

Торфяные почвы, измененные в процессе пожара, обычно сохраняют маломощные органогенные горизонты, поэтому они могут быть легко возвращены в земледелие после механического перемешивания при пахоте их верхнего пирогенно измененного торфяного слоя, обогащенного золой, с нижележащими слоями торфа, не затронутыми термическим воздействием. Такие почвы следует использовать прежде всего для размещения на них луговых угодий с многолетними травами. Подобные формы пирогенноизмененных торфяных почв часто встречаются на осушаемых болотах в условиях близкого залегания напорных вод (в частности, такие условия имеют место на территории Яхромской поймы).

В отличие от пирогенно измененных торфяных почв пирогенные образования возникают в результате полного выгорания торфяных горизонтов до минерального дна болот. Эти вторичные минеральные образования не обладают торфяными горизонтами и отличаются низким или очень низким естественным плодородием. Такие формы постпирогенных образований широко распространены на осушаемых сельскохозяйственных массивах в условиях полесских ландшафтов. Практически они доминируют и на сгоревших индустриальных активно разрабатываемых торфяных месторождениях в условиях фрезерной добычи торфа (например, на Шатурском торфяном массиве, использованном для обеспечения топливом Шатурской ГРЭС). На постпирогенных территориях этого массива абсолютно преобладают пирогенно-песчаные образования [136].

Рассмотрим наиболее распространенные пирогенные образования, впервые обнаруженные, описанные и исследованные нами на примере польдера «Макеевский мыс», расположенного в Окско-Мещерском полесье на территории Рязанской области. Здесь торфяные почвы трижды подвергались возгоранию. Первый раз на площади 60 га в 1998 г., второй раз на площади 140 га в 2002 г., и, наконец, в 2007 г. пирогенное уничтожение осушаемых торфяных почв распространилось практически на всю территорию польдера. В огне пожаров в 2007 г. сгорели 2 тыс. га осушаемых торфяных почв. На таком сгоревшем, осушаемом до пожара торфяном массиве были обнаружены крупные поля преимущественно песчаных пирогенных образований, занимающих примерно 35–40 % общей площади

исходного торфяного массива. Их морфология, свойства и другие особенности были рассмотрены нами ранее, поэтому лишь отметим, что на территории Рязанской Мещеры в пределах польдера «Макеевский мыс» после пожара были обнаружены пирогенно-перегнойные, пирогенные и древесно-пирогенные песчаные образования. Для того, чтобы вернуть в сельскохозяйственное производство территории, занятые пирогенными образованиями, необходимо выполнить сложный комплекс рекультивационных мероприятий [102, 143].

В связи с изложенным в проектах мелиорации естественных болотных массивов, а также в проектах реконструкции самотечных осушительных систем нужно предусматривать специальные мероприятия по защите торфяных почв от пирогенной деградации. В связи с этим необходимо рассмотреть вопрос о том, какие профилактические мероприятия по защите торфяных почв от пожаров и уничтожения следует предусматривать в проектах мелиорации, чтобы исключить их пирогенную деградацию. На вновь строящихся мелиоративных системах на торфяных почвах, на самотечных и польдерных объектах реконструкции, приуроченных к торфяным и пирогенно измененным торфяным почвам, необходима реализация в каждом проекте рассмотренных ниже четырех обязательных мероприятий [114, 107].

6.2.2. Обязательные мероприятия по защите осушаемых торфяных почв от пирогенной деградации и уничтожения пожарами [104]

Результаты исследований, практика и мировой опыт позволяют признать, что для устранения пирогенной опасности на осушаемых торфяных массивах необходимо реализовать следующие четыре обязательных мероприятия.

1. Создать мелиоративные системы двустороннего регулирования водного режима почв, обеспечивающие устойчивое поддержание лугового типа водного режима, взамен самотечных систем, работающих только на сброс. Мелиорация торфяных почв в России в настоящее время осуществляется преимущественно самотечными системами дренажа, т. е. системами, работающими только на сброс грунтовых и поверхностных вод. Такие системы исключают возможность регулирования дренажного стока. В межень в июле-августе здесь почти ежегодно происходит отрыв капиллярной каймы зеркала грунтовых вод и верховодки от нижних горизонтов торфяных почв, и таким образом непроизвольно подготавливаются условия и площади для их возгорания.

Созданные в России в конце XX в. многочисленные польдерные мелиоративные системы двустороннего действия в настоящее время часто работают как самотечные, поскольку при отсутствии служб эксплуатации на многих из них «усилиями» населения ликвидированы кабельные сети, электрооборудование и насосные узлы. Поэтому торфяные почвы на таких польдерах горят так же интенсивно, как и на самотечных осушительных системах. Учитывая изложенное, при проектировании мелиоративных мероприятий на торфяных массивах необходимо перейти на создание систем двустороннего регулирования водного режима, обеспечивающих подъем воды в межень способом субиригации в период засухи и ее сброс после завершения паводка.

Необходимо осуществлять мелиорацию торфяных почв системами двустороннего регулирования, которые способны постоянно поддерживать луговой тип водного режима осушаемых органических почв, т. е. постоянный приток капиллярной влаги в ризосферу. Очевидно, в этом случае потребуются восстановление польдерных и реконструкция самотечных мелиоративных систем.

В заключение стоит подчеркнуть, что в России системы двустороннего регулирования водного режима – не новое слово в гидромелиоративной практике. Так, в начале 1919 г. была запроектирована и затем введена в эксплуатацию крупная осушительно-увлажнительная система на Шатурском индустриальном торфяном месторождении, поставлявшем в те годы торф в качестве топлива для работы Шатурской ГРЭС. Система была запроектирована для фрезерной и иной индустриальной добычи торфа. При угрозе возгорания торфа такая система обеспечивала быстрый подъем грунтовых вод, исключая возможность возникновения пожара на каждой карте торфяного месторождения. Позднее, в начале 1930-х годов под руководством профессора А. Д. Брудастова в поймах рек Кудьмы и Неруссы были построены мелиоративные системы двустороннего действия на сельскохозяйственных торфяных массивах [45]. К сожалению, эта практика со временем в предвоенный и послевоенный периоды была забыта, и к ней вернулись лишь во второй половине XX в., когда в стране началась реализация обширной программы мелиорации почв, в том числе строительства польдерных систем двустороннего регулирования водного режима.

2. Изменить направление сельскохозяйственного использования на осушаемых торфяных почвах. Такие почвы в России в настоящее время используют преимущественно для возделывания пропашных и зерновых в условиях черной культуры земледелия. Черной культурой земледелия на осу-

шаемых торфяных почвах называют их использование для возделывания зерновых, овощных и других сельскохозяйственных растений без защитного песчаного покрытия поверхности и посева многолетних трав [422, 438]. Их поверхность открыта для пожаров и быстрой сработки торфа.

Вместе с тем в странах Средней и Западной Европы осушаемые торфяные почвы используют, главным образом, для размещения луговых и лугопастбищных угодий, занятых многолетними травами. Такое использование в 2–3 раза снижает темпы разложения органического вещества торфа, его дефляцию и опасность возгорания. Это обусловлено тем, что многолетние травы формируют около 3/4 органической массы в виде корней, которые приурочены к верхним слоям почвы. Лишь 1/4 их органической массы образует генеративные и вегетативные органы на ее поверхности. У пропашных культур, напротив, корни образуют лишь 1/10 всей органической массы растений, тогда как их генеративные и вегетативные органы составляют 9/10 массы органического вещества над ее поверхностью. Таким образом, многолетние травы обогащают массу торфа органическим веществом своих корневых систем и поддерживают баланс углерода.

Следовательно, необходимо принципиально изменить современный характер использования осушаемых торфяных почв и избегать размещения на них полей черной культуры земледелия. Надо превратить осушаемые торфяные почвы в зеленые угодья, занятые многолетними травами, и на этой основе развивать интенсивное животноводство. Опыт Германии, Дании, Голландии и других стран Европы подтверждает целесообразность именно такого использования осушаемых торфяных почв [415, 422, 438].

3. Повысить плодородие торфяных почв. Необходима обязательная система резкого повышения плодородия мелиорируемых торфяных (т. е. органогенных) почв путем внесения полных доз органических, минеральных и микроудобрений, а на кислых торфяных почвах – их известкования. Существующее представление о том, что торфяные почвы в пределах европейской части России не нуждаются в органических удобрениях, ошибочно. Органические удобрения в этом случае не только являются источником питания, но и играют важную роль в поддержании положительного баланса углерода и азота, тормозят темпы биохимического разложения органического вещества торфяных почв.

4. Внедрить пескование осушаемых торфяных почв. В странах Средней и Западной Европы осушаемые торфяные почвы не горят не только потому, что они находятся в условиях регулируемого двустороннего водного режима и под покровом многолетних трав, но и потому, что после завершения строительства они оказываются в условиях смешанного, покровного или немецкого смешанно-слоистого пескования [34, 438]. Пескование в значительной мере или полностью (в зависимости от вида пескования) исключает возгорание торфяных почв, поэтому в проекте мелиорации следует предусматривать пескование осушаемых торфяных почв. При этом, однако, нужно иметь в виду, что, как показали исследования, песок, размещенный на поверхности осушаемых торфяных почв, обладает высокой теплопроводностью и небольшой теплоемкостью [123, 466]. В этих условиях повышается температура всех горизонтов осушаемых торфяных почв и снижается их влажность. Этот процесс существенно тормозится в условиях лугового типа водного режима.

Двустороннее регулирование водного режима снижает темпы разложения органического вещества торфа. На этом гидрологическом фоне применение пескования следует рассматривать как целесообразное мероприятие по защите осушаемых торфяных почв от сгорания при пожарах и повышению их плодородия. Различные виды пескования в России были известны достаточно давно [275, 347] и применялись преимущественно на Европейском Севере в 20–30-е годы XX в. Однако позднее в практике земледелия на осушаемых торфяных почвах пескование практически не использовалось. Таким образом, для защиты осушаемых торфяных почв от уничтожения в результате пожаров в проектах мелиорации необходимо предусматривать следующий комплекс, состоящий из четырех основных защитных мероприятий.

а) создание и поддержание на осушаемых торфяных массивах водного режима лугового типа при условии двустороннего регулирования уровня грунтовых вод и верховодки;

б) использование осушаемых торфяных почв в травопольных севооборотах с высокой насыщенностью полями многолетних трав или в условиях длительного залужения с последующей организацией на этой основе высокопродуктивного и доходного животноводства;

в) внесение полных доз органических и минеральных удобрений, микроудобрений, известкование кислых почв, заправка сидератов, пожнивных остатков и соломы в осушаемые торфяные почвы;

г) применение различных видов пескования для защиты торфяных почв от поверхностной пирогенной деградации.

Эти четыре мероприятия являются необходимыми и достаточными факторами для того, чтобы исключить возможность возникновения пожаров на осушаемых торфяных почвах. Они проверены

международной практикой тех стран, где осушаемые торфяные почвы играли и продолжают играть определяющую роль в развитии аграрного производства. К сожалению, ни одно из этих мероприятий не было использовано в практике земледелия на осушаемых торфяных массивах нашей страны.

Следует подчеркнуть, что мелиорация – неотъемлемая часть земледелия. Она улучшает свойства почв, уровень их плодородия, повышает стабильность аграрного производства. Но сегодня площадь мелиорируемых почв в России составляет менее 5 % от площади всех сельхозугодий, поэтому ее аграрное производство находится в стихийных, неуправляемых условиях. Вместе с тем в США площадь мелиорированных почв составляет более 60 % от общей площади сельскохозяйственных земель, в Германии – 50 %, в Голландии – 85 %, в Финляндии – около 100 %, в Польше – 40 %. В Беларуси мелиорировано 32 %, т. е. каждый третий гектар сельскохозяйственных угодий этой страны.

В России почвы практически всех природных зон нуждаются в тех или иных мелиоративных мероприятиях. Очевидно, что только на этой основе возможно формирование аграрного производства, исключающего стратегические риски. Поэтому если очевидна необходимость создания стабильного сельскохозяйственного производства, в значительной мере независимого от неблагоприятных природных условий, то в этом случае следует рассмотреть и решить проблему восстановления службы мелиорации почв России. При этом очевидна необходимость создания таких мелиоративных систем, которые по своей конструкции были бы адекватны условиям природной среды, в первую очередь, свойствам и режимам почв, почвообразующих пород и гидрологическим условиям. В этом случае следует избегать тех грубых ошибок, которые были допущены в период массового строительства мелиоративных систем в 1960–1990 гг.

В завершение следует отметить: если все эти предложения не будут выполнены комплексно и своевременно, то по прошествии короткого отрезка времени пожары на осушаемых болотах, несомненно, будут сокращаться или прекратятся вообще. Но это произойдет не потому, что процесс пирогенной деградации будет остановлен усилиями человека, а только потому, что все органомные, ранее осушаемые почвы, производившие еще вчера значительный урожай, выгорят полностью, а их место займут бесплодные или малоплодородные вторичные пирогенные образования.

6.2.3. Защита торфяных почв от пирогенной и гидротермической деградации [104]

Подведем основные итоги работ по защите торфяных почв от пирогенной и гидротермической деградации. Сгорание осушенных торфяных почв в результате пожаров следует рассматривать как национальное экологическое бедствие, поскольку при этом происходит частичное или полное выгорание органического вещества торфа и невозможная тотальная ликвидация почвенного покрова. Это бедствие приобрело хронический характер. Пожары органических почв происходят ежегодно, а их ареал имеет определенную тенденцию к быстрому увеличению.

Причины такого положения обусловлены, во-первых, отсутствием возможности активного регулирования уровней грунтовых вод на самотечных осушительных системах в период летне-осенней межени из-за их конструктивных особенностей. Во-вторых, выходом из строя насосных станций или недостаточно оперативным регулированием уровней грунтовых вод в меженный период на польдерных системах и, как следствие, отрывом капиллярной каймы от торфяной залежи. По нашим наблюдениям, пожары и полное выгорание торфа на массиве польдера «Макеевский мыс» начинались тогда, когда грунтовые воды оказывались на 0,5–1,0 м ниже торфяной залежи. Опасность возникновения и широкого распространения такой деградационной гидрологической ситуации на массивах осушения становится практически повсеместной из-за исчезновения единой и грамотной службы эксплуатации польдерных систем, а также в связи с прекращением работ по реконструкции осушительных систем с целью применения регулируемого шлюзования.

Третьей причиной пожаров следует признать повсеместное отсутствие в настоящее время адекватной культуры земледелия на осушенных торфяных почвах России. Последнее определяется тем, что на всем пространстве страны торфяные почвы после осушения используют в условиях черной культуры, при которой поверхность торфа не защищена от возгорания, поэтому в середине лета и осенью здесь нередко горит поверхностный высушенный слой торфа. Это явление усугубляется отсутствием травопольных севооборотов с высокой насыщенностью полями многолетних трав, ограниченным использованием этих почв в качестве сенокосов и других зеленых угодий, их почти повсеместным использованием для возделывания пропашных культур. Существенно и то, что сегодня в России на осушенных торфяных почвах нет ни одного гектара органических почв, эксплуатируемых в условиях покровной и немецкой смешаннослойной культур пескования.

Как известно, в этом случае торфяные почвы перекрывают слоем песка мощностью 14–16 см, исключая, таким образом, возможность их поверхностного возгорания [422, 415]. Вместе с тем по-

добная защитная культура земледелия на осушенных торфяных почвах повсеместно принята в Германии и во многих других странах. Целесообразность ее применения в России подтверждают и наши наблюдения [145, 147].

Все это позволяет признать, что реальная опасность уничтожения торфяных почв в результате пожаров угрожает практически всем массивам осушения в Российской Федерации, особенно в полях. В настоящее время ситуация усугубляется не только низкими уровнями эксплуатации осушительных систем и земледелия на осушенных торфяных почвах, но и высокой стоимостью энергоносителей, ремонтных работ, насосного оборудования и другими организационно-хозяйственными причинами. В связи с этим необходимо сделать несколько замечаний по поводу рационального использования торфяных почв.

6.2.4. Профилактические мероприятия по защите торфяных почв от пирогенной и гидротермической деградации [104]

Основную роль в защите торфяных почв от пирогенной и гидротермической деградации призваны выполнять прежде всего профилактические мероприятия. Необходимо исходить из того, что уже на стадии проектирования осушения торфяных почв должны быть предусмотрены профилактические мероприятия по их защите от любых видов деградации. Отечественная и зарубежная практика выработала достаточно эффективную и надежную систему мероприятий, способных защитить торфяные почвы от опасных деградационных изменений. На осушенных торфяных массивах России, однако, они не получили необходимого применения. Тем не менее рассмотрим их состав, основные элементы которого уже были упомянуты нами ранее. В составе таких профилактических мероприятий должны быть предусмотрены:

- 1) двустороннее регулирование уровней грунтовых вод и стабильное поддержание лугового типа водного режима в профиле осушаемых торфяных почв;
- 2) использование торфяных почв в качестве продуктивных зеленых угодий или в травопольных севооборотах с большим числом полей трав;
- 3) систематическое внесение органических и минеральных удобрений с целью поддержания высокого уровня плодородия почв и накопления значительных масс свежего перегноя за счет корневых систем растений, заправки соломы и пожнивных остатков;
- 4) применение песчаных культур земледелия – смешанной или покровной.

Эти мероприятия способны исключить возможность возгорания и ускоренной термической деградации торфяных почв. Все эти мероприятия необходимы и достаточны для защиты как полнопрофильных, так и поверхностно пирогенно-деградированных торфяных почв. К последним, как правило, специальные рекультивационные мероприятия применять не следует. В этом случае достаточными являются обычные агротехнические мероприятия по перемешиванию поверхностной зольной массы пахотного слоя с глубже лежащими горизонтами торфяных почв в процессе их агротехнической обработки и планировки поверхности с последующим залужением и преимущественным использованием в качестве зеленых угодий. Вместе с тем пирогенные образования, в профиле которых произошло практически полное выгорание органогенных горизонтов или сгорание их до уровня грунтовых вод, подлежат глубокой рекультивации. Эти восстановительные работы необходимы как обязательное условие их эффективного использования в аграрном производстве.

6.2.5. Рекультивация пирогенных образований

При определении перспектив освоения территорий, занятых пирогенными образованиями, необходимо прежде всего учитывать возможность их использования в естественном состоянии. Определенные виды пирогенных образований можно рассматривать как потенциальные луговые угодья. Однако в целом перспективы такого освоения, во-первых, различны для разных видов образований и, во-вторых, весьма ограничены. В известной мере территории пирогенных образований могут использоваться в качестве луговых угодий, если на них произрастают многолетние кормовые злаковые травы, такие как лисохвост и вейник. Продуктивные местообитания с такими травами приурочены преимущественно к пирогенно-перегнойным образованиям. Возможность возделывания более ценных трав – бекмании и канареечника – пока остается непроверенной.

Наши полевые опыты с посевом тимофеевки на удобренном и неудобренном фонах пирогенно-перегнойных образований не дали положительных результатов. Эти посевы вымокли полностью. На пирогенных образованиях возможны посевы трав с коротким периодом вегетации, например редьки масличной, хотя в этом случае необходима предварительная полевая проверка эколого-экономической целесообразности таких посевов. Использование пирогенных образований в естественном со-

стоянии в качестве земельных угодий следует рассматривать как экстенсивную форму их сельскохозяйственной эксплуатации, предполагающую дифференцированный подход к освоению различных по своим свойствам пирогенных образований.

Поскольку пирогенно-перегнойные образования отличаются значительной аккумуляцией золы, их освоение целесообразно начинать на второй год после возникновения, т. е. сразу после выноса основной массы углекислого калия (поташа) с паводковыми водами и осадками. Пирогенно-песчаные и песчаные образования отличаются относительно благоприятным водным режимом, поскольку приурочены к повышениям минерального дна болот. Однако они обладают минимальным плодородием по сравнению с другими минеральными пирогенными образованиями. Их залужение возможно только после внесения значительных масс органических (до 100–150 т/га) и минеральных удобрений, а также выборочного известкования.

На территориях с песчаными и пирогенно-песчаными образованиями может оказаться целесообразной посадка ивы. К этой группе близко примыкают пирогенно-древесно-песчаные образования. Они отличаются более высоким естественным плодородием и более высокой кислотностью. Здесь мероприятия по повышению плодородия всегда будут связаны, кроме известкования, с выполнением значительного объема культуртехнических работ по уборке древесины. Наиболее плодородными, на примере пирогенных образований и пирогенных торфяных почв польдера «Макеевский мыс», следует признать пирогенно измененные торфяные почвы.

Несмотря на определенные различия в свойствах и плодородии (например, песчаных и пирогенно-песчаных, с одной стороны, и пирогенно-перегнойных песчаных, с другой стороны), все пирогенные образования при их вовлечении в сельскохозяйственный оборот будут находиться в весьма неблагоприятных условиях. На большей части их площади применение обычной техники для обработки, посева, уборки урожая в результате опускания исходной дневной поверхности после сгорания торфа окажется весьма затруднительным или невыполнимым мероприятием. Ее проходимость будет резко снижена из-за близкого залегания грунтовых вод. В связи с этим возникнет необходимость применения легких тракторов и транспортных средств. Очевидна также целесообразность быстрого залужения пирогенных образований, так как плодородный слой золы будет не только элювирован паводковыми водами и атмосферными осадками, но и активно эродирован ветром.

Интенсивное сельскохозяйственное использование пирогенных образований на сгоревших осушенных болотных массивах предполагает решение следующих взаимосвязанных задач.

Во-первых, восстановление гипсометрического уровня сгоревшего торфяного массива до его исходных высотных отметок. Эта задача должна решаться путем землевания территории почвогрунтовой массой, доставляемой на мелиорируемый массив.

Во-вторых, формирование поверхностного плодородного и влагоемкого пахотного горизонта. Мероприятия по его созданию заключаются не только во внесении в поверхностные слои искусственно формируемого почвенного профиля органических и минеральных удобрений, заправки сидератов, но и в придании пахотному горизонту способности сорбировать катионы и удерживать влагу осадков. Последнее предполагает внесение в этот горизонт небольших масс суглинистого грунта [242]. В этом случае такие минеральные вторичные антропогенные почвы можно будет использовать для размещения не только трав, но и широкого набора районированных сельскохозяйственных растений – зерновых, картофеля, овощных. Очевидно, что интенсивное использование земель, занятых в настоящее время пирогенными образованиями, предполагает крупные финансовые инвестиции на выполнение значительного объема работ по подъему поверхности площади пожарищ и созданию плодородного пахотного горизонта.

Стоит отметить еще один, третий, способ использования пирогенных образований, который заключается в искусственном заболачивании территории и создании на таких массивах плантаций по производству клюквы. По такому пути в настоящее время, в частности, пошла практика использования сработанных верховых и переходных торфяных массивов в Германии [455]. Однако такое использование пирогенных образований на сгоревших низинных торфяных почвах неперспективно для территорий, приуроченных к поймам рек. Следует подчеркнуть, что в России три упомянутых способа возможного использования земель, занятых пирогенными образованиями, остаются все еще не исследованными.

В этом направлении необходимо выполнение целенаправленных практических работ, на основе которых можно будет выработать эффективные, оправданные в эколого-экономическом отношении решения. Тем не менее сегодня народное хозяйство страны стоит перед реальной угрозой тотального уничтожения осушенных торфяных почв. Поэтому задача прежде всего заключается в том, чтобы приостановить катастрофическое выгорание осушенных торфяных почв. Это не менее важно, чем

ликвидировать лесные пожары. В определенном смысле защита осушенных болотных массивов приобретает особую актуальность, поскольку лес – возобновляемый ресурс. После сгорания леса обычно возможно его восстановление, тогда как тотальное выгорание торфяных почв, практически невозобновляемого природного ресурса, приводит к их уничтожению и резкому ухудшению экологической обстановки ландшафта.

Радикальным способом восстановления плодородия пирогенных образований с целью их последующего использования в сельскохозяйственном производстве является рекультивация. Пирогенные образования, возникшие в результате сгорания на осушенных низинных торфяных почвах, как правило, получили распространение в регионах развитого сельскохозяйственного производства. Это обстоятельство в значительной мере определяет эколого-экономическую актуальность мероприятий по восстановлению плодородия территорий, деградировавших в результате пирогенного воздействия.

Вместе с тем рекультивация пирогенных образований, создание плодородных горизонтов и возвращение таких массивов в аграрное производство сопряжено со значительными трудностями. Они заключаются в следующем: 1) в настоящее время в отечественной и зарубежной практике отсутствует опыт производства такого рода работ; 2) как правило, все пирогенные образования отличаются невысоким или, чаще, низким плодородием; 3) они существуют преимущественно в условиях современного заболачивания.

На основе выполненных нами исследований можно сформулировать принципы производства работ по рекультивации пирогенных образований и превращению территорий пожарищ в сельскохозяйственные угодья и рекреационные территории. В первую очередь необходимо исходить из того, что пожарища неоднородны и формируются пирогенными образованиями, обладающими различными свойствами и режимами. Поэтому, очевидно, и способы их рекультивации будут различными. Система рекультивации детерминирована свойствами пирогенных образований, генезисом и составом подстилающих пород, особенностями строения ландшафтов. Для целесообразного проектирования мероприятий по рекультивации пирогенных образований последние объединяют в две крупные группы: 1) пирогенные образования на хорошо водопроницаемых породах ($KФ > 0,3$ м/сутки), заболоченные грунтовыми водами; 2) пирогенные образования на тяжелых слабопроницаемых породах, заболоченные поверхностными водами. Эти группы могут занимать значительные территории. Так, пирогенные образования первой группы в ареалах активного влияния грунтовых вод на легких породах занимают практически все территории пожарищ в полесских ландшафтах, т. е. доминирующие площади в пределах Вятско-Камского, Верхневолжского, Ветлужского, Окско-Мещерского, Мокшинского, Деснинского и других полесий. Их отличительной особенностью является то, что все элементы ландшафта здесь находятся в тесной гидрологической взаимосвязи. Локальное понижение уровня грунтовых вод немедленно распространяется здесь на значительные территории [112, 101, 117, 108]. Поэтому при мелкоконтурном распространении заболоченных пирогенных образований внутри крупных массивов полнопрофильных плодородных осушенных органогенных низинных почв применение дополнительного дренажа усилит пирогенную опасность всего массива. Наряду с этим использование дренажа для осушения пирогенных образований на тяжелых породах в условиях поверхностного заболачивания может оказаться целесообразным мероприятием. Состав мероприятий по рекультивации пирогенных образований внутри первой группы определяется их свойствами.

Общая принципиальная направленность таких мероприятий по рекультивации пирогенных образований первой группы заключается в подъеме их гипсометрического уровня до отметок, при которых обеспечивается нормальное физиологическое развитие проектируемых культур. Поскольку рекультивированные антропогенные почвы в этом случае (за исключением почв на пирогенно-торфяных образованиях) будут иметь минеральный состав всех горизонтов профиля, здесь после завершения рекультивационных работ возможно размещение любых районированных культур. При этом в поймах возможно возделывание яровых культур и устойчивых к затоплению польми водами многолетних трав. В условиях внепойменных территорий на рекультивированных почвах возможно возделывание всех районированных в рассматриваемом регионе сельскохозяйственных растений. В проекте должны предусматриваться средства на производство работ по контролю на всех этапах строительства.

При проектировании мероприятий по рекультивации таких пирогенных образований надо учитывать, что в зонах распространения ожелезненных и жестких карбонатных грунтовых вод в условиях их близкого залегания к дневной поверхности будет происходить постоянный процесс гидрогенной аккумуляции гидроксида железа и углекислого кальция в верхних горизонтах почвенного профиля. При относительно невысоких концентрациях аккумуляции этих соединений будут оказывать отрицательное влияние на продуктивность сельскохозяйственных растений, гидрологический режим

почв и работу дренажной сети [117]. В таких случаях должны быть предприняты дополнительные мероприятия по защите почв и растений от негативного влияния этих факторов.

Таким образом, при рассмотрении проблем сельскохозяйственного использования низинных торфяных почв, испытавших воздействие пожаров, автор обратил внимание на необходимость оценки трех наиболее распространенных ситуаций.

Во-первых, частичное сгорание поверхностных горизонтов торфяных почв с образованием зольного горизонта при сохранении плодородной, относительно мощной органогенной толщи выше зеркала грунтовых вод наиболее широко распространено на осушенных болотных массивах в зонах напорных вод, на слабодренированных территориях, а также на участках, защищенных от возгорания плотной высокостебельной травянистой растительностью. В этом случае агротехнические мероприятия на фоне рассмотренных способов защиты торфяных почв являются достаточными для их эффективного использования без проведения специальных работ по рекультивации, т. е. без землевания и реконструкции дренажа, без сложных мероприятий по созданию плодородного пахотного горизонта. Специфика освоения таких почв заключается в том, что зола поверхностного слоя должна быть тщательно смешана с подстилающим торфом для создания нового пахотного плодородного горизонта.

Во-вторых, после пожаров на значительных площадях возникают не частично сгоревшие торфяные почвы, а пирогенные образования. Они отличаются полным сгоранием органогенных горизонтов до минерального дна болота или до межвенного уровня грунтовых вод. Здесь возможно возникновение двух существенно различных ситуаций, связанных с их использованием. Пирогенные образования можно экстенсивно использовать в сельском хозяйстве в качестве естественных луговых угодий низкого качества. Обычно этот путь малоэффективен в экономическом отношении.

Наконец, в-третьих, они могут быть рекультивированы и вовлечены в интенсивное использование для возделывания практически любых сельскохозяйственных культур (часто на фоне дождевания). Несомненно, в проектах необходима комплексная разработка этих трех ситуаций, если территория массива образована частично сгоревшими торфяными почвами и пирогенными образованиями.

Завершая этот анализ, следует подчеркнуть еще одно, четвертое, направление вовлечения пирогенных образований в хозяйственное использование. Оно особенно актуально в тех случаях, когда отсутствуют необходимые средства для их рекультивации. На территориях распространения пирогенных образований благодаря близкому залеганию грунтовых вод могут быть созданы фермы для разведения водоплавающей птицы, рыбохозяйственные пруды, организованы охотничьи угодья, зоны туристического рыболовства. Массивы пирогенных образований выборочно могут быть использованы для размещения плантаций ивы корзиночной и организации на этой базе кустарного производства мебели и других изделий.

6.2.6. Защита от пожаров естественных массивов неосушаемых торфяных почв [104]

Наименее разработанным вопросом в рассматриваемой проблеме является защита от пожаров естественных массивов неосушаемых торфяных почв. В сухие и экстремально засушливые годы неосушаемые торфяные почвы болот, находящиеся в условиях естественного режима, из-за резкого понижения уровня грунтовых вод или их исчезновения могут быть подвержены интенсивному возгоранию. В настоящее время технологии защиты торфяных почв в таких условиях разработаны весьма не полно и, кроме того, не прошли необходимую производственную проверку. Поэтому пока можно рассмотреть лишь некоторые предварительные предложения по этому актуальному вопросу. Они сводятся к следующему.

Во-первых, проектированию способов защиты от пожаров почв с естественным водным режимом должны предшествовать мероприятия по тщательному мониторингу рассматриваемой территории и выполнению на этой площади почвенно-мелиоративных и других необходимых для составления проекта строительных изысканий. Это обусловлено тем, что не все площади торфяных и заболоченных почв с естественным водным режимом целесообразно подвергать затоплению. Безусловно, не подлежат затоплению:

- 1) минеральные и маломощные болотные почвы (например, дерново-глеевые и торфянисто-глеевые);
- 2) минеральные почвы ольховых топей и почвы минеральных островов среди торфяных массивов;
- 3) торфяные почвы, заболоченные напорными водами;
- 4) почвы на массивах, подверженных локальному выгоранию, следует исключать из затопления площади пирогенных образований.

Во-вторых, независимо от проектируемого способа подачи дополнительных объемов воды (для дополнительного увлажнения или затопления) на таких массивах необходимо предусматривать вы-

кашивание естественной травянистой растительности (осоки, вейника, тростника, камыша и др.), поскольку такие естественные травостой создают на поверхности болот значительную массу легко воспламеняющегося сухого органического вещества. После скашивания травянистой растительности следует организовать вывоз этой органической массы за пределы болотного массива.

В-третьих, для защиты торфяных почв с естественным водным режимом (неосушаемые почвы) наиболее эффективными способами могут оказаться мероприятия по дополнительному увлажнению и затоплению таких территорий. Выбор того или иного способа подачи дополнительного объема влаги определяется реальными водными ресурсами, которые могут быть использованы для решения поставленной задачи, а также природными условиями массива, и прежде всего типом болота и его рельефом. В частности, определенные затруднения могут возникать на массивах распространения верховых болот, существенно приподнятых над окружающей территорией. Такие верховые болота водораздельных междуречных пространств плакорного залегания могут оказаться весьма сложным объектом затопления.

Технология защиты торфяных почв с естественным водным режимом от пирогенной деградации и пожаров способом дополнительного увлажнения должна осуществляться путем их постепенного увлажнения с поверхности, главным образом, с помощью дождевания или иным способом до влажности, равной предельной полевой влагоемкости (ППВ) в толще мощностью 1,2–1,4 м. Такая влажность почвы должна поддерживаться на протяжении всего пожароопасного периода. При этом дополнительное увлажнение может практически не влиять на грунтовые воды, но поддерживать влажность торфяных горизонтов на уровне, исключающем их возгорание.

Под затоплением (обводнением) понимается применение мероприятий, обеспечивающих подъем уровня грунтовых вод на отметки, соответствующие оптимальному развитию корневой системы растений, например, для многолетних трав – 40–50 см. При этом происходит обводнение почв по всей толще торфа до полной влагоемкости (ПВ). С этой целью необходимо создать на основных водотоках системы предупредительного и увлажнительного шлюзования, подготовить водохранилища, создать систему барражных плотин для общего подъема уровней грунтовых вод на территории болотного массива. В этом случае может оказаться необходимой аккумуляция поверхностного стока и его перевод в грунтовый поток, а на малых водотоках – организация поселений бобров.

Все эти и другие мероприятия должны обеспечить поддержание режима субиригации на торфяном неосушаемом массиве. В случае затопления торфяных неосушаемых почв существенную роль в регулировании уровней грунтовых вод должна сыграть переброска воды из внешнего водоисточника в зону естественного болотного массива. Вместе с тем очевидно, что все эти противопожарные мероприятия на неосушаемых торфяных болотах в связи с отсутствием в настоящее время необходимого производственного опыта по их применению должны пройти специальную проверку в природных условиях на эффективность и экологическую целесообразность.

6.2.7. Дополнительные мероприятия по защите торфяных почв и лесов от пирогенной деградации и пожаров [104]

Наряду с рассмотренными обязательными гидротехническими, агрометеорологическими и агрономическими мероприятиями существуют другие приемы защиты торфяных почв от пирогенной опасности. Они предусматриваются дополнительно практически во всех случаях защиты торфяных почв при пожарах. Эти приемы разнообразны и могут оказаться весьма эффективными в каждом отдельном случае. К таким мероприятиям относятся:

- использование аэротанкеров (самолетов и вертолетов) для тушения пожаров путем одностороннего сброса значительных масс воды на очаги активных пожаров с воздуха;
- применение подвижных противопожарных автомобильных агрегатов или машин со смонтированными на них дождевальными или струйчатыми установками;
- создание траншей или широких щелей, заполняемых массой негорючего материала (преимущественно песком, суглинком, негорючими синтетическими субстратами) для локализации пожаров.

Траншеи могут быть доведены до минерального дна болота при мощности торфа менее 3 м (совершенные траншеи, препятствующие распространению глубинных пожаров). При мощности торфа более 3 м часто невозможно выполнить траншеи, врезанные в минеральное дно болота. В этом случае создаются несовершенные траншеи. Нередко глубина таких траншей определяется глубиной залегания горизонтов, стабильная влажность которых равна или превышает значения предельной полевой влагоемкости. При такой влажности торф утрачивает способность к возгоранию. Подобные траншеи создают в наиболее опасных направлениях и стремятся располагать вдоль вероятного фронта движения огня.

6.2.7.1. Средства индивидуальной борьбы с огнем

В борьбе с пожаром существенную роль могут сыграть индивидуальные средства защиты почв от пожаров, например обычный набор переносных индивидуальных средств борьбы с огнем: хлопушки, багры, лопаты, ведра и другие ручные инструменты. Существенное значение в борьбе с огнем принадлежит и другим, более сложным переносным устройствам, в частности мотопомпам. Широко распространены мотопомпы типа МЛВ-2/1,2 на базе двигателя «Ветерок» или бензопилы «Тайга». Дальность подачи воды 400 м, расход – 120 л/мин. Могут применяться и другие виды мотопомп – МЛН-25/0,25, МЛН-3/0,3 и другие.

6.2.7.2. Ранцевые лесные огнетушители

Обычно применяют ранцевые огнетушители РЛО-М. Они состоят из заплечной емкости, изготовленной из прорезиненной ткани объемом 20 л, соединительного шланга и ручного насоса двойного действия. Дальность полета жидкости – до 10 м. Существуют и другие устройства, аппараты и инструменты, предназначенные для борьбы с торфяными и лесными пожарами, например воздуходувки и иные конструкции. С их устройством можно ознакомиться в специальной литературе [20, 386].

6.2.7.3. Пожарная опасность по природным условиям лесных участков

Тип леса, структура насаждений, породный состав и возраст, категории лесных площадей, вырубок и другие характеристики лесного фонда определяют степень опасности возникновения и распространения пожаров. Необходимость применения каждого способа пожаротушения определяется характером почвогрунтовых и лесорастительных условий на участках возникновения пожаров. Так, Е. С. Арцыбашев [20] отмечает, что «...на легких песчаных и супесчаных грунтах минерализованные полосы лучше прокладывать с помощью грунтометов и полосопрокладывателей; на тяжелых глинистых и суглинистых грунтах более эффективными будут тракторные плуги и бульдозеры».

6.2.8. Методические подходы к обоснованию обводнения пожароопасных торфяников

Необходимость экологической реабилитации выработанных торфяников, вознобновления в них болото- и торфообразовательных процессов, возрождения биосферных функций, а также ликвидация пожароопасной ситуации при выработанных торфяниках (повторное заболачивание), включая их первоначальное обводнение в условиях природных ландшафтов на больших площадях, является актуальной задачей. Одной из причин, ускоривших практическое решение данной проблемы, послужили аномально засушливые условия 2010 г., приведшие к лесным и торфяным пожарам, повлекшими гибель людей («Заключение Общественной комиссии по расследованию причин и последствий природных пожаров в России в 2010 году»).

Важным гидротехническим мероприятием сохранения выведенных (по некоторым причинам) из эксплуатации торфяных объектов сельскохозяйственного назначения от пожара, является их обводнение (затопление) и *возвращение экосистемы болота в исходное состояние*. Часть работ ведется на территории РФ в рамках проекта «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата», являющегося частью Международной климатической инициативы (ИКИ). Поддержку этой инициативе на основании решения, принятого Германским бундестагом, оказывает Федеральное министерство окружающей среды, охраны природы и безопасности ядерных реакторов Германии (BMUB). Проект финансируется посредством немецкого банка развития KfW (проект № 11 III 040 RUS К Восстановление торфяных болот) и реализуется совместно Wetlands International, фондом Микаэля Зуккова, университетом Грайфсвальда и Институтом лесоведения РАН в сотрудничестве с Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации, правительствами ряда областей Центральной России.

Проект «Восстановление торфяных болот в России» стал одним из победителей конкурса «Момент для перемен – 2017», проводимого Секретариатом Рамочной конвенции ООН об изменении климата.

Восстановление водно-болотной фауны и флоры произойдет через 10–15 лет после реализации проекта, функции накопления торфа и связывания диоксида углерода восстановятся через несколько десятков лет. При этом только на обводнение территории выработанных торфяников, по оценкам специалистов, необходимо 2–3 года. При восстановлении (ренатурализации, реставрации) болотных экосистем, нарушенных в результате осушения, в качестве главной цели ставится обеспечение экологической устойчивости и пожарной безопасности ландшафта. Основными методом ренатурализации осушаемых болотных массивов является подача недостающего для обеспечения процесса заболачивания количества воды путем субиригации или поверхностного затопления. Способ ренатурализации – перераспределение по территории и во времени гидрологических ресурсов водосборов с помо-

щью использования существующей осушительной сети и создания специальной системы гидротехнических сооружений и, в отдельных случаях, искусственных водных объектов.

В основе такого подхода лежит принцип сочетания способа слияния водных потоков (осушения) и бифуркации водных потоков (увлажнения-обводнения) (Пыленок, 2013).

Для достижения главной цели следует соблюдать следующие базовые принципы обеспечения экологической устойчивости:

1. *Принцип адекватности.* Система гидротехнических сооружений и других мероприятий, направленных на восстановление осушаемого болотного ландшафта, должна функционально соответствовать функциям биосферы, т. е. быть адекватной природным закономерностям окружающей природной среды. В результате реализации комплекса мероприятий по восстановлению болотной экосистемы должна сформироваться новая природно-техногенная система, имитирующая функции биосферы и обеспечивающая более эффективное использование болотных биоэнергетических ресурсов.

2. *Принцип совместимости.* Элементы и сооружения следует создавать с учетом природно-антропогенной совместимости. Элементы территории восстановленной болотной экосистемы должны быть органически взаимосвязаны и представлять единую систему, согласованную со строением природных комплексов и заповедной деятельностью.

3. *Принцип пространственного и видового разнообразия.* В соответствии с данным принципом проектирование комплекса восстановления болотных экосистем должно быть направлено на достижение максимального пространственного и видового разнообразия. Чем сложнее и разнообразнее будет структура ренатурализуемого болотного ландшафта, тем выше его устойчивость и способность противостоять различным внешним воздействиям. Такой ландшафт будет обладать более высокой способностью к самовосстановлению и самоочищению.

4. *Принцип оптимизации структуры и соотношения элементов ландшафта.* При структурировании восстанавливаемого болотного ландшафта следует грамотно выбрать место и определить площади элементов экологического каркаса, состоящего в данном случае из лесо-кустарниковых компонентов, лугово-болотных урочищ, водных объектов, а также отдельных таксонов редких и охраняемых видов растительности и экологических ниш для представителей животного мира.

5. *Принцип первоочередного использования возобновляемых природных ресурсов в целом и водных ресурсов в частности.* Исходя из этого принципа приоритет первоочередного использования принадлежит речному стоку (внутри ГМС – дренажному стоку), возобновляемость которого составляет 45,1 %, затем ресурсам почвенной влаги, возобновляемость которых составляет 32,5 %.

Для ренатурализации осушаемых болотных комплексов объекта обводнения следует создать систему обводнения, обеспечивающую максимальное использование гидрологических ресурсов в пределах водосборных площадей. В основе достижения заданной цели лежит принцип сочетания способа слияния водных потоков (осушения) и бифуркации водных потоков (увлажнения-обводнения).

В качестве общих технических решений предлагается создание:

- комплекса гидротехнических сооружений, включающих дамбы ограждения и дамбы обвалования, шлюзы-регуляторы, водоподпорные и водопропускные сооружения, мелиоративные каналы, эксплуатационные сооружения;
- водооборотных систем, включающих каскадные каналы-накопители и пруды-накопители поверхностных и дренажных вод, оборудованные автоматическими устройствами для впуска и выпуска дренажных вод, обеспечивающие экологическую эффективность и пожарную безопасность болотных экосистем и прилегающих территорий;
- комплекса предотвращающих, ограничивающих и компенсирующих мероприятий по регулированию водного режима болот и прилегающих к ним территорий с помощью гидромелиоративных, агро-мелиоративных, ландшафтно-мелиоративных, биологических и иных способов.

Для определения наиболее эффективной схемы (проекта) обводнения рационально использовать математическое (численное) моделирование процессов затопления осушенных болотных массивов во время весенних половодий, являющихся основными источниками водного питания водосборов (70–90 % от общего объема стока) (Кирейчева, 2001).

Проектная группа МНТЦ использует для моделирования одномерные и двумерные уравнения Сен-Венана, а также комплексное моделирование, реализованное в программном комплексе MIKE (Датский гидравлический институт), сертифицированного на территории РФ, который дает наиболее достоверные результаты.

Использование результатов численного моделирования применялось при выполнении проектных работ по объектам в рамках проекта «Восстановление торфяных болот в России в целях предотвращения пожаров и смягчения изменений климата»:

1. «Разработка элементов проекта обводнения выработанного торфяного месторождения «Большое Урсово» и «Макаринское» в Камешковском районе Владимирской области» (рис. 6.1).

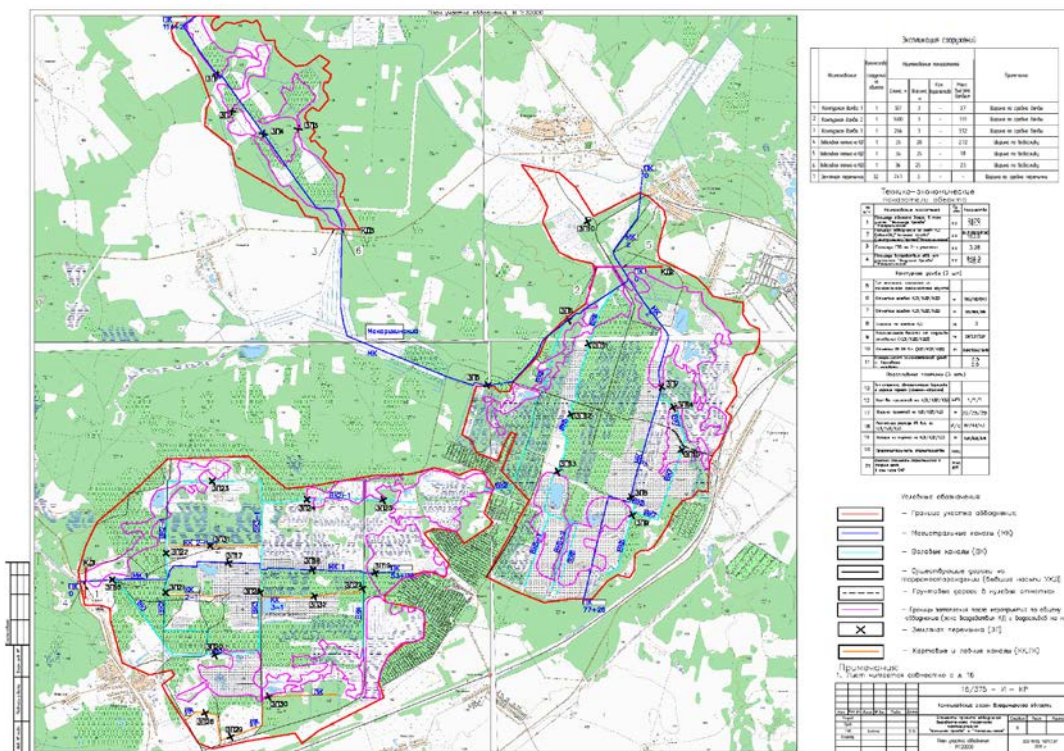


Рисунок 6.1 – Схема размещения сооружений

2. «Разработка проекта обводнения (вторичного заболачивания) участка нарушенных черноольховых болот Городное площадью 910 га в соответствии с концепцией плана обводнения» (рис. 6.2).

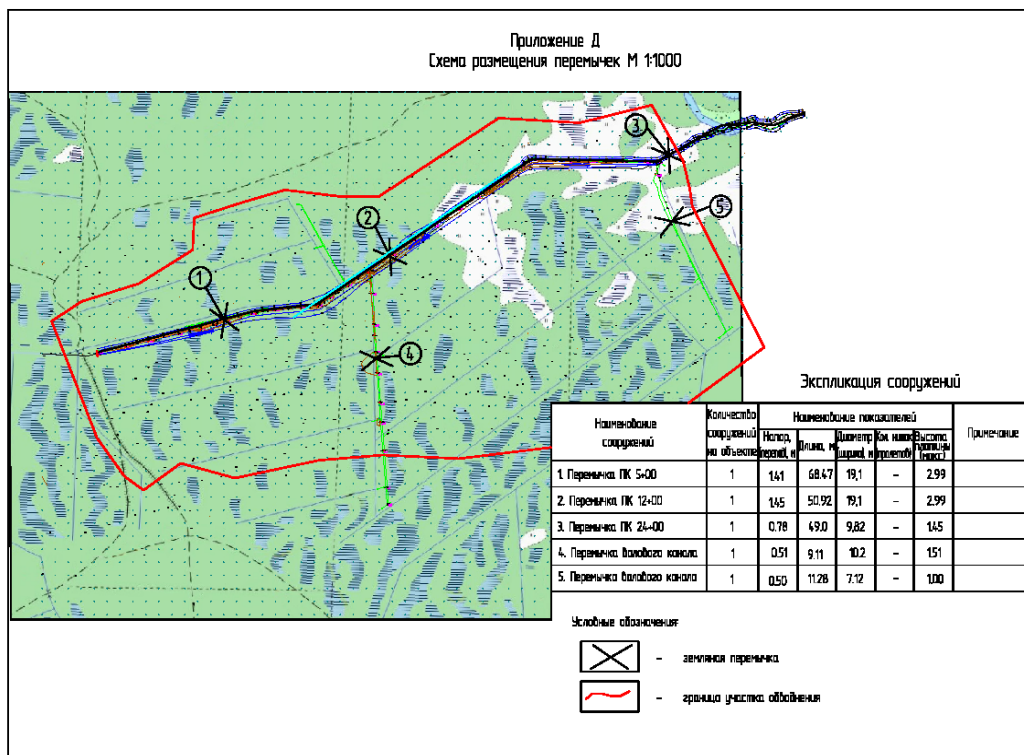


Рисунок 6.2 – Схема размещения перемычек

3. «Разработка проекта обводнения (вторичного заболачивания) выработанного торфяного месторождения «Драковское» площадью 89 га на территории охранной зоны национального парка «Уг-ра» в Дзержинском районе Калужской области» в соответствии с концепцией плана обводнения (рис. 6.3).

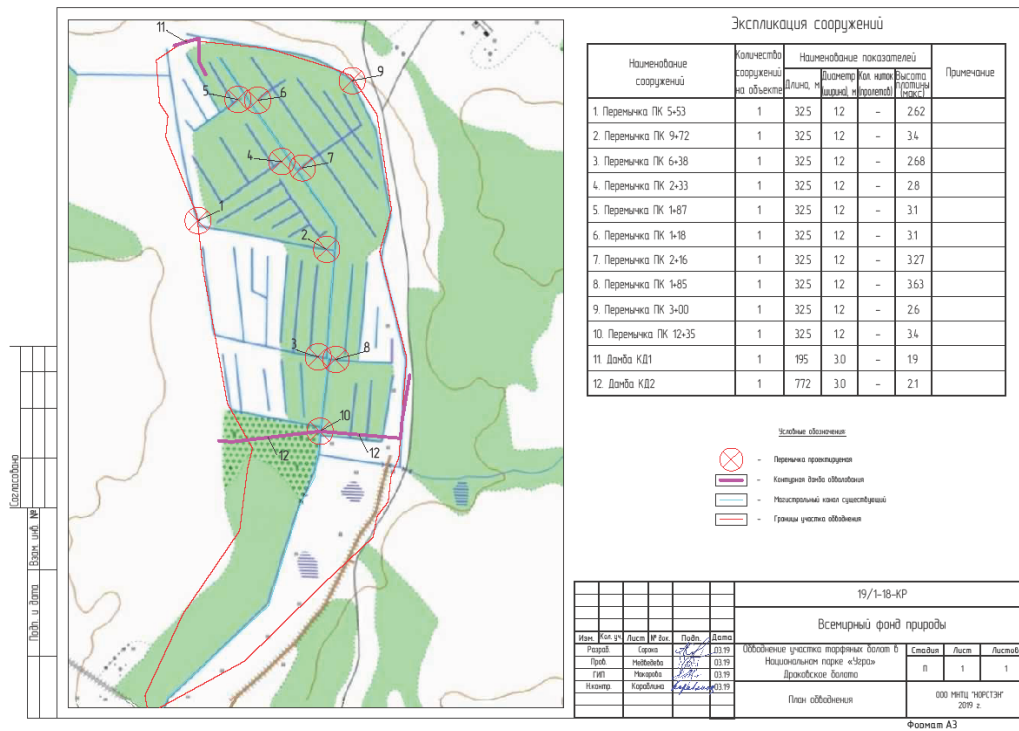


Рисунок 6.3 – Схема размещения перемычек и дамб обвалования

Для получения максимально возможной площади обводнения месторождений предложено перераспределение поверхностного и дренажного стока как с внешней, так и с внутренней водосборной площади по территории месторождения с помощью устройства земляных перемычек на основных валовых и магистральном каналах. Перекрытие осушительной системы торфоместорождения осуществляется глухими перемычками без устройства водоспусков регуляторов (Рекомендации по экологической реабилитации нарушенных болот и предотвращению нарушений гидрологического режима болотных экосистем при осушительных работах на прилегающих территориях. Минск, 2010).

Местоположение, размеры и высотные параметры перемычек получены и приняты в проектах по результатам численного моделирования в программном комплексе MIKE 21, для обеспеченности 5 % при прохождении весеннего половодья (для получения отметок гребня перемычек) и 95 % обеспеченности (для определения геометрических размеров перемычек).

Для обеспечения процесса заболачивания количества воды путем субиригации или поверхностного затопления проектом могут быть предусмотрены следующие гидротехнические сооружения:

1. *Земляные перемычки* (предназначены для подтопления участков территории торфоместорождения, которые не попадают в зону затопления, образованную подпором от водосливных плотин на выходах в водоприёмники; конструкция земляных перемычек индивидуальная и выполняется по «Методическим рекомендациям по экологической реабилитации нарушенных болот и по предотвращению нарушений гидрологического режима болотных экосистем при осушительных работах»).

2. *Глухие земляные перемычки* (применяются для повторного заболачивания и восстановления гидрологического режима всех типов нарушенных болот, их основное назначение – полностью прекратить дренирующее действие каналов, поднять и по возможности удержать УВ до уровня бровок канала (поверхности болота). Вода в канале поднимается у перемычки до уровня окружающей поверхности и затем обтекает перемычку широким фронтом по наиболее низким местам. В случаях если перекрываются только магистральные каналы, вода растекается около перемычки в валовые каналы и затем перетекает по низким местам в зону действия следующей перемычки на магистральном канале. В связи с этим важно закрывать и валовые каналы. Как правило, перепад уровней воды между соседними перемычками не должен превышать 30 см. Различают два основных типа глухих перемычек: земляные и комбинированные (из земли и дерева). Наиболее предпочтительно использовать земляные перемычки, хотя для их строительства необходимо применение технических средств. В случае отсутствия возможности проезда техники применяют комбинированные перемычки, строящиеся с использованием только ручного труда, отсыпаются из местного грунта, смеси торфа с минеральным).

3. *Контурные дамбы*. Назначение контурных дамб – перераспределение и удержание поверхностного стока с водосборных площадей месторождения. Конструкция контурных дамб принимается по ТП 413-54 «Дамбы рыбоводных прудов», «Гидрорыбпроект». Тело дамбы – из местного грунта.

В настоящее время два проекта реализованы. Работа по реализации проекта обводнения выработанного торфяного месторождения «Большое Урсово» и «Макарихинское» в Камешковском районе Владимирской области выполнена ООО «ИГМАТЭКС» при финансовой поддержке Международного инвестиционного банка, работа по реализации проекта обводнения (вторичного заболачивания) участка нарушенных черноольховых болот Городное площадью 910 га выполнена строительной группой Окского биосферного заповедника.

6.2.9. Методические подходы к созданию аналитической модели оценки стоимости земель с обводненными пожароопасными торфяниками

Изучение качества окружающей среды в связи с его влиянием на стоимость земель определенных категорий показало общую отрицательную тенденцию изменения стоимости наиболее распространенных в Рязанской Мещере категорий земель в случае изменения их мелиоративного статуса. Земли сельскохозяйственного назначения, земли лесного фонда, земли особо охраняемых природных территорий (ООПТ), даже земли населенных пунктов включают осушаемые торфяники, которые когда-либо горели. Как правило, торфяники являются самотечно-осушаемыми. Искусственная дренажная сеть очень значительна по протяженности и густоте, поэтому только широкомасштабное обводнение торфяников может быть эффективным мероприятием. Однако это приведет к снижению стоимости подтопленных земель из-за уменьшения их доходности и увеличения затрат на восстановление полезных свойств земельного участка. Росту стоимости земель в определенной мере может способствовать учет выполняемых ими экологических услуг, а именно: длительное депонирование углерода в торфе и уменьшение «парникового эффекта»; накопление торфа; увеличение биоразнообразия (например, рост популяций бобра, выдры, водоплавающей птицы и др.).

В связи с данной ситуацией были разработаны методические подходы, направленные на создание аналитической модели оценки стоимости земель с обводняемыми торфяниками (Хаббард, 2009).

Современная экономическая методология позволяет количественно оценивать возможные изменения экономических показателей при условии их зависимости от множества неэкономических факторов, в том числе вероятностной природы. Необходимость применения подобной методологии в полной мере проявляется в случае реализации программы по обводнению торфяников, поскольку в этом случае изменится стоимость земель, подвергшихся обводнению, а также смежных земель, на которых изменится водный режим и уровень грунтовых вод. При этом многие из основных факторов, влияющие на стоимость земель, имеют неэкономическую природу, а именно: экологическое состояние окружающей среды, качество жизни населения, риски пожаров, возможность оказания экологических услуг и др.

Одной из целей проводимого исследования является построение аналитической модели для оценки изменения стоимости земель при реализации программы обводнения пожароопасных торфяников. Предлагаемая аналитическая модель основывается на методологии «прикладной информационной экономики» (Хаббард, 2009), позволяющей количественно оценивать неэкономические факторы в условиях наличия рисков и неопределенности. Основные используемые подходы – это метод Ферми, заключающийся в разложении влияющих факторов на элементарные составляющие и оценке присущих им неопределенностей, и метод Монте-Карло, заключающийся в численном моделировании возможных сценариев реализации событий при искусственно сгенерированных случайных событиях с вероятностями, соответствующими ранее определенным по методу Ферми.

Выделим основные природные факторы Φ_i , изменяющиеся при реализации программы по заболачиванию торфяников:

- 1) изменение уровня грунтовых вод, Φ_2 ;
- 2) изменение водного режима почв, Φ_3 ;
- 3) изменение экосистемы, Φ_4 .

Эти факторы влияют на различные аспекты A_i хозяйственной деятельности и природопользования на исследуемой территории, а также качество проживания. Однако конкретная реализация основных аспектов деятельности человека существенно зависит от типа земель, поэтому величины A_i должны определяться отдельно для каждого типа земель.

Для земель населенных пунктов:

- 1) Φ_2 влияет на затраты на строительство и содержание жилых построек, $A_{жс}$;
- 2) Φ_3 влияет на рекреационные качества, A_p ;
- 3) Φ_2, Φ_4 влияют на риски пожаров, A_n .

Для земель ООПТ:

- 1) Φ_2 влияет на прямую стоимость использования, A_c ;

- 2) Φ_3 влияет на оказание экологических услуг, A_3 ;
- 3) Φ_2 влияет на разрешенную хозяйственную деятельность, A_x ;
- 4) Φ_3 влияет на рекреационные качества, A_p .
- 5) Φ_2, Φ_6 влияют на риски пожаров, A_n .

Для земель лесного фонда:

- 1) Φ_2, Φ_6 влияют на прямую стоимость использования, A_c ;
- 2) Φ_3 влияет на рекреационные качества, A_p ;
- 3) Φ_2, Φ_6 влияют на риски пожаров, A_n .

Для земель сельскохозяйственного назначения:

- 1) Φ_2, Φ_6 влияют на прямую стоимость использования, A_c ;
- 2) Φ_2, Φ_6 влияют на риски пожаров, A_n .

Для каждой категории земель один и тот же аспект жизни/деятельности человека оценивается по-разному. Например, изменения экосистемы могут быть положительными на землях населенных пунктов, нейтральными – на землях сельскохозяйственного назначения и лесного фонда, но негативными – на землях ООПТ. Риски пожаров являются катастрофическими для земель населенных пунктов, лесного фонда и ООПТ и менее опасными для земель сельскохозяйственного назначения.

Далее, необходимо количественно определить зависимости $A_i(\Phi_j)$ с учетом вероятностной природы этой зависимости по формуле:

«Изменение Φ_j влечет за собой изменение A_i в интервале (A_{\min}, A_{\max}), с вероятностным распределением z » (6.1)

Каждое изменение аспекта жизни/деятельности A_i , в свою очередь, влечет за собой изменение стоимости земли, C , по формуле:

$$C = \sum_i A_i * K_i, \quad (6.2)$$

где K_i – некоторые коэффициенты.

Величины (A_{\min}, A_{\max}), K_i и вероятностное распределение z в каждом случае будут количественно определены после полной обработки картографических и фондовых материалов, статистических материалов, технической документации, нормативных правовых и инструктивно-методических документов, данных социологических опросов и других источников информации, собранных авторами в рамках данного проекта.

Дальнейшая методология вычисления C состоит в численном моделировании по методу Монте-Карло. Осуществляется перебор возможных изменений Φ_j для земельного участка и случайным образом, с учетом вероятностного распределения z , сопоставляются изменения A_i , которые затем переводятся в величину C_n для каждого численного эксперимента с номером n . После набора достаточной статистики вычисляют вероятностное распределение для C , позволяющее установить наиболее вероятное изменение стоимости земельного участка при реализации программы обводнения торфяников.

Реализация аналитической модели по оценке стоимости заторфованных земель в случае изменения их водно-мелиоративного статуса позволила сделать ряд выводов (Давыдова, Давыдов, Мажайский, 2018). Восстановление водно-болотных угодий в условиях пространственного континуума Рязанской Мещеры с лесо-болотными ландшафтами может быть экономически нецелесообразно. Причины низкой эффективности проектов по затоплению торфяников и высоких инвестиционных рисков в случае их реализации будут обусловлены значительной заторфованностью территории и густой дренажной сетью. В основном, грунтовые воды находятся ниже торфяного слоя, поэтому вероятность природных пожаров высокая почти на всей территории Рязанской Мещеры. Следовательно, восстановление водно-болотных угодий на ограниченной площади не будет достаточно эффективной противопожарной мерой. Изменение мелиоративного статуса земель с пожароопасными торфяниками будет связано с большими затратами не только на обводнение, но и на устранение причиненного ущерба. В случае осуществления программы по обводнению торфяников сопутствующий ущерб с большой вероятностью будет включать в себя падение стоимости большого количества земельных участков, затронутых этой программой. Экономический эффект можно определить по предложенной аналитической модели.

Глава 7. МОНИТОРИНГ ОБЩЕСТВЕННОГО МНЕНИЯ В ПРАКТИКЕ ПЛАНИРОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБВОДНЕНИЮ ЗАТОРФОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ, ПОСТРАДАВШИХ ОТ ПОЖАРОВ

В современной практике регионального управления все большее значение придается организации обратной связи с населением, в интересах которого осуществляются мероприятия хозяйственно-экономического и социокультурного развития. Одним из широко распространенных и общепризнанных инструментов оценки результатов реализации региональных программ и эффективности участия в них территориальных подразделений органов государственной власти и муниципальных служб является систематический мониторинг общественного мнения посредством массовых социологических опросов местных жителей.

Указом Президента РФ от 28.04.2008 № 607 (с изменениями, внесенными Указом от 14.10.2012 и распоряжением Правительства РФ от 17.12.2012 № 1317) в Российской Федерации введен обязательный ежегодный мониторинг общественного мнения об эффективности деятельности учреждений местного самоуправления, в ходе которого население оценивает работу выбранных им представительных органов власти по таким критериям, как качество услуг в сфере здравоохранения, общего, дошкольного и дополнительного образования, культуры, коммунального хозяйства, транспортного обслуживания, строительства и содержания дорог, электро-, водо-, газо- и теплоснабжения, обеспечения населения топливом. В число сфер деятельности, охватываемых мониторингом, по решению руководства региональных органов управления, могут быть также включены дополнительные позиции, в частности деятельность муниципалитетов по обеспечению экологической безопасности, охране окружающей среды, природных и культурных ландшафтов. Но «факультативность» таких позиций явно не способствует их регулярному отслеживанию и соответственно эффективному учету в управленческой практике: например, за все время проведения мониторинга общественного мнения об эффективности деятельности учреждений местного самоуправления оценка результатов мероприятий экологической направленности давалась только единожды, в 2014 г.

Между тем в 2010 г., когда жители российских регионов впервые за многие годы на собственном опыте смогли ощутить реальные последствия изменений экономического уклада в стране, именно экологическая составляющая постепенно выходит на первый план в иерархии факторов, детерминирующих качество жизни населения, формирует его поведенческие и потребительские установки, а в более широком смысле – основные структурные элементы системы ценностей человека XXI века. В этой системе все более заметной становится тенденция отхода от навязанной обществу в 1990-е годы инструментально-монетарной модели целеполагания и целедостижения («игра на опережение») к альтернативной ей ориентированной на социальную солидарность и органическую интеграцию во внешнюю среду («общий дом») модели, где доминируют терминальные ценности: безопасность, комфортная жизнь, удовольствие и внутренняя гармония, красота и мир. В этой системе ценностей есть место каждому ее компоненту, вне зависимости от его количественных характеристик, и категорически неприемлемо игнорирование или принесение в жертву даже минимальных по своему ресурсному потенциалу ее элементов: последствия для системы в целом могут быть весьма существенными, необратимыми, вплоть до катастрофических. В Российской Федерации в условиях рыночной экономики продолжается процесс совершенствования государственной кадастровой оценки объектов недвижимости, в том числе земельных участков. Это обстоятельство сопряжено с развитием соответствующего федерального законодательства и связанных с ним инструктивно-методических документов «О государственной кадастровой оценке: федеральный закон, 3 июля 2016 г., № 237-ФЗ (ред. от 29.07.2017); Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке: приказ Министерства экономического развития Российской Федерации, 12.05.2017, № 226». При определении кадастровой стоимости земельных участков в ряде случаев учитывают нестоимостные активы, характеризующие природные качества земель.

Кроме того, усиливается влияние принципов «зеленой экономики» на рынок недвижимости. В частности, это косвенно связано с привлечением в российские регионы финансовых средств Европейского банка реконструкции и развития, для того чтобы через международную организацию «Wetlands» осуществлять восстановление водно-болотных угодий на осушаемых пожароопасных торфяниках. Цель проведения таких водно-мелиоративных мероприятий обусловлена необходимостью снижения пожарной опасности осушаемых торфяников, а также уменьшения «парникового эффекта» вследствие депонирования углерода в торфе.

Все это весьма актуально для России, вовлеченной в процесс глобального потепления климата; во многих регионах Европейской части России этот процесс протекает на фоне отрицательного трен-

да выпадения атмосферных осадков летом (Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году). В итоге появляются предпосылки для возникновения здесь природных лесо-торфяных пожаров.

Как известно, наиболее катастрофическая ситуация с природными пожарами сложилась в 2010–2011 гг. в Центральной России (Данилов-Данильян, 2010; Ежедневный прогноз возникновения и развития чрезвычайных ситуаций на территории Рязанской области на 26.09.2018). Несмотря на то что последующее принятие организационных и технических противопожарных мер имело положительный эффект, вопрос о пожарной безопасности населения остается открытым (Заключение Общественной комиссии по расследованию причин и последствий природных пожаров в России в 2010 году). Поэтому в целях повышения пожарной безопасности в ряде регионов Центральной России – Московская, Владимирская, Рязанская области – было осуществлено локальное обводнение торфяников, осушенных в прошлом.

Очевидно, что изменение водно-мелиоративного статуса земель будет сопровождаться ростом неопределенности на рынке недвижимости и увеличением инвестиционных рисков, а также потребует пересмотра результатов кадастровой оценки земельных участков, которые приобретут новые природные качества.

Для многих российских регионов, на территории которых в силу природных причин существуют торфяные бассейны, такие экономические процессы могут иметь неоднозначные последствия. Нельзя исключить уменьшение налоговой базы. Несмотря на всю важность данной проблематики для отраслевой и региональной экономики, а также для территориального планирования, в настоящее время слабо разработаны методические подходы, позволяющие прогнозировать состояние рынка недвижимости и учитывать риски в условиях затопления земель с пожароопасными торфяниками.

Экономическая теория в качестве методического подхода общего характера для определения риска предлагает следующее: «Чтобы охарактеризовать риск, связанный с неопределенностью принятого решения, необходимо знать все возможные исходы и их вероятность. Если мы располагаем данными в отношении вероятности наступления каждого исхода, а также ожидаемой ценности каждого из них, то можем оценить риск путем определения ожидаемой ценности, или средневзвешенного ожидаемого значения, всех возможных исходов» (Курс экономической теории: Общие основы экономической теории. Микроэкономика. Макроэкономика. Основы национальной экономики, 2007, с. 285).

Очевидно, что совершенствование этого методического подхода для ситуации с изменением водно-мелиоративного статуса заторфованных пожароопасных земель – сельскохозяйственных, лесохозяйственных, селитебных и прочих – должно быть основано на учете социальных рисков. Восстановление водно-болотных угодий означает вероятность ухудшения земли как производственного ресурса и, следовательно, уменьшения ее стоимости (ценности), что влечет за собой потерю занятости в традиционных отраслях хозяйства. Кроме того, ухудшаются общие условия жизни, например, за счет снижения транспортной доступности мест проживания и работы. Все эти обстоятельства приводят к изменению стоимости материальных рыночных активов, включая объекты недвижимости, находящиеся в частной собственности.

Как правило, при принятии решений о затоплении участков торфяных болот недостаточно учитывают мнение местного населения.

В связи с этим можно сделать ссылку на результаты анализа институциональных и других социальных факторов экологической катастрофы в России, обусловленной пожарами 2010 г., а также на оценку возможности преодоления ее негативных последствий, включая реабилитацию населения и природных систем. Как отмечает О. Н. Яницкий (2011), «МЧС – мощная, но автономная организация, не ориентированная на взаимодействие с местным населением, волонтерами и добровольными пожарными. У МЧС своя система связи и оповещения, недоступная населению и его организациям. Экосистемный и, тем более, бассейновый подход для нее, мягко говоря, непривычен. Пока что модель посткатастрофной реабилитации как часть общего процесса модернизации общества исходит не из реальных нужд и процессов на местах, а из понимания критической ситуации, сложившейся у руководства страны. Модель этой реабилитации унифицирована, ведомственные и иные барьеры не учтены. Ее общая схема такова: насущные потребности местного населения обеспечивает государство, и вопрос будет «закрит». А все остальное, то есть длительный и многосторонний процесс, который и именуется реабилитацией, местные жители должны осуществлять сами или при помощи благотворителей и НПО» (с. 11–12). В данной ситуации отсутствие социологических опросов по обводнению торфяников можно считать модификатором экологических и инвестиционных рисков.

Ранее было выполнено моделирование инвестиционных рисков, связанных с затоплением торфяников в Рязанской Мещере – весьма пожароопасном и обширном участке Центральной России.

Как было отмечено, были разработаны принципы построения аналитической модели оценки изменения стоимости земель в результате обводнения пожароопасных торфяников (Давыдова, Давыдов, Мажайский, 2018). Используемый подход основан на применении методологии прикладной информационной экономики, которая позволяет количественно оценивать неэкономические факторы в условиях наличия рисков и неопределенностей. Главным образом это касается метода Ферми, заключающегося в разложении влияющих факторов на элементарные составляющие и оценке присущих им неопределенностей, и метода Монте-Карло, состоящего из численного моделирования возможных сценариев реализации событий при искусственно сгенерированных случайных событиях с вероятностями, соответствующими ранее определенным по методу Ферми.

Поскольку были установлены причины низкой эффективности замены самотечного осушения торфяников на их обводнение, то следует ожидать снижения общей экономической ренты из-за нарушения процессов в лесном и сельском хозяйстве. Однако можно ожидать существенного возрастания экологической ренты, обусловленной не только адсорбцией углекислого газа из атмосферы в торфяных болотах и ослаблением процесса потепления климата, но и сохранением биологического разнообразия.

К сожалению, при принятии управленческих решений по обводнению пожароопасных торфяников проведение оценочных социологических исследований не осуществляется. В основном обводнение торфяников рассматривается с технологических позиций, приоритет имеет снижение их пожароопасности («О мерах по подготовке к пожароопасному сезону на территории Рязанской области в 2018 году» (с изменениями на 27 апреля 2018 г.); А. А. Сирин, 2011).

Для Рязанской Мещеры такие исследования особенно актуальны. Данное обстоятельство обусловлено проведением локального затопления торфяников (Мажайский и др., 2017).

В процессе изучения социальных факторов инвестиционных рисков и неопределенностей в условиях изменения мелиоративного статуса земель с пожароопасными торфяниками для дальнейшего совершенствования аналитического моделирования кадастровой и рыночной стоимости земель были разработаны методические подходы к выявлению социологической составляющей инвестиционных гидромелиоративных проектов и их ожидаемой ценности, проведены социологические опросы на территориях, требующих реабилитации после пожаров, для уточнения возможных исходов реализации принятых решений о затоплении земель, выполнен анализ основных трендов изменения экономического поведения населения, пострадавшего от лесо-торфяных пожаров, в условиях обеспечения пожарной безопасности земель. Это позволяет учесть результаты социологических исследований при создании интерактивной карты – инновационного продукта, ориентированного на социальную рекламу процессов восстановления водно-болотных угодий с целью обеспечения противопожарной безопасности территорий в Рязанской Мещере.

Массовые социологические опросы взрослых (от 18 лет) жителей сельских поселений и дачных поселков в зоне расположения торфяников Рязанской Мещеры проводили под общим руководством доктора биологических наук, профессора И. Ю. Давыдовой сотрудниками Центра социологических исследований РГУ имени С. А. Есенина (директор – В. А. Горнов), а также кандидатом географических наук, доцентом Е. В. Бирюковой. Были выполнены:

– оценка уровня информированности жителей сельских поселений и дачных поселков в границах обследованных нами населенных пунктов Московской и Рязанской областей (в пределах Мещерской низменности) о наличии в непосредственной близости к их месту проживания (нахождения) торфяных болот, торфяников и торфоразработок, в отношении которых были установлены факты возгорания во время масштабных лесных и торфяных пожаров в 2010 г.;

– сбор первичной социальной информации об отношении респондентов к основным формам профилактики самовозгорания торфяников (обводнению) в контексте осуществляемых в регионе комплексных мер по предотвращению лесных и торфяных пожаров, в том числе с оценкой характера и содержания проводимых мероприятий и эффективности деятельности региональных и муниципальных органов управления в указанной сфере;

– выявление наиболее существенных для местного населения (постоянно проживающих и дачников) социально-экономических, организационно-технических, экологических и других факторов, определяющих их общее отношение к возможным перспективам и последствиям обводнения прилегающих к поселениям (дачным поселкам) территорий торфяных болот, торфяников и торфоразработок;

– выявление мнения респондентов о роли конкретных мер по обводнению торфяников в решении глобальной проблемы снижения «парникового» эффекта.

В ходе сбора первичной социальной информации (на полевом этапе) применялись методы раздаточного анкетирования и индивидуального стандартизованного интервью на основе опросника, унифицированного с бланком раздаточного анкетирования. Раздаточное анкетирование как метод

полевого исследования широко используется в практике прикладной социологии. Как правило, анкетирование проводят специально подготовленные интервьюеры (анкетеры), используя индивидуальные бланки опроса (чаще их называют анкетами). Обычно заполнение анкет осуществляется лично респондентами после короткого по времени вводного инструктажа по технике заполнения. Раздаточное анкетирование обеспечивает высокую оперативность, которая делает его популярным среди социологов и экономически целесообразным для заказчиков. Использование его в процессе сбора первичной социальной информации по целенаправленной выборке позволяет существенно минимизировать величину вероятного статистического отклонения и добиться высокой точности анализа данных, что дает возможность использовать количественные показатели и сделанные на их основе выводы не только в научно-исследовательской практике, но и в разных сферах управленческой деятельности. Индивидуальное стандартизованное интервью как метод сбора первичной социальной информации широко известно и успешно применяется в практике социологических исследований в России и за рубежом. Процесс опроса респондента – интервьюирование – проходит в непосредственном контакте с ним, лицом к лицу (отсюда распространенное англоязычное название метода *face-to-face*). Массовый характер интервьюирования и использование контрольных мер дают возможность добиться высокой степени достоверности информации и существенно снизить вероятность статистической погрешности. Применение индивидуального стандартизованного интервью позволяет оперативно получить большой объем рабочих материалов для первичной обработки и последующего анализа, оптимизировать временные и пространственные характеристики полевого этапа исследования с учетом особенностей технического задания. Интервьюирование в непосредственном контакте с респондентами дает возможность зафиксировать не только формальные результаты (ответы на вопросы анкеты), но и эмоциональные оценки, неформализованные суждения и косвенные замечания респондентов, отражающие особенности восприятия ими разнообразной информации по теме исследования.

Материалы, собранные на территории сельских населенных пунктов Рязанского и Клепиковского муниципальных районов Рязанской области, а также коттеджных и дачных поселков Луховицкого и Шатурского муниципальных районов Московской области, расположенных на границе двух регионов, составили эмпирическую базу исследования. При разработке программы социологических опросов особое внимание было обращено на необходимость реализации репрезентативной типологической гнездовой выборки, в которой представлены сельские поселения и дачные поселки, типичные для территории, охваченной природными пожарами 2010 г.

Генеральную совокупность определяют типологические особенности распределения населения по территориальному признаку, а также характер его «прикрепления» к территории – постоянно проживающие (зарегистрированные) жители или регулярно присутствующие на территории (дачники). Из их числа исключаются временно занятые трудовой деятельностью на данной территории: вахтовые бригады и сезонные рабочие, в том числе трудовые мигранты, которые в летний период, благоприятный для проведения строительных работ, особенно многочисленны. Также исключаются лица, отдыхающие в данной местности в качестве гостей, туристы, все категории «промысловиков» (охотники, рыболовы, грибники и др.). Общая численность зарегистрированных жителей и дачников (взрослое население старше 18 лет) на территории сельских поселений и дачных поселков, охваченных исследованиями 2017–2018 гг., составляет около 14 500 человек. Количественные характеристики объекта – результат моделирования социальной реальности с использованием выборочного метода. Расчет и обоснование выборки и ее территориальных компонентов проводили с учетом того, чтобы обеспечить доверительный интервал (погрешность) в пределах $\pm 3,5\%$ (при 95 % доверительной вероятности). Это означает, что не менее 95 % полученных ответов респондентов попадают в диапазон значений усредненного реального показателя в пределах заявленной погрешности. С использованием онлайн-калькулятора минимальный объем выборки социологического исследования составил 374 респондента. В процессе моделирования социально-демографических и территориальных характеристик объекта расчетный объем выборки пришлось увеличить до 533 респондентов.

Половозрастная и территориальная структура объекта была определена на основе данных органов государственной статистики по Рязанской и Московской областям. Традиционно в общей численности сельского населения в пределах части Мещерской низменности, расположенной севернее р. Оки, преобладают женщины. Доля женщин в выборке составила чуть более 59 %, в то время как процент мужчин – около 41 % (в старших возрастных группах сельского населения это соотношение значительно (иногда в 2 раза и более) изменяется в пользу женщин). В выборке относительно равномерно (с учетом величины доверительного интервала) представлены возрастные когорты 28–37 лет, 38–47 лет, 48–57 лет, 58–67 и 68–77 лет; доля когорты 18–27 лет составила всего 11 %, а когорты 78–87 и 88–97 лет и вовсе не превысили величины статистической погрешности, что, в целом, примерно соответствует структуре генеральной совокупности по возрастному признаку (рис. 7.1–7.4).

С учетом полученных данных об уровне образования респондентов, также соответствующем экспертно определенным характеристикам, выборку, примененную в исследовании, следует признать репрезентативной не менее, чем по трем основаниям. Среди респондентов только 23 % проживают в точках опроса менее 8 лет, остальные были свидетелями природных катаклизмов 2010 г.; примерно 38 % имеют ценз оседлости более 30 лет, а 13 % и вовсе могут считаться коренными обитателями своих населенных пунктов, прожив там 50 лет и более (рис. 7.1).

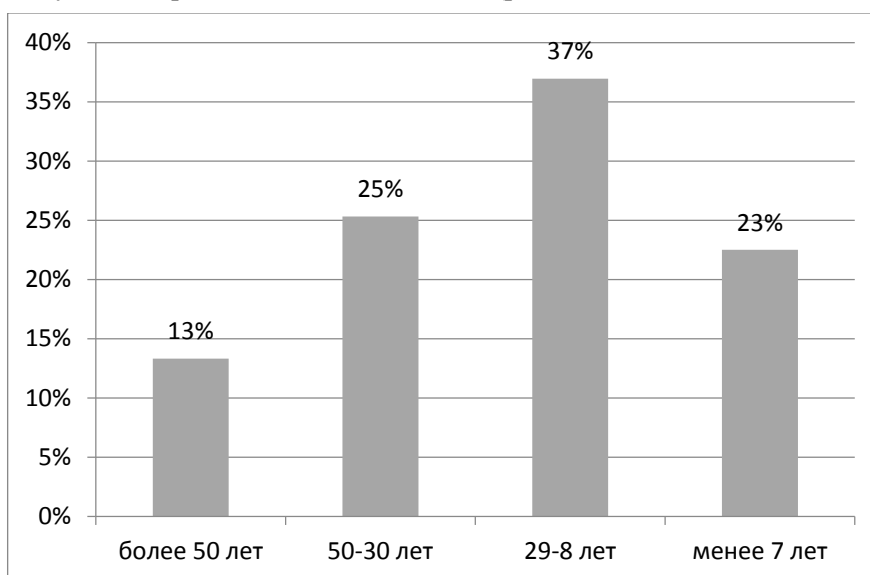


Рисунок 7.1 – Продолжительность проживания (владения загородным домом) в исследуемых населенных пунктах, n = 533

О лесо-торфяных пожарах 2010 г. в окрестностях своих населенных пунктов говорят 94 % опрошенных, хотя 4 % не смогли точно ответить на поставленный вопрос, а еще 2 % были уверены, что возгораний не было. Для основной же массы респондентов (62 % ответов), видимо, следует принять, что за период их проживания в точках опроса в окрестных лесах пожары случались 1–2 раза.

Таким образом, для абсолютного большинства опрошенных тема лесо-торфяных пожаров является значимой с точки зрения принятия решений, касающихся социально-бытовых условий и хозяйственно-экономического уклада их жизнедеятельности.

Примерно треть всех опрошенных (почти поровну в Рязанской и Московской областях) не смогли ответить на вопрос о количестве домов в их населенном пункте, проданных хозяевами после пожаров 2010 г.; около 29 % засвидетельствовали, что таковых вообще не было – все жильцы остались на прежних местах, а 17 % респондентов указали, что в их поселке было продано всего 2–3 дома (рис. 7.2).

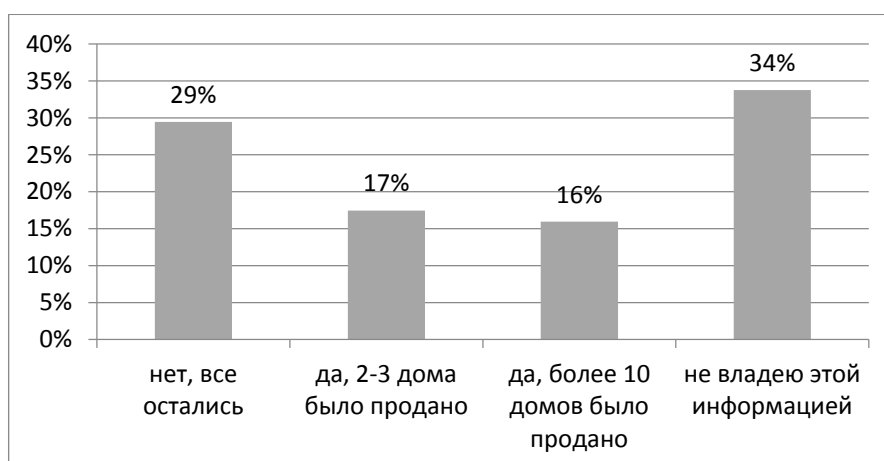


Рисунок 7.2 – Количество проданных домов и переездов на новое место жительства после пожаров лета 2010 года (в среднем на населенный пункт), n = 533

На появление (строительство) новых домов после пожаров 2010 г. указали 59 % опрошенных, причем основная масса отметила активизацию строительства сразу после пожаров (38 %) и в последние 2–3 года (21 %). Однако 22 % опрошенных настаивали на том, что в период после пожаров новых

домов вообще не появилось. Речь, скорее всего, при этом шла не о восстановлении сгоревших строений, а о строительстве новых (рис. 7.3).

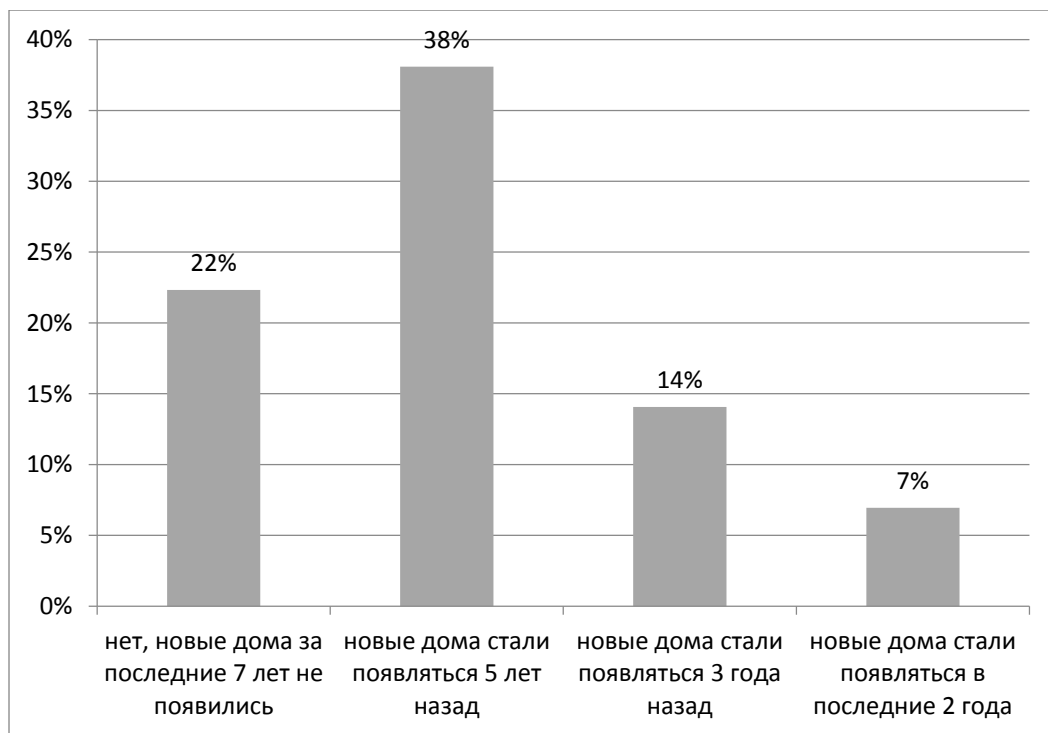


Рисунок 7.3 – Появление новых жилых домов после пожаров 2010 г., n = 533

В вопросе о принимаемых мерах по предотвращению пожаров все опрошенные в Московской области указали на обводнение торфяников (100 %) и мероприятия по уходу за лесом (32 %). В Рязанской области соответствующие показатели были заметно ниже: обводнение – 13 %, меры по уходу за лесом – 18 %; по 7–8 % опрошенных отметили также использование торфяников в качестве сельхозугодий, возобновление торфоразработок, включение торфяников в состав особо охраняемых природных территорий. Но большая часть опрошенных в населенных пунктах Рязанской области (47 %) отметили, что никаких профилактических мер вблизи их мест проживания не предпринимается вообще (рис. 7.4).

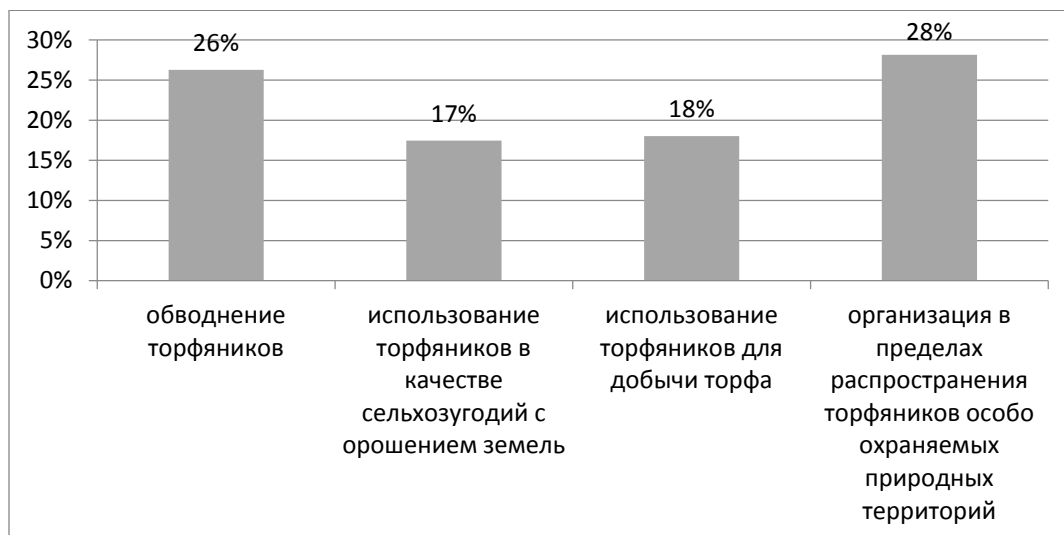


Рисунок 7.4 – Наиболее эффективные меры по предотвращению торфяных пожаров (по мнению жителей пострадавших населенных пунктов), n = 533

Большинство опрошенных в населенных пунктах Московской области уже успели ощутить на себе ряд последствий обводнения торфяников, таких как увеличение количества комаров (38 %), подтопление погребов (27 %), дорог и земельных участков (по 17 %). В выборке среди жителей Рязанской области такие последствия отмечали от 1 до 3 % респондентов (ниже уровня статистической

погрешности), а большинство указали, что принятые профилактические меры (видимо, в силу своей незначительности) никак не сказались на условиях их жизни (41 %) либо не могли сказаться за отсутствием таковых (44 %).



Рисунок 7.5 – Ожидания изменения жизненных условий населения при целенаправленном обводнении близлежащего торфяника, n = 533

В рейтинге мер по предотвращению пожаров лидируют позиции «организация в пределах распространения торфяников особо охраняемых природных территорий» (28 %) и «обводнение торфяников» (26 %), значительно опережая позиции «использование торфяников в качестве сельхозугодий с орошением земель» (17 %) и «использование торфяников для добычи торфа» (18 %).

Большинство жителей обследованных населенных пунктов (42 %) не смогли четко сформулировать свои ожидания изменения жизненных условий при целенаправленном обводнении ближайшего к их населенному пункту торфяника; 33 % ожидают улучшения, а 23 % – ухудшения их жизненных условий, причем в ряде случаев эти негативные ожидания уже нашли подтверждение, в том числе в конкретном стоимостном выражении.

Исходя из сложившейся ситуации 15 % опрошенных ожидают снижения рыночной стоимости земли и строений, 14 % – ее увеличения, а еще 32 % полагают, что мероприятия по обводнению торфяников не влияют на стоимость их недвижимости (рис. 7.6).

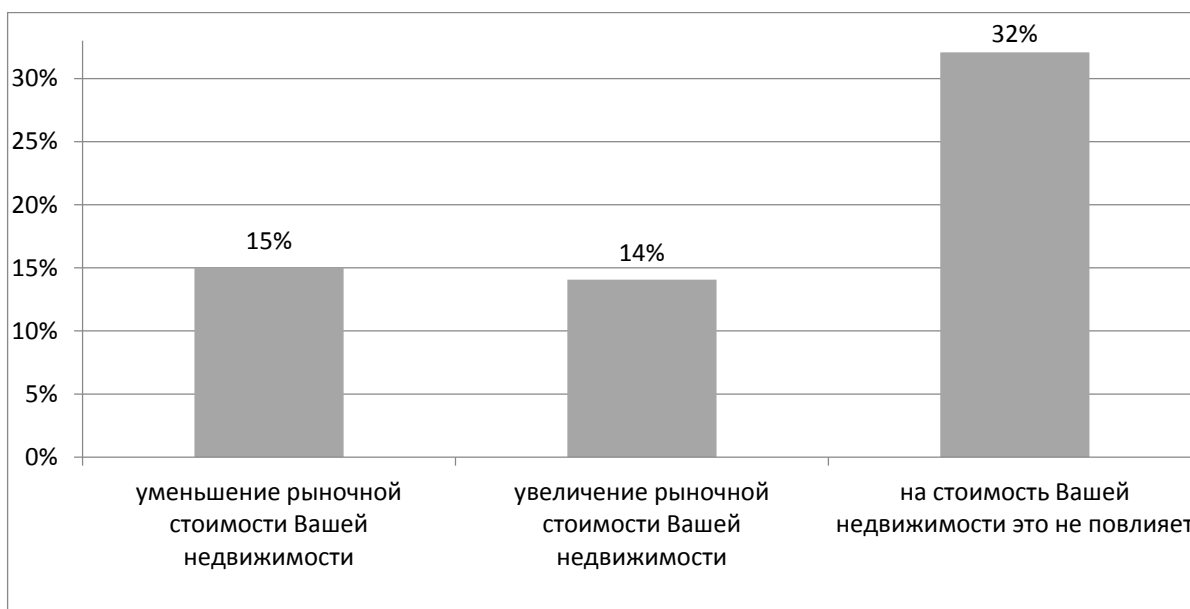


Рисунок 7.6 – Экономические ожидания населения при обводнении близлежащего торфяника, n = 533

Среди жителей обследованных нами населенных пунктов большинство респондентов (64 %) затруднились с ответом на поставленный вопрос о возможности положительно повлиять на решение глобальной проблемы парникового эффекта в результате обводнения болот в местах их проживания, равным – по 18 % – оказалось число скептиков и оптимистов.

В результате были выявлены неодинаково проявляющиеся в общественном мнении жителей разных регионов «болевы точки» в их отношении к мерам по обводнению пожароопасных торфяни-

ков в Рязанской и Московской частях Мещерской низменности. Оказывая определенное влияние на экономическое поведение населения, они выступают факторами риска в инвестиционных проектах, направленных на предотвращение чрезвычайных ситуаций в зоне распространения пожароопасных торфяников, и должны, с учетом мнения местного населения, приниматься в расчет при принятии решений о затоплении участков торфяных болот.

Полученные данные также дополняют результаты анализа институциональных и иных социальных факторов экологической катастрофы в России после пожаров 2010 г., повышая качество их оценки и создавая новые возможности преодоления негативных последствий.

Между тем на других лесо-болотных территориях Центральной России (в частности, во Владимирской и Нижегородской областях) подобные исследования еще не проводились, что существенно ограничивает возможности изучения социальных факторов инвестиционных рисков и неопределенностей в условиях изменения мелиоративного статуса земель с пожароопасными торфяниками для дальнейшего совершенствования аналитического моделирования кадастровой и рыночной стоимости земель. Распространение опыта проведенных исследований позволит разработать комплекс мероприятий по реабилитации населения и природных систем, пострадавших в пожарах 2010 г. на территории указанных регионов.

В заключение можно отметить, что необходимо предложить оптимальный противопожарный вариант использования мелиорированных земель с пожароопасными торфяниками, способный обеспечить и защиту населения, и приемлемое качество жизни, и минимальный риск снижения рыночных активов – объектов недвижимости.

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ [104]

На европейской территории России южнее границы Валдайского оледенения, образованной различными моренными отложениями, в бассейнах крупных рек широко распространены обширные пространства, образованные мощной толщей флювиогляциальных и древнеаллювиальных супесчано-песчаных отложений. Эти низменные равнины покрыты преимущественно сосновыми светлохвойными лесами. Их основная территория (60–70 %), образованная минеральными почвами разной степени оподзоленности и оглеения, используется преимущественно в сельском и лесном хозяйстве. Торфяные почвы, занимающие остальные 30–40 % территории, после осушения вовлекаются в сельскохозяйственное производство, используются для добычи торфа на топливо, органическое удобрение, а также в медицинских и иных целях. Эти уникальные природные структуры получили названия полесья, полесские ландшафты.

Наши наблюдения показали, что генезис минеральных и торфяных почв полесий в значительной мере определяется глубиной залегания и химическим составом грунтовых вод, литологией почвообразующих пород. В Европейских полесьях абсолютно преобладают бурые, подзолисто-болотные и торфяные почвы. Бурые и подзолисто-болотные почвы дифференцируются на две крупные группы: почвы на мощных песках, переувлажненные или заболоченные грунтовыми водами, и почвы на двухчленных отложениях, переувлажненные или заболоченные поверхностными водами. В монографии значительное внимание уделено рассмотрению морфологических свойств почв и их новообразований. В частности, раскрыты особенности генезиса железистых цементационных новообразований – ортзандов и псевдофибр, свойственных легким почвам полесий. Показано, что ортзандовые горизонты возникают в легких почвах на слабожелезненных грунтовых водах. Чем интенсивнее степень заболоченности почв, тем меньше в нем содержится железа. Показано, что ортзандовые горизонты не формируются в профиле субкавальных почв. На основе балансовых исследований установлено, что ортзандовые горизонты возникают в результате гидрогенной аккумуляции железа из грунтовых вод, связанных с пиритсодержащими юрскими глинами. В профиле почв ортзандовый горизонт может менять свое гипсометрическое положение в связи с изменением уровня грунтовых вод. Установлено, что формирование ортзанда не связано с подзолообразованием, поскольку эти горизонты присутствуют в профилях не только подзолистых, но и бурых неоподзоленных почв. Вторым железистым цементационным образованием в легких почвах полесий являются псевдофибры. Наиболее отчетливо они формируются в профилях бурых и дерново-подзолистых глубокооглеенных почв в результате иллювиального переноса железа. При близком залегании пресных грунтовых вод в глееватых и, особенно, в глеевых почвах эти новообразования практически не формируются. Псевдофибры обладают высокой плотностью, низкой фильтрацией ($KФ \leq 0,06$ м/сутки), повышенной влагоемкостью, низкой воздухоемкостью. Они способны удерживать на своей поверхности гравитационную влагу. Именно поэтому над таким водоупором в результате застоя влаги и глееобразования происходит отмывка железа и образование овальных крупных белесых пятен. Растения сосны на бурых и бурых оподзолен-

ных почвах способны извлекать до 30 % влаги для собственного водопотребления из этого временного источника.

Минеральные почвы полесий отличаются различной степенью заболоченности. Основой решения вопроса о целесообразности дренажа является их эколого-гидрологический анализ, который связан с решением трех вопросов: во-первых, с изучением в многолетнем аспекте водного режима почв; во-вторых, с анализом их продуктивности в годы разной влажности; в-третьих, с исследованием морфологии почв и выработкой способов количественной оценки степени их заболоченности. Однако в отличие от других ландшафтов, почвы которых заболочены поверхностными водами, в условиях грунтового заболачивания экологогидрологическая оценка должна корректироваться прогнозом изменения уровней грунтовых вод на период завершения строительства мелиоративной системы. Как правило, в условиях полесий на мощных песках площади мелиорируемых почв должны быть меньше (часто – существенно меньше) общей площади заболоченных почв. Есть еще одно важное обстоятельство, на которое следует обратить внимание в связи с освоением минеральных заболоченных почв полесий. В практике мелиорации суглинистых и глинистых почв обычно выражена тенденция создания на мелиорируемых почвах водного режима, аналогичного режиму незаболоченных почв. Такое направление мелиоративных работ нередко оправдано, хотя в условиях полесий подобное стремление опасно по следующим причинам. Практически всегда на протяжении теплого периода не только в средние и сухие, но и во влажные годы, как показали наши многолетние гидрологические исследования, влажность поверхностных горизонтов обычно не заболоченных бурых почв в толще до 160 см оказывается ниже влажности ВЗ-ВРК. Такая влажность, по Долгову, является неблагоприятной для роста и развития растений. Попытка создать в полесьях влажность почв в этом интервале (от ВЗ до ВРК), т. е. создать режим влажности, свойственный бурым неоглееным супесчано-песчаным почвам, вызовет существенное снижение урожая и потерю значительных инвестиций, связанных со строительством такого рода мелиоративных систем. В этом случае благоприятным может оказаться режим влажности, свойственный дерново-подзолистым супесчано-песчаным глубокооглееным почвам при возделывании полевых культур или дерново-подзолистым глееватым почвам при размещении многолетних трав. Такой подход целесообразен при решении не только агрономических, но и лесохозяйственных задач.

По данным наших исследований, максимальный выход древесины сосны в ряду почв бурые неоглеенные – дерново-подзолистые глубокооглеенные – дерново-подзолистые глееватые был получен на дерново-подзолистых глееватых почвах, тогда как на глубокооглеенных и, особенно, на бурых неоглеенных почвах выход древесины оказался существенно меньшим. Очевидно также, что при решении вопроса о целесообразности применения дренажа необходимо путем расчета (например, по формуле Бочевера) прогнозировать изменение уровней грунтовых вод после завершения строительства мелиоративной системы. В теоретическом и прикладном отношении для условий полесских ландшафтов актуальной является проблема генезиса двух типов минеральных почв, абсолютно доминирующих на этой территории. Это проблема механизма образования подзолистых и бурых почв. Предпринятые нами полевые, модельные и аналитические исследования позволяют утверждать, что единственной причиной формирования светлых кислых элювиальных (т. е. подзолистых) горизонтов является процесс глееобразования. Из трех процессов, которые в настоящее время предлагают рассматривать как возможные факторы образования светлых кислых элювиальных горизонтов (лессиваж, кислотный гидролиз и глееобразование) только глееобразование является реальным фактором возникновения подзолистых горизонтов и подзолистых почв. В частности, это положение подтверждается следующими фактами. В песчаных почвах полесий содержание ила ничтожно мало, и оно не определяет цвет поверхностных горизонтов. Кислотный гидролиз в аэробной среде также не может изменить цвет и гранулометрический состав поверхностных горизонтов, поскольку в этом случае гидроксидные железистые оболочки минеральных зерен (т. е. их кутаны) не подвергаются растворению. Вместе с тем глееобразование в застойно-промывном водном режиме на кислых, нейтральных и выщелоченных породах вызывает растворение и вынос практически всех металлов (т. е. вынос железа, марганца, алюминия, кальция, магния, титана, калия, натрия и других). В условиях глубокого анаэробноза эти элементы удерживаются в растворимом состоянии и выносятся за пределы почвенного профиля. При этом происходит относительное накопление кремнезема, деформация и разрушение алюмосиликатов и формирование подзолистого горизонта. В аэробной среде при промывном водном режиме действие фульватного гумуса на кислый минеральный субстрат недостаточно для формирования светлых кислых элювиальных (т. е. подзолистых) горизонтов. В таких условиях формируются только бурые почвы с недифференцированным профилем, поскольку естественное кислотное воздействие на минеральный субстрат недостаточно для растворения трехвалентного железа в

аэробных условиях и его выноса за пределы почвенного профиля. Показано, что механизм образования подзолистых горизонтов на песках и суглинисто-глинистых отложениях идентичен. Независимо от гранулометрического состава пород под влиянием глееобразования в условиях застойно-промывного водного режима всегда происходит вынос металлов, накопление кремнезема, снижается рН и т. д. Почва деградирует. Этот процесс имеет место в различных сферах деятельности человека – аграрном производстве, дренаже, ирригации, дорожном строительстве, горной промышленности.

Проблема защиты лесов от пожаров в последние десятилетия приобрела исключительно важное значение для полесских ландшафтов Нечерноземной зоны России. Однако нельзя не признать, что в последнее время резко сократилось внимание к охране этого важнейшего природного ресурса страны. Полесья существенно отличаются от многих других ландшафтов Нечерноземья тем, что здесь присутствует ряд факторов, способствующих возникновению пожароопасной ситуации на значительных территориях. Это, во-первых, большая залесенность территории. Во-вторых, абсолютное преобладание светлохвойных сосновых легко воспламеняющихся лесов и присутствие обширных массивов осушаемых органических (торфяных) почв. В-третьих, существенная пестрота почвенного покрова и присутствие в нем ксероморфных островов, приуроченных к ареалам бурых и бурых оподзоленных почв. В-четвертых, почвы ксероморфных островов отличаются от всех других почв полесий тем, что они на протяжении почти всего теплого периода года практически независимо от осадков обладают влажностью в интервале от влажности завядания до влажности разрыва капиллярной связи в горизонтах профиля мощностью 150–180 см, отличаются более высокой температурой и поэтому являются потенциальными очагами вероятного возгорания. В-пятых, в полесьях обычно пожары в лесах сопровождаются пожарами на болотах. При этом наиболее интенсивные и опасные пожары происходят на осушаемых торфяных почвах, приуроченных к самотечным осушительным системам. В-шестых, пожары лесов и торфяных почв в условиях полесских ландшафтов следует рассматривать как системное, взаимосвязанное явление, способное поддерживать непрерывное состояние горения как в лесах, так и на болотах.

Иными словами, пламя горящего леса в виде искр, миграции огня по поверхностным корням в межень может вызвать пожар на болоте (прежде всего на осушаемых торфяных почвах), а с горящего болота те же источники горения могут поступать в леса, вызывая опустошительные пожары. Эта взаимно поддерживаемая система (пожар леса ↔ пожар торфяных почв) может сохраняться, пока она не будет разрушена противопожарными действиями человека или до тех пор, пока в лесу и на торфянике не останется способного к горению органического материала.

Лесные пожары приводят не только к уничтожению древесной растительности, но и оказывают существенное негативное влияние на почвенный покров в зоне пожаров. Это проявляется в уничтожении лесной подстилки, глубоком нарушении биоценотического равновесия, изменении рН и разложении алюмосиликатов поверхностных горизонтов. Лесные пожары трансформируют не только гидротермический режим почв и приземных слоев атмосферы, но и микрорельеф почв.

Обязательным условием аграрного использования торфяных почв является их осушение. Оно обеспечивает такой режим грунтовых вод, при котором становится возможным возделывание на дренированных гидроморфных органогенных почвах широкого набора сельскохозяйственных культур. Дренаж почв, их осушение – важное достижение человечества, столь же древнее, как и само земледелие. Оно позволило освоить новые обширные территории в зонах избыточного увлажнения Земли. Кроме вовлечения в аграрное производство значительных площадей, осушение изменило экологическую и экономическую обстановку жизни людей, улучшило условия их местообитания. Исчезли многие болезни, сократились наводнения, возникли новые коммуникации, поселения, экономические связи. Осушение почв создало фундамент цивилизации в странах Средней и Северной Европы.

Однако одновременно с началом работы дренажных систем, как только из пор торфяных почв исчезала гравитационная влага, так немедленно, практически синхронно в профиле почв происходила смена субкавальных анаэробных условий на аэробные. Накопление торфа сменялось его окислением и распадом. Положительный баланс углерода в торфяных почвах, существовавший на протяжении многих тысячелетий, замещался отрицательным. В результате возник процесс безвозвратной потери органического вещества, т. е. гидротермической деградации торфяных почв. Очевидно, этот процесс был обусловлен изменением только одного фактора – гидротермического режима почв и в первую очередь трансформацией режима грунтовых вод болотных массивов.

При этом гидротермическая деградация торфяных почв всегда приобретала катастрофический характер тогда, когда в качестве основного приема осушения низинных торфяных болот в условиях полесий использовали способ самотечного осушения с помощью глубоких каналов (4–5 м), врезанных в водоносный песок. Такой дренаж обеспечивал стабильное понижение уровня грунтовых вод на осушаемых массивах на глубины, близкие к глубинам самих каналов, и отрыв капиллярной каймы от

органогенных горизонтов почвенного профиля. Сброс гравитационной влаги вызывал уменьшение теплоемкости, повышение температуры и, как следствие, интенсификацию окисления и распада органического вещества. В этом случае возникают наиболее благоприятные условия для развития интенсивной гидротермической деградации торфяных почв.

Следует, однако, подчеркнуть, что этот процесс проявляется не только при глубоком, но и при нормальном осушении, например тогда, когда в период летней межени происходит общее понижение уровня грунтовых вод в ландшафте. В этом случае, так же как и при глубоком осушении, возможен отрыв капиллярной каймы от нижней кровли торфяной залежи, переход почв в условия стихийного водного режима и максимальный распад органического вещества торфа. В таких условиях гидротермическая деградация почв получает наиболее полное развитие. Она способна вызвать быструю сработку торфяных горизонтов органогенных почв и оказаться причиной выхода на дневную поверхность подстилающих минеральных оглеенных пород. Этот процесс в зависимости от интенсивности дренажа, характера сельскохозяйственного использования почв, их мощности, климата и других факторов может продолжаться многие десятилетия, реже – столетия.

Гидротермическая деградация опасна тем, что она обуславливает возникновение и другого, не менее актуального процесса деградации, который может в короткий срок, определяемый не годами и десятилетиями, а всего лишь несколькими днями, полностью уничтожить торфяные почвы, лишить значительные земельные массивы их плодородия и возможности последующего сельскохозяйственного использования. Гидротермическая деградация оказывается прелюдией пирогенной деградации торфяных почв, наиболее экстремальной формой их деградационной трансформации. Последняя проявляется в опустошительных пожарах, частично или полностью уничтожающих эти почвы. При этом тотальное выгорание торфяных почв наблюдается преимущественно на осушенных сельскохозяйственных территориях полесских ландшафтов при относительно небольшой мощности торфа (1–2 м). Частичное сгорание органогенной залежи чаще происходит на неосушенных торфяных массивах при относительно близком залегании грунтовых вод к дневной поверхности. Эта форма пирогенной деградации может иметь место и на осушенных массивах на мощных торфяных залежах.

Процесс пирогенной деградации торфяных почв получил особенно широкое распространение в конце прошлого и в начале XXI в., когда на территории СССР были созданы осушительные системы с самотечным глубоким осушением, а также тогда, когда в 90-е годы XX столетия пришла в глубокий упадок служба эксплуатации мелиоративных систем.

Итак, сгорание осушенных торфяных почв в результате пожаров надо рассматривать как национальное экстремальное экологическое бедствие, поскольку при этом происходят полное выгорание органического вещества торфа и невозполнимая тотальная ликвидация почвенного покрова. Это бедствие приобрело хронический характер. Пожары органических почв случаются ежегодно, а их ареал приобретает определенную тенденцию к существенному увеличению. Причины такой тенденции обусловлены двумя факторами. Во-первых, отсутствием возможности активного регулирования уровней грунтовых вод на самотечных осушительных системах в период летне-осенней межени из-за их конструктивных особенностей. Во-вторых, недостаточно оперативным регулированием уровней грунтовых вод в межженный период на польдерных системах, отрывом капиллярной каймы от торфяной залежи.

По нашим наблюдениям, пожары и полное выгорание торфа на массиве «Макеевский мыс» начались тогда, когда грунтовые воды оказались на 0,5–1,0 м ниже торфяной залежи. Это стало достаточным для интенсивного иссушения торфяных почв. Вместе с тем опасность возникновения и широкого распространения такой деградационной гидрологической ситуации на массивах осушения становится практически повсеместной из-за исчезновения единой и грамотной службы эксплуатации польдерных систем, а также в связи с прекращением работ по реконструкции осушительных систем с целью применения регулируемого шлюзования.

Третьей причиной пожаров следует признать повсеместное отсутствие адекватной культуры земледелия на всех осушенных торфяных почвах России. Последнее определяется тем, что на всем пространстве страны торфяные почвы после осушения используют в условиях черной культуры, при которой поверхность торфа не защищена от возгорания, поэтому в середине лета и осенью здесь часто горит поверхностный высушенный слой торфа. Это явление усугубляется отсутствием травопольных севооборотов с высокой насыщенностью полями многолетних трав, ограниченным использованием этих почв в качестве сенокосов, других зеленых угодий. Существенно и то, что в России сегодня на всех осушенных торфяных почвах нет ни одного гектара органических почв, используемых в производстве в условиях покровной культуры земледелия. Как известно [422], в этом случае торфяные почвы перекрывают слоем песка мощностью 14–16 см, исключая, таким образом, возможность их поверхностного возгорания.

Вместе с тем защитная культура земледелия на осушенных торфяных почвах повсеместно принята в Германии и других странах. Целесообразность ее применения подтверждают и наши наблюдения. Все это позволяет признать, что реальная опасность уничтожения торфяных почв в результате пожаров угрожает практически всем массивам осушения Российской Федерации. Она особенно существенна в полесьях. Эта ситуация в настоящее время усугубляется не только низкими уровнями эксплуатации осушительных систем и земледелия на осушенных торфяных почвах, но и организационно-хозяйственными причинами.

В результате сгорания плодородных осушаемых торфяных почв на их месте на сотнях и тысячах гектаров бывших сельскохозяйственных угодий возникают пирогенные образования, различные по своим морфологическим, химическим и другим свойствам, но обладающие двумя общими характерными особенностями. Все они отличаются, во-первых, низким плодородием и, во-вторых, почти повсеместно вторичным заболачиванием, поскольку в их ареалах дневная поверхность после сгорания торфа опускается на 70–100 см и более. Существенно и то, что устранить заболаченность пирогенных образований полесий и пойм путем их дополнительного дренирования практически невозможно потому, что ареалы пожарищ обычно мелкими контурами инкрустированы в крупные массивы полнопрофильных плодородных, не затронутых пожарами торфяных почв. В этом случае понижение уровня грунтовых вод с помощью дренажа на заболоченных пирогенных образованиях на песках вызывает общее понижение уровня грунтовых вод на всем массиве. В результате возникают благоприятные условия для дальнейшего распространения пожаров на всей мелиорированной территории, поэтому их использование в настоящее время может иметь лишь экстенсивный характер.

В перспективе в этом случае пирогенные образования следует рассматривать как территории преимущественно луговых угодий низкой продуктивности. Вместе с тем они нередко образуют непригодные для любого сельскохозяйственного использования массивы. При данном их состоянии затруднена возможность применения механизированного ухода, обработки и уборки урожая трав из-за близкого стояния грунтовых вод. Интенсивное использование таких пирогенных образований предполагает выполнение значительных рекультивационных работ, связанных с подъемом поверхности минеральных почв путем землевания, созданием плодородных пахотных горизонтов, активным регулированием уровня грунтовых вод, выполнением других обязательных мероприятий. Рекультивация потребует привлечения крупных финансовых инвестиций.

Учитывая опасные последствия гидротермической деградации торфяных почв и их уничтожения в результате пирогенной деградации, в настоящее время на осушенных полнопрофильных поверхностно-деградированных торфяных почвах необходимо прежде всего предусмотреть выполнение первоочередных достаточно простых и очевидных профилактических защитных мероприятий, направленных на их сохранение в условиях положительного или, по крайней мере, нейтрального баланса углерода. Такое состояние может быть достигнуто, если органогенные почвы используют:

- в условиях лугового типа водного режима при двустороннем его регулировании и применении субиригации. Иными словами, мелиоративные системы должны быть системами двустороннего регулирования водного режима, обеспечивающими сброс паводковых вод после затопления весной и подъема воды в период летней межени;

- в системе травопольных севооборотов с высокой насыщенностью травами (до 4 полей из 5) или (при мощности торфа 1,5 м и менее) в качестве зеленых угодий (сенокосов, лугов, долговременных культурных пастбищ и др.);

- при регулярном внесении органических и минеральных удобрений, систематической заправке соломы и пожнивных остатков, известковании при низких значениях рН.

Эта система профилактических мероприятий выработана длительной практикой аграрного производства на осушенных торфяных почвах [437, 422, 347, 275, 100, 336]. Но, кроме этих трех мероприятий, существует четвертая группа приемов по защите торфяных почв от возгорания. К ним относятся смешанное, покровное пескование и немецкая песчаная смешанно-слоистая культуры пескования на осушаемых торфяных почвах. Их действие носит многофакторный характер: они защищают почвы от пожаров и пирогенного уничтожения; способствуют существенному повышению урожая, особенно в северных регионах; увеличивают несущую способность торфяных почв; снижают вынос массы торфа с полей с урожаем и на колесах транспортной и обрабатывающей техники; уменьшают засоренность полей. При этом полагают, что пескование ускоряет распад органического вещества торфа лишь пахотного горизонта, но зато защищает органическое вещество нижних мощных подпахотных горизонтов от ускоренной сработки до простых окислов – воды, нитратов и диоксида углерода. Эта точка зрения, как показали наши исследования, справедлива лишь частично, в том смысле, что внесение песка действительно ускоряет разложение органического вещества пахотных горизонтов осушенных торфяных почв.

В результате исследований было установлено новое, ранее неизвестное явление. Обнаружено, что внесение песка существенно повышает температуру не только верхнего, но и всех других слоев почвенного профиля, а также грунтовых вод. Это способствует оптимизации жизнедеятельности аэробной микрофлоры как в поверхностных, так и в глубоких горизонтах торфяных почв, интенсификации их целлюлозолитической, протеолитической активности, накоплению в профиле диоксида углерода. Прямые наблюдения за темпами биохимического распада органического вещества показали, что не только в пахотных, но и в более глубоких слоях почвенного профиля внесение песка стимулирует процесс активного биохимического разложения торфа по всему профилю почв. В результате внесения песка темпы разложения органического вещества всего профиля торфяных почв не уменьшаются, а, напротив, достоверно и существенно (на 20–50 %) по сравнению с контролем (черной культурой) возрастают в зависимости от способа пескования.

В связи с этим следует подчеркнуть, что мониторинг разложения органического вещества осушенных торфяных почв должен осуществляться на основе прямого определения темпов его биохимического распада. Отметим, в частности, что оценка интенсивности распада торфа по эмиссии CO_2 в атмосферу не отражает реальных темпов сработки органического вещества осушаемых торфяных почв. Балансовые расчеты показывают, что эмиссия на порядок ниже реальных потерь. С учетом этого нами было высказано предположение о том, что основной поток диоксида углерода, возникающий при распаде органического вещества торфа, направлен не в атмосферу, а вниз, к холодному фронту грунтовых вод, температура которых даже летом в вегетационный период не превышает 7–9 °С. Таким образом, поток углекислого газа, образовавшийся при распаде органического вещества торфа, в почвенном профиле в основном движется по градиенту уменьшающихся температур.

В связи с изложенным оправдана постановка вопроса о целесообразности применения песчаных культур земледелия при сельскохозяйственном освоении осушенных торфяных почв. Если исходить из того, что торфяные почвы следует всегда использовать в условиях лугового типа водного режима при повышенном залегании грунтовых вод для возделывания, главным образом, многолетних трав с высоким водопотреблением, то в этом случае применение смешанной и покровной культур земледелия представляется оправданным решением. Многолетние травы способны на фоне лугового типа водного режима в значительной мере компенсировать потерю углерода и сдерживать распад органического вещества. В результате существенно сократятся потери торфа из-за гидротермической деградации, а также ветровой эрозии. Но, кроме того, внесение песка в таких условиях ослабит или исключит возможность поверхностной пирогенной деградации осушенных торфяных почв. Использование песчаных культур земледелия в условиях лугового типа водного режима при близком залегании к поверхности грунтовых вод окажется оправданным не только потому, что резко уменьшится интенсивность распада и опасность возгорания осушаемых торфяных почв, но и потому, что проявятся их другие положительные свойства – повысится несущая способность почв, уменьшится механический вынос торфа, засоренность, будут созданы благоприятные условия для повышения продуктивности сельского хозяйства.

Необходимо признать, что в дальнейшем может быть обоснована целесообразность более дифференцированного использования осушенных торфяных почв в условиях песчаных культур земледелия. При этом основой сельскохозяйственного производства останутся травопольные севообороты, в состав которых будут включены поля кормовых или продовольственных культур. Их размещение, по-видимому, наиболее целесообразно в условиях покровной культуры земледелия на фоне лугового типа водного режима почв. Очевидно, при этом будет нужен постоянный контроль за основными элементами гидротермического режима, биологической активностью и темпами биохимического разложения органического вещества торфяных почв – основными показателями их мониторинга.

На таком фоне песчаные культуры земледелия окажутся важным условием неопределенно долгого сохранения и использования торфяных почв в земледелии, получения значительных масс сельскохозяйственной продукции, их эффективной защиты от опасных последствий гидротермической и пирогенной деградации.

Наряду с рассмотрением профилактических мероприятий по экологической защите органогенных почв от деградации в монографии впервые существенное внимание уделено рекультивации пирогенных образований. Показано, что эффективность восстановительных приемов и состав необходимых мероприятий по оптимизации свойств и режимов пирогенных образований тесно связаны с их химическими и физическими свойствами, генезисом и составом подстилающих пород, проектируемым использованием территории, природными особенностями ландшафта. Их рекультивация является самым нужным фактором восстановления благоприятных экологических условий, нарушенных опасной деятельностью человека.

Оценивая возможные пути хозяйственного использования торфяных почв, деградированных в результате воздействия пожаров, следует отметить четыре возможных направления их реализации. Во-первых, следует признать что торфяные почвы, затронутые пожарами, но сохранившие плодородие, не требуют специальных мероприятий по рекультивации. Такие почвы после механического перемешивания их верхнего зольного и подстилающего торфяного слоев могут быть вовлечены в производство трав, кормовых и продовольственных культур. Эти почвы могут успешно использоваться в земледелии на фоне перечисленных приемов их защиты от деградации. Во-вторых, в отличие от пирогенно измененных торфяных почв пирогенные образования в условиях экстенсивного земледелия можно использовать только как луга невысокого качества для производства грубых кормов, часто в условиях, исключающих механизированный уход и уборку урожая. Третий путь их вовлечения в хозяйственный оборот связан с интенсивным использованием пирогенных образований после выполнения сложных рекультивационных работ, требующих значительных капитальных вложений. В этом случае необходимы землевание, реконструкция дренажа, внесение значительных масс органических и минеральных удобрений, формирование плодородного почвенного покрова. После рекультивации такие почвы могут быть использованы для возделывания всех районированных сельскохозяйственных культур. Наконец, в-четвертых, территории, занятые пирогенными образованиями, можно использовать в других областях народного хозяйства. В частности, здесь возможна организация охотничьих угодий и объектов туристического рыболовства, создание рыбохозяйственных прудов, ферм для выращивания водоплавающей птицы, а также посадка корзиночной ивы для кустарного производства плетеной мебели и других изделий, организация плантаций быстрорастущих древесных растений для последующего использования на топливо.

В заключение следует подчеркнуть, что полесские ландшафты обладают исключительно благоприятными природными особенностями для жизни человека, развития многих направлений его производительной деятельности в области лесного, сельского и водного хозяйства, индустрии. Трудно переоценить рекреационное и медицинское значение многих полесий, создающих огромные потоки воздуха, насыщенного ароматом сосновых лесов в непосредственной близости от крупнейших индустриальных центров страны. Именно поэтому следует всегда помнить о том, что реализация этих возможностей предполагает, прежде всего, бережное отношение к минеральным и торфяным почвам, сохраняющим целостность и эффективное функционирование уникальных природно-исторических образований – полесских ландшафтов таежной и лесостепной зон страны.

Эта книга создана авторами на основе собственных исследований свойств, режимов и мелиоративных особенностей минеральных и торфяных почв Европейских полесий. В разные годы в этих работах принимали участие под руководством автора почвоведы проектно-изыскательского института Росгипроводхоз, студенты, аспиранты и сотрудники кафедры физики и мелиорации почв факультета почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова. На основе всех этих полевых, экспериментальных и модельных исследований, обобщения известного отечественного и зарубежного опыта написана настоящая монография. Если в какой-то мере эта книга будет способствовать пониманию специфики почв полесий, деградационных трансформаций их свойств, режимов и агроэкологических особенностей, возникающих в результате неадекватных антропогенных изменений гидрологического режима почв, если окажутся очевидными способы защиты торфяных почв и лесных массивов на минеральных почвах от пожаров и пирогенной деградации, наконец, если будут приняты рациональные способы мелиорации минеральных и торфяных почв полесских ландшафтов и их сельскохозяйственного использования, то мы можем считать свою задачу выполненной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абатуров, А. М. Полесья Русской равнины в связи с проблемой их освоения / А. М. Абатуров. – М., 1968.
2. Абатуров, А. М. Природные особенности границ физико-географических областей Русской равнины на примере полесий / А. М. Абатуров // Жизнь земли : сб. Музея земледования МГУ. – № 2. – М., 1964.
3. Абрамова, М. М. Материалы к характеристике подзолистых и дерново-подзолистых почв / М. М. Абрамова. – М.: АН СССР, 1961. – С. 209–258.
4. Аверьянов, С. Ф. Глубокое осушение низинных болот / С. Ф. Аверьянов, Д. Я. Юневич, В. М. Игнатьева // Гидротехника и мелиорация. – 1960. – № 5. – С. 24–36.
5. Агрохимическое картографирование почв. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 155 с.
6. Агрохимия / Б. А. Ягодин, П. М. Смирнов, А. В. Петербургский [и др.] ; под ред. Б. А. Ягодина. – 2-е изд. перераб. и доп.. – М.: Агропромиздат, 1989. – 639 с.
7. Агрэкологическая группировка и картографирование пахотных земель для обоснования адаптивно-ландшафтного земледелия : метод. рек. / под ред. Л. Л. Шишова. – М.: РАСХН, Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 1995. – 76 с.
8. Агрэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий : метод. рук. / под ред. В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова. – М.: Росинформгротех, 2005. – 794 с.
9. Айдаров, И. П. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель / И. П. Айдаров, А. И. Голованов, Ю. Н. Никольский. – М.: Агропромиздат, 1990. – 59 с.
10. Алексеев, Е. Д. Зеленый конвейер на осушенных торфяниках / Е. Д. Алексеев. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 80 с.
11. Алексеев, Е. Д. Использование осушенных торфяных почв / Е. Д. Алексеев. – М.: Россельхозиздат, 1981. – 61 с.
12. Алексеев, Е. Д. Овоще-кормовые севообороты на торфяных почвах / Е. Д. Алексеев // Проблемы сельскохозяйственного освоения торфяных месторождений : сб. науч. тр. ЦТБОС. – М., 1982. – Вып. 6. – С. 74–83.
13. Алексеев, Е. Д. Урожайность многолетних злаковых трав и качество корма на торфяных почвах низинного типа / Е. Д. Алексеев // Проблемы сельскохозяйственного освоения торфяных месторождений : сб. науч. тр. ЦТБОС. – М., 1987. – Вып. 8. – С. 23–31.
14. Алексеев, Е. Д. Эффективность овоще-кормовых севооборотов на торфяных почвах низинного типа в условиях Яхромской поймы / Е. Д. Алексеев // Докл. науч. конф. по использованию торфа и торфяных земель в сельском хозяйстве (к 50-летию Центральной торфо-болотной опытной станции). – М.: Россельхозиздат, 1974. – С. 79–85.
15. Алексеев, Е. Д. Белокочанная капуста на торфяных почвах / Е. Д. Алексеев, Н. А. Мочалов // Научные труды ЦТБОС. – М.: Россельхозиздат, 1973. – Вып. 2. – С. 74–79.
16. Алексеева, Ю. С. Улучшение теплового режима почв Мурманской области / Ю. С. Алексеева, В. В. Колотовский, Г. А. Малышева // Мелиорация сезонно-мерзлотных почв. – Л.: СевНИИГиМ, 1981. – С. 111–119.
17. Апарин, Б. Ф. Особенности почвообразования на двучленных породах северо-запада Русской равнины / Б. Ф. Апарин, Е. В. Рубилин. – Л.: Наука, 1975. – 195 с.
18. Апарин, Б. Ф. Картографические структуры почвенного покрова – основа рационального использования почвенных ресурсов / Б. Ф. Апарин [и др.] // Актуальные вопросы изучения почв и почвенного покрова Нечерноземной зоны : науч. тр. Почв ин-та им. В. В. Докучаева. – М., 1984. – С. 114–122.
19. Аринушкина, Е. В. Химическая природа и условия образования ортзанда / Е. В. Аринушкина // Ученые записки МГУ. – 1937. – Вып. 27. Почвоведение. – С. 169–208.
20. Арцыбашев, Е. С. Техническое решение лесопожарной проблемы / Е. С. Арцыбашев // Борьба с лесными пожарами : сб. трудов СПбНИИПХ. – СПб., 1998. – С. 5–15.
21. Атлас Калининской области. – М.: ГУГК, 1964. – 34 с.
22. Балабко, П. Н. Влияние осушительно-оросительной мелиорации на СПП аллювиальных почв Москворецкой поймы / П. Н. Балабко, Е. А. Стыцина // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – М., 1988. – Вып. 47. – С. 15–16.
23. Баландин, Р. К. Полигоны смерти? Сделано в СССР / Р. К. Баландин. – М.: Вече, 2012. – 390 с.

24. Бамбалов, Н. Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения / Н. Н. Бамбалов // Наука и техника. – Минск, 1984. – 74 с.
25. Бамбалов, Н. Н. Проблема сохранения органического вещества мелиорированных торфяных почв Полесья / Н. Н. Бамбалов // Проблемы полесья. Наука и техника. – Минск, 1982. – Вып. 8. – С. 196–203.
26. Банила, С. С. Деградация осушенных земель и их потенциальное плодородие / С. С. Банила // Почвы и их плодородие на рубеже столетий : материалы II съезда Белорус. о-ва почвоведов. – Минск, 2001. – Кн. 3. – С. 12–14.
27. Барановский, А. З. Влияние использования торфяно-болотных почв на сработку торфа и урожай сельскохозяйственных культур / А. З. Барановский // Почвоведение. – 1981. – № 2. – С. 105–116.
28. Барсуков, А. И. К вопросу пескования органогенных почв / А. И. Барсуков, В. П. Трибис // Вестник с.-х. науки. – 1973. – № 2. – С. 68–72.
29. Басевич, В. Ф. Эволюция СПП на начальных стадиях сельскохозяйственного освоения подзолистых почв / В. Ф. Басевич, В. Н. Бганцов, И. Б. Макаров // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – М., 1988. – Вып. 47. – С. 12–13.
30. Белковский, В. И. Использование и охрана торфяных комплексов в Беларуси и Польше / В. И. Белковский [и др.]. – Минск: Хата, 2002. – 280 с.
31. Белковский, В. И. Улучшение свойств торфяных почв / В. И. Белковский // Научно-технический прогресс и развитие производства. – Минск: Ураджай, 1982. – С. 112–118.
32. Белковский, В. И. Плодородие и использование торфяных почв / В. И. Белковский, В. М. Горошко. – Минск: Ураджай, 1991. – 295 с.
33. Белковский, В. И. Внесение песка в осушенную торфяную почву / В. И. Белковский, Д. Б. Даутина, Г. И. Лашкевич // Земледелие. – 1978. – № 9. – С. 63–64.
34. Белковский В. И. Повышение плодородия и рациональное использование торфяных почв / В. И. Белковский, В. П. Зоткин. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 126 с.
35. Белковский В. И. Структурная мелиорация торфяно-болотных почв / В. И. Белковский, В. С. Казаков. – М.: Колос, 1973. – 176 с.
36. Белковский, В. И. Основные положения охраны и рационального использования торфяных почв / В. И. Белковский // Окультуривание и сельскохозяйственное использование торфяных почв и выработанных торфяников : науч. тр. КЛБОС. – Калинин, 1983. – С.134–140.
37. Белобров, В. П. Варьирование некоторых химических и морфологических свойств дерново-подзолистых почв в пределах элементарных почвенных ареалов и классификационных групп / В. П. Белобров // Почвенные комбинации и их генезис. – М.: Наука, 1972. – С. 115–123.
38. Белова, И. В. Огнетушитель лесной самоходный ОЛС-200 / И. В. Белова, И. В. Сафроненко // Труды СПб НИИЛХ. – СПб., 1998. – С. 107–109.
39. Белова, И. В. Прогноз продуктивности сельхозугодий Барабинской низменности с использованием ГИС-технологий / И. В. Белова, Л. В. Кирейчева, М. Т. Устинов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2008. – № 1. – С. 28–30.
40. Беневоленский, И. И. Обзор работ Архангельского болотного опытного поля / И. И. Беневоленский // Труды Архангельского болотного опытного поля. – 1931. – Вып. 1. – С. 17–25.
41. Берш, В. Руководство по культуре болот / В. Берш. – СПб., 1912. – 254 с.
42. Благодатская, Е. В. Активность и биомасса почвенных микроорганизмов в изменяющихся условиях окружающей среды // Е. В. Благодатская, М. В. Семенов, А. В. Якушев. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. – С. 61–65.
43. Брезгунов, В. С. Осушение и качество вод мелиорируемых территорий / В. С. Брезгунов, В. А. Окулик // Проблемы Полесья. – Минск, 1984. – Вып. 9. – С. 266–274.
44. Бронзов, А. Я. Верховые болота Нарымского края (бассейн р. Васюгана) / А. Я. Бронзов // Труды НИИ торфяной пром-сти. – Вып. 3. – М.: Всесоюз. объединение торф. пром., 1930. – 100 с.
45. Брудастов, А. Д. Мелиорация минеральных и заболоченных земель / А. Д. Брудастов. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 444 с.
46. Булавко, А. Г. Методические рекомендации по определению размеров зоны влияния мелиоративных систем на уровень грунтовых вод прилегающих земель / А. Г. Булавко, К. Ф. Янковский. – Минск: ЦНИИКИВР Минводхоза СССР, 1977.
47. Бурак, Ю. К. Кормопроизводство на торфяных почвах Яхромской поймы / Ю. К. Бурак // Научные труды ЦТБОС. – М.: Россельхозиздат, 1973. – Вып. 2. – С. 105–126.
48. Бурматов, И. М. Влияние пескования и минования на изменение агрохимических свойств торфяно-болотных почв и урожай сельскохозяйственных культур / И. М. Бурматов, И. М. Емельянова, М. П. Петрова // Осушение и освоение заболоченных земель. – Л., 1974. – С. 36–41.

49. Бутенко, В. А. К характеристике дерново-подзолистых почв Житомирского полесья в связи с их оглеением / В. А. Бутенко // Тр. молодых ученых Укр. с-х. академии. – Киев, 1963.
50. Вавуло, Ф. П. Изменение микробиологических процессов в заболоченных почвах в связи с их окультуриванием / Ф. П. Вавуло, Е. Н. Воробьева, Н. Н. Плоткина // Динамика микробиологических процессов в почве и обуславливающие ее факторы : материалы симпозиума (Таллин, 4–5 сент. 1974). – Таллин: АН ЭССР, 1974. – 4.2. – С. 42–45.
51. Вагнер, Б. Б. Геология, рельеф и полезные ископаемые Московского региона : учеб. пособие по курсу «География и экология Московского региона» / Б. Б. Вагнер, Б. О. Манучарянц. – М., 2003. – 81 с.
52. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: МГУ, 1986. – 416 с.
53. Васильев, И. С. Водный режим подзолистых почв / И. С. Васильев // Труды Почвенного института АН СССР. – М.; Л., 1950. – Т. 32.
54. Виленский, Д. Г. Почвенный покров Мещерской низменности и задачи повышения плодородия почв / Д. Г. Виленский // Осушение и освоение земель Мещерской низменности. – М.: Сельхозгиз, 1955.
55. Виленский, Д. Г. Систематическое описание почв Мещерской низменности / Д. Г. Виленский [и др.] // Исследование природных условий сельского хозяйства Мещерской низменности. – М.: Изд-во МГУ, 1961. – С. 29–35.
56. Вильямс, В. Р. Почвоведение / В. Р. Вильямс. – М.: Сельхозгиз, 1949. – Т. 2. – 539 с.
57. Вознюк, С. Т. Пескование и эффективное плодородие мелиорируемых торфяников / С. Т. Вознюк, В. А. Оленевич, Д. В. Лыко // Вестник с.-х. науки. – 1978. – № 10. – С. 117–123.
58. Волков, С. Г. Изменение свойств дерново-подзолистых почв при окультуривании / С. Г. Волков // Почвоведение. – 1985. – № 3. – С. 55–61.
59. Вомперский, С. Э. Заболоченные органогенные почвы и болота России и запас углерода в их торфах / С. Э. Вомперский, А. И. Иванов, О. П. Цыганова [и др.] // Почвоведение. – 1994. – № 12. – С. 17–25.
60. Все о ГИС и их применении. – Режим доступа: <http://gistechinik.ru/publik.html> (дата обращения : 12.05.2019).
61. Высоцкий, Г. Н. Глей / Г. Н. Высоцкий // Почвоведение. – 1905. – № 4. – С. 291–327.
62. Высоцкий, Г. Н. О гидрологическом значении лесов для России / Г. Н. Высоцкий. – СПб., 1911.
63. Габбасова, И. М. Пирогенная деградация и рекультивация осушенных торфяных почв / И. М. Габбасова, Р. Р. Сулейманов // Гидроморфные почвы – генезис, мелиорация, использование : тез. докл. Всерос. конф. – М.: МГУ, 2002. – С. 50–54.
64. Гаель, А. Г. Пески и песчаные почвы / А. Г. Гаель, Л. Ф. Смирнова. – М.: Геос, 1999.
65. Гальченко, В. Ф. Метанотрофные бактерии / В. Ф. Гальченко. – М.: Геос, 2001. – 362 с.
66. Гвоздев, Р. И. Современные представления о структуре и функции метанмонооксигеназы / Р. И. Гвоздев, Н. П. Акентьева // Биохимия и физиология метилотрофов. – Пушкино, 1987. – С. 33–39.
67. Геммерлинг, В. В. Некоторые данные по характеристике подзолистых почв / В. В. Геммерлинг // Русский почвовед. – 1922. – Вып. 4–5.
68. Георгиевский, А. К вопросу о подзоле / А. Георгиевский // Материалы по изучению русских почв. – 1888. – Вып. 4. – С. 1–48.
69. Гетов, Л. В. Изменение водопроницаемости торфяно-болотных почв в результате их осушения / Л. В. Гетов // Труды Бел. НИИ мелиорации и водного хозяйства. – Минск, 1961. – Т. 8.
70. Глазова, З. И. Эффективность удобрений и способов их применения на гречихе / З. И. Глазова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 4 (20). – С. 121–124.
71. Глинка, К. Д. Деградация и подзолистый процесс / К. Д. Глинка // Почвоведение. – 1924. – № 3–4. – С. 29–39.
72. Глинка, К. Д. Почвоведение / К. Д. Глинка. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1932. – 598 с.
73. Головкин, Д. Г. Влияние осушения торфяных почв Мещерской низменности на их водно-воздушный и пищевой режимы / Д. Г. Головкин // Почвоведение. – 1972. – № 12. – С. 127–141.
74. Горшков, Л. А. 50 лет научно-исследовательской деятельности Центральной торфо-болотной опытной станции / Л. А. Головкин // Научные труды ЦТБОС. – М.: Россельхозиздат, 1973. – Вып. 2. – С. 6–16.
75. Градусов, Б. П. Минералы со смешаннослойной структурой в почвах / Б. П. Градусов. – М.: Наука, 1976. – 120 с.

76. Григорьев, Г. М. Изменение структуры почвенного покрова и свойств дерново-подзолистых почв при орошении // Г. М. Григорьев, А. С. Коновалова, М. Г. Шубина // Почвоведение. – 1983. – № 2. – С. 5–20.
77. Добров, С. А. Гидрогеологическое строение района Яхромского болотного опытного поля / С. А. Добров // Труды Яхромского болотного опытного поля. – М.: Моск. обл. упр. по с.-х. опыт. делу ; Моск. обл. с.-х. оп. ст., 1923. – Вып. 1. – С. 31–47.
78. Докучаев, В. В. О подзоле / В. В. Докучаев // Труды Вольного экономического общества. – 1889. – Т. 1. – Вып. 2. – С. 142–150.
79. Докучаев, В. В. О пользе изучения местной номенклатуры русских почв (1886) / В. В. Докучаев // Собр. соч. – М.; Л.: АН СССР, 1953. – Т. 7. – С. 332–340.
80. Докучаев, В. В. Способы образования речных долин Европейской России (1878) / В. В. Докучаев // Собр. соч. – М.; Л.: АН СССР, 1949. – Т. 1. – С. 113–255.
81. Докучаев, В. В. Избранные сочинения / В. В. Докучаев. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1954. – 708 с.
82. Донских, И. Н. О режиме влажности на торфяно-болотных почвах при осушении закрытым дренажем и открытой сетью глубоких каналов / И. Н. Донских, В. И. Шаповалова // Труды Великолукского с.-х. ин-та. – 1970. – Вып. 10. – С. 101–108.
83. Дорофеев, А. А. Легенда ландшафтной карты Тверской области / А. А. Дорофеев, С. А. Логинов. – М.: ГУГК, 1990.
84. Дубровина, И. В. Историко-эволюционные аспекты в моделировании плодородия почвенного покрова на примере Владимирского ополья / И. В. Дубровина // Тез. докл. 8-го Всесоюз. съезда почвоведов. – Новосибирск, 1989. – Кн. 3. – С. 87–89.
85. Дэвис, В. М. Геоморфологические очерки : пер. с англ. / В. М. Дэвис ; под ред. С. Ю. Геллера, Ю. А. Мещерякова, О. К. Парчевского. – М., 1962. – 455 с.
86. Дюшофур, Ф. Основы почвоведения и эволюция почв / Ф. Дюшофур. – М.: Прогресс, 1970. – 592 с.
87. Елагин, И. Н. Температура почвы в сосняках лесной зоны в различные периоды года / И. Н. Елагин, В. Ф. Изотов // Почвоведение. – 1968. – № 6. – С. 138–142.
88. Емельянова, И. М. Повышение плодородия торфяных почв / И. М. Емельянова, Г. А. Малышева, М. П. Петрова. – Л.: Колос, 1981. – 94 с.
89. Ерхов, Н. С. Мелиорация земель / Н. С. Ерхов, Н. И. Ильин, В. С. Мисенев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1991. – 319 с.
90. Ефимов, В. Н. Торфяные почвы и их плодородие / В. Н. Ефимов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 264 с.
91. Ефимов, В. Н. Торфяные почвы / В. Н. Ефимов. – М.: Агропромиздат, 1980. – 120 с.
92. Завалишин, А. А. Несколько наблюдений к познанию почв с близкими глеевыми горизонтами / А. А. Завалишин // Памяти академика К. Д. Глинки. – М.; Л.: АН СССР, 1928.
93. Загурский, М. В. Влияние минеральных компонентов на водные свойства и влагозапасы торфяной почвы / М. В. Загурский, В. И. Белковский, Д. Б. Даутина // Труды Бел. НИИ мелиор. и вод. хозяйства. – 1975. – Вып. 23. – С. 147–154.
94. Зайдельман, Ф. Р. Генезис и проблемы классификации почв со светлыми кислыми элювиальными горизонтами / Ф. Р. Зайдельман // Почвоведение. – 2004. – № 2. – С. 233–242.
95. Зайдельман, Ф. Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов : учебник / Ф. Р. Зайдельман. – М.: КДУ, 2009. – 720 с.
96. Зайдельман, Ф. Р. Гидрологический режим почв Нечерноземной зоны / Ф. Р. Зайдельман. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 328 с.
97. Зайдельман, Ф. Р. Глубокое осушение низинных болот / Ф. Р. Зайдельман // Гидротехника и мелиорация. – 1960. – № 11. – С. 25–31.
98. Зайдельман, Ф. Р. Естественное и антропогенное переувлажнение почв / Ф. Р. Зайдельман. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 288 с.
99. Зайдельман, Ф. Р. Закономерности формирования светлых кислых элювиальных горизонтов в профиле почв. Диплом научного открытия № 37. Приоритет от 28 июня 1974 г. / Ф. Р. Зайдельман // Сб. научных открытий (краткое описание за 1995–1996 гг.). – М.: РАЕН и ААНО, 1997. – С. 14.
100. Зайдельман, Ф. Р. Защита почв от деградации / Ф. Р. Зайдельман // Аграрная наука. – 1986. – № 5. – С. 23–25.
101. Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация заболоченных почв Нечерноземной зоны РСФСР : справочная книга / Ф. Р. Зайдельман. – М.: Колос, 1981. – 168 с.
102. Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация почв / Ф. Р. Зайдельман. – 3-е изд. – М.: МГУ, 2003. – 448 с.

103. Зайдельман, Ф. Р. Методы эколого-мелиоративных изысканий и исследований почв / Ф. Р. Зайдельман. – М.: Колос, 2008. – 486 с.
104. Зайдельман, Ф. Р. Минеральные и торфяные почвы полесских ландшафтов : Генезис, гидрология, агроэкология, мелиорация, защита от пожаров торфяников и лесов, рекультивация / Ф. Р. Зайдельман. – М.: Красанд, 2013. – 440 с.
105. Зайдельман, Ф. Р. Определение объемного веса торфяных почв / Ф. Р. Зайдельман // Почвоведение. – 1955. – № 5. – С. 76–77.
106. Зайдельман, Ф. Р. Подзоло- и глееобразование / Ф. Р. Зайдельман. – М.: Наука, 1974. – 208 с.
107. Зайдельман, Ф. Р. Пожары на осушаемых торфяных почвах: результат, профилактика и рекультивация / Ф. Р. Зайдельман // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011б. – № 1. – С. 27–29.
108. Зайдельман, Ф. Р. Почвы полесий – генезис, гидрология, мелиорация и использование / Ф. Р. Зайдельман // Почвоведение. – 2001. – № 8. – С. 981–991.
109. Зайдельман, Ф. Р. Почвы полесий – гидрология, эколого-мелиоративная оценка и мониторинг / Ф. Р. Зайдельман // Эколого-экономические принципы эффективного использования мелиорированных почв : материалы конф. – Минск, 2000. – С. 12–16.
110. Зайдельман, Ф. Р. Принципы и опыт классификации минеральных почв гумидных ландшафтов по степени гидроморфизма и заболоченности / Ф. Р. Зайдельман // Почвоведение. – 1984. – № 2. – С. 5–14.
111. Зайдельман, Ф. Р. Процесс глееобразования и его роль в формировании почв / Ф. Р. Зайдельман. – М.: МГУ, 1998. – 300 с.
112. Зайдельман, Ф. Р. Режим и условия мелиорации заболоченных почв / Ф. Р. Зайдельман. – М.: Колос, 1975. – 317 с.
113. Зайдельман, Ф. Р. Рекомендации по диагностике степени заболоченности минеральных почв Нечерноземной зоны РСФСР и целесообразности их осушения : пособие ВСН-33-2.1-84 / Ф. Р. Зайдельман. – М.: Главнечерноземводстрой, 1987. – 96 с.
114. Зайдельман, Ф. Р. Рекомендации по защите торфяных почв от деградации и уничтожения при пожарах / Ф. Р. Зайдельман. – М.: Либроком / URSS, 2011. – 84 с.
115. Зайдельман, Ф. Р. Теория образования светлых кислых элювиальных горизонтов и ее прикладные аспекты / Ф. Р. Зайдельман. – М.: Красанд/URSS, 2010. – 240 с.
116. Зайдельман, Ф. Р. Эволюция мелиорируемых почв полесий и их агроэкологическая оценка / Ф. Р. Зайдельман // Доклады науч.-практ. конф. – Минск, 2007. – С.145–148.
117. Зайдельман, Ф. Р. Эколого-мелиоративное почвоведение гумидных ландшафтов / Ф. Р. Зайдельман. – М.: Агропромиздат, 1991. – 320 с.
118. Зайдельман, Ф. Р. Водный режим и генезис псевдофибровых и глеевых почв полесий / Ф. Р. Зайдельман, М. В. Банников // Почвоведение. – 1996. – № 10. – С. 1213–1221.
119. Зайдельман, Ф. Р. Пирогенные образования на месте осушенных сгоревших почв – свойства и плодородие / Ф. Р. Зайдельман, М. В. Банников, А. П. Шваров // Почвоведение. – 1999. – № 9. – С. 1150–1159.
120. Зайдельман, Ф. Р. Пожары на осушенных торфяных почвах – экологическое бедствие России / Ф. Р. Зайдельман, М. В. Банников, А. П. Шваров // Аграрная наука. – 1999а. – № 4. – С. 9–10.
121. Зайдельман, Ф. Р. Последствия пожаров на осушенных торфяных почвах / Ф. Р. Зайдельман, М. В. Банников, А. П. Шваров // Мелиорация и водное хозяйство. – 2001. – № 2. – С. 40–44.
122. Зайдельман, Ф. Р. Псевдофибры легких почв полесских ландшафтов разной степени гидроморфизма / Ф. Р. Зайдельман, М. В. Банников, А. П. Шваров // Почвоведение. – 1994. – № 10. – С. 19–29.
123. Зайдельман, Ф. Р. Структура и экологическая оценка пирогенных образований на сгоревших осушенных торфяных почвах / Ф. Р. Зайдельман, М. В. Банников, А. П. Шваров // Вестник МГУ. – Сер. 17. – Почвоведение. – 1998. – № 2. – С. 26–31.
124. Зайдельман, Ф. Р. Влияние разных способов внесения песка в осушенные торфяные почвы на их физические свойства / Ф. Р. Зайдельман [и др.] // Вестник МГУ. – Сер. 17. Почвоведение. – 2002. – № 1. – С. 33–39.
125. Зайдельман, Ф. Р. Водный режим и особенности мелиорации легких почв полесских ландшафтов / Ф. Р. Зайдельман, В. Г. Закс // Почвоведение. – 1972. – № 1. – С. 96–109.
126. Зайдельман, Ф. Р. Гидрологический режим, экологическая оценка и мелиорация незаболоченных и заболоченных подзолистых почв с ортзандовыми горизонтами / Ф. Р. Зайдельман, В. Г. Закс // Почвоведение. – 1969. – № 1. – С. 23–37.

127. Зайдельман, Ф. Р. Влияние разных способов пескования на биологическую активность и элементы газового режима осушенных торфяных почв / Ф. Р. Зайдельман [и др.] // Почвоведение. – 2001. – № 2. – С. 234–244.
128. Зайдельман, Ф. Р. Изменение свойств пирогенных образований и растительности на сторевших осушенных торфяных почвах / Ф. Р. Зайдельман, Д. И. Морозова, А. П. Шваров // Почвоведение. – 2003. – № 11. – С. 1300–1309.
129. Зайдельман, Ф. Р. Изменение химических свойств пирогенных образований после пожаров на осушенных низинных торфяных почвах / Ф. Р. Зайдельман, Д. И. Морозова, А. П. Шваров // Вестник МГУ. – Сер. 17. Почвоведение. – 2004. – № 1. – С. 25–29.
130. Зайдельман, Ф. Р. Растительность и почвообразование на пирогенных субстратах / Ф. Р. Зайдельман [и др.] // Почвоведение. – 2006. – № 1. – С. 19–29.
131. Зайдельман, Ф. Р. Аккумуляция железа в заболоченных почвах и продуктивность растений / Ф. Р. Зайдельман, Р. П. Нарокова // Почвоведение. – 1973. – № 10. – С. 23–31.
132. Зайдельман, Ф. Р. Глееобразование при застойном и промывном режимах в условиях лабораторного моделирования / Ф. Р. Зайдельман, Р. П. Нарокова // Почвоведение. – 1978. – № 3. – С. 42–53.
133. Зайдельман, Ф. Р. Генезис и диагностическое значение новообразований почв лесной и лесостепной зон / Ф. Р. Зайдельман, А. С. Никифорова. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 216 с.
134. Зайдельман, Ф. Р. Диагностика и эколого-гидрологическая оценка целесообразности дренажа дерново-подзолистых почв на двучленных отложениях / Ф. Р. Зайдельман, А. С. Никифорова // Почвоведение. – 1982. – № 10. – С. 81–89.
135. Зайдельман, Ф. Р. Диагностика степени гидроморфизма светло-бурых и дерново-подзолистых почв / Ф. Р. Зайдельман, А. С. Никифорова // Почвоведение. – 1986. – № 2. – С. 5–15.
136. Зайдельман, Ф. Р. Эколого-гидротермическая оценка пирогенноизмененных и дерново-измененных почв выработанных торфяных месторождений / Ф. Р. Зайдельман, С. В. Романов // Почвоведение. – 2007. – № 1. – С. 93–105.
137. Зайдельман, Ф. Р. Агрофизические особенности осушенных торфяных и минеральных почв Архангельской области и их изменения при песковании / Ф. Р. Зайдельман, Ю. И. Рыдкин, В. А. Агарков // Вестник МГУ. – Сер. 17. Почвоведение. – 1991. – № 3, 7. – С. 54–60.
138. Зайдельман, Ф. Р. Агроэкономическая оценка осушенных торфяных почв и эффективность их пескования в совхозе «Беломорский» Архангельской области / Ф. Р. Зайдельман, Ю. И. Рыдкин, В. А. Агарков // Исследование почв на Европейском Севере. IV Сибирцевские чтения. – Архангельск, 1990. – С. 119–121.
139. Зайдельман, Ф. Р. Влияние пескования и покровной культуры земледелия на свойства, гидротермический режим и продуктивность осушенных торфяных почв дельты Северной Двины / Ф. Р. Зайдельман, Ю. И. Рыдкин, В. А. Агарков // Научная сессия, посвященная 135-летию со дня рождения Н. М. Сибирцева. IV Сибирцевские чтения. – Архангельск, 1995. – С. 45–49.
140. Зайдельман, Ф. Р. Гидротермический режим торфяных и минеральных почв дельты реки Северная Двина / Ф. Р. Зайдельман, Ю. И. Рыдкин, В. А. Агарков // Почвоведение. – 1993. – № 10. – С. 104–110.
141. Зайдельман, Ф. Р. Изменение содержания химического и минералогического состава илистой фракции трех почвообразующих пород под влиянием оглеения в условиях модельного опыта / Ф. Р. Зайдельман, Т. А. Соколова, Р. П. Нарокова // Вестник МГУ. – Сер. 17. Почвоведение. – 1978. – № 1. – С. 46–53.
142. Зайдельман, Ф. Р. Влияние пескования на свойства осушаемых торфяных почв / Ф. Р. Зайдельман, А. П. Шваров // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – № 2. – С. 31–33.
143. Зайдельман, Ф. Р. Пирогенная и гидротермическая деградация торфяных почв / Ф. Р. Зайдельман, А. П. Шваров. – М.: МГУ, 2002. – 165 с.
144. Зайдельман, Ф. Р. Судьба осушенных торфяных почв России / Ф. Р. Зайдельман, А. П. Шваров, М. В. Банников // Природа. – 1999. – № 7. – С. 40–51.
145. Зайдельман, Ф. Р. Влияние разных способов внесения песка в осушенные торфяные почвы на их гидротермический режим / Ф. Р. Зайдельман, А. П. Шваров [и др.] // Почвоведение. – 1995. – № 8. – С. 969–975.
146. Зайдельман, Ф. Р. Изменение свойств осушенных торфяных почв после внесения песка разными способами / Ф. Р. Зайдельман, А. П. Шваров, А. С. Батраков // Почвоведение. – 2005. – № 2. – С. 218–231.

147. Зайдельман, Ф. Р. Роль открытой сети в изменении химического состава дренажного стока с осушенных торфяных почв / Ф. Р. Зайдельман, А. П. Шваров [и др.] // Почвоведение. – 1997. – № 2. – С. 25–30.
148. Зайко, С. М. Изменение структуры почвенного покрова мелиорированных территорий Белорусского полесья / С. М. Зайко, Л. Ф. Вашкевич, Л. Я. Свирновский // Почвенные исследования и применение удобрений. – 1986. – № 17. – С. 3–10.
149. Зайко, С. М. Эволюция почв мелиорированных территорий Белоруссии / С. М. Зайко, Л. Ф. Вашкевич, Л. Я. Свирновский. – Минск: Университет. изд-во, 1990. – 288 с.
150. Захарова, Л. М. Лигногумат и МиГим в составе баковых смесей гербицидов в посевах льна / Л. М. Захарова // Защита и карантин растений. – 2012. – № 6. – С. 44–45.
151. Земледелие с основами почвоведения и агрохимии / под ред. С. А. Воробьева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1981. – 431 с.
152. Зиза, А. А. Сельскохозяйственное использование торфяных болот / А. А. Зиза, Н. М. Никонов. – М.: Сельхозгиз, 1955. – 184 с.
153. Зименко, Т. Г. Пути сохранения плодородия торфяно-болотных почв : обзор. информация / Т. Г. Зименко. – Минск, 1991. – С. 16–24.
154. Зименко, Т. Г. Изменение микробиоценозов торфяных почв под влиянием антропогенного воздействия / Т. Г. Зименко, Н. В. Гаврилкина, А. Г. Мисник // Труды Междунар. симпозиума IV и II комиссии МТО. – Минск, 1982. – С. 124–128.
155. Зинов, Г. И. Наземная охрана лесов от пожаров / Г. И. Зинов // Охрана лесов от пожаров. – М.: Лес. пром-сть, 1984. – С. 43–89.
156. Иванов, Д. А. Влияние компоста многоцелевого назначения на свойства дерново-подзолистой почвы в агроландшафтах гумидной зоны / Д. А. Иванов, М. В. Рублюк, Н. Г. Ковалев / Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение с.-х. производства : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. / ПНИИАЗ. – Солонное Займище, 2017. – С. 435–438.
157. Иванов, Д. А. Агрогеография (теоретические и прикладные аспекты) / Д. А. Иванов // LAP LAMBERT ACADEMIC PUBLISHING. GmbH & Co. KG, Heinish-BocKing. Str. – Saarbrucken, Deutschland, 2012. – 311 с.
158. Иванов, Д. А. Агрогеография : учеб. пособие / Д. А. Иванов. – Тверь: АгросферА ; Твер. ГСХА, 2010. – 244 с.
159. Иванов, Д. А. Влияние компоста многоцелевого назначения на продуктивность яровой пшеницы в различных ландшафтных условиях / Д. А. Иванов, Н. Г. Ковалев [и др.] // Кормопроизводство. – 2014. – № 6. – С. 29–32.
160. Иванов, Д. А. Влияние ландшафта и органического компоста на продуктивность культур / Д. А. Иванов, М. В. Рублюк, О. В. Карасева // Вестник ГАУ Север. Зауралья. – 2016. – № 1 (32). – С. 47–52.
161. Иванов, Д. А. Ландшафтно-адаптивные системы земледелия (агроэкологические аспекты) / Д. А. Иванов. – Тверь: ЧуДо, 2001. – 304 с.
162. Иванов, Д. А. Оценка эффективности компоста многоцелевого назначения на осушаемых землях / Д. А. Иванов, О. В. Карасева // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности : сб. ст. по материалам Междунар. науч. экол. конф. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – С. 19–22.
163. Иванов, Д. А. Создание ландшафтного полигона нового поколения / Д. А. Иванов, Е. М. Корнеева [и др.] // Земледелие. – 1999. – № 6. – С. 15–16.
164. Иванов, Д. А. Состояние агроландшафтов и эффективность компоста многоцелевого назначения / Д. А. Иванов, В. А. Тюлин, В. А. Абрамов // Вестник ТвГТУ. – 2015. – № 2 (28). – С. 3–7.
165. Иванов, Д. А. Динамика уровня почвенно-грунтовых вод в пределах агроландшафта / Д. А. Иванов, В. А. Абрамов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 4. – С. 7–9.
166. Иванов, Д. А. Ландшафтно-мелиоративные системы земледелия (прикладная агрогеография) / Д. А. Иванов, Н. Г. Ковалев. – Тверь: Издатель А. Н. Кондратьев, 2017. – 310 с.
167. Иванов, К. Е. Основы гидрологии болот лесной зоны / К. Е. Иванов. – Л.: Гидрометеоздат, 1957. – 500 с.
168. Иванов, Н. П. Влияние землевания торфяных почв на баланс азота, фосфора и калия в севообороте / Н. П. Иванов, Я. К. Куликов, Т. А. Кудло // Агрохимия. – 1992. – № 12. – С. 40–45.
169. Иванов, Н. П. Землевание торфяных почв как метод сохранения торфа и охраны природной среды / Н. П. Иванов, Г. А. Липская [и др.] // Проблемы Полесья. – Минск: Навука і тэхніка, 1991. – Вып. 13. – С. 128–135.

170. Ивицкий, А. И. Исследования водоотдачи торфа / А. И. Ивицкий // Почвоведение. – 1939. – № 11.
171. Измайловский, А. А. Влажность почвы и грунтовые воды в связи с рельефом местности и культурным состоянием поверхности почвы / А. А. Измайловский. – Полтава, 1894.
172. Изотов, В. Ф. Ход промерзания и оттаивания почвы в заболоченных лесах северной подзоны тайги / В. Ф. Изотов // Почвоведение. – 1968. – № 6. – С. 117–124.
173. Ильина, Л. П. Структура почвенного и растительного покрова на пылеватых суглинках (на примере Московской области) / Л. П. Ильина, Е. Л. Любимова // Геохимические и почвенные аспекты в изучении ландшафтов. – М.: МГУ, 1975. – С. 102–117.
174. Инишева, Л. И. Болотоведение / Л. И. Инишева. – Томск: ТГПУ, 2009. – 210 с.
175. Калинина, В. В. Влияние пескования на изменение свойств и плодородия торфяно-болотной почвы в условиях Карельского перешейка Ленинградской области : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В. В. Калинина. – Л. ; Пушкин, 1967. – 22 с.
176. Каплан, М. А. Изменение водопроницаемости и водоотдачи в песчаных почвах в связи с развитием подзола и болотообразовательных процессов / М. А. Каплан // Почвоведение. – 1940. – № 12. – С. 53–64.
177. Караваева, Н. А. Морфология и геохимия процессов заболачивания на песчаных породах в средней тайге Западной Сибири / Н. А. Караваева // Геохимические и почвенные аспекты в изучении ландшафтов. – М.: МГУ, 1975. – С. 117–137.
178. Караваева, Н. А. Антропогенная эволюция супесчано-песчаных буроземов (мюль-А1-Fe-гумусовых почв) / Н. А. Караваева, С. Н. Жариков // Естественная и антропогенная эволюция почв : науч. тр. Ин-та почвоведения и фотосинтеза. – Пушкино, 1988. – С. 134–146.
179. Карпачевский, Л. О. О связи некоторых свойств почв с различными компонентами биогеоценоза / Л. О. Карпачевский, Г. В. Бобкова // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв. – М.: Наука, 1976. – С. 224–349.
180. Карпачевский, Л. О. Эволюция почвенного покрова при лесовосстановлении / Л. О. Карпачевский, М. Н. Строгонова [и др.] // Успехи почвоведения. Советские почвоведы к XII Междунар. конгр. почв. – М.: Наука, 1986. – С. 135–142.
181. Карта (магистерская дис. Н. М. Сибирцева).
182. Кауричев, И. С. Характеристика окислительно-восстановительных процессов в мерзлотно-таежных и мерзлотных полуболотных почвах / И. С. Кауричев, Н. Н. Малий // Почвоведение. – 1973. – № 7. – С. 19–28.
183. Кауричев, И. С. Состав и свойства железистых образований в почвах Московской Мещеры / И. С. Кауричев, В. С. Шишова // Изв. ТСХА. – 1996. – Вып 4. – С. 74–87.
184. Качинский, Н. А. Физика почв / Н. А. Качинский. – М.: Высш. шк., 1965. – Ч 1.
185. Кашанский, А. Д. Подзолистые почвы на двучленных наносах Европейского Севера СССР / А. Д. Кашанский // Современные почвенные процессы. – М., 1974.
186. Каштанов, А. Н. Основы ландшафтно-экологического земледелия / А. Н. Каштанов, Ф. Н. Лисецкий, Г. И. Швецб. – М.: Колос, 1994. – 127 с.
187. Каштанов, А. Н. Ландшафтное земледелие : метод. рек. по разработке ландшафтных систем земледелия в многоукладном сельском хозяйстве / А. Н. Каштанов, А. Т. Щербаков. – Ч. 2. – Курск, 1993. – 110 с.
188. Киреев, Ю. Ф. История освоения Яхромской поймы и её роль в развитии сельского хозяйства района (из воспоминаний первого директора ЛМС (лугомелиоративной станции) Юрия Филаретовича Киреева) / Ю. Ф. Киреев // Вокруг света. – 1949. – № 11.
189. Кирейчева, Л. В. Технологии управления продуктивностью мелиорируемых агроландшафтов различных регионов Российской Федерации / Л. В. Кирейчева, И. В. Белова [и др.]. – М., 2008. – 82 с.
190. Кирейчева, Л. В. Методология прогнозирования продукционного потенциала и формирование устойчивого мелиорированного агроландшафта / Л. В. Кирейчева, И. В. Белова, О. Б. Хохлова // Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования. – М., 2006. – 602 с.
191. Кирюшин, В. И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия / В. И. Кирюшин. – Пушкино, 1993. – 95 с.
192. Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
193. Классификация и диагностика почв России. – М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2004. – 236 с.

194. Клинге, Г. Подзолообразование в тропиках / Г. Клинге // Почвоведение. – 1971. – № 5. – С. 21–29.
195. Ковалев, Н. Г. Биомелиоративные аспекты использования нетрадиционных удобрений, получаемых путем биоконверсии органического сырья на предприятиях агропромышленного комплекса / Н. Г. Ковалев, И. Н. Барановский // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2010. – Вип. 94. – С. 58–69.
196. Ковалев, Н. Г. Органические удобрения в XXI веке (биоконверсия органического сырья) / Н. Г. Ковалев, И. Н. Барановский. – Тверь, 2006. – 304 с.
197. Ковалев, Н. Г. Торф, торфяные почвы, удобрения / Н. Г. Ковалев, А. И. Поздняков [и др.]. – М.: Изд-во ВНИИМЗ, 1998. – 239 с.
198. Ковалев, Н. Г. Эффективные приемы минимизации норм минеральных удобрений под морковь при различных системах мелиоративного земледелия : метод. рек. / Н. Г. Ковалев, А. И. Поздняков [и др.]. – Тверь: Чудо, 2008. – 18 с.
199. Ковалев, Н. Г. Теоретические основы создания адаптивных ландшафтно-мелиоративных систем земледелия и их типовые модели (проекты) для различных природно-экономических условий гумидной зоны / Н. Г. Ковалев, А. А. Смирнов [и др.]. – Кн. 1. – Тверь, 2000. – 119 с.
200. Ковалев, Н. Г. Агрорландшафтоведение : учеб. пособие / Н. Г. Ковалев, А. А. Ходырев [и др.] ; РАСХН, Минсельхоз, ТГСХА, ВНИИМЗ. – М. ; Тверь, 2004. – 490 с.
201. Ковда, В. А. Почвоведение : в 2 ч. / В. А. Ковда [и др.] ; под ред. В. А. Ковды, В. Г. Розанова. – Ч. 1. Почва и почвообразование. – М.: Высш. шк., 1988. – 400 с.
202. Ковда, В. А. К географии подзолистой стадии почвообразования / В. А. Ковда // Труды Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – 1934. – Т. 10. – Вып. 2. – 30 с.
203. Ковда, В. А. Биогеохимические циклы в природе и их нарушение человеком / В. А. Ковда // Биогеохимические циклы в биосфере. – М.: Наука, 1976. – С. 19–35.
204. Ковда, В. А. Основы учения о почвах / В. А. Ковда. – Кн. 1. – М.: Наука, 1973. – 448 с.
205. Ковда, В. А. О возможности нового понимания истории почв Русской равнины / В. А. Ковда, Е. М. Самойлова // Почвоведение. – 1966. – № 9. – С. 1–12.
206. Ковригин, С. А. Особенности генезиса и механического состава песчаных наносов боровой террасы реки Вятка / С. А. Ковригин // Почвоведение. – 1948. – № 3. – С. 167–176.
207. Коренев, Г. В. Растениеводство с основами селекции и семеноводства / Г. В. Коренев, П. И. Пидгорный, С. Н. Щербак ; под ред. Г. В. Коренева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1991. – 575 с.
208. Король, Г. С. Водный режим дерново-подзолистых почв и его изменения в связи с осушением / Г. С. Король // Почвоведение. – 1983. – № 11. – С. 151–155.
209. Коссович, П. Основы учения о почве. Генезис почв. Почвенная классификация. Почвы пустынь и сухих степей и черноземная почва / П. Коссович. – М., 1911. – Ч. 1. – Вып. 1. – 264 с.
210. Костяков, А. Н. Основы мелиорации / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960.
211. Кошев, В. П. Мелиорация пойменных земель Северной Двины / В. П. Кошев, С. А. Галдина, Т. Б. Лагутина // Проблемы освоения пойм северных рек. – М., 1987. – С. 24–27.
212. Кошев, В. П. Изменение водно-физических свойств пойменных торфяных почв под влиянием мелиорации в Архангельской области / В. П. Кошев // Науч. сессия, посв. 135-летию со дня рождения Н. М. Сибирцева. V Сибирцевские чтения. – Архангельск, 1995. – С. 113–115.
213. Красюк, А. А. Почвенные исследования Иверского края / А. А. Красюк. – М., 1922. – 55 с.
214. Крашениник, Н. В. Технологическая схема выращивания моркови / Н. В. Крашениник // Вестник овощевода. – 2016. – № 1. – С. 16–21.
215. Крашениник, Н. В. Технология выращивания свеклы / Н. В. Крашениник // Вестник овощевода. – 2010. – № 3. – С. 15–17.
216. Крашениник, Н. В. Особенности технологии выращивания капусты / Н. В. Крашениник // Вестник овощевода. – 2010. – № 2. – С. 16–19.
217. Круминьш, К. Классификация и систематика окультуренных почв Советской Прибалтики / К. Круминьш // Докл. к VIII межд. конгр. почв. – Елгава, 1964. – С. 75–76.
218. Кузьмин, В. А. Режимы влажности и температуры песчаных мерзлотных почв Чарской котловины / В. А. Кузьмин // Мерзлота и почва. – Якутск, 1972.
219. Кузьмина, И. В. Действие макро- и микроудобрений на биологическую активность перегнойно-торфяной почвы / И. В. Кузьмина, Т. В. Михеева // Проблемы с/х использования торфяных месторождений : сб. науч. тр. ЦТБОС. – 1984. – № 6.
220. Кузьмина, И. В. Действие пирамиды на микрофлору и биологическую эффективность торфяной почвы / И. В. Кузьмина, Д. А. Мусакаев // Проблемы сельскохозяйственного освоения торфяных месторождений : сб. науч. тр. ЦТБОС. – 1980. – Вып. 4. – С. 100–106.

221. Куликова, Н. А. Защитное действие гуминовых веществ по отношению к проросткам пшеницы в условиях неблагоприятных температур / Н. А. Куликова, О. И. Филиппова // *Агрохимический вестник*. – 2018. – № 2. – С. 33–37.
222. Кунце, Г. Загрязнение почвы железом и заохривание труб / Г. Кунце. – М.: Агропромиздат, 1986. – 117 с.
223. Кутыев, Х. А. Изменение структуры почвенного покрова в результате мелиоративных мероприятий / Х. А. Кутыев // *Агропочвоведение и плодородие почв : тез. докл. Всерос. науч. конф. «Почвообразование в условиях интенсивного мелиоративного воздействия»*. – Л., 1986. – С. 14–16.
224. Лашкевич, Г. И. Вопросы сельскохозяйственного использования торфяных почв Полесья / Г. И. Лашкевич // *Проблемы Полесья*. – Минск: Наука и техника, 1973. – Вып. 2. – С. 181–234.
225. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.
226. Лиштван, И. И. Проблемы охраны водных ресурсов Полесья в связи с осушением торфяных месторождений / И. И. Лиштван, А. В. Быстрая [и др.] // *Проблемы Полесья*. – Вып. 11. – Минск, 1987. – С. 171–175.
227. Лиштван, И. И. Результаты изучения качественных характеристик воды в процессе проведения осушительной мелиорации торфяных месторождений / И. И. Лиштван [и др.] // *Проблемы Полесья*. – Вып. 7. – Минск, 1981. – С. 134–159.
228. Лиштван, И. И. Физико-химические изменения органического вещества торфяных почв и их влияние на плодородие / И. И. Лиштван [и др.] // *Эволюция торфяных почв под влиянием осушительной мелиорации и ее последствия : сб. тез. докл. Всесоюз. конф.* – Минск, 1983.
229. Логинов, И. И. Изменение торфяных почв Барабинской низменности под влиянием мелиорации / И. И. Логинов // *Мелиорация земель Сибири и Дальнего Востока*. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 44–49.
230. Логинов, И. И. Торфяные почвы Барабы, особенности их мелиорации и сельскохозяйственного освоения : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / И. И. Логинов. – М., 1986.
231. Лошаков, В. Г. Промежуточные культуры в севооборотах Нечерноземной зоны / В. Г. Лошаков. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 133 с.
232. Лукашев, К. И. Геохимическая характеристика минеральных компонентов почв Белорусского полесья / К. И. Лукашев, Н. Н. Петухова // *Проблемы полесья*. – Наука и техника. – Вып. 2. – Минск, 1973. – С. 302–314.
233. Лундин, К. П. Изменения водно-физических свойств торфяников под влиянием осушения и сельскохозяйственного использования / К. П. Лундин // *Изменение торфяных почв под влиянием осушения и использования*. – Минск: Урожай, 1969. – С. 82–99.
234. Лундин, К. П. Водные свойства почв торфяной залежи / К. П. Лундин. – Минск: Урожай, 1964. – 212 с.
235. Лупинович, И. С. Об осушении и освоении болот и заболоченных почв Полесской низменности / И. С. Лупинович, П. И. Щитников // *Труды Ин-та мелиорации, водного и болотного хозяйства*. – 1955. – Т. 6. – С. 3–20.
236. Мажайский, Ю. А. Влияние интенсивности осушения и сельскохозяйственного использования на долговечность торфяных почв Мещерского Полесья / Ю. А. Мажайский, Ю. А. Томин, Е. Г. Коршунова // *Вестник Бел. гос. с.-х. академии*. – 2007. – № 1. – С. 114–117.
237. Манучарова, Н. А. Идентификация метаболически активных клеток прокариот в почвах с применением молекулярно-биологического флюоресцентно-микроскопического метода анализа fluorescence in situ hybridisation (FISH) : учеб. пособие / Н. А. Манучарова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. – 24 с.
238. Марцинкевич, Г. И. Современные ландшафты Белорусского полесья: районирование, направления оптимизации / Г. И. Марцинкевич, И. И. Счастливая // *Вестник БГУ*. – 2002. – Сер. 2. – № 3. – С. 101–105.
239. Масловский, А. А. Эффективность пескования торфяников / А. А. Масловский, С. М. Алексеев // *Мелиорация и освоение земель*. – Т. 105. – 1973. – С. 58–71.
240. Мацяк, Ф. Биохимические изменения в органических почвах под влиянием известкования, глинования и пескования / Ф. Мацяк // *Изменение торфяных почв под влиянием осушения и использования*. – Минск: Урожай, 1969. – С. 51–64.
241. Медведев, А. Г. Научные основы и методы бонитировки почв Полесья / А. Г. Медведев // *Удобрение и урожай на Полесье*. – Минск: Наука и техника, 1965. – С. 314–318.

242. Медведев, А. Г. Оптимизация мелиорированных торфяных почв в целях повышения их плодородия и охраны от сработки / А. Г. Медведев [и др.] // Проблемы Полесья. – Минск: Наука и техника, 1981. – С. 79–86.
243. Мееровский, А. С. Дерновые заболоченные карбонатные почвы Белорусского Полесья / А. С. Мееровский, Г. С. Король. – Минск: Наука і техника, 1990. – С. 123–128.
244. Мелентьева, Н. В. Почвы осушенных лесных болот / Н. В. Мелентьева. – Новосибирск: Наука, 1980. – 210 с.
245. Меняйло, О. В. Влияние древесных пород на биомассу денитрифицирующих бактерий в серой лесной почве / О. В. Меняйло // Почвоведение. – 2007. – № 3. – С. 1–7.
246. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. – М., 1998.
247. Методика ресурсо-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе. – Курск, 1999.
248. Методические рекомендации. Адаптивные агротехнологии в ландшафтно-мелиоративном земледелии гумидной зоны. – М., 2004. – 70 с.
249. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. – М.: МГУ, 1991.
250. Мильков, Ф. Н. Человек и ландшафты / Ф. Н. Мильков. – М.: Мысль, 1973. – 224 с.
251. Мильков, Ф. Н. Физическая география: современное состояние, закономерности, проблемы / Ф. Н. Мильков. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1981. – 398 с.
252. Минкина, Ц. И. Исследование основного участка опытного хозяйства ЦТБОС. Отчет ЦТБОС / Ц. И. Минкина, В. Я. Беякова, Н. Д. Старцева. – М., 1966. – Тема 4. – С. 25–77.
253. Минкина, Ц. И. Определение степени разложения торфа / Ц. И. Минкина, П. Д. Варлыгин // Труды ЦТОС (Центральной торфяной опытной станции). – М.: Изд-во Наркомата земледелия РСФСР, 1939. – Т. 5. – 172 с.
254. Минкина, Ц. И. Торфяные залежи поймы реки Яхромы и их агрономическая оценка / Ц. И. Минкина // Научные труды ЦТБОС. – 1972. – Вып. 1. – С. 7–30.
255. Мительберг, С. И. Микробиологическая характеристика основных видов торфа / С. И. Мительберг // Труды Центр. торфо-болотной опытной станции (ЦТБОС) / отв. ред. Л. А. Горшков. – М.: Изд-во Минсельхоза РСФСР, 1960. – Т. 1. – С. 150–157.
256. Михальцева, А. И. Влияние шлюзования на водно-воздушный режим залежных торфяников полесья / А. И. Михальцева [и др.] // Мелиорация переувлажненных земель. – Минск: Урожай, 1972. – Т. 20. – С. 64–78.
257. Мичурин, Б. Н. Энергетика почвенной влаги / Б. Н. Мичурин. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 140 с.
258. Молчанов, А. А. Гидрологическая роль сосновых лесов на песчаных почвах / А. А. Молчанов. – М.: АН СССР, 1952. – 488 с.
259. Молчанов, А. А. Сосновый лес и влага / А. А. Молчанов. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1953. – 127 с.
260. Морозов, С. С. Некоторые данные для характеристики корочек иллювиального горизонта подзолистых почв / С. С. Морозов // Почвоведение. – 1938. – № 3.
261. Мурашко, А. И. Долговечность торфяных почв / А. И. Мурашко, А. Е. Бет-Гусаим // Гидротехника и мелиорация. – 1976. – С. 90–96.
262. Мусекаев, Д. А. Борьба с сорняками в посевах кормовой свеклы на торфяных почвах / Д. А. Мусекаев [и др.] // Проблемы сельскохозяйственного освоения торфяных месторождений : сб. науч. тр. ЦТБОС. – М., 1980. – Вып. 4. – С. 70–75.
263. Муха, В. Д. Общие закономерности и зональные особенности культурного почвообразовательного процесса / В. Д. Муха // Труды Харьк. с.-х. ин-та. – Вып. 223. – Харьков, 1975. – С. 3–10.
264. Нарциссов, В. П. Научные основы систем земледелия / В. П. Нарциссов. – М.: Колос, 1982. – 328 с.
265. Нейштадт, М. И. Исследование растительности болот / М. И. Нейштадт // Труды ЦТОС (Центральной торфяной опытной станции). – Т. 5. – М.: Изд-во Наркомата земледелия РСФСР, 1939. – 172 с.
266. Немова, Г. Н. Влияние гербицидов группы триазинов на качество моркови в период роста и зимнего хранения при выращивании её на торфяной почве / Г. Н. Немова // Науч. труды ЦТБОС. – Вып. 1. – М.: Россельхозиздат, 1972. – С. 201–206.

267. Немова, Г. Н. Применение гербицидов на торфяных почвах / Г. Н. Немова // Доклады науч. конф. по использованию торфа и торфяных земель в сельском хозяйстве (к 50-летию Центральной торфо-болотной опытной станции). – М.: Россельхозиздат, 1974. – С. 90–93.
268. Неуструев, С. С. Генезис и география почв / С. С. Неуструев. – М.: Наука, 1977. – 328 с.
269. Никитин, Б. А. Эволюция дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почв при земледельческом освоении / Б. А. Никитин // Естественная и антропогенная эволюция почв : тез. науч. тр. Ин-та почвоведения и фотосинтеза. – Пушкино, 1988. – С. 116–123.
270. Никитин, И. С. Мелиорация земель Мещерской низменности / И. С. Никитин, Е. П. Панов, К. И. Родин. – М.: Моск. рабочий, 1986. – С. 5–16.
271. Николаев, В. А. Концепция агроландшафта / В. А. Николаев // Вестник МГУ. – Сер. 5. География. – 1987. – № 2. – С. 22–27.
272. Николаев, В. А. Ландшафтоведение и земледелие / В. А. Николаев // Структура, функционирование, эволюция природных и антропогенных ландшафтов : тез. ландшафт. конф. (16–19 окт. 1997). – М. ; СПб., 1997. – С. 24–28.
273. Окрушко, Г. Сельскохозяйственная ценность почв болотного происхождения в связи с минерализацией осушенных торфяников / Г. Окрушко, С. Ливски // Изменение торфяных почв под влиянием осушения и использования. – Минск: Урожай, 1969. – С. 105–113.
274. Оленин, А. С. Влияние ЦТБОС на формирование и развитие торфяной науки / А. С. Оленин // Науч. труды ЦТБОС. – М.: Россельхозиздат, 1973. – Вып. 2. – С. 16–20.
275. Оношко, Б. Д. Культура болот: Научные основы и агротехника / Б. Д. Оношко. – М. ; Л.: Сельхозгиз, 1934. – 574 с.
276. Орешкина, Н. С. Экспериментальное изучение водоудерживающей способности песчаных и пылеватых фракций / Н. С. Орешкина // Исследования в области генезиса почв. – М., 1963.
277. Орлов, А. Я. Почвенная экология сосны / А. Я. Орлов, С. П. Кошельков. – М., 1971.
278. Павлова, Т. М. Овощеводство как основное направление использования осушенных земель поймы р. Яхромы / Т. М. Павлова, Г. Б. Белая // Научные труды ЦТБОС. – М.: Россельхозиздат, 1973. – Вып. 2. – С. 70–74.
279. Панадиади, А. Д. Критерии оценки мелиоративного состояния осушаемых земель / А. Д. Панадиади, Ю. А. Томин, П. И. Пыленок // Информ. листок Ряз. ЦНТИ. – 1986. – № 174.
280. Паринкина, О. М. Микрофлора тундровых почв / О. М. Паринкина. – Л.: Наука, 1989. – 159 с.
281. Пегов, С. А. Моделирование развития экологических систем / С. А. Пегов, П. М. Хомяков. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 224 с.
282. Пестряков, В. К. Окультуривание почв Северо-Запада / В. К. Пестряков. – М.: Колос, 1977. – 462 с.
283. Петриченко, В. Н. Применяйте кремнийорганические регуляторы роста / В. Н. Петриченко, С. В. Логинов // Картофель и овощи. – 2010. – № 3. – С. 14–19.
284. Петров, И. П. Болота долины Яхромы. Ботаническое исследование болот долины Яхромы в Дмитровском уезде Московской губернии в 1909 и 1911 годах / И. П. Петров // Отчет Департаменту земледелия и Дмитровскому уездному земству. – М.: Изд-е Дмитров. уездн. земства, 1912. – 320 с.
285. Петрова, М. П. Улучшение торфяно-болотных почв северо-запада РСФСР путем добавки минерального грунта различного механического состава : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / М. П. Петрова. – Л.; Пушкин : Ленингр. с.-х. ин-т, 1997. – 22 с.
286. Плохинский, Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. – М.: МГУ, 1970. – 268 с.
287. Поздняков, А. И. Электрофизика в почвоведении, мелиорации, земледелии / А. И. Поздняков, Н. Г. Ковалев, А. Д. Позднякова. – М. ; Тверь: ЧуДо, 2002. – 280 с.
288. Поздняков, А. И. Торф и эутрофные торфоземы при длительном сельскохозяйственном использовании / А. И. Поздняков, Н. Г. Ковалев [и др.]. – Тверь: ТвГУ, 2014. – 356 с.
289. Поздняков, А. И. Система мероприятий по повышению биологической составляющей плодородия торфяных почв : метод. рек. / А. И. Поздняков, И. В. Кузьмина [и др.]. – Тверь: ЧуДо, 2000. – 19 с.
290. Поздняков, А. И. Количественная интерпретация данных вертикального электрического зондирования почв с применением R-функции / А. И. Поздняков, А. Д. Позднякова // Почвоведение. – 1983. – № 10. – С.120–125.
291. Поздняков, А. И. Стационарные электрические поля почв / А. И. Поздняков, Л. А. Позднякова, А. Д. Позднякова ; КМК ScientificPress LTD. – М., 1996. – 358 с.
292. Поздняков, А. И. Оптимизация питания моркови на торфоземах разного ландшафтно-экологического состояния / А. И. Поздняков, Е. В. Широкова, Т. П. Девина // Рекультивация и ис-

пользование залежных земель в Нечерноземной зоне России: теория и практика : материалы Междунар. науч.-практ. конф. ГНУ ВНИИМЗ Россельхозакадемии (Тверь, ноябрь 2012 г.). – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2012. – С. 307–313.

293. Позднякова, А. Д. Универсальный прибор для измерений электрических свойств почв / А. Д. Позднякова, Л. А. Позднякова, О. Н. Анциферова // Бюллетень науки и практики. – 2018. – Т. 4. – № 4. – С. 232–245.

294. Позднякова, А. Д. Картирование участков сложной конфигурации в программе Surfer / А. Д. Позднякова, Л. А. Позднякова, О. Н. Анциферова // Бюл. науки и практики. – 2018. – Т. 4. – № 5. – С. 239–247.

295. Попов, И. В. Отчет Камского опорного пункта / И. В. Попов // Труды с.-х. опытной станции «Медвежья Гора». – КВО ББК, 1931. – С. 31–48.

296. Преображенский, В. С. Ландшафтные исследования / В. С. Преображенский. – М.: Наука, 1966. – 127 с.

297. Применение агромелиоративных мероприятий на осушенных минеральных землях Нечерноземной зоны РСФСР (технологический регламент) / Минсельхозпрод РСФСР, ВНИИМЗ, СевНИИ-ГиМ. – М., 1990. – 58 с.

298. Прокаев, В. И. Физико-географическое районирование / В. И. Прокаев. – М.: Просвещение, 1983. – 176 с.

299. Пьявченко, Н. И. Лесное болотоведение / Н. И. Пьявченко. – М.: АН СССР, 1963. – 192 с.

300. Пьявченко, Н. И. Торфяные почвы, их природное и хозяйственное значение / Н. И. Пьявченко. – М.: Наука, 1985. – 152 с.

301. Пьявченко, Н. И. Научные основы комплексного исследования болот / Н. И. Пьявченко // Науч. труды ЦТБОС. – М.: Россельхозиздат, 1973. – Вып. 2. – С. 26–32.

302. Пятецкий, Г. В. Изменение физических и химических свойств лесных почв южной Карелии в связи с вырубкой лесов / Г. В. Пятецкий, Р. М. Морозов // Лесные почвы Карелии и изменение их под влиянием сельскохозяйственных мероприятий. – Петрозаводск, 1962. – С. 48–52.

303. Рабинович, Г. Ю. Научные и технологические основы целевого использования новых полифункциональных биоудобрений и биопрепаратов в инновационных агротехнологиях с целью повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и качества продукции : метод. пособие / Г. Ю. Рабинович [и др.]. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2017. – 34 с.

304. Разработать научно-методические принципы адаптации формирования основных элементов ландшафтно-мелиоративных систем земледелия в гумидной зоне. ВНИИМЗ Россельхозакадемии. Заключительный отчет о НИР. Деп., № Гос. регистрации 01. 9. 80003212. – Тверь, 1998. – 125 с.

305. Разумовский, С. М. Основные закономерности сукцессионной динамики фитоценозов / С. М. Разумовский // Моделирование биогеоценотических процессов / АН СССР. – М.: Наука, 1981. – С. 47–62.

306. Рекультивация и использование залежных земель в Нечерноземной зоне России: теория и практика : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (ГНУ ВНИИМЗ Россельхозакадемии, г. Тверь, ноябрь 2012 г.). – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2012. – 320 с.

307. Ремезов, Н. П. Некоторые результаты изучения почвообразования под лесом на песчаных материнских породах / Н. П. Ремезов // Науч. докл. высш. школы. – Биологические науки. – 1958. – № 2. – С. 157–162.

308. Ремезов, Н. П. Почвы сосновых лесов лесостепи и южных полесий / Н. П. Ремезов // Почвоведение. – 1951. – № 5. – С. 257–269.

309. Римпау // Энцикл. словарь Брокгауза и Ефрона. – Т. 26. – СПб., 1899.

310. Роговой, П. П. Водный режим почво-грунтов на территории Белоруссии / П. П. Роговой. – Минск: Наука и техника, 1972. – 304 с.

311. Роде, А. А. К вопросу об оподзоливании и лессиваже / А. А. Роде // Почвоведение. – 1964. – № 7. – С. 9–23.

312. Роде, А. А. Основы учения о почвенной влаге / А. А. Роде // Избр. труды. – М.: Россельхозиздат, 2008. – Т. 3. – 663 с.

313. Роде, А. А. Подзолообразовательный процесс / А. А. Роде // Избр. труды. – М.: Россельхозиздат, 2008. – Т. 2. – 479 с.

314. Розанов, Б. Г. Бурые лесные почвы Западной Белоруссии / Б. Г. Розанов // Вестник МГУ. – Сер. 6. Биология, почвоведение. – 1961. – № 2. – С. 55–66.

315. Романов, В. В. Гидрофизика болот / В. В. Романов. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 306 с.

316. Романова, Т. А. Диагностика почв Белоруссии и их классификация в системе ФАО-WBR / Т. А. Романова. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2004. – 428 с.
317. Романова, Т. А. К характеристике реакции заболоченных почв БССР /Сб. науч. тр. БелНИИ земледелия. 1958. Вып. 5.
318. Романова, Т. А. Бурые лесные и буро-псевдоподзолистые почвы Белорусской ССР / Т. А. Романова // Буроземообразование и псевдо-оподзоливание в почвах Русской равнины. – М.: Наука, 1974. – С. 22–256.
319. Руднева, Е. Н. Почвенный покров Закарпатской области / Е. Н. Руднева. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 229 с.
320. Руль, Р. Р. Изменение структуры почвенного покрова торфяных массивов Приамурья при осушении / Р.Р. Руль, М. А. Климин // Почвоведение. – 1986. – № 1. – С. 23–28.
321. Румянцев, В. И. Земледелие с основами почвоведения / В. И. Румянцев [и др.] ; под ред. В. И. Румянцева. – М.: Колос, 1979. – 367 с.
322. Самойлова, Е. М. Луговые почвы лесостепи / Е. М. Самойлова. – М., 1981. – 283 с.
323. Сапожников, А. П. Биогеоценологические и лесоводственные аспекты пирогенеза лесных почв / А. С. Сапожников // Горение и пожары в лесу. – Ч. 3. – Красноярск, 1979. – С. 96–104.
324. Сапожников, А. П. Об учете сопряженности СПП и земель в лесном хозяйстве / А. П. Сапожников // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – М., 1988. – Вып. 46. – С. 62–69.
325. Седловский, А. И. Генетико-статистические подходы к теории селекции самоопыляющихся культур / А. И. Седловский, С. П. Мартынов, Л. К. Мамонов. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 198 с.
326. Сибирцев, Н. М. Геологические исследования в Окско-Клязьминском бассейне / Н. М. Сибирцев // Труды Геолог. комитета. – СПб., 1896. – Т. 15. – Вып. 2. – 283 с.
327. Сибирцев, Н. М. Из заграничных экскурсий / Н. М. Сибирцев. – Варшава, 1898. – 22 с.
328. Сибирцев, Н. М. Почвоведение / Н. М. Сибирцев. – СПб., 1900–1901. – 544 с.
329. Система земледелия Калининской области на 1986–1990 годы : рекомендации. – Калинин, 1987. – 314 с.
330. Скоропанов, С. Г. Мелкозалежные торфяники и органическое вещество / С. Г. Скоропанов, А. И. Барсуков // Мелиорация и проблемы органического вещества. – Минск, 1974. – С. 56–61.
331. Скоропанов, С. Г. Освоение и использование торфяно-болотных почв / С. Г. Скоропанов. – Минск: Изд-во АН БССР, 1961. – 251 с.
332. Скоропанов, С. Г. Мелиорация земель и охрана окружающей среды / С. Г. Скоропанов, В. Ф. Карловский, В. С. Брезгунов. – Минск: Ураджай, 1982. – 167 с.
333. Скрынникова, И. Н. Классификация целинных болотных и мелиорированных торфяных почв СССР / И. Н. Скрынникова // Почвоведение. – 1964. – № 5. – С. 14–27.
334. Скрынникова, И. Н. Почвенные процессы в окультуренных торфяных почвах / И. Н. Скрынникова. – Минск: АН БССР, 1961. – 248 с.
335. Скрынникова, И. Н. Почвенные процессы в торфяных окультуренных почвах / И. Н. Скрынникова. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 228 с.
336. Смяян, Н. И. Гидроморфные почвы Беларуси и проблема их сельскохозяйственного использования / Н. И. Смяян // Гидроморфные почвы – генезис, мелиорация и использование : пленар. докл. Всерос. науч.-практ. конф. – М.: МГУ, 2002. – С. 20–24.
337. Смольский, Н. В. К вопросу прогноза изменений природных условий в полесье в связи с мелиорацией земель / Н. В. Смольский // Проблемы мелиорации Полесья. – Минск, 1970. – Ч. 1.
338. Соколова, Т. А. Глинистые минералы в почвах / Т. А. Соколова, Т. Я. Дронова, И. И. Толпешта. – Тула: Гриф и К, 2005. – 336 с.
339. Соколова, Т. А. О химическом и минералогическом составе илистой фракции подзолистых почв на кварцевых песках / Т. А. Соколова, В. Д. Тонконогов, Р. В. Шостак // Почвоведение. – 1971. – № 11. – С. 117–128.
340. Сталбов, Р. Я. Коренное преобразование структуры почвенного покрова для более рационального использования земли / Р. Я. Сталбов // Структура почвенного покрова и использование почвенных ресурсов. – М.: Наука, 1976. – С.189–196.
341. Сталбов, Р. Я. Почвенные сочетания в условиях холмистого рельефа Латвийской ССР / Р. Я. Сталбов // Труды Латв. филиала ВОП. – Т. 4. – Рига, 1977. – С. 80–84.
342. Стапренс, В. Я. Миграция капиллярно-связанной влаги в зоне аэрации / В. Я. Стапренс. – Рига: Изд-во АН Латв. ССР, 1954.
343. Стеклов, Н. А. Сапропель и его использование в народном хозяйстве / Н. А. Стеклов, Б. Д. Ильина. – М.: Недра, 1969.

344. Стоянов, Г. Я. Своеобразное развитие корней при наличии ортзандовых прослоек в почве / Г. Я. Стоянов // Ботан. журнал. – 1951. – № 6. – С. 38–51.
345. Строгонова, М. И. Структура почвенного покрова южной тайги (на примере Центрально-Лесного Государственного заповедника) / М. И. Строгонова // Структура почвенного покрова и использование почвенных ресурсов. – М.: Наука, 1976. – С. 100–108.
346. Сюта, Я. Влияние восстановительных процессов и подкисления на растворимость минеральных соединений почв / Я. Сюта // Почвоведение. – 1962. – № 2. – С. 62–72.
347. Такке, Б. Научные основы культуры болот / Б. Такке. – М.: Сельхозгиз, 1930.
348. Тен Хак Мун. Влияние пожара на деградацию микробиоценоза пойменных почв и мера его восстановления / Тен Хак Мун, Е. П. Имранова, О. А. Кириенко // Гидроморфные почвы – генезис, мелиорация и использование : тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. – М.: Ф-т почвоведения МГУ, 2002. – С. 67–69.
349. Технология окультуривания и сельскохозяйственного использования мелиорируемых торфяных почв. – М.: Изд. ВНИИГиМ, 1988. – 45 с.
350. Тиранова, Л. В. Лигногумат на картофеле / Л. В. Тиранова, А. Б. Тиранов, А. В. Григорьев // Картофель и овощи. – 2014. – № 11. – С. 31–32.
351. Томашевский, Я. Я. Критические замечания по терминологии и сущности процессов и явлений, происходящих в почве / Я. Я. Томашевский // Почвоведение. – 1967. – № 3. – С. 139–141.
352. Томин, Ю. А. Влияние осушения на изменение комплекса факторов плодородия торфяных почв Мещеры / Ю. А. Томин [и др.] // Мелиорация земель в Нечерноземной зоне. – Горький, 1985. – С. 15–19.
353. Томин, Ю. А. К вопросу интенсивности минерализации торфяных почв в культуре земледелия / Ю. А. Томин // Материалы IV съезда Докучаевского о-ва почвоведов. – Новосибирск, 2004. – С. 507.
354. Томин, Ю. А. Влияние осушения на плодородие торфяных почв / Ю. А. Томин, А. Т. Чепурнов // Резервы мелиорации. – Рязань, 1978. – С. 23–27.
355. Тонконогов, В. Д. Автоморфное почвообразование в тундровой и таежной зонах Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин / В. Д. Тонконогов. – М.: РАСХН, 2010. – 288 с.
356. Тонконогов, В. Д. О генезисе Fe-Mn новообразований в песчаных подзолах / В. Д. Тонконогов // Почвоведение. – 1970. – № 3.
357. Тонконогов, В. Д. Подзолообразование на кварцевых песках на примере севера Русской равнины : дис. ... канд. с.-х. наук / В. Д. Тонконогов. – М., 1971.
358. Тот, А. Изменение физических свойств болотных почв, используемых в сельскохозяйственном производстве : А. Тот // Материалы науч.-метод. совещ. стран-участниц СЭВ. – Минск, 1968.
359. Турнас, П. А. Возделывание сельскохозяйственных культур на торфяных почвах / П. А. Турнас, Д. Г. Головкин. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1960. – 335 с.
360. Тюремнов, С. Н. Торфяные месторождения / С. Н. Тюремнов. – М.: Недра, 1976. – 3-е изд. – 488 с.
361. Тямин, В. В. Корнеплоды на осушенных землях / В. В. Тямин. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 28 с.
362. Фадеев, П. И. Песчаные породы Мещерской низменности (в связи с ее осушением) / П. И. Фадеев. – М.: Изд-во МГУ, 1969. – 273 с.
363. Фиалко, Р. Н. Разложение 2-метокси-3,6-дихлорбензойной кислоты (дикамбы) в торфяной и дерново-подзолистой почве / Р. Н. Фиалко, Л. Д. Ломтева // Сборник науч. тр. ЦТБОС. – М.: Моск. рабочий, 1977. – Вып. 3. – С. 128–121.
364. Филатов, М. М. К вопросу о генезисе ортзанда / М. М. Филатов // Русский почвовед. – 1922. – № 1–3. – С. 22–24.
365. Филиппова, Т. Е. Эффективность возрастающих доз извести и минеральных удобрений при комплексной мелиорации болотно-подзолистых почв в зависимости от рельефа / Т. Е. Филиппова // Агрохимия. – 2003. – № 5. – С. 19–29.
366. Филиппова, Т. Е. Методика оценки агрохимических показателей плодородия почвы в условиях ландшафтного стационара / Т. Е. Филиппова, Д. А. Иванов // Совершенствование методики проведения длительных опытов и математические методы обработки экспериментальных данных. – М., 2003. – С. 217–238.
367. Фридланд, В. М. Структура почвенного покрова / В. М. Фридланд. – М.: Мысль, 1972. – 423 с.

368. Фридланд, В. М. Эволюция почвенного покрова / В. М. Фридланд // Проблемы географии, генезиса и классификации почв. – М.: Наука, 1985. – С.113–118.
369. Цветкова М.А., Котельникова А.И., Шамарина В.С. Оценка эффективности адаптивно-ландшафтных агротехнологий мелиоративного земледелия с использованием компьютерных программ / М. А. Цветкова, А. И. Котельникова, В. С. Шамарина // Осушительная мелиорация в Нечерноземной зоне Российской Федерации: состояние и прогноз : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Тверь: Тверской печатник, 2009. – С. 108–117.
370. Цибарт, А. С. Пирогенные полициклические углеводороды в почвах заповедных и антропогенных низменных территорий : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / А. С. Цибарт. – М., 2012. – 25 с.
371. Цибарт, А. С. Полициклические ароматические углеводороды в фоновых и пирогенных почвах Приильменской низменности (Полистовский заповедник) / А. С. Цибарт, А. Н. Геннадиев // Наука и современность – 2010 год : сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2010. – Ч. 1. – С. 32–37.
372. Чевычелов, А. Л. Пирогенез и постпирогенные трансформации свойств и состава мерзлотных почв / А. Л. Чевычелов // Сибирский эколог. журнал. – 2002. – С. 273–277.
373. Черников, А. Е. Агротехнологическое направление охраны плодородия почв при сельскохозяйственном использовании / А. Е. Черников [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство. – 2012. – № 6. – С. 8–10.
374. Чугунов, Л. А. Из результатов опытной работы Волховского опорного пункта по культуре сфагнового болота северным методом / Л. А. Чугунов. – Волхов: Леномс, 1931. – Вып. 3. – 68 с.
375. Шваров, А. П. Потоки диоксида углерода в осушенных торфяных почвах / А. П. Шваров // Вестник МГУ. – Сер. 17. Почвоведение. – 2001. – № 3. – С. 16–20.
376. Шваров, А. П. Степень проявления гистерезиса зависимости капиллярно-сорбционного потенциала от влажности почвы / А. П. Шваров // Почвоведение. – 1982. – № 3. – С. 123–126.
377. Швевс, Г. И. Концепция парагенетических ландшафтов и природопользование / Г. И. Швевс // География и практика науки. – М., 1988. – С. 107–120.
378. Шевченко, Н. Н. Теоретические и технологические основы осушаемо-мелиоративного земледелия / Н. Н. Шевченко, В. П. Шевченко, Н. Г. Городний. – Киев: Наукова думка, 1976. – 363 с.
379. Широкова, Е. В. Элементы баланса азота, фосфора и калия в торфяных почвах под овощными культурами / Е. В. Широкова, Д. А. Мусекаев, Г. Ю. Рабинович // Почвоведение продовольственной и экологической безопасности : материалы VII съезда о-ва почвоведов им. В. В. Докучаева и Всерос. с зарубеж. участ. науч. конф. – М., 2016. – Вып. XII. – № 1. – С. 141–142.
380. Широкова, Е. В. Влияние удобрений и севооборотов на урожай и качество овощной продукции / Е. В. Широкова, Т. Н. Пантелеева, Т. В. Михеева // Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа эффективного использования мелиорированных земель (Тверь, ФГБНУ ВНИИМЗ, 27 сент. 2017 г.). – Тверь: ТвГУ, 2017. – С. 233–239.
381. Широкова, Е. В. Пути снижения агрохимической нагрузки на торфоземы разного ландшафтно-экологического состояния / Е. В. Широкова, А. И. Поздняков, Л. С. Магарышкина // Сб. трудов Междунар. науч. конф., посв. 150-летию В. Р. Вильямса (Москва, РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 3–5 дек. 2013 г.). – М., 2013. – С. 99–104.
382. Шрамко, Н. В. Роль парового поля в адаптивно-ландшафтной системе земледелия Верхневолжья / Н. В. Шрамко, Г. В. Вихорева // Владимирский земледелец. – 2011. – № 1 (55). – С. 24–26.
383. Штатнов, В. И. К методике определения биологической активности почвы / В. И. Штатнов // Доклады Всесоюз. академии с.-х. наук им. Ленина. – М., 1952. – Вып. 3. – С. 27–33.
384. Щербаков, А. П. Ландшафтное земледелие и агробиоэнергетика / А. П. Щербаков, В. М. Володин [и др.] // Земледелие. – 1994. – № 2. – С. 8–12.
385. Щербакова, Н. А. Регуляторы роста на картофеле в Нижнем Поволжье / Н. А. Щербакова // Картофель и овощи. – 2013. – № 10. – С. 21–26.
386. Щетинский, Е. А. Тушение лесных пожаров (пособие для пожарных) / Е. А. Щетинский. – М.: Федер. служба лесного хоз-ва России, 1996. – 81 с.
387. Эркин, Г. Д. Водопроницаемость болот в связи с их осушением / Г. Д. Эркин // Труды НИИ болотного хоз-ва ВАСХНИЛ. – Минск, 1940.
388. Якушев, А. В. Комплексный структурно-функциональный метод характеристики микробных популяций / А. В. Якушев // Почвоведение. – 2015. – № 4. – С. 429–446.
389. Якушев, А. В. Кинетический метод определения физиологического состояния бактерий *insitu* / А. В. Якушев, О. С. Кухаренко // Функционирование микробных комплексов в верховых торфяниках – анализ причин медленной деструкции торфа. – М.: Т-во науч. изд., 2013. – С. 49–55.

390. Янголь, А. М. Двустороннее регулирование влажности почв при осушении / А. М. Янголь. – М.: Колос, 1970. – 136 с.
391. Яхромская пойма. История освоения. – Дмитров: Изд. дом «Вести», 2008. – 196 с.
392. <https://dubnaplus.ru/dmitrov18.html>
393. <http://agrotime.info>
394. <https://gge.ru/press-center/news/odobren-proekt-rekonstruktsii-gidrotekhnicheskikh-sooruzheniy-na-meliorativnykh-sistemakh-yakhromsko>
395. <http://landviser.eu/wp-content/uploads/2017/08/LandMapper-erm03-04-manual.pdf>
396. <http://gusn.mosreg.ru/sobytiya/novosti-ministerstva/18-07-2016-14-59-13-rekonstruktsiya-gidro-tekhnicheskikh-sooruzheniy-v>.
397. <https://inform-raduga.ru/about/news/94179>
398. <https://dubnaplus.ru/images1/itogi.jpg>
399. Amann, R. I. Fluorescent-oligonucleotide probing of whole cells for determinative, phylogenetic and environmental studies in microbiology / R. I. Amann, L. Krunholz, D. A. Stahl // *J. Bacteriol.* – 1990. – V. 172. – Pp. 766–770.
400. Amann, R. I. Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation / R. I. Amann, W. Ludwig, K.-H. Schleifer // *Microbiol. Rev.* – 1995. – V. 59. – Pp. 143–169.
401. Atterberg, A. A. Die mechanische Bodenanalyse und Klassifikation der Mineralboden Schwedens / A. A. Atterberg // *Intern. Mitt. fur Bodenkunde.* – 1912. – Bd. 11. – H. 4. – S. 312–342.
402. Atterberg, A. Studien aus dem Gebiet der Bodenkunde / A. Atterberg. – *Ldw. Versuch.* – Bd. 69. – 1908.
403. Benecke, P. Ergebnisse von Felddurchlässigkeitsmessungen mittels der Bohrlochmethode nach Hooghoudt / P. Benecke, M. Renger // *Ernst. Z. f. Kulturtechn. u. Flurbereinig.* – 1969. – Bd. 10.
404. Berg, R. C. The origin and early genesis of clay bands in youthful sandy soil along lake Michigan, USA / R. C. Berg // *Geoderma.* – 1984. – № 32. – Pp. 45–52.
405. Blume, H. P., Genetic Evaluation of Profile Distribution of Aluminium, Iron and Manganese Oxides / H. P. Blume, U. Shvertmann // *Soil Sci. Society of America Proceedings.* – 1969. – V. 33. – № 3. – Pp. 438–444.
406. Brewer, R. Fabric and mineral analysis of soils / R. Brewer. – N. Y. ; London ; Sydney, 1964.
407. Cernescu, N. Facteurs de climat et zones de sol en Roumanie / N. Cernescu // *Inst. Geol. A Roumaniei. Stud. Techn. sieconomice.* – Ser. C. – 1934. – № 2. – Bucuresti. – 70 p.
408. Conard, S. G. Wildfire in Russian boreal forests-potential impacts of fire regime characteristics on emissions and global carbon balance estimates / S. G. Conard, G. A. Ivanova // *Environmental Pollution.* – 1997. – V. 98. – Pp. 305–313.
409. Davidson, E. A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change / E. A. Davidson, I. A. Janssens // *Nature.* – 2006. – № 440. – P. 165–173.
410. Dorrepaal, E. Carbon respiration from subsurface peat accelerated by climate warming in the subarctic / E. Dorrepaal [et al.] // *Nature.* – 2009. – № 460. – Pp. 616–620.
411. Drosdoff, M. Iron-Manganese concretions in Dayton soils / M. Drosdoff, C. C. Nikiforov // *Soil.* – 1940. – V. 49. – № 5. – Pp. 333–346.
412. Duchaufour, Ph. Lessivage et podsolisation / Ph. Duchaufour // *Revue forestierefrancaise.* – 1951. – № 10. – Pp. 652–674.
413. Dudal, R. Etude morphologique et genetique d'une sequence de sols sur limonloessique / R. Dudal // *Extrait de Agriculture.* – 1953. – Octobre.
414. Dunfield, P. F. Methane oxidation by an extremely acidophilic bacterium of the phylum Verrucomicrobia / P. F. Dunfield, A. Yuryev, P. Senin [et al.] // *Nature.* – 2007. – № 450. – Pp. 879–882.
415. Eggelsmann, R. Drananleitung fur Landbau, Ingenieurbau, Landschaftsbau / R. Eggelsmann // 2 Aufl. Verlag Paul Parey. – Hamburg und Berlin. – 1981. – 265 p.
416. Ettwig, K. F. Denitrifying bacteria anaerobically oxidize methane in the absence of Archaea / K. F. Ettwig [et al.] // *Environmental Microbiology.* – 2008. – 10(11). – Pp. 3164–3173.
417. Fly C. J. The soil drainability factor in land classification / C. J. Fly // *Irrigation and Drainage Division.* – 1961. – V. 81. – № 3. – Pp. 47–62.
418. Fuerst, J. A. The planctomycetes: emerging models for microbial ecology, evolution and cell biology / J. A. Fuerst // *Microbiology.* – 1995. – № 141. – Pp. 1493–1506.

419. Gershenson, A. Effects of substrate availability on the temperature sensitivity of soil organic matter decomposition / A. Gershenson, N. E. Bader, W. Cheng // *Global Change Biology*. – 2009. – № 15. – Pp. 176–183.
420. Golovko, L. LandMapper ERM-02: Handheld Meter for Near-Surface Electrical Geophysical Surveys / L. Golovko, A. Pozdnyakova // *Fast TIMES (EEGS)*. – 2010. – Vol. 15. – Issue 4. Agriculture: A Budding Field in Geophysics. – Pp. 85–93.
421. Gorlenko, M. V. Disturbances and Their Influence on Substrate Utilization Patterns in Soil Microbial Communities / M. V. Gorlenko, T. N. Majorova, P. A. Kozevin // *Microbial Communities. Functional Versus Structural Approaches* (Insam H., Rengger A., Eds.). – Berlin, N. I. Springer, 1997. – Pp. 84–93.
422. Gottlich, Kh. Moorkultivierung, Nutzen und Verwendung in Land- und Forstwirtschaft / Kh. Gottlich, H. Kuntze // *Moor- und Torfkunde*. – 2. Aufl. – Stuttgart, 1980. – S. 231–247.
423. Hanus, H. Beitrag zur Metodik der Wasser permeabilitats messunganun gestorten Bodenproben / H. Hanus, H. G. Knoch // *Z. f. Pflanzenem.* – Diingung und Bodenk. – 1965. – Bd. 111.
424. Hallam, S. J. Reverse Methanogenesis: Testing the Hypothesis with Environmental Genomics / S. J. Hallam [at al.] // *Science*. – 2004. – Vol. 305. – Pp. 1457–1462.
425. Heikurainen, L. Improvement of Forest Growth on Poorly Drained Peat Soiles / L. Heikurainen // *Internat. Rev. Forestry Res.* – N. Y.; L.: Academic Press, 1964. – V. 1. – Pp. 40–101.
426. Hinrichs, K. U. The anaerobic oxidation of methane: new insights in microbial ecology and biogeochemistry / K. U. Hinrichs, A. Boetius ; in G. Wefer [at al.] (ed.) // *Ocean margin systems*. – Springer, 2002. Berlin, Germany. – Pp. 457–477.
427. Holland, E. A. Uncertainties in the temperature sensitivity of decomposition in tropical and subtropical ecosystems: Implications for models / E. A. Holland [at al.] // *Glob. Biogeochem. Cycles*. – 2000. – № 14. – P. 1137–1151.
428. Illner, K. Geratezur Stratigrafischen Untersuchung von Mooren / K. Illner // *Z. f. Landeskultur*. – 1960. – № 4.
429. IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001. Working Group I: The Scientific Basis, Chapter 4. – URL: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/127.htm>
430. Johnson, M. J. DNA fingerprinting reveals links among agricultural crops, soil properties, and the composition of soil microbial communities / M. J. Johnson, K.Y. Lee, K. M. Scow // *Geoderma*. – 2003. – Vol. 114. – Pp. 279–303.
431. Knorr, W. Long-term sensitivity of soil carbon turnover to warming / W. Knorr [at al.] // *Nature*. – 2005. – 433. – Pp. 298–301.
432. Krauss, G. Bodenart und Bodentyp, insbesondere Wasser- und Luftaushalt der gleyartigen Bodenbildungen / G. Krauss // *Forstl. – Jahrbuch.*, 1939. – Pp. 481–716.
433. Krauss, G. Standartgemass Durchfuhrug der Fichten Wirtschaftimnordwestsachsishen Niederland / G. Krauss [at al.]. – Berlin, 1939.
434. Kravchenko, I. K. Methane oxidation in boreal peat soils treated with various nitrogen compounds / I. K. Kravchenko // *Plant and Soil*. – 2002. – № 242. – P. 157–162.
435. Kubiena, W. L. Bestimmungsbuch und Systematik der Boden Europas / W. L. Kubiena. – Stuttgart, 1953. – 392 p.
436. Kumaraswamy, S. Methane Production and Oxidation in an Anoxic Rice Soil as Influenced by Inorganic Redox Species / S. Kumaraswamy, B. Ramakrishnan, N. Sethunathan // *Journal of Environmental Quality*. – 2001. – Vol. 30. – P. 2195–2201.
437. Kuntze, H. Bewirtschaftung und Diingung von Moorboden / H. Kuntze // *Bodentechnologisches Int.* – Bremen, 1984. – 80 p.
438. Kuntze, H. Prozesse der Bodenentwicklung auf Sandmischkulturen / H. Kuntze // *Berichte der Sektion IV der DGMT*. – Hannover, 1987. – Bd. 17. – S. 294–297.
439. Kuntze, H. Bewirtschaftung und Diingung von Sandmischkulturung / H. Kuntze, H. Wetter // *Landwirtschaftsverlag Weser-Ems GmbH*. – Oldenburg, 1980. – 120 p.
440. La Protection des Foretscontre le Feu. Quebec. – Canada, 1965.
441. Luo, Y. Acclimatization of soil respiration to warming in a tall grass prairie / Y. Luo [at al.] // *Nature*. – 2001. – № 622. – Pp. 622–625.
442. McRae, D. J. Variability of Fire Behavior Fire Effects and Emissions in Scotch Pine Forests of Central Siberia / D. J. McRae [at al.] // *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. – 2006. – V. 11. – Pp. 45–74.
443. Measuring Electrical Properties of Natural Systems with LandMapper ERM 03-04.

444. Melillo, J. M. Soil warming and carbon-cycle feedbacks to the climate system / J. M. Melillo [at al.] // *Science*. – 2002. – № 298. – P. 2173–2175.
445. Miller, L.G. Difluoromethane, a New and Improved Inhibitor of Methanotrophy / L. G. Miller, C. Sasson, R. S. Oremland // *Applied and Environmental Microbiology*. – 1998. – Vol. 64. – № 11. – Pp. 4357–4362.
446. Muckenhausen, E. Le pseudogley / E. Muckenhausen // *Sci. du sol*. – 1963. – № 1. – Pp. 21–29.
447. Okrusko, H. Humifikacja i mineralizacja jako element procesu murczhe nia glebotorowych / H. Okrusko, A. Kozakiewicz // *Zecr. probl. poster, naukroln. (ZPPNR)*. – 1973. – Z. 146. – S. 63–76.
448. Okrusko, H. Lublin Polesye / H. Okrusko, S. Zawadzki // *Acta Agrophysica*. – Lublin, 2000. – V. 26. – P. 237–244.
449. Prior, S. Acetylene as a suicide substrate and active site probe for methane monooxygenase from *Methylococcus capsulatus* (Bath) / S. Prior, H. Dalton // *FEMS Microbiology Letters*. – 1985. – Vol. 29. – P. 105–109.
450. Prusinkiewicz, Z. Paleopedological Studies on age properties and genesis of illuvial bands on a neolithic archeological site / Z. Prusinkiewicz, R. Bednarek, A. Kosko // *Rocznikiglebosnawckze (Soil Science annual) Suppl. L XLIV*. – Warszawa, 1994. – TXLIV. – Pp. 15–26.
451. Purkhold, U. Phylogeny of all recognized species of ammonia oxidizers based on comparative 16S rRNA and amoA sequence analysis: Implications for molecular diversity surveys / U. Purkhold [at al.] // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2000. – 66(12). – Pp. 5368–5382.
452. Racz, Z. A contribution to the micromorphological investigation of Pseudogleyes in the north-western part of Yugoslavia / Z. Racz // *Soil micromorphology*. – Amsterdam ; London ; New York, 1964. – P. 241–251.
453. Raghoebarsing, A. A. A microbial consortium couples anaerobic methane oxidation to denitrification / A. A. Raghoebarsing [at al.] // *Nature*. – 2006. – Vol. 440. – P. 918–921.
454. Rimpau, T. D. Bewirtschaftung des Ritter gutes Gunrau, insbesondere des Niederungs moordiirch Dammkultur / T. D. Rimpau. – Berlin, 1887. – 218 p.
455. Schmatzler, E. Entwicklung der Hochmoorregeneration in Niedersachsen. Regeneration von Hochmooren 11 Berichte des Moor Symposions. Juni 1980 in Vechta / E. Schmatzler // *BSH-Verlag*. – 1982. – Pp. 183–194.
456. Schvertman, U. Use of oxalate for Fe extraction from soils / U. Schvertman // *Can. J. Soil. Sci.* – 1993. – V. 53. – № 2. – Pp. 244–246.
457. Schvertman, U., Iron-manganese concretions in hydrosequence of soils in soil loess in Bavaria / U. Schvertman, D. S. Fanning // *Soil. Sci. Soc. Americ. J.* – 1976. – № 5. – P. 731–736.
458. Schwarts, D. Some podzols on Bateke sand and their origins / D. Schwarts // *Geoderma*. – 1988. – V. 43. – Pp. 229–248.
459. Smemo, K. A., Evidence for Anaerobic CH₄ Oxidation in Freshwater Peatlands / K. A. Smemo, J. B. Yavitt // *Geomicrobiology Journal*. – 2007. – 24. – Pp. 583–597.
460. Stefanovits, P. Brown forest soil of Hungary / P. Stefanovits. – Budapest: Academia Kiado, 1971.
461. Teaci, D. The morphohromatic diagnosis of gley and gleyed horizons and soils / D. Teaci // *Stinta Solului*. – 1968. – V. 6. – № 2–3. – P. 48–59.
462. Tourna, M. Nitrososphaeraviennensis, an ammonia oxidizing archaeon from soil / M. Tourna [at al.] // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 2011. – 108(20). – 8420–5.
463. Veith, J. A. Iron oxidation and reduction effects on structural hydroxyl and layer charge in agneous suspensions of micaceous vermiculites / J. A. Veith, M. L. Jacson // *Clays and Clay Minerals*. – 1974. – V. 22. – № 4. – Pp. 345–363.
464. Versluys, J. Die Kapillaritat der Boden / J. Versluys // *Intern. Mitt, fur Bodenkunde*. – 1917. – Bd. 7. – Berlin. World reference base for soil resources (WRD). Rome. Food and agriculture organization of the united nations. – 1998. – 91 p.
465. Zaidelman, F. R. A concept of gleyzation and its role in pedogenesis / F. R. Zaidelman // *Archives of Agronomy and Soil Science*. – 1994. – V. 38. – № 5. – P. 323–336.
466. Zaidelman F. R. Hydrothermic Regime, Dynamics of Organic Matter and Nitrogen in Drained Peaty Soils at Different Sanding Modes / F. R. Zaidelman, A. P. Shwarov // *Arch. Acker – und Pfl., Bodenk.* – 2000. – Bd. 45. – S. 123–142.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Цветные иллюстрации природных явлений полесских ландшафтов

Условные обозначения полесий:

ОМП – Окско-Мещерское полесье

РП – Рязанское полесье

ММ – Московская Мещера

ВП – Верхневолжское полесье

ПП – Припятское полесье

Морфология минеральных почв полесий



Рисунок 1 – Дерново-подзолистая глееватая супесчаная почва на суглинистой морене ВП



Рисунок 2 – Дерново-подзолистая глееватая супесчаная почва на суглинистой морене В

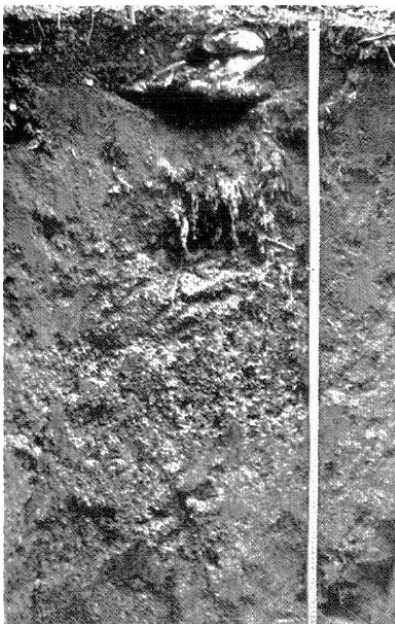


Рисунок 3 – Бурая супесчаная почва на песках ПП



Рисунок 4 – Подзол глеевый гумусово-железистый на песках ПП



Рисунок 5 – Аккумуляция аморфной гидроокиси железа, Карелия

Мероприятия по окультуриванию торфяников

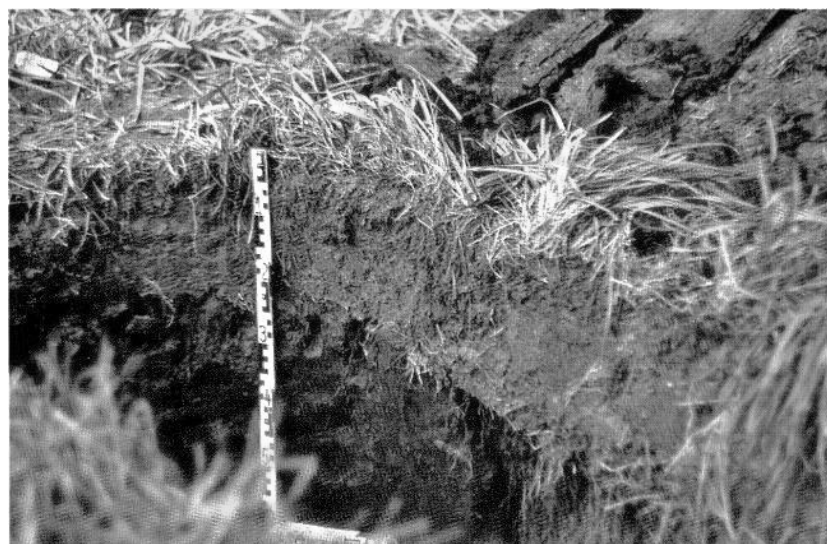


Рисунок 6 – Покровная (римпауская) культура на осушаемых торфяных почвах



Рисунок 7 – Плуг Ф. Оттомайера



Рисунок 8 – Агрегат для работы плуга Ф. Оттомайера

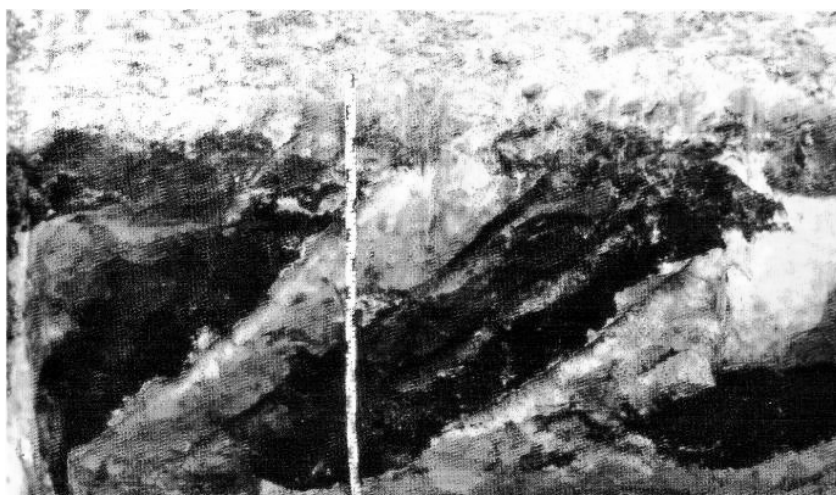


Рисунок 9 – Профиль почвы, созданной плугом Ф. Оттомайера

Пирогенез на торфяниках



Рисунок 10 – Задымление и начало пожара ОМП



Рисунок 11 – После пожара. Поверхность пирогенно-перегнойных супесчано-песчаных образований ОМП

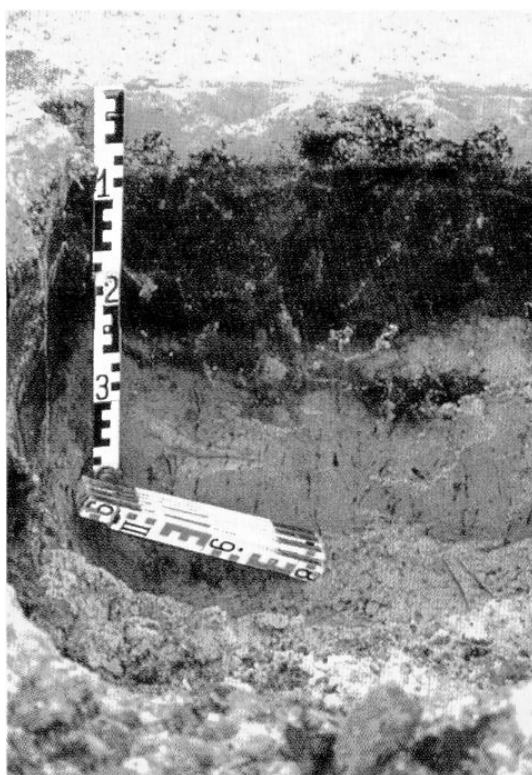


Рисунок 12 – Профиль пирогенно-перегнойных песчаных образований (Макеевский мыс ОМП)



Рисунок 13 – После пожара. Выход на поверхность кварцевого песка. Поверхность пирогенно-песчаных образований (Макеевский мыс ОМП)

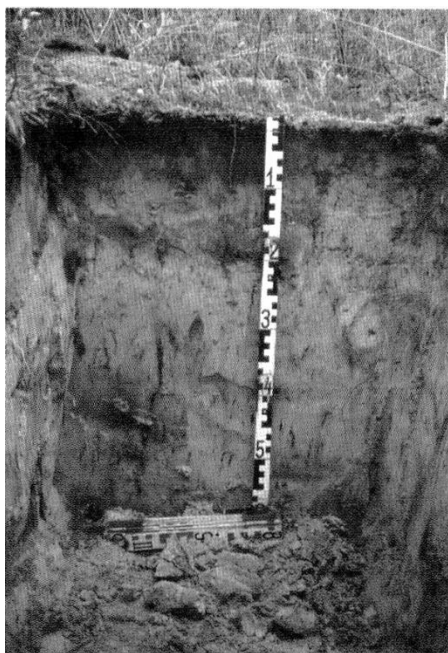


Рисунок 14 – Профиль пирогенно-лесного образования (Макеевский мыс ОМП)



Рисунок 15 – После пожара. Поверхность пирогенно-древесно-песчаных образований (Макеевский мыс ОМП)

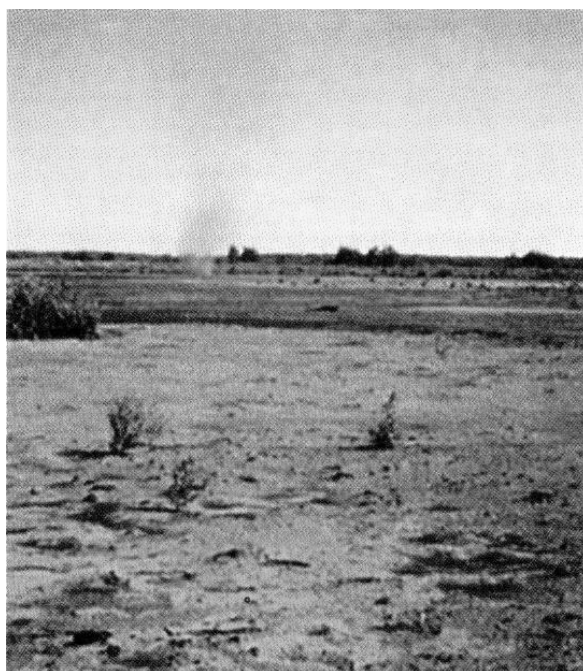


Рисунок 16 – Ветровая эрозия поверхностных зольных масс

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

Редакционная группа:

Мажайский Юрий Анатольевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник Мещерского филиала ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», генеральный директор ООО «Мещерский научно-технический центр», почетный работник агропромышленного комплекса Российской Федерации, Российская Федерация;

Рокочинский Анатолий Николаевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры водной инженерии и водных технологий, Национальный университет водного хозяйства и природопользования (НУВХП), Украина;

Зайдельман Феликс Рувимович – доктор сельскохозяйственных наук, Заслуженный деятель науки и техники РФ, Заслуженный профессор МГУ имени М. В. Ломоносова, Российская Федерация;

Волчек Александр Александрович – доктор географических наук, профессор, декан факультета инженерных систем и экологии, УО «Брестский государственный технический университет» (БрГТУ), Республика Беларусь;

Иванов Дмитрий Анатольевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. отделом мониторинга состояния и использования осушаемых земель ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ), член-корреспондент РАН, Российская Федерация;

Мешик Олег Павлович – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой природообустройства, УО «Брестский государственный технический университет» (БрГТУ), Республика Беларусь;

Ежи Езнах – доктор технических наук, профессор, Варшавский университет естественных наук – SGGW, член президиума и ученый секретарь комитета агрономических наук Польской академии наук, Республика Польша.

Авторы:

Бирюкова Елена Вадимовна – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры географии, экологии и природопользования ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина». Является автором более 50 научных работ. Область научных интересов: охрана окружающей среды, геоботанические исследования. E-mail: el.birukova@365.rsu.edu.ru.

Горнов Владимир Анатольевич – кандидат исторических наук, доцент, проректор по научной деятельности ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина». Является автором около 120 научных работ. Область научных интересов: социокультурные исследования, регионоведение, прикладная социология. E-mail: v.gornov@yandex.ru.

Давыдов Евгений Александрович – кандидат физико-математических наук, директор Инженерно-физического института Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московской области «Международный Университет природы, общества и человека "Дубна"». Является автором более 30 научных работ. Область научных интересов: математическое моделирование, экологические риски. E-mail: eugene00@mail.ru.

Давыдова Инна Юрьевна – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры географии, экологии и природопользования ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина», почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации. Является автором более 130 научных работ. Область научных интересов: техногенез почв, деградация почв, экологические риски. E-mail: diu2004@mail.ru.

Зайдельман Феликс Рувимович – доктор сельскохозяйственных наук, Заслуженный деятель науки и техники РФ, Заслуженный профессор МГУ имени М. В. Ломоносова. Является автором более 400 научных работ. Область научных интересов: почвоведение, почвообразовательные процессы в условиях периодического и постоянного переувлажнения, подзоло- и глееобразование, лессиваж, сульфатредукция, осолодение, слитизация почв. E-mail: soil.msu@mail.ru

Иванов Дмитрий Анатольевич – член-корреспондент Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. отделом мониторинга состояния и использования осушаемых земель ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ), г. Тверь. Автор более 300 научных трудов. Сфера научных интересов: разработка типовых

моделей адаптивно-ландшафтных систем земледелия для различных регионов Нечерноземья, агроэкологическое районирование территории. E-mail: volok123@gmail.com.

Ковалев Николай Георгиевич – академик Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный изобретатель РФ, лауреат премии Совета Министров СССР, лауреат Государственной премии и премии Правительства РФ, директор ВНИИМЗ 1986–2015 гг. Автор более 600 научных работ. Выдающийся ученый в области биоконверсии органического сырья и мелиоративного земледелия.

Мажайский Юрий Анатольевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник Мещерского филиала ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», генеральный директор ООО «Мещерский научно-технический центр», почетный работник агропромышленного комплекса Российской Федерации. Является автором более 600 научных работ. Область научных интересов: режимы комплексных мелиораций деградированных и техногенно загрязнённых земель, экологическое обоснование технологий сохранения и восстановления плодородия почв. E-mail: mail@mntc.pro.

Карасева Ольга Васильевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела мониторинга состояния и использования осушаемых земель ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ). Является автором более 110 работ. Область научных интересов: влияние агроландшафтных условий на развитие и продуктивность сельскохозяйственных культур. E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru.

Петрова Лидия Ивановна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела мелиоративного земледелия ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ). Является автором более 150 научных работ. Область научных интересов: агротехнологии возделывания зерновых культур на осушаемых землях, адаптивные экологически сбалансированные севообороты. E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru.

Поздняков Анатолий Иванович – доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, известный ученый в области почвоведения и электрофизических методов исследования почв. Автор более 350 научных работ.

Поздняков Лев Анатольевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ). Является автором более 100 научных работ. Область научных интересов: ГИС-технологии, тренды почвенных процессов на торфоземах, почвенная микробиология, экология, геохимия почв. E-mail: apl-223@mail.ru.

Позднякова Антонина Даниловна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ). Является автором более 150 научных работ. Область научных интересов: ГИС-технологии, электрофизические методы изучения почв, торфяные почвы и их плодородие. E-mail: antdanpozd@list.ru.

Рабинович Галина Юрьевна – доктор биологических наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ). Является автором более 380 научных работ. Область научных интересов: сельскохозяйственная биотехнология, микробиология, агрофизика, теоретические и прикладные основы биотехнологий производства биосредств для целевого использования в инновационных агротехнологиях, изучение жизнедеятельности микрофлоры в естественных и искусственных средах обитания. E-mail: vniimz@list.ru.

Рублюк Мария Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела мониторинга состояния и использования осушаемых земель ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ). Является автором более 100 научных работ. Область научных интересов: изучение влияния агроландшафтов на свойства дерново-подзолистой почвы при экстенсивном использовании осушаемых земель и изменение почвенного плодородия. E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Рубцова Наталья Ефимовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. научно-организационным отделом ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого». Является автором более 200 научных работ. Область научных интересов: трансформация средств химизации в дерново-подзолистых почвах; разработка типовых моделей адаптив-

но-ландшафтных систем земледелия для природно-сельскохозяйственной зоны Евро-Северо-Востока, агроэкологическое районирование территории.

Томин Юрий Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, Заслуженный мелиоратор РФ. Автор более 160 научных работ. Область научных интересов: мелиоративное почвоведение.

Широкова Евгения Васильевна – кандидат сельскохозяйственных наук, зав. Дмитровским отделом ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ). Является автором более 80 научных работ. Область научных интересов: агротехнологии на торфяных почвах, торфяные почвы и их плодородие. E-mail: shirokova_evg@mail.ru

Юдкин Лев Юрьевич – кандидат сельскохозяйственных наук. Автор более 120 научных работ. Известный ученый в области защиты растений.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО	5
ПРЕДИСЛОВИЕ	6
Глава 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ПОЛЕСИЙ	
1.1. Минеральные почвы полесий (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	7
1.1.1. Условия формирования и морфология почв в ареалах слабожелезненных грунтовых вод.....	15
1.1.2. Условия формирования и морфология почв в ареалах слабожелезненных грунтовых вод. Павлово-Посадский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар. Московская Мещера.....	19
1.1.3. Условия формирования и морфология почв в ареалах слабожелезненных грунтовых вод.....	19
1.1.4. Морфология почв, образованных под влиянием сильножелезненных грунтовых вод.....	21
1.1.5. Морфология почв, образованных под влиянием пресных неминерализованных грунтовых вод на мощных песках. Спас-Клепиковский гидрологический почвенно-мелиоративный стационар. Рязанская Мещера.....	22
1.1.6. Морфология почв полесий на среднемощных двучленных отложениях, увлажняемых или заболоченных поверхностными пресными водами. Общие положения.....	22
1.1.7. Морфология почв полесий на среднемощных двучленных отложениях на примере Верхневолжского полесья.....	24
1.2. Химические и минералогические свойства почв полесских ландшафтов (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	26
1.2.1. Кислотность, поглощенные основания, гумус.....	26
1.2.2. Валовой химический состав почв.....	27
1.2.2.1. Валовой химический состав илистой фракции почв.....	29
1.2.3. Химические свойства почв полесий на двучленных породах.....	31
1.2.4. Минералогический состав почв полесий. Минералогический состав илистой фракции почв.....	33
1.2.5. Физические свойства легких почв полесских ландшафтов. Общие сведения... 1.2.5.1 Гранулометрический состав.....	34
1.2.6. Взаимодействие твердой и жидкой фаз легких почв. Влагоемкость.....	35
1.2.7. Водопроницаемость легких почв.....	37
1.2.8. Водный режим минеральных почв полесских ландшафтов, их агроэкологическая и мелиоративная оценка. Общие положения..... 1.2.8.1 Основные элементы водного режима минеральных почв полесий, увлажняемых или заболоченных слабожелезненными грунтовыми водами... 1.2.8.2 Режим влажности и грунтовых вод почв открытых территорий Окско- Мещерского полесья на мощных песчаных отложениях..... 1.2.8.3 Динамика запасов влаги..... 1.2.8.4 Динамика воздухоносной пористости. Агроэкологическая и мелиоративная оценка водного режима легких почв, заболоченных слабожелезненными грунтовыми водами.....	39
1.2.9. Эколого-гидрологическая оценка целесообразности осушения легких почв разной степени заболоченности на мощных песчаных отложениях, увлажняемых или заболоченных грунтовыми водами.....	45
1.2.10. Пояснение понятия «индекс степени заболоченности» и его прикладного значения.....	47
1.3. Почвы болот и лесов полесских ландшафтов (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	48
1.3.1. Прогноз изменения режима и состава грунтовых вод на осушаемых массивах и сопредельных территориях. Общие положения.....	48
1.3.2. Изменение режима влажности и уровней грунтовых вод в минеральных почвах разной степени заболоченности неосушаемых водосборов в результате осушения сопредельных торфяных болот.....	49

1.3.3	Двустороннее регулирование режима грунтовых вод и влажности почв.....	50
1.3.4	Прогноз изменения режима грунтовых вод на неосушенном водосборе под влиянием сопредельных мелиоративных систем.....	52
1.3.5	Особенности водного режима легких почв разной степени заболоченности в лесу на мощных песчаных отложениях и их продуктивность.....	52
1.3.5.1	Диагностика степени заболоченности лесных почв полесских ландшафтов на мощных флювиогляциальных песках и их лесорастительная оценка.....	53
1.3.5.2	Водный режим бурых и дерново-подзолистых оглеенных почв на среднемощных двучленных отложениях полесских ландшафтов. Режим влажности и верховодки.....	57
1.3.5.3	Динамика запасов влаги и воздухоносной пористости.....	58
1.3.6	Диагностика и оценка целесообразности осушения почв на среднемощных двучленных отложениях полесских ландшафтов южной тайги Восточно-Европейской равнины.....	59
Глава 2.	НЕКОТОРЫЕ АГРОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОЛЕССКИХ ЛАНДШАФТОВ (Иванов Д. А., Рубцова Н. Е.)	60
2.1.	Принципы ведения современного сельского хозяйства в пределах полесий (Иванов Д. А., Петрова Л. И., Ковалев Н. Г.).....	83
2.1.1.	Оптимизация соотношения угодий в пределах полесий (Иванов Д. А.).....	90
2.1.2.	Правила организации территории хозяйств (Иванов Д. А., Ковалев Н. Г.).....	91
2.1.3.	Особенности набора культур и севооборотов в пределах полесий (Иванов Д. А., Петрова Л. И., Рубцова Н. Е.).....	93
2.1.4.	Особенности мелиоративных мероприятий в полесьях (Иванов Д. А., Петрова Л. И., Рублюк М. В.).....	96
2.1.5.	Система обработки почв полесий (Карасева О. В.).....	100
2.1.6.	Научно обоснованная система обработки почвы (Карасева О. В.).....	101
2.1.7.	Технологические операции при обработке почвы (Карасева О. В.).....	102
2.1.8.	Обработка почвы под культуры севооборота (Карасева О. В.).....	102
2.1.9.	Обработка почвы после культур сплошного посева (Карасева О. В.).....	103
2.1.10.	Особенности обработки почв после многолетних трав (Карасева О. В.).....	103
2.1.11.	Обработка почвы под озимые культуры (Карасева О. В.).....	104
2.1.12.	Обработка почвы под пропашные культуры (Карасева О. В.).....	104
2.1.13.	Особенности обработки почв склоновых участков (Карасева О. В.).....	104
2.1.14.	Предпосевная обработка почвы (Карасева О. В.).....	105
2.1.15.	Послепосевная обработка (Карасева О. В.).....	106
2.1.16.	Рекультивация залежных земель (Карасева О. В.).....	106
2.1.17.	Обработка почв полесий в режиме ландшафтно-мелиоративного земледелия (Иванов Д. А.).....	107
2.1.18.	Системы питания растений в полесьях. Особенности питания растений на легких почвах (Рублюк М. В.).....	108
2.1.19.	Особенности питания полевых культур (Рублюк М. В.).....	109
2.1.20.	Приемы повышения плодородия легких почв (Рублюк М. В.).....	110
2.1.21.	Влияние продуктов биоконверсии органического сырья на плодородие почв полесий (Иванов Д. А., Карасева О. В., Рублюк М. В.).....	111
2.1.22.	Защита растений в полесских ландшафтах (Юдкин Л. Ю.).....	119
2.1.23.	Оценка экономической и энергетической эффективности сельскохозяйственного производства в полесьях (Карасева О. В.).....	122
Глава 3.	ТОРФЯНЫЕ ПОЧВЫ ПОЛЕСИЙ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ОСУШЕНИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ (Зайдельман Ф. Р.)	125
3.1.	Торф и торфяные почвы полесий (Поздняков А. И., Мажайский Ю. А.).....	128
3.1.1.	Олиготрофные торфяные почвы.....	129
3.1.2.	Мезотрофные (переходные) торфяные почвы.....	129
3.1.3.	Эутрофные (низинные) торфяные почвы.....	129

3.1.4	Особенности торфяных эутрофных почв полесий при их мелиорации. Стратиграфия пойменных торфяных залежей.....	130
3.1.5	Торфяные почвы и торфоземы, развитые на мощных древесных торфах.....	131
3.1.6	Торфяные почвы и торфоземы, развитые на древесных торфах, подстилаемых залежью травяного (преимущественно осокового) торфа.....	132
3.1.7	Торфяные почвы и торфоземы с повышенным содержанием карбонатов кальция, развитые на мощных травяных (в основном осоковых и тростниковых) торфах.....	132
3.1.8	Торфяные почвы и торфоземы, сформированные на осоково-гипновых и, особенно, на гипновых торфах.....	133
3.2.	Мелиорация и трансформация торфяных эутрофных почв в торфоземы (Поздняков А. И., Мажайский Ю. А.).....	133
3.2.1.	Агрохимические особенности эутрофных торфяных почв.....	133
3.2.2.	Стадии эволюции осушенных торфяных эутрофных почв.....	134
3.2.3.	Нормативы природоохранного использования осушенных торфяных почв. . .	135
3.2.3.1.	Долина реки Яхрома (Верхневолжская низменность) как модельный объект при изучении трансформации торфяных эутрофных почв в ходе антропогенного использования. Формирование торфяного массива. Гидрогеологическое строение Яхромской долины.....	138
3.2.3.2.	Стратиграфия Яхромской долины.....	139
3.2.3.3.	Агрохимические и физические свойства эутрофных торфяных почв разных частей долины реки Яхрома.	142
3.2.3.4.	Освоение и изучение долины реки Яхрома.....	143
3.2.3.5.	Сработка торфяной залежи и трансформация органического вещества при антропогенном использовании.....	146
3.3.	Виды деградации осушаемых торфяных почв.	150
3.3.1	Общие положения (Зайдельман Ф. Р.).....	150
3.3.2.	Понятия пирогенной и гидротермической деградации торфяных почв и оценки степени их проявления (Зайдельман Ф. Р.).....	151
3.3.3.	Гидрогенная деградация осушаемых торфяных почв, ее связь со способами мелиорации и особенностями водного режима (Зайдельман Ф. Р.).....	152
3.3.4.	Принципы рационального использования и охраны торфяных почв Окско-Мещерского Полесья (Мажайский Ю. А., Томин Ю. А.).....	154
3.3.5	Природно-хозяйственные условия Окско-Мещерского полесья (Мажайский Ю. А., Томин Ю. А.)	154
3.3.5.1.	Типы и агрономические свойства торфяников Окско-Мещерского полесья.....	156
3.3.5.2.	Изменение агрохимических свойств торфяных почв под влиянием мелиорации.....	158
3.3.5.3.	Современное состояние мелиорируемых земель Окско-Мещерского Полесья.....	161
3.3.6	Охрана природы Окско-Мещерского полесья и торфяных почв (Мажайский Ю. А., Томин Ю.А.).....	164
3.3.7	Почвоохранные технологии с использованием пескования на осушаемых болотных массивах (Зайдельман Ф. Р.).....	165
3.4.	Физические свойства торфяных почв полесий и методы их изучения (Зайдельман Ф. Р.)	168
3.4.1	Общие положения (Зайдельман Ф. Р.).....	168
3.4.1.1.	Краткий обзор результатов исследования физических свойств торфяных почв полесий.....	168
3.4.1.2.	Изменения физических свойств торфяных почв после пескования. Вопросы методики.....	170
3.4.1.3.	Влияние пескования на трещиноватость осушаемых торфяных почв	170
3.4.1.4.	Изменение плотности торфяных почв под влиянием пескования.....	172
3.4.1.5.	Изменение общей пористости и воздухоемкости торфяных почв в результате пескования.....	172
3.4.1.6.	Влияние пескования на коэффициент водоотдачи торфяных почв.....	173

3.4.1.7.	Влияние пескования на коэффициент фильтрации осушаемых торфяных почв.....	173
3.4.1.8.	Изменение гидротермического режима осушаемых торфяных почв в условиях смешанного и покровного пескования и их продуктивность. Общие положения.....	175
3.4.1.9.	Особенности температурного режима осушаемых торфяных почв Окско-Мещерского полесья. Смешанное и покровное пескование.....	176
3.4.2	Основные элементы гидрологического режима осушаемых торфяных почв Окско-Мещерского полесья (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	176
3.4.2.1.	Смешанное и покровное пескование.....	176
3.4.2.2.	Влияние смешанного и покровного пескования осушаемых торфяных почв Окско-Мещерского полесья на их продуктивность.....	177
3.4.2.3.	Влияние смешанного и покровного пескования на физические свойства и гидротермический режим осушаемых торфяных почв северотаежной подзоны и их продуктивность. Изменение физических свойств.....	178
3.4.3	Особенности температурного режима осушаемых торфяных почв в условиях смешанного и покровного пескования. Северодвинский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	179
3.4.4	Основные элементы водного режима осушаемых торфяных почв в условиях смешанного и покровного пескования. Северодвинский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	180
3.4.5	Биологическая активность осушаемых торфяных почв в условиях пескования (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	180
3.4.5.1.	Общие положения.....	180
3.4.5.2.	Методика исследования биологической активности и биохимического разложения органического вещества торфа.....	181
3.4.5.3.	Биологическая активность торфяных почв на фоне разных способов внесения песка.....	182
3.4.5.4.	Целлюлозолитическая и протеолитическая активность торфяных почв.....	182
3.4.5.5.	Мультисубстратное тестирование поверхностных горизонтов торфяных почв.....	183
3.4.6	Динамика углекислого газа в почвенном профиле и его эмиссия в атмосферу (<i>Зайдельман Ф. Р., Поздняков А. И., Мажайский Ю. А.</i>).....	183
3.4.7	Биохимическое разложение органического вещества осушаемых торфяных почв в условиях разных способов пескования (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	186
3.4.7.1.	Общие положения.....	186
3.4.7.2.	Биохимическое разложение органического вещества торфяных почв.....	186
3.4.8	Потоки диоксида углерода в осушаемых торфяных почвах (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	190
3.4.9	Влияние смешанного и покровного пескования на азотный режим почв и содержание нитратов в грунтовых водах (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	191
3.4.10	Влияние смешанного и покровного пескования на урожай (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	191
3.4.11	Северодвинский мелиоративный почвенно-гидрологический стационар (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	192
3.4.12	Преимущества песчаных культур земледелия и неизвестные деградационные изменения (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	193
Глава 4. АГРОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ. ОСОБЕННОСТИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ НИЗИННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ЯХРОМСКОЙ ПОЙМЫ (Широкова Е. В.)		
4.1.	Особенности микроклимата Яхромской поймы (<i>Широкова Е. В.</i>) . . .	197
4.2.	Изучение трансформации почвенного покрова торфяных массивов полесий новыми методами. Изучение современных структур почвенного покрова с применением ГИС-технологий и статистического анализа. Геоинформационные системы (ГИС) (<i>Поздняков А. И., Поздняков Л. А.</i>)	198
4.3.	Пространственное распределение физико-химических и водно-физических свойств почв Яхромской долины (<i>Поздняков А. И., Поздняков Л. А.</i>)	200

4.4.	Пространственное распределение агрохимических свойств почв (Поздняков А. И., Поздняков Л. А., Позднякова А. Д.).....	201
4.5.	Факторы современной структуры почвенного покрова долины реки Яхромы (Поздняков А. И., Поздняков Л. А., Позднякова А. Д.).....	203
4.6.	Микробные процессы образования и поглощения парниковых газов (Поздняков А. И., Поздняков Л. А., Рабинович Г. Ю.).....	204
4.6.1.	Методы газовой хроматографии.	204
4.7.	Пространственное распределение интенсивности микробиологических процессов (Поздняков А. И., Поздняков Л. А., Рабинович Г. Ю.).....	205
4.8.	Анаэробное окисление метана в торфоземах Яхромской долины (Поздняков А. И., Поздняков Л. А.).....	206
4.9.	Таксономическая и функциональная структура микробных сообществ осушенных торфяных почв. Трансформация микробных сообществ торфоземов при длительных и интенсивных антропогенных нагрузках (Поздняков А. И., Поздняков Л. А., Рабинович Г. Ю.).....	210
4.9.1.	Метод флуоресцентной гибридизации in situ (FISH)	211
4.10.	Численность и состав прокариотных сообществ старопашотных эвтрофных торфоземов (Поздняков А. И., Поздняков Л. А., Рабинович Г. Ю.)	212
4.11.	Комплексный структурно-функциональный метод характеристики микробных популяций (Поздняков А. И., Позднякова А. Д.).....	217
4.12.	Гидролитические комплексы торфоземов (Поздняков А. И., Позднякова А. Д.).....	218
4.13.	Термодинамическая устойчивость органического вещества торфяных почв к микробному разложению (Поздняков Л. А., Позднякова А. Д.).....	220
4.14.	Применение электрофизических методов для изучения почвенного покрова осушенных торфяных массивов (Поздняков А. И., Поздняков Л. А., Позднякова А. Д.).....	224
4.14.1.	Электрофизические методы.....	224
4.14.2.	Электрофизические методы оценки скоростей образования и поглощения парниковых газов.....	227
4.14.3.	Образование парниковых газов в условиях антропогенного загрязнения.....	228
4.14.4.	Оценка постмелиоративных эволюционных преобразований торфоземов Яхромской поймы электрофизическими методами.....	228
4.15.	Особенности подбора культур для выращивания на торфяных почвах (Широкова Е. В.)	230
4.15.1.	Роль многолетних трав в сохранении и поддержании высокого уровня плодородия торфяных почв.....	231
4.15.2.	Вклад сотрудников МОБОС и ЦТБОС в развитие кормопроизводства и подборе культур для выращивания на торфяных почвах.....	232
4.15.3.	Биологическая эффективность возделывания многолетних трав и травосмесей при трехукосном использовании травостоя.....	233
Глава 5.	ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ.....	235
5.1.	Общие положения (Широкова Е. В.).....	235
5.2.	Некоторые особенности использования сельскохозяйственной техники на торфяных почвах (Широкова Е. В.)	236
5.3.	Система питания и защиты растений на торфяных почвах (Широкова Е. В.)	236
5.3.1.	Система удобрений многолетних трав	236
5.3.2.	Системы удобрений многолетних трав в севооборотах и вне севооборотных участков	237
5.4.	Основные технологические моменты выращивания овощных культур на торфяных почвах (Широкова Е. В., Позднякова А. Д.)	239
5.4.1.	Современные системы удобрений овощных культур, включающие новые виды удобрений, увеличивающие производительность длительно используемых торфяных почв и улучшающие их биологическое состояние.....	239
5.4.2.	Влияние некорневых подкормок новыми видами удобрений и регуляторов роста на продуктивность овощных культур и биологические свойства торфяных почв.....	240
5.4.3.	Построение систем удобрений овощных культур в современных условиях при	

интенсивном использовании мелиорированных низинных торфяных почв.....	246
5.4.4. Включение некорневых подкормок овощных культур современными удобрениями в технологический процесс выращивания овощных культур совместно с ХСЗР.....	248
5.5. Система защиты овощных культур на торфяных почвах (<i>Широкова Е. В.</i>).....	249
5.5.1. Защита овощных культур от сорной растительности.....	249
5.5.1.1. Применение гербицидов на капусте.....	249
5.5.1.2. Использование гербицидов в посевах моркови.....	250
5.5.1.3. Применение гербицидов в посевах столовой свеклы.....	251
5.5.2. Защита овощных культур от вредителей и болезней.....	252
5.5.3. Защита овощных культур от болезней.....	253
5.5.4. Основные технологические моменты выращивания овощных культур на торфяных почвах.....	253
5.6. Образование и развитие сельскохозяйственных предприятий на Яхромской пойме. Яхромский совхоз-техникум, ныне Яхромский аграрный колледж (<i>Широкова Е. В.</i>)	254
5.7. Реконструкция мелиоративной системы Яхромской поймы на современном этапе (<i>Широкова Е. В., Позднякова А. Д.</i>).....	257
5.7.1. О задачах и путях выполнения мелиоративных мероприятий в Яхромской пойме Дмитровского района Московской области в 2018 году [397].....	258
5.7.2. Современное состояние АПК Дмитровского района.....	260
Глава 6. ПИРОГЕННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ – ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ФОРМЫ ДЕГРАДАЦИИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОЖАРОВ НА ОСУШАЕМЫХ БОЛОТНЫХ МАССИВАХ	262
6.1. Понятие пирогенных образований и их значение для торфяных почв.....	262
6.1.1. Общие положения (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	262
6.1.2. Морфология пирогенных образований и их классификация (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	264
6.1.3. Химические свойства и плодородие пирогенных образований и пирогенно измененных почв (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	266
6.1.4. Растительность пирогенных образований, их наземная и подземная биомассы. Видовой состав растительности (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	269
6.1.5. Наземная и подземная биомасса (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	270
6.1.6. Эволюция пирогенных образований и формирование почв на зольном субстрате в постпирогенный период (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	271
6.2. Борьба с пожарами путем обводнения торфяных массивов (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	272
6.2.1. Можно ли безусловно защитить торфяные осушаемые почвы от пирогенной деградации и уничтожения при пожарах? (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	274
6.2.2. Обязательные мероприятия по защите осушаемых торфяных почв от пирогенной деградации и уничтожения пожарами (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	275
6.2.3. Защита торфяных почв от пирогенной и гидротермической деградаций (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	277
6.2.4. Профилактические мероприятия по защите торфяных почв от пирогенной и гидротермической деградаций (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	278
6.2.5. Рекультивация пирогенных образований (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	278
6.2.6. Защита от пожаров естественных массивов неосушаемых торфяных почв (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	281
6.2.7. Дополнительные мероприятия по защите торфяных почв и лесов от пирогенной деградации и пожаров (<i>Зайдельман Ф. Р.</i>).....	282
6.2.7.1. Средства индивидуальной борьбы с огнем.....	283
6.2.7.2. Ранцевые лесные огнетушители.....	283
6.2.7.3. Пожарная опасность по природным условиям лесных участков.....	283
6.2.8. Методические подходы обоснования обводнения пожароопасных торфяников (<i>Мажайский Ю. А., Макарова Л. Ю.</i>)	283
6.2.9. Методические подходы к созданию аналитической модели оценки стоимости земель с обводненными пожароопасными торфяниками (<i>Давыдов Е. А., Давыдова И. Ю., Мажайский Ю. А.</i>).....	287

Глава 7. МОНИТОРИНГ ОБЩЕСТВЕННОГО МНЕНИЯ В ПРАКТИКЕ ПЛАНИРОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБВОДНЕНИЮ ЗАТОРФОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ, ПОСТРАДАВШИХ ОТ ПОЖАРОВ (<i>Давыдова И. Ю., Бирюкова Е. В., Горнов В. А.</i>).....	289
Некоторые итоги (<i>Зайдельман Ф. Р., Мажайский Ю. А.</i>)	296
ЛИТЕРАТУРА.....	303
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	322
Алфавитный указатель авторов.....	327
ОГЛАВЛЕНИЕ.....	330
РЕДАКЦИОННАЯ ГРУППА.....	337

Редакционная группа:



Юрий Мажайский

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник Мещерского филиала ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», генеральный директор ООО «Мещерский научно-технический центр», почетный работник агропромышленного комплекса России.

Юрий Мажайский является автором более 600 научных работ. Область научных интересов – режимы комплексных мелиораций деградированных и техногенно загрязнённых земель, экологическое обоснование технологий сохранения и восстановления плодородия почв.

Е-mail: mail@mntc.pro

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры водной инженерии и водных технологий (Национальный университет водного хозяйства и природопользования).

Анатолий Рокочинский является автором более 300 научных работ. Область научных интересов – разработка научных принципов, методов и моделей по обоснованию климатологически оптимальной стратегии создания и управления сложными природно-техногенными объектами и комплексами в области водного хозяйства, охраны окружающей среды, агропромышленном и энергетическом комплексе.

Е-mail: a.m.rokochinskiy@nuwm.edu.ua



Анатолий Рокочинский



Феликс Зайдельман

Доктор сельскохозяйственных наук, Заслуженный деятель науки и техники РФ, Заслуженный профессор МГУ им. М. В. Ломоносова.

Феликс Рувимович является автором более 450 научных работ. Область научных интересов: почвоведение, почвообразовательные процессы в условиях периодического и постоянного переувлажнения, подзоло- и глееобразование, лессиваж, сульфатредукция, осолодение, слитизация почв.

Е-mail: soil.msu@mail.ru

Доктор географических наук, профессор, лауреат премии Национальной академии наук Беларуси, декан факультета инженерных систем и экологии Брестского государственного технического университета.

Александр Волчек является автором более 950 научных работ. Область научных интересов – изменение водного баланса речных водосборов, моделирование процессов формирования водного режима.

Е-mail: Volchak@tut.by



Александр Волчек



Дмитрий Иванов

Член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. отделом мониторинга состояния и использования осушаемых земель ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ), г. Тверь.

Дмитрий Анатольевич является автором более 300 научных трудов. Сфера научных интересов: разработка типовых моделей адаптивно-ландшафтных систем земледелия для различных регионов Нечерноземья, агроэкологическое районирование территории.

Е-mail: volok123@gmail.com

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой природообустройства Брестского государственного технического университета.

Олег Мешик является автором более 190 научных и учебно-методических работ. Область научных интересов – строительная климатология, агрометеорология, теплоэнергетические ресурсы климата, водные ресурсы, природообустройство.

E-mail: omeshyk@gmail.com



Олег Мешик



Ежи Езнах

Доктор технических наук, профессор (Варшавский университет естественных наук – SGGW), член президиума и ученый секретарь Комитета агрономических наук Польской академии наук.

Ежи Езнах является автором более 300 научных работ. Область научных интересов – инженерия, охрана и формирование окружающей среды, мелиорация и рекультивация земель.

E-mail: jerzy_jeznach@sggw.pl

Международное научное издание

ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО ПОЛЕСЬЯ

Книга 4. ПОЛЕСЬЯ РОССИИ

Том 2

ПОЛЕСЬЯ ЦЕНТРА И СЕВЕРО-ВОСТОКА
ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Под общей научной редакцией

Ю. А. Мажайского, А. Н. Рокочинского, Ф. Р. Зайдельмана,
А. А. Волчека, Д. А. Иванова, О. П. Мешика,
Е. Езнаха

Печатается в авторской редакции
Корректор С. А. Ардашева

*Авторы книги и редколлегия выражают благодарность коллективу
ООО «Мещерский 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 07.10.19. Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная
Гарнитура Таймс, Cambria. Печ. л. 42,25. Тираж 500 экз. Заказ №