

УО «Брестский государственный технический университет»,
Республика Беларусь
ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Россия
ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Россия

ПОЛЕСЬЯ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ

МЕЖДУНАРОДНОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

*Под общей научной редакцией:
Мажайского Ю. А., Волчека А. А., Иванова Д. А., Мешика О. П.*

БЕЛАРУСЬ – РОССИЯ

**Брест – Рязань
2024**

УДК 631.6(02.0)(476)(470)
ББК 40.6(4Бел)(2Рос)
П49

Под общей научной редакцией:

Мажайского Ю. А., доктора сельскохозяйственных наук, профессора (Россия);
Волчека А. А., доктора географических наук, профессора (Беларусь);
Иванова Д. А., доктора сельскохозяйственных наук, профессора (Россия);
Мешика О. П., кандидата технических наук, доцента (Беларусь).

Рецензенты:

Кружилин И. П. – академик Российской академии наук, академик Нью-Йоркской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия);
Желязко В. И. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой мелиорации и водного хозяйства Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (Беларусь).

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

П(49) **Полесья Восточно-Европейской равнины** : монография / под общ. науч. ред. Ю. А. Мажайского, А. А. Волчека, Д. А. Иванова, О. П. Мешика. – Брест : Издательство БрГТУ, 2024. – 216 с.

ISBN 978-985-493-648-2.

Монография подготовлена на основе обобщения результатов многолетних исследований и производственного опыта ведущих ученых и специалистов сельскохозяйственного, водохозяйственного и мелиоративного профиля, касающихся природных, климатических и хозяйственных аспектов обустройства зоны полесий Беларуси и России.

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

ISBN 978-985-493-648-2

УДК 631.6(02.0)(476)(470)
ББК 40.6(4Бел)(2Рос)

©Авторы разделов, указанные в оглавлении, 2024
©ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Россия, 2024
©Брестский государственный технический университет, 2024
©Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2024
©Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева, 2024
©ВНИИ мелиорированных земель – филиал Федерального исследовательского центра «Почвенный институт имени В. В. Докучаева», 2024
©Академия ФСИН России, 2024

ПРЕДИСЛОВИЕ

Восточно-Европейская равнина является крупнейшей равниной Земного шара. Она простирается с запада на восток на расстояние около 2400 км. На западе граничит со Среднеевропейской равниной (примерная граница проходит по долине реки Висла), на востоке доходит до Уральских гор. Северная часть равнины омывается Белым и Баренцевым морями, южная доходит до Черного, Азовского и Каспийского морей и простирается с севера на юг на 2500 км. Общая площадь Восточно-Европейской равнины превышает 4 млн км².

Характерной чертой Восточно-Европейской равнины является разнообразие ландшафтов, на фоне которых выделяются полесья. Полесские ландшафты приурочены к песчаным и супесчаным флювиогляциальным и древнеаллювиальным отложениям, покрытым преимущественно светло-хвойными сосновыми лесами. На территории Восточно-Европейской равнины выделяются одиннадцать крупных полесий – Припятское (Беларусь, Украина, Польша), Неруссо-Деснянское (Брянская область, Россия), Окско-Мещерское, Верхневолжское, Ветлужское, Вятско-Камское (Россия) и др.

Полесья в пределах центра и северо-востока европейской части России, а также территории Беларуси являются важнейшим местоположением для развития народного хозяйства стран. Возникнув в процессе таяния ледников, обрамленные с севера конечно-моренными грядами, а с юга опольями, они представляют собой уникальный геокомплекс, характеризующийся, с одной стороны, относительной бедностью флористического состава, а с другой – широким разнообразием проявлений почвенного покрова. Освоенные с древних времен, полесья играют важнейшую роль в формировании не только многих производственных отраслей, но и истории и современного состояния этносов, их населяющих.

Ранее многочисленным авторским коллективом выполнено обобщение многолетнего обустройства территорий полесий Беларуси, России, Украины и Польши под потребности человека. Издана крупнейшая монография «Природообустройство Полесья», состоящая из четырех книг и восьми томов [3, 6, 113–118].

Данная монография является логическим продолжением выполненных ранее исследований, содержит результаты многолетнего научного и производственного опыта ведущих ученых и специалистов и касается природных, климатических и хозяйственных аспектов обустройства зоны полесий Беларуси и России.

К написанию монографии редакционной группой привлечен авторский коллектив – более 20 ученых Российской Федерации и Республики Беларусь, представляющих сельскохозяйственную и географическую науку, гидрологию, климатологию, биологию, мелиорацию и водное хозяйство.

Для более полного освещения материалов монографии использованы наработки отечественных и зарубежных ученых, например материалы академика Николая Георгиевича Ковалева и кандидата биологических наук Льва Юрьевича Юдкина.

Особая, выдающаяся роль при написании предыдущих книг и томов монографии «Природообустройство Полесья», а также данной работы принадлежит профессору Феликсу Рувимовичу Зайдельману – члену авторского коллектива.

**ПАМЯТИ ФЕЛИКСА РУВИМОВИЧА ЗАЙДЕЛЬМАНА
ПОСВЯЩАЕТСЯ...**



ФЕЛИКС РУВИМОВИЧ ЗАЙДЕЛЬМАН (1929–2020) – заслуженный профессор МГУ имени М. В. Ломоносова, лауреат Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники, премий М. В. Ломоносова за научную и педагогическую деятельность, трижды лауреат премии им. В. Р. Вильямса, награжден медалью П. Л. Капицы «Автору научного открытия», золотой медалью ВДНХ СССР, знаком Минобразования России «За отличные успехи», медалью «За трудовую доблесть», автор множества монографий по генетическому почвоведению, гидрологии, экологии и мелиорации почв.

Ф. Р. Зайдельман – выпускник биолого-почвенного факультета МГУ кафедры физики и мелиорации почв, его научным руководителем был профессор Н. А. Качинский.

С 1952 по 1970 год он работал в институте «Росгипроводхоз», сначала в должности почвовед-изыскателя, а затем – главного почвовед и начальника сектора мелиоративных изысканий. В те годы этот институт выполнял работы по проектированию мелиоративных систем на огромной территории страны от Калининграда до Камчатки. Участвуя в работе 22 подразделений этого института (экспедиций и филиалов), Ф. Р. Зайдельман имел возможность на практике оценить успехи и ошибки мелиорации в различных регионах страны во взаимосвязи с фундаментальными генетическими основами почвоведения. Без отрыва от производства в 1957 году он успешно защитил кандидатскую диссертацию, а в 1967 году докторскую диссертацию в Почвенном институте им. В. В. Докучаева. Ф. Р. Зайдельман впервые раскрыл связь между генезисом, свойствами и режимами почв гумидных ландшафтов и основными способами мелиорации почв, что позволило адаптировать мелиоративные приемы к конкретным почвенным условиям с учетом их дальнейшей эволюции.

В 1968 году он был приглашен на родную кафедру физики и мелиорации почв факультета почвоведения МГУ, где внедрил в научный и учебный процесс не только свой богатый опыт мелиоративных разработок, но и являющиеся современными в настоящее время подходы к практической деятельности почвоведов, связанные с анализом влияния антропогенных факторов на почвы и поиска способов их защиты от деградационных процессов.

Ф. Р. Зайдельман вел многолетние фундаментальные исследования основных почвообразовательных процессов, формирующих почвенный покров в условиях периодического и постоянного переувлажнения – подзоло- и глееобразования, лессиважа, сульфатредукции, осолодения, слитизации. Установленные им закономерности формирования почв под влиянием глееобразования имеют общепланетарное значение, поскольку они определяют структуру почвенного покрова в тундре и лесотундре, тайге и лесостепи, в субтропиках и тропиках. Результаты этих работ изложены в монографиях автора «Подзоло- и глееобразование» (1974), «Естественное и антропогенное переувлажнение почв» (1992), «Глееобразование и его роль в формировании почв» (1998) и др. Он соавтор проекта классификации почв ФАО-ЮНЕСКО World Reference Base of Soil Science (Roma, 1994). Им обнаружено и научно обосновано явление возникновения и развития светлых, кислых элювиальных горизонтов в условиях застойно-промывного водного режима, отличающегося потерей железа, марганца, магния, кальция, тонких фракций мелкозема. Этот процесс является причиной возникновения деградационных явлений в почвах: подкисления и оподзоливания черноземов при орошении и переуплотнении, интенсификации оподзоливания почв при их дренаже, формирования «рисовых» подзолов и др. В 1996 году Ф. Р. Зайдельману вручен диплом за научное открытие «Закономерность формирования светлых, кислых элювиальных горизонтов в профиле почв» № 37 от 28.06.74.

В решении научных, прикладных и жизненных проблем Феликс Рувимович всегда занимал активную принципиальную позицию. Так, в 60-х годах он выступал в печати, на конференциях, различного уровня собраниях против применения в стране нового способа осушения торфяных почв редкими глубокими каналами (Гидротехника и мелиорация, 1960, № 11). Он показал, что такое осушение немедленно приведет к ускоренному разложению торфа, дефляции и пожарам, к необратимой деградации органогенных почв. После его активных и ярких вступлений в России повсеместно отказались от применения этого способа, что в значительной мере сохранило от уничтожения осушаемые почвы. В 1989 году в статье «Нужна ли мелиорация народному хозяйству страны» он определил условия, при которых мелиорация оказывается непрямым и эффективным условием земледелия и землепользования. В 2013–2016 гг. после многочисленных пожаров на торфяных почвах он обоснованно предложил меры по эксплуатации торфяных массивов, основываясь на собственных экспериментах, многочисленных примерах использования этих почв в мировой практике. Яркая, непреклонная научная позиция, смелые и обоснованные доводы навсегда останутся для нас примером поведения истинного ученого, ответственного за развитие и сохранение богатств Родины.

Ф. Р. Зайдельманом опубликовано более 540 научных, научно-практических и учебных работ, в том числе 24 авторских и 6 коллективных монографий, 4 учебника для вузов, 2 учебных пособия, 16 научно-практических рекомендаций, внедренных в производство, научное открытие. Он являлся главным редактором и автором ряда почвенно-мелиоративных карт регионов Нечерноземья.

Ф. Р. Зайдельман уделял большое внимание подготовке научных кадров. Под его руководством выполнено 48 дипломных работ, защищено 32 кандидатских и 14 докторских диссертаций. Его блестящие лекции по мелиорации почв – очень структурированные, связывавшие воедино теорию и практику почвоведения, всегда вызывали живой интерес и уважение к предмету. Для многих поколений ученых Феликс Рувимович является истинным Ученым мировой величины, развивавшим фундаментальные теории почвоведения и мелиорации почв и внедрявшим их в практику, и Учителем, отстаивавшим справедливость и научную позицию.

*Зав. кафедрой физики и мелиорации почв МГУ имени М. В. Ломоносова,
профессор А. Б. Умарова,
доцент кафедры физики и мелиорации почв,
доктор биологических наук А. С. Никифорова*

Из семейных воспоминаний

Папа... не доктор наук, а просто папа... Нет, разделить это невозможно...

С чувством огромной любви и благодарности вспоминаю папу.

И первое, что хочется отметить: он был великий труженик. У него была притча, которая помогает мне всю жизнь:

«Надо работать. Кто работает – тот прав».

Мы жили в коммуналке. Шесть человек в одной комнате. Папа приходил с работы, ужинал и шел в читальный зал, который закрывался в час ночи. Так он написал свою кандидатскую диссертацию.

Много лет родители брали нас с сестрой с компанией своих университетских друзей отдыхать на речку Ворсклу.

Жили мы там в палатках, а папа где-нибудь неподалеку, под плакучей ивой, делал свой стол и обязательно работал.

Работа всегда стояла на первом месте.

Помимо всей его разнообразной научной деятельности, всегда присутствовало: «Папа готовится к лекции!...»

При этом он был заботливым, внимательным отцом и прекрасным семьянином.

И еще одно качество, которым я всегда восхищался: папа был очень верным человеком, умел дружить и любил своих друзей и учеников.

Его кругозор был чрезвычайно широк. Уже будучи геологом, я мог беседовать и обсуждать с папой свои проблемы и всегда получал правильные, своевременные советы.

Несмотря на всю занятость, в жизни папы всегда присутствовала поэзия. Любимым, часто цитируемым был А. С. Пушкин, а своим знакомством с Б. Окуджавой и В. Высоцким, как и многим другим, я тоже обязан ему.

Спасибо судьбе, что встретились мои родители и что я появился именно у них...



Фото из семейного архива

Куваев Андрей Феликсович

Глава 1 ПОЛЕСЬЯ РОССИИ

1.1 Общая характеристика полесий

Полесья – низменные равнины, приуроченные к песчаным и супесчаным флювиогляциальным и древнеаллювиальным отложениям, покрытые, преимущественно, светлохвойными сосновыми лесами. 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, дает основание в ландшафтном отношении считать их полесьями [8].

Полесья – 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, лессовидными и другими тяжелыми породами.

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 нерасчлененные комплексы с преобладанием болот. Эти песчаные пространства в раннем голоцене были

сравнительно быстро завоеваны сосновыми лесами, под пологом которых возникали преимущественно 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, органогенными торфяными почвами верхового, переходного и низинного типов.

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. Эльба на западе [57, 58].

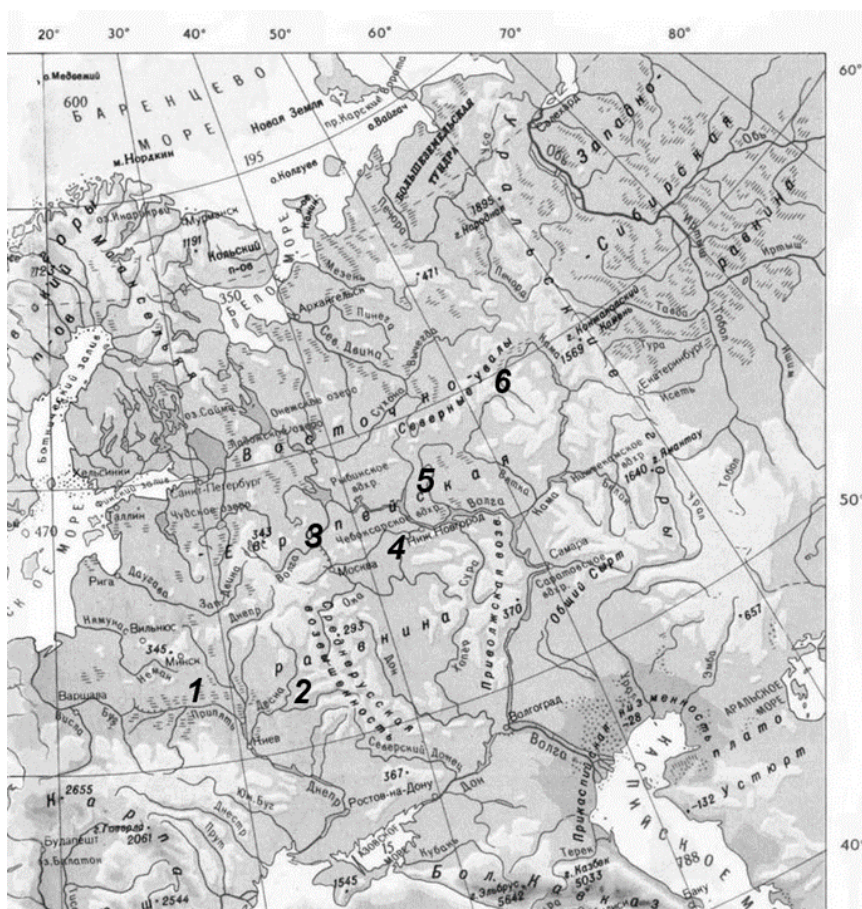


Рисунок 1.1 – Полесья Восточно-Европейской (Русской) равнины:
1 – Припятское, 2 – Неруссо-Деснянское, 3 – Верхневолжское,
4 – Окско-Мещерское, 5 – Ветлужское, 6 – Вятско-Камское

Верхневолжское полесье – зандрово-аллювиальная низменность на Русской равнине, расположенная на севере Московской области, на юго-востоке Тверской области и юго-западе Ярославской области. В его пределах выделяют три физико-географических района: Приволжскую плоскую низменность, Лотошинскую ступенчатую равнину и Яхромско-Дубнинскую древнюю ложбину стока ледниковых вод [23]. 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-средне- и слабоподзолистые. В основном распахана, встречаются небольшие сосновые и мелколиственные рощи. Яхромско-Дубнинская ложбина исходно сильно заболочена и закустарена, с черноольшаниками. Почвы торфяно-болотные. В настоящее время осушена и используется для выращивания овощной продукции.

Окско-Мещерское полесье занимает северную часть Рязанской области, южную – Владимирской и восточную – Московской области, в связи с чем различают Подмосковную, Владимирскую и Рязанскую Мещеру, которую также называют Мещерским краем, или Мещерской стороной. Наиболее характерной особенностью ее природы является господство полесского типа ландшафтов, среди которых островами разбросаны ландшафты типа ополей с лессовидными покровными суглинками [8]. Славится Мещерская сторона своими болотами. Здесь они тянутся почти непрерывной широкой полосой. В Подмосковной Мещере это Шатурские и Радовицкие болота, Туголесский Бор, во Владимирской – Гусевские, в Рязанской – Клепиковские. Большая часть болот представляет собой топи, покрытые моховыми кочками и лесною порослью; по ним раскинуты местами озера, которые имеют песчаный или торфяной грунт. У них нет четко обозначенных границ. При весеннем разливе рек болота заливаются водой и становятся непроходимыми.

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. 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 низменную песчаную равнину, которая постепенно понижается в сторону Волги. 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. Водораздельные участки имеют плоский характер, и к ним в большинстве случаев приурочена основная масса озер. Основная река – Волга с многочисленными притоками, которые пересекают песчаную равнину – большинство из них является древними образованиями и имеет широкие, хорошо разработанные долины. Большие площади пониженных участков заболочены. 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. Значительно распространены мелколиственные – береза, осина. 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. Выращиваются технические культуры (лен и др.).

Вятско-Камское полесье простирается вдоль склона Северных Увалов. Его заболоченность 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 заторфованной площади. 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 находится 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 закамененностью 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 [63].

Современный этап эволюции ландшафтов полесских равнин характеризуется ярко выраженным сочетанием активного выщелачивания химических элементов, которое осуществляется в верхних горизонтах автоморфных почв, с их биогенной аккумуляцией 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 закрепленной растительностью песчаных холмов и гряд. В пределах этих ландшафтов прежде всего необходимо комплексное воздействие на плодородие почв.

Высокая степень антропогенной трансформации полесских ландшафтов обусловила возникновение таких экологических проблем, как снижение уровня

грунтовых вод (УГВ), 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 климатических зон тождественны или весьма близки независимо 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 – 35 %);
- 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 эрозийного 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. Местоположение отличается 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 близко от поверхности, являющиеся препятствием для обработки почв и проведения гидромелиоративных мероприятий; недостаток тепла, а также нередкие температурные стрессы. Благоприятными для производства условиями здесь являются повышенное плодородие почв, отсутствие эрозионных процессов.

Пониженные равнины характеризуются заметной литологической и почвенной пестротой. Колебание 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: трудно устранимая 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.

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. 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 приводящих к быстрому распаду и исчезновению органического вещества, если своевременно не предпринимаются необходимые мероприятия 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.

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.

Полесские ландшафты, таким образом, отличаются рядом весьма важных природно-хозяйственных особенностей: они формируют не только огромные ресурсы леса, но и 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 при этом следует 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 в полесьях необходимо с особым вниманием относиться к защите лесов и торфяных почв от уничтожения в результате разрушительных пожаров.

1.2 Почвы полесий

В основе благополучия полесий, их стабильности и сохранения находятся прежде всего почвы. Если почвы полесий будут устойчивы, устойчивыми окажутся и все элементы этих ландшафтов. Однако нестабильность почв, связанная прежде всего с антропогенным воздействием, приведет к опасным, нередко деградиционным изменениям 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 [129] на примере Окско-Клязьминского междуречья во время его работы в Нижегородской

экспедиции под руководством В. В. Докучаева в 1882–1885 гг. 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 предприняты А. Г. Гаелем, Л. Ф. Смирновой [47], Е. П. Пановым, Д. Г. Головкин, А. А. Исполиновым.

В полесьях доминируют две группы почв, тесно связанные между собой географическим положением и гидрогеологическими условиями, но принципиально отличающиеся 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. На ограниченных площадях получили распространение бурые и дерново-подзолистые почвы на двучленных отложениях. Минеральные почвы, как правило, приурочены к повышенным элементам рельефа и формируют почвенный покров автономных и суперэквальных территорий. В естественном состоянии они покрыты светлохвойными сосновыми лесами, переходящими в приболотном поясе в елово-сосновые мелкокустарничковые леса.

Вторую группу образуют органогенные (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 субэквальным 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.

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).

Представления Ф. Р. Зайделя 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» [59] 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 выщелоченных 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 гидроморфизма.

К настоящему времени накоплены новые данные, отражающие особенности формирования светлых кислых элювиальных горизонтов, заложены основы концепции механизма возникновения подзолистых горизонтов. Дано определение такому фундаментальному процессу, как глееобразование.

Глееобразование – биогеохимический процесс, который заключается в воздействии на мелкоземистый минеральный субстрат почв, рыхлых пород и кор выветривания в анаэробной среде кислот, возникающих в результате ферментации органического вещества гетеротрофной микрофлорой. Глееобразование всегда сопровождается восстановлением окисных форм металлов и несбалансированным выносом железа.

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 pH. При этом не происходит заметного изменения их химического состава и физико-химических свойств. В этом случае практически незаметен вынос элементов со стабильной валентностью. В случае *застойно-промывного типа водного режима* происходит вынос из мелкозема значительных масс железа, марганца, алюминия, кальция и магния, калия, фосфора и других элементов, проявляются признаки глубокой деградации почв. Следствием элювирования металлов при этом является увеличение кислотности мелкозема на 1,5–2,0 единицы pH, снижение водопрочности агрегатов, вынос ила. Оно вызывает также выброс в раствор практически всех элементов, необходимых для нормального функционирования растений и почв. Глееобразование в условиях застойно-промывного водного режима оказывает влияние на минералогический состав мелкозема, является фактором деструкции алюмосиликатов, в состав которых входит железо, например, биотита, хлорита, роговых обманок.

Мощность элювиального и ортзандового горизонтов, их приуроченность к определенным глубинам, положение глеевого горизонта, залегающего под ортзандовым, вид новообразований, а также некоторые другие признаки гидроморфизма в легких почвах подзолистого типа отличаются стабильностью и не подвержены визуально фиксируемым изменениям в годы различной влажности и в различные периоды одного и того же года. Однако в засушливые и сухие годы они претерпевают заметные изменения. Это отчетливо проявляется в почвах открытых территорий в верхней части их профилей. Характеристику морфохроматических свойств легких почв в зонах распространения ожелезненных грунтовых вод следует дополнить описаниями почв, отличающихся наличием в их профиле железистых аккумуляций водородного происхождения в виде мощных железистых кор. Их мощность и положение в зависимости от ряда условий могут варьироваться, но общим является то, что плиты рудяка мощностью от нескольких сантиметров до 60–70 см образуют плотные, не пробиваемые лопатой коры, слагаемые рудяковыми отдельностями, которые имеют темно-бурю окраску и раковистую

текстуру. В познавательном отношении рудяковые почвы привлекают внимание как совершенно особые естественные образования, генезис которых изучен весьма неполно. Их прикладное значение обусловлено возможностью индикации по почвенным признакам важных мелиоративных условий работы осушительных систем и несомненным влиянием горизонтов аккумуляции железа на растения.

Рудяковые почвы, как правило, приурочены к супераквальным ландшафтам и отличаются от других почв прежде всего тем, что формируются в зонах близкого к поверхности залегания грунтовых вод, обогащенных закисным железом. Как правило, в комплексе с рудяковыми расположены ортзандовые почвы, которые приурочены к территориям распространения грунтовых вод с относительно небольшим содержанием железа.

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. Поскольку верхняя кровля второй материнской породы отличается низкой водопроницаемостью и играет роль водоупора, такие почвы по глубине его залегания следует подразделять на три следующие группы. Во-первых, мощность первой супесчано-песчаной породы, переработанной 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, это 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.

Химические и минералогические свойства почв полесских ландшафтов обусловлены их гидрологическим режимом, генезисом и составом грунтовых вод, почвообразующих пород, длительностью переувлажнения. 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).

При оценке валового химического состава легких почв, формирующихся на кварцевых песках с высоким содержанием $\text{SiO}_2 > 2$ (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 ($\text{Fe} < 1\text{--}1,5$ мг/л) грунтовых вод, в целом в мелкоземе глеевых горизонтов по сравнению с подзолистыми происходит предельное элювиирование полуторных окислов из всех почв независимо от степени их гидроморфизма.

В дерново-подзолистых глеевых почвах происходит наиболее интенсивное элювиирование 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 элювиирования тесно связан с их обезыливанием. Эти слои почвенного профиля всегда характеризуются предельным выносом частиц $< 0,001$ мм независимо от степени заболоченности почв. Определенная часть железа, элювиированная из подзолистых и 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.

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. 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 подстилающих моренных горизонтах – 0,4–0,5 % независимо от степени оглеения.

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 [59]. Гидролитическая кислотность и содержание обменного алюминия изменяются аналогично изменению pH. По содержанию обменных Ca 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 слабоглееватой; 1,73 – глееватой и 1,65 – глеевой почвах); содержание Al_2O_3 в контактных песчаных горизонтах также 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. 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 $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3 \sim 200$.

Рассмотренные данные валового химического анализа почвы в целом и ила, минералогического состава илистой фракции отражают определенную специфику подзолообразования на легких породах. 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 наблюдается весьма незначительное накопление кремнезема и вынос алюминия. Лишь в сильно заболоченных (глеевых) подзолистых почвах удастся обнаружить интенсивный вынос железа. 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 в этом случае могут играть явления трансформации алюмосиликатов.

Супесчаные и песчаные почвы полесий обладают невысокой влагоемкостью. Максимальная гигроскопичность песков мала по сравнению с наименьшей влагоемкостью (НВ) (около 2 % от НВ), тогда как соотношение этих двух величин для суглинков колеблется в интервале от 30 до 50 %. Абсолютная высота капиллярного подъема влаги в легких почвах, очевидно, определяется в первую очередь гранулометрическим составом песков, их генезисом и другими факторами. По Фадееву [136], 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.

Три особенности 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/сутки), 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. В целом в толще почв ниже горизонта A_n минимальные значения коэффициентов фильтрации (КФ) были свойственны ортзандовым горизонтам. Однако в зависимости от содержания железа и степени заболоченности почв они могут заметно варьироваться, причем общая закономерность такова, что с нарастанием гидроморфизма профиля содержание железа в ортзандовых горизонтах и его плотность несколько уменьшаются, а значения КФ возрастают. В экстремальных условиях ортзандовые горизонты могут приобретать свойства локальных водупоров; 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. Минимальные величины (0,06 м/сутки) были свойственны псевдофибрам. Абсолютные значения фильтрации этих новообразований позволяют признать, что в профиле легких почв с весьма высокими значениями КФ в гор. A_1A_2 , A_2 и В (0,2–5 м/сутки) присутствуют маломощные, сцементированные гидроокисью железа горизонтальные водоупорные слои.

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. Выше уровня грунтовых вод во всех горизонтах легких почв независимо от степени заболоченности при влажности, равной предельной полевой влагоемкости (ППВ), объем воздухоносных пор столь значителен, что здесь всегда сохраняются благоприятные условия для сельскохозяйственных культур. При увеличении влажности до 80 % полной влагоемкости (0,8 ПВ) сохраняются достаточно благоприятные условия для развития корневых систем растений во всех слоях профиля – именно такая влажность (0,8 ПВ) оптимальна в агрономическом отношении. Для количественной оценки степени заболоченности в явном, а не в скрытом виде 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.

1.3. Некоторые агрогеографические закономерности полесских ландшафтов и использование легких почв в сельском хозяйстве

Синтез агрономии и физической географии чреват появлением нового научного направления – «сельскохозяйственной географии» – науки о возникновении, функционировании и развитии агрогеосистем (АГС) [61]. Под агрогеосистемами понимаются геокомплексы, отдельные компоненты которых изменены в результате сельскохозяйственной деятельности человека. Агрогеографические идеи высказываются некоторыми физико-географами [97, 101, 102, 119, 139] и учеными-агрярами [75, 76, 77, 78, 80]. Для сельскохозяйственной географии большое значение имеют исследования воздействия ландшафтной среды на продуктивность культурных растений и особенности их выращивания.

Основным приемом экологизации антропогенной сельскохозяйственной деятельности в пределах полесий является разработка для их условий адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) – систем использования земель определенной агроэкологической группы, ориентированных 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. Они отличаются от зональных систем земледелия 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 экологически 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 [9, 10].

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 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. Геокомплексы с различной 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 1.1.

Таблица 1.1 – Средняя урожайность сельскохозяйственных культур в различных группах родов агроландшафтов Евро-Северо-Востока

Зерновые и зернобобовые	Картофель	Озимая рожь	Яровая пшеница	Ячмень	Овес	Горох	Одн. травы на зел. корм	Мн. травы на сено
Полесья								
9,25	65,53	9,63	7,33	7,57	9,71	6,4	72,79	17,13
Ополья								
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 выразить урожайность культур на песках в 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 АГС, 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.

«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» АГС, что приводит к увеличению здесь продолжительности вегетационного периода и суммы температур выше 10 °С, а также к снижению ГТК. Среднее содержание физической глины в почвах «суглинистых» ПТК равно 39,5 % – то есть в этих АГС преобладают среднесуглинистые почвы. В «песчаных» ПТК преобладают супесчаные почвы. Различия в гранулометрическом составе почв определяют разницу в запасах продуктивной влаги и долях эродированной пашни. 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 почвенных комбинаций (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 заболаченности 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». Большее соотношение луга к пашне на «суглинках» объясняется тем, что в пределах этой АГС имеются хозяйства (север Коми), где пашня практически отсутствует. Большая распаханность «суглинков» объясняется их повышенным потенциальным плодородием. 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, гидротермический коэффициент (ГТК), бонитет почв и содержание в них физической глины. Эти факторы взаимосвязаны – значение ГТК влияет на степень заболаченности почв, от которой в определенной степени зависят 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. Следует выделить и вторую группу факторов, наиболее часто влияющих здесь на продуктивность растений, – это сумма температур выше 10 °C 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. На «суглинках» большинство культур ощущает недостаток тепла, а на «песках» – влаги.

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 [62].

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 являются средние значения площадей агромикрорландшафтов – элементарных геохимических ландшафтов (ЭГЛ) в их пределах. 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 определяют 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 несельскохозяйственных 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, а также характера производства сельскохозяй-

ственной 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. 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, возможно 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.

После определения принципов оптимизации соотношения угодий необходимо переходить к выработке правил организации территории хозяйств, обусловленной 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 набора элементов системы земледелия, реализуемого в данном хозяйстве;
- 3) потенциалом агроэкологической адаптации земледелия, зависящим от специфики и экономических ресурсов предприятия.

Основная трудность в организации территории конкретных хозяйств 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 отде-

ляются 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 необходимо 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 МЛК, являются максимально вписанными в природную обстановку. Особенность ЛМСЗ – повсеместный учет мягкого ландшафтного каркаса в виде либо границ полей, либо 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, допускающего наличие севооборотных массивов, включающих в себя лишь один 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. 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. 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. Мозаичная территориальная организация хозяйства, созданная на основе активной адаптации к ландшафтным условиям, определяет меньшую адаптивность земледелия, но большую эффективность производственного процесса.

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. Основные культуры полесских ландшафтов: люпин, сераделла, озимая рожь, овес, горох, пелюшка, гречиха. По мере окультуривания почв в посевы 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 доз 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.

Главный принцип формирования севооборотов в полесских ландшафтах – чередование культур – азотнакопителей (люпин, сераделла, горох, вика и др.) и азотпотребителей (зерновых, картофеля и др.). Севообороты здесь, помимо целей получения растениеводческой продукции, имеют мелиоративную направленность, призванную улучшить агрохимические и агрофизические показатели маломощного и низкого плодородного гумусового горизонта. Из всех предшественников лучшим для зерновых являются люпин и картофель, на окультуренных землях – клевер и горохо-овсяная смесь. Целесообразно расширять промежуточные, смешанные и уплотненные посевы 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. Для повышения плодородия легких почв эффективно применение сидеральных культур (люпин, донник, сераделла). Их пожнивные остатки или зеленую массу запахивают для улучшения физических свойств почвы и обогащения ее ценными удобрениями [56].

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, распыления;
- создание благоприятных условий для заделки семян на оптимальную глубину и для других полевых работ;
- увеличение мощности аккумулятивного горизонта и общей окультуренности почвы.

Почвы грубого гранулометрического состава (песчаные, некоторые супеси) можно обрабатывать при любом состоянии влажности, так как они не обладают липкостью и значительной связностью. Уменьшение числа и глубины обработок способствует сохранению структуры почвы, растительных остатков на ее поверхности, что повышает устойчивость почвы к водной и ветровой эрозии. 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.

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. Правильная обработка имеет профилактическое значение в борьбе с рядом заболеваний, передающихся через почву (фузариоз льна, склеротиния и др.).

Научно обоснованная система обработки почвы является важнейшим условием и элементом культуры земледелия. Ее основными задачами являются:

- 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.

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 поверхностной 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.

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, сокращение затрат на ГСМ и дальнейшее повышение урожайности культур, сохранение плодородия почвы.

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. Приемы повышения плодородия легких почв прежде всего должны быть направлены на обеспечение их органическим веществом. В окультуривании их важнейшая роль принадлежит органическим удобрениям: навозу, торфу, торфо-навозным компостам. Органические удобрения в полесьях целесообразно вносить чаще за ротацию севооборота и, если под зябь, в поздние сроки или весной и заделывать глубже, чем на средних и особенно тяжелых почвах. На песчаных почвах лучше всего вносить навоз в почву на глубину 40–45 см. Глубоко заложенные «экраны» из органических удобрений не только повышают урожай культур, но и улучшают агрономические свойства песчаных почв. 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. Сидераты обеспечивают почву органическим веществом и подвижными элементами питания, улучшают водно-физические свойства почвы.

При регулировании питательного режима почвы борются с непроизводительными потерями растворимых форм азота и зольных элементов. На легких почвах при периодическом (запасном) внесении высоких доз минеральных удобрений наблюдается вымывание калия, объем которого зависит от исходного содержания его в почве. Нельзя вносить в запас фосфор и на сильнокислых почвах, так как в них происходит сильное закрепление фосфатов. Эффективными будут приемы, способствующие увеличению поглонительной способности почвы, а также комплекс агротехнических и других мер борьбы с эрозией почвы, сорной растительностью, болезнями и вредителями культурных растений.

Исследования Т. Е. Филипповой [137] 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 выступает 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 наблюдается 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 агромелиоративными приемами при жесткой локализации применения дренажа. Для этих же целей здесь необходимо проводить посев фитомелиорантов с мощной и глубокопроникающей корневой системой. В полесских агрогеосистемах 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 структуры и цеолиты. В аккумулятивных АМЛ система удобрений должна быть согласована с мероприятиями по осушению почв. В зависимости от способа и вида осушительных мелиораций 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 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 медленно действующих и гранулированных форм удобрений;
- известкование магнийсодержащими материалами.

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.

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);
- 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 внутрипочвенного стока (планировка поверхности, узкозагонная вспашка, выборочное бороздование и т. д.). Они решают 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. Влажность завядания зависит от плотности почвы. 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 необходимо ориентироваться

на оптимальную плотность для картофеля ($1,11 \text{ г/см}^3$), так как зерновые могут успешно расти и при большей плотности почвы, поэтому ее рыхление должно производиться при подготовке почвы под посадку картофеля.

Земельные мелиорации направлены на оптимизацию пищевого режима почв путем 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 эрозийным смывом наиболее актуальна при возделывании пропашных культур, а система обработки почв под зерновые должна быть комбинированной и включать отвальную вспашку. Содержание минеральных веществ в растениях зависит от почвенно-климатических условий, агротехники, удобрений. Возможности потребления минеральных элементов растениями из почвы связаны с особенностями развития их 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 pH 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 (pH 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 слабокислой или нейтральной реакции (pH 6–7) и хорошо отзываются на известкование не только сильнокислых, но и среднекислых почв.

3. Слабочувствительны к повышенной кислотности рожь, овес, просо, гречиха, тимофеевка, томат, редис, морковь. Эти культуры могут удовлетворительно расти в широком интервале pH, при кислой и слабощелочной реакции (pH 4,5–7,5), но наиболее благоприятна для их роста слабокислая реакция (pH 5,5–6,0). Лен и картофель нуждаются в известковании только на сильнокислых почвах.

5. Люпин синий и желтый, сераделла лучше растут на кислых почвах (pH 4,5–5,0) и плохо – при щелочной и даже нейтральной реакции.

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, 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 содействует увеличению альбедо земной поверхности в лесной зоне на 6–7 %. 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 %. Обработка почв способствует изменению энергетического баланса агроландшафта – 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. 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 темноцветными органическими материалами (торф, компост) позволяет снизить ее альбедо 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 и транзитные АМЛ нуждаются в 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). 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 извести, 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. Аккумулятивные АМЛ полесских агроландшафтов можно отводить под пастбищные и сенокосные угодья только при осушении их гончарным дренажем или с помощью водотовающих канав. Глубокое мелиоративное рыхление позволит разбить ортзандовые прослойки, способствующие вторичному заболачиванию почв.

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. 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 и 2,5 раза. 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 в них и энергетическая эффективность производства продукции, а энергоемкость значительно выше по сравнению с культурами, размещенными на других агроландшафтах.

Продуктивность зернотравяных севооборотов в полесьях 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 в ополье, в 1,8 раза, в крупнохолмистом агроландшафте – в 2, полесье – в 1,7 раза. Выше в них оказались и затраты денежных средств на тонну кормовых единиц продукции

и энергоемкость и ниже – коэффициент энергетической эффективности. Такое положение объясняется тем, что в плодосменных севооборотах размещены, такие трудо- и ресурсоемкие культуры, как картофель и лен-долгунец.

Однако условный чистый доход в плодосменных севооборотах в несколько раз превышает этот показатель в зернотравяных: в ополье – в 2,8 раза, крупнохолмистом агроландшафте – в 4,3, полесье – в 5,9 раза. Выше в них и уровень рентабельности соответственно агроландшафтам в 1,3, 2,3 и 2,4 раза.

Таким образом, учет агроэкологомелиоративного состояния осушаемых земель, требований культур к среде произрастания, эффективности их возделывания в различных условиях позволяет более рационально использовать природные и материальные ресурсы.

1.4. Торфяные почвы полесий и их изменения в условиях осушения и сельскохозяйственного использования

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. 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 [135] – верховому (или олиготрофному), низинному (или евтрофному) и переходному (или мезотрофному).

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 %;
- верховой с зольностью от 2 до 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 они 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 характерно 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. К ней относятся 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 до 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. К этой группе относятся 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.

Остальную часть составляют корешки другого разнотравья. Древесные остатки отсутствуют. Тростниковый торф отличается 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 и 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 по-разному, но освоение их на широкой основе возможно лишь после проведения осушительных мелиораций. 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 из-за низких показателей целого ряда агрономических свойств.

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, залегающего на минеральном грунте различного гранулометрического состава.

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 встречаются редко и мало подвергаются мелиорации, так как они низкозольные, сильнонокислые. Среднемощные торфяные почвы имеют горизонт торфа от 1 до 2 м, залегают на минеральном грунте различного гранулометрического состава. 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 она характеризуется слоем торфа более 2 м и более высокой степенью разложения, зольностью и средним содержанием общего азота.

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. 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, ботаническим составом растений-торфообразователей. В условиях южной и среднетаежной подзон Русской равнины наиболее быстро поддаются разложению травянистые и моховые торфа, медленнее – древесные и тростниковые [16, 17]. 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.

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. 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 этом случае 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. Но если водный режим неудовлетворителен, то даже травы не являются надежным средством защиты органического вещества торфяной почвы от разрушения.

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.

Процесс распада органического вещества торфа определяется и еще одним важным фактором – составом подстилающих пород. Так, процесс интенсивного разложения органического вещества торфяных почв на песках получил название «муршения», следствием которого является формирование низкоплодородных «песчаных антропогенных глееземов». Последние занимают на осушенных массивах полесий весьма значительные территории, ранее образованные плодородными торфяными почвами. Вместе с тем 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 в грунтовый поток. Происходит необратимая потеря углерода, основного элемента, образующего органогенные почвы.

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 органоминеральные 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 деградиционных процессов, неизбежно следующих за осушением торфяных массивов.

Первая стадия трансформации – это *механическая деградация*. 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 больше, 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 органоминеральных 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, например, можно отнести накопление железа в процессе их окультуривания. Обычно это происходит за счет подтягивания грунтовых вод к поверхностным горизонтам при их транспирации. Другой пример – накопление хлоридов в результате внесения умеренных доз калийной соли. На стадии химической трансформации наблюдается уже и ряд позитивных явлений – осушение и применение удобрений приводит к повышению валовых и подвижных форм P, K, Ca, 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. Однако при неправильном ведении земледелия они и на этой стадии могут легко подвергаться деградации – по крайней мере, значительно быстрее, чем минеральные почвы.

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 золь древесных и травяных торфов, с одной стороны, и мхов – с другой, резких отличиях в свойствах этих групп торфяников. Группы IB и IIB представляют собой обедненные торфяники и, собственно, обедненные целинные торфяные почвы. Группы IA и IIA – 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.

Важнейшими особенностями торфяного массива являются 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 IIB, содержание гумусовых веществ снижается до 10–20 %, увеличивается содержание фульвокислот, особенно в моховых ассоциациях. Здесь же резко увеличивается содержание целлюлоз, гемицеллюлоз, лигнина и воскоsmол.

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.

На осушаемых торфяных почвах в настоящее время используют четыре культуры земледелия – черную, смешанную (пескование), покровную (римпаускую) и немецкую песчаную смешанно-слоистую. Три последних рассматривают как почвоохранные.

Черная культура земледелия предполагает использование торфяных почв без внесения минеральных добавок. 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.

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, дискуют тяжелыми дисковыми бородами и затем тщательно перемешивают с торфом пахотного горизонта в процессе многолетней систематической пахоты. Этот способ агроулучшения способствует улучшению физических и химических свойств, водного, теплового и питательного режимов торфяных почв.

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 [134].

Следует, однако, отметить, что 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 [16].

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 Rimpaу, землевладельца, впервые в 1887 г. предложившего такой способ использования осушенных торфяных почв). 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 агроулучшающего мероприятия 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. Именно смешанно-слойная культура предотвращает возможность вторичного переувлажнения почв в результате их переуплотнения при систематической обработке. В России пока этот 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 агромелиоративные 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. Однако такие мероприятия могут оказать существенное влияние на их гидротермический режим, на 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.

После осушения в засушливые периоды на черной, смешанной и покровной культурах регулярно наблюдаются усадка торфяных почв и растрескивание их пахотного горизонта. 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. 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.

Пахотный горизонт почвы в условиях черной культуры земледелия имеет повышенную плотность сложения ($0,30 \text{ г/см}^3$) относительно нижних горизонтов ($0,26$, $0,25$, $0,22$ и $0,17 \text{ г/см}^3$ 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.

Общая пористость поверхностных горизонтов в ряду почв, находящихся в условиях черной, смешанной и покровной культур земледелия, составила 81,3 %, 75,4 %, 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. 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 %.

После осушения водопроницаемость при снижении уровня грунтовой воды в результате осадки торфа подвергается значительным изменениям. Обзор известных данных позволяет признать наличие разнообразных оценок изменения коэффициента фильтрации (КФ) торфяных почв после осушения. Однако 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.

Внесение песка, субстрата, обладающего низкой теплоёмкостью, высокой теплопроводностью и теплоотдачей, независимо от зональных особенностей климата всегда оказывает тепляющее влияние на горизонты почвенного профиля. Это мероприятие повышает плотность почв, снижает их общую пористость, полную и наименьшую влагоёмкость. 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.

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. Внесение добавок минерального грунта способствует более интенсивному оттаиванию торфяной почвы – в вариантах с внесением песка оно происходило на 4–6 дней раньше, чем в контроле.

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.

Торфяные залежи 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.

Внесение песка в поверхностные горизонты, независимо от вида культуры пескования, всегда сопровождается четко выраженной интенсификацией биологических процессов в почве – существенно возрастает целлюлозолитическая и протеолитическая активность, концентрация диоксида углерода во всех горизонтах почвенного профиля, общая эмиссия CO_2 в атмосферу. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что 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. 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.

Пирогенной деградацией торфяных почв следует называть частичное или полное выгорание их органогенных горизонтов в процессе пожаров. Пирогенная деградация может быть глубинной, при которой происходит полное сгорание всех торфяных горизонтов до минерального дна болота, или когда сгорание торфяных горизонтов происходит до меженного 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 пирогенноизмененные торфяные почвы (или для краткости – пирогенные торфяные почвы).

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 актуальное значение приобретает характер распространения пожаров по площади осушаемых торфяных почв.

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 являются полный распад органического вещества, исчезновение торфяных почв и выход на дневную поверхность минеральных пород, подстилавших торфяную залежь.

Обводнение осушаемых торфяников является основным способом борьбы с их пирогенной деградацией. В основе такого подхода лежит принцип сочетания способа слияния водных потоков (осушения) и бифуркации водных потоков (увлажнения-обводнения) [120]. 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 ренатунализируемого 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 в использовании принадлежит речному стоку (внутри гидромелиоративной системы (ГМС) – дренажному стоку), возобновляемость которого составляет 45,1 %, затем ресурсам почвенной влаги, возобновляемость которых – 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) [112].

В ходе массовых социологических опросов взрослых (от 18 лет) жителей сельских поселений и дачных поселков в зоне расположения торфяников Рязанской Мещеры об их отношении к обводнению торфяных массивов 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 торфопорубок, 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 торфопорубок;

- выявление мнения респондентов о роли конкретных мер по обводнению торфяников в решении глобальной проблемы снижения «парникового» эффекта.

Среди респондентов только 23 % проживают в точках опроса менее 8 лет, остальные были свидетелями природных катаклизмов 2010 года; 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.

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 случились 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.

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.

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.

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 профилактические меры (видимо, в силу своей незначительности) никак не сказались на условиях их жизни (41 %) либо не могли сказаться за отсутствием таковых (44 %).

В рейтинге мер по предотвращению пожаров лидируют позиции «организация в пределах распространения торфяников особо охраняемых природных территорий» (28 %) и «обводнение торфяников» (26 %), 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 относительно 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.

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 «болевые точки» в их отношении к мерам по обводнению пожароопасных торфяников 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.

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.

1.5. Сельскохозяйственное использование торфяных почв

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 IA группы. Гипновые, осоково-гипновые и другие торфа с большим содержанием моховых ассоциаций, то есть группы IB и ПБ, требуют несколько других подходов при освоении и сельскохозяйственном использовании, которые обеспечат их длительное бездеградационное использование.

Назрела необходимость разработки и внедрения при использовании торфяных почв научно обоснованных технологий управления плодородием и экологической сохранностью торфяных почв. На их основе должно производиться планирование гидро- и агро-мелиоративных мероприятий с разработкой их оптимальных параметров: режима увлажнения, структуры посевных площадей и севооборотов, приемов обработки почвы, расчета доз минеральных удобрений на программируемый урожай. Конечным результатом являются разработка технологических схем возделывания каждой культуры и их реализация в производстве.

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.

При наличии деградиционных 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; рН_{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 деградиционного экологически не обоснованного использования торфяников и принимать срочные меры.

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 иных землях хозяйства;
- требования сельскохозяйственных культур к водно-воздушному, пищевому и тепловому режимам почвы;
- наличие производственных ресурсов, уровень фонда и трудообеспеченность хозяйства.

При разработке структуры посевных площадей важно соблюдать в севооборотной площади оптимальный удельный вес той или иной сельскохозяйственной культуры, который должен определяться типом торфяной почвы, ее мощностью 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. 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.

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. 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:

- должно быть ограничено возделывание пропашных культур и исключены черные пары;
- отсутствие в севооборотах теплолюбивых культур и сортов (томаты, огурцы и т.д.);
- тип и вид севооборота определяется с учетом хозяйственной необходимости, окультуренности почв и специализации хозяйства.

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. 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.

Введение клеверо-тимофеечной травосмеси в овоще-кормовой севооборот увеличивает урожай овощных культур и качество овощной продукции и улучшает биологическое состояние торфяных почв. 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.

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. Обработка посевов производится в овощных севооборотах. Она в основном связана с междурядными обработками капусты и столовых корнеплодов и должна быть строго регламентирована. 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).

Питание растений. 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, чтобы как можно меньше повредить посевы. Расход воды при наземном опрыскивании – 300–400 л/га.

Наиболее требовательными к внесению удобрений, в том числе азотных, являются капуста и столовая свекла. Эти культуры требуют сравнительно высоких норм и фосфорно-калийных удобрений. Под морковь необходимо вносить невысокие нормы удобрений. 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 боровами 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.

Защита растений. Внесение песка уменьшает биомассу сорняков, однако 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 ослабляя процессы деградации торфяников и продляя срок эффективного использования мелиорированных торфяных почв. Применение препаратов в пределах установленных норм не ухудшает качество сельскохозяйственной продукции и биологические свойства почвы. В посадках капусты применяют следующие гербициды: бутизан, 400, дуал голд и фюзилады. Эффективен также трефлан в дозе 2,0–2,5 л/га с немедленной заделкой в почву за 3 дня до высадки рассады. При обработке междурядий гербицидами сплошного действия хорошо зарекомендовали себя культиваторы «Стекете», которые в процессе работы укрывают культуру защитными кожухами. В посевах моркови почву можно обработать реглоном (2,0 л/га) за 2–3 дня до появления всходов культуры. 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. После прикатывания почвы после посева столовой свеклы нужно внести препараты дуал голд (1,3–1,6 л/га) плюс Фронтьер Оптима (0,4 л/га). 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 и защитно-истребительные мероприятия (химические, биологические, механические и физические), проводимые при проявлении на овощных культурах болезней и вредителей, а также предупреждающие их.

Экономическая эффективность освоения низинных торфяников при их интенсивном использовании очень высокая. Опыт показал, что затраты на осушение дренажем и сельскохозяйственное освоение составляли 650–700 р./га. Эти затраты возмещались в течение 2–3 лет. Наиболее стабильную продуктивность обеспечивали многолетние травы, горохо-овсяные смеси и белокочанная капуста. Несмотря на то что озимые зерновые являются хорошим предшественником для капусты, вряд ли можно назвать их устойчивыми культурами для торфяных почв, которым необходима реконструкция. По экономическим показателям севооборот без многолетних трав на торфяниках был бы более эффективен, так как более насыщен интенсивными культурами. В этом севообороте чистый доход почти в два раза больше, а рентабельность в полтора раза выше, чем в биологизированном. Но если не только думать экономическими категориями, но и заботиться о плодородии торфяных почв и их долголетию, то предпочтительнее севооборот с многолетними травами.

Глава 2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

2.1. Общая характеристика климата

Белорусское Полесье расположено на юге Республики Беларусь и занимает площадь около 61 тыс. км² [19].

Современный климат Белорусского Полесья характеризуется как умеренно континентальный. В связи с тем, что Белорусское Полесье простирается в широтном направлении, климатические условия в различных частях территории имеют некоторые отличия. Континентальность нарастает в юго-восточном направлении, что обуславливает ясную солнечную погоду, летом – жаркую и сухую, зимой – морозную. Морское, западное влияние приносит влажную ненастную погоду, летом – прохладную, зимой – теплую, со снегопадами, метелями и гололедами.

Климат формируется в результате сложного взаимодействия солнечной радиации, подстилающей поверхности и атмосферной циркуляции. Наиболее важную роль в формировании климата играет атмосферная циркуляция (значительное влияние морских воздушных масс, перемещающихся с Атлантического океана). Зимой чаще всего находится под влиянием северо-западных циклонов, что обуславливает вынос теплых масс воздуха с Атлантики. Весной увеличивается повторяемость юго-западных и южных циклонов, с которыми связан мощный вынос теплых масс со Средиземного моря, являясь первым признаком начала весны. Летом повышается повторяемость черноморских и стационарных циклов, с которыми связаны интенсивные и продолжительные дожди. Осенью чаще всего повторяются северо-западные и западные циклоны [66, 67, 79].

Регулярные климатические наблюдения на Полесье начались в XIX в. с организацией в 1834 г. в Бресте метеорологической станции, которая позже вошла в опорную сеть учрежденной в 1849 г. В Петербурге Главной геофизической обсерватории. После организации обсерватории метеорологическая сеть стала развиваться более активно, и уже к концу века территория Полесья была покрыта сетью метеостанций, которая расширилась в XX в. Часть метеостанций была открыта Западной экспедицией по осушению болот Полесья под руководством И. И. Жилинского (Пинск, Василевичи).

Годовые суммы *суммарной солнечной радиации* составляют около 3900 МДж/м², увеличиваясь до 4000 МДж/м² на юго-востоке. Месячные величины суммарной солнечной радиации связаны с высотой Солнца над горизонтом, поэтому наибольшее ее количество поверхность получает в июне, а наименьшее – в декабре. Почти половина годовой суммарной солнечной радиации приходится на три месяца теплого сезона (май – июль), а на ноябрь – январь приходится менее 10 %. В годовой сумме более половины составляет рассеянная радиация. При этом летом преобладает прямая радиация (более 50 %), а зимой – рассеянная (более 70 %) вследствие возрастания облачности.

Достигнув земной поверхности, суммарная солнечная радиация частично теряется: отражается и идет на эффективное излучение земной поверхности. Разница

между суммарной радиацией, альбедо и эффективным излучением образует *радиационный баланс*, средние годовые суммы которого по территории Белорусского Полесья увеличиваются в направлении с севера на юг от 1700 до 1800 МДж/м².

Продолжительность солнечного сияния в регионе в среднем составляет 1850 часов, увеличиваясь до 1900 часов на юго-востоке. Годовой максимум продолжительности солнечного сияния наблюдается в июне и июле, а минимум – в декабре, что прежде всего связано с продолжительностью светлого времени суток и облачностью. Почти 80 % годовой продолжительности солнечного сияния приходится на теплое полугодие.

Давление атмосферы. Циркуляция воздушных масс. Наибольшее влияние на формирование климата Белорусского Полесья оказывает преобладающий во всей тропосфере умеренных широт западный перенос воздушных масс. С западным переносом с Атлантического океана вместе с циклонами, которые образуются на полярном и арктическом фронтах, приходят морские умеренные воздушные массы, принося осадки, сглаживающие годовой ход температур. На климат оказывают воздействие также континентальные умеренные воздушные массы, которые увеличивают контрастность температур. Меньшее влияние имеют арктические и тропические воздушные массы.

Перемещение воздушных масс зависит от особенностей барического поля над территорией распределения давления на протяжении года, положения барических центров над материком в целом и прилегающими частями океанов. В свою очередь, давление над территорией Полесья формируется под воздействием общей циркуляции атмосферы средних широт Северного полушария и ее сезонных изменений.

Зимой над Евразией образуется Азиатский максимум, ответвление которого – ось Воейкова – проходит южнее Полесья и определяет господствующее направление ветров. В среднем за год на территорию Полесья приходит или непосредственно на ней образуется около 12–14 антициклонов, но их воздействие на погодные условия проявляется на протяжении 5 месяцев, циклоническая же циркуляция влияет на погоду на протяжении 7 месяцев.

Взаимодействие барических максимумов и минимумов, формирование циклонов и антициклонов, их перемещения определяют многие атмосферные процессы на территории Белорусского Полесья: особенности барического поля, господствующий перенос воздушных масс, адвекцию тепла и холода, осадки.

Максимальное атмосферное давление устанавливается в январе, минимальное – в июле. Суточные изменения давления обычно невелики (2–3 гПа), но в период активной циклонической деятельности в холодный период года достигают 20 гПа и более.

Годовой ход атмосферного давления приводит к тому, что летом господствуют ветры западных и северо-западных направлений, зимой – западных и юго-западных. Они приносят влажную ненастную погоду, летом – прохладную, зимой – теплую, со снегопадами, метелями и гололедом. Усиление континентального восточного влияния обуславливает ясную солнечную погоду, летом – жаркую и сухую, зимой – морозную. В системе общей циркуляции атмосферы происходят периодические смены

зонального западного переноса воздушных масс на меридиональный с перемещением воздушных масс с юга на север или наоборот.

Для Белорусского Полесья характерна повышенная влажность воздуха в течение всего года, что обусловлено преобладанием морского умеренного воздуха с Атлантического океана, сравнительно невысокими температурами теплого периода года, обширными пространствами, занятыми водно-болотными комплексами и лесами.

Наибольший практический интерес представляет относительная влажность воздуха, которая характеризует степень его насыщения водяным паром. Средние ее значения на протяжении года по всей территории Белорусского Полесья составляют около 77 %, изменяясь от 70 до 84 %. Годовой ход относительной влажности воздуха обратен годовому ходу температуры воздуха (рис. 2.1).

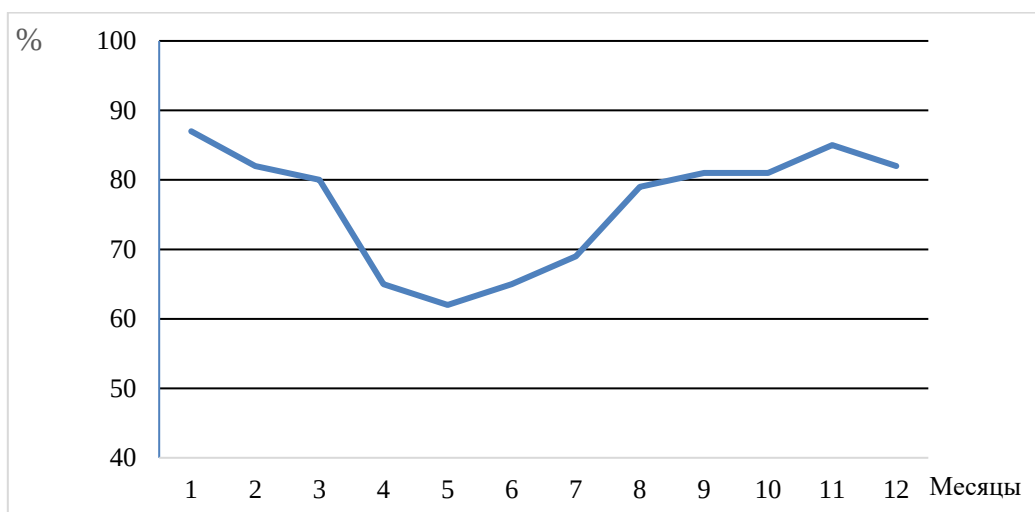


Рисунок 2.1 – Годовой ход относительной влажности воздуха Белорусского Полесья

Однако наименьшие значения приходятся не на самый теплый месяц года, а на переходный весенний (май), когда нарастание температуры над сушей происходит относительно быстрее, чем рост влагосодержания в воздушных массах, приходящих с медленнее прогревающейся поверхности океана. Максимальные значения относительной влажности наблюдаются в ноябре-декабре.

Облачность тесно связана с атмосферной циркуляцией и относительной влажностью воздуха. При усилении циклонической деятельности, начиная с осени, облачность увеличивается, достигая максимума 8,5 балла в конце осени – начале зимы, что соответствует годовому ходу относительной влажности. В мае-июне облачность снижается до 6 баллов.

Снежный покров является важной характеристикой климата. В пределах Полесья он характеризуется значительной неустойчивостью. Время его появления колеблется в значительных пределах. Устойчивый снежный покров образуется в среднем в третьей декаде декабря. Разрушение устойчивого снежного покрова наблюдается в конце февраля – начале марта. Средняя из максимальных за зиму высота снежного покрова на Белорусском Полесье составляет 15–20 см. В отдельные годы устойчивый снежный покров может отсутствовать.

Опасные явления погоды. Ежегодно на территории Белорусского Полесья регистрируются от 9 до 30 опасных гидрометеорологических явлений. Наиболее часто отмечается такое явление, как очень сильный дождь (не менее 50 мм осадков за период не более 12 часов). Средняя повторяемость лет с суточным количеством осадков 50 мм и более в пределах Белорусского Полесья составляет 20–30 %.

Для теплого периода года характерные опасные метеорологические явления – ливневые дожди, грозы, шквалы, град, сильная жара, засухи и засушливые явления, заморозки.

Наибольшее количество ливневых дождей отмечается в западной и центральной частях Белорусского Полесья. Среднее число дней в год с ливневыми дождями, приходящихся на одну метеостанцию, – более 80.

Число дней с грозами в пределах Белорусского Полесья максимально в сравнении с остальной территорией Беларуси – около 20–30 за год. Наиболее активна грозовая деятельность в июне и июле. Грозы и ливни часто сопровождаются градом. Наибольшее количество дней с градом регистрируется в период с апреля по август (около 30 в центральной части Белорусского Полесья, 50 – в юго-западной и юго-восточной частях).

В современный период потепления климата увеличилось число случаев сильных ветров: в 10 % лет отмечаются сильные ветры со скоростью 25 м/с и более. За теплый период наблюдается около 4 дней со шквалами. Шквалы – резкие, порывистые, дующие со скоростью до 20 м/с и более ветры переменного направления (более 30 м/с – ураганный ветер). В смерче – вертикальном вихре – скорость ветра достигает 50–100 м/с и более. Наблюдается рост числа дней с сильной жарой. В пределах Гомельской области сильная жара отмечается примерно в 1 раз в 4 года, в Брестской – раз в 7–8 лет.

Увеличившиеся в последние десятилетия неравномерность выпадения осадков и повышение температуры воздуха привели к увеличению повторяемости засушливых явлений, которые могут возникать в любое время с апреля по август, однако чаще бывают в июле-августе. Средняя продолжительность засух на Белорусском Полесье составляет 35 дней. Возникают они примерно в 40 % лет.

Заморозки наблюдаются, как правило, с мая по сентябрь. Наибольшая повторяемость приходится на май, затем число заморозков резко уменьшается. На Белорусском Полесье, где осуществлена интенсивная мелиорация земель, число заморозков заметно выросло. На торфяниках заморозки возможны даже в июле: пористые сухие торфа, не содержащие влаги, имеют малую теплоемкость и теплопроводность, поэтому очень быстро выхолаживаются.

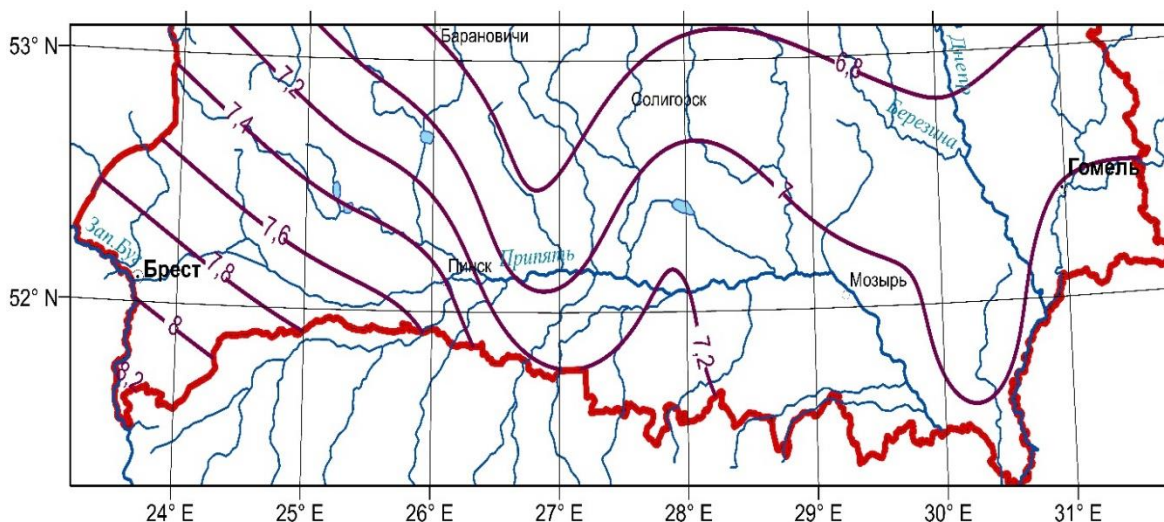
Характерные для холодного периода года опасные метеорологические явления – туманы, гололедно-изморозевые отложения, иней, метели, сильные морозы и снегопады. Среднее число дней с туманами на Полесье – около 30. Гололедно-изморозевые отложения чаще отмечаются в центральной и восточной частях Белорусского Полесья; сильные регистрируются в Брестской области один раз в 11 лет, в Гомельской – один раз в 5 лет. Иней отмечается, как правило, в осенне-зимний период. Количество дней с инеем за год – около 70. Метели наблюдаются в зимние месяцы, наиболее часто в январе-феврале. В современный период потепления

климата число дней с метелями на Полесье уменьшилось (менее 5 метелей в год). Сильный мороз (минимальная температура воздуха -35°C и ниже) – достаточно редкое явление, как и снегопад, в последние десятилетия не наблюдался.

2.2. Температура воздуха

Температура воздуха является одной из основных характеристик климата. Адвекция тепла, которая представляет собой результат западного переноса, способствует повышению температур зимой, сглаживает внутригодовые отличия в поступлении тепла, обусловленные радиационным балансом.

В теплый период года, когда велики высота Солнца над горизонтом и продолжительность солнечного сияния, солнечная радиация формирует широтный характер изменения температуры по территории (рис. 2.2). Но климат продолжает оставаться под сильным влиянием морских воздушных масс, переносимых с Атлантического океана. Лето теплое, но не жаркое, с частыми кратковременными дождями и грозами. Средняя температура июля равна 19°C .



Абсолютный максимум и минимум температуры воздуха дают представление о самой высокой и низкой температуре, зафиксированной в отдельные дни. В пределах Белорусского Полесья абсолютный максимум температуры 39,0 °С зарегистрирован в Брагине в 2010 году (табл. 2.2). Абсолютный минимум температуры –35,1 °С зарегистрирован в Василевичах в 1987 г. Средняя максимальная температура воздуха на Полесье в современный период потепления климата составляет 38,8 °С, средняя минимальная равна –34,4 °С. Экстремальные значения температуры воздуха за период 1945–2022 гг. по метеостанциям Белорусского Полесья приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.1 – Средняя месячная температура воздуха (°С) по метеостанциям Белорусского Полесья

Месяц												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Брест												
–3,5	–2,6	1,5	8,3	14,0	17,3	18,9	18,1	13,5	8,0	2,9	–1,2	7,9
Пинск												
–4,4	–3,5	0,7	8,1	14,0	17,2	18,7	17,8	13,0	7,4	2,1	–2,0	7,4
Полесская												
–4,8	–3,9	0,4	7,6	13,3	16,6	17,9	17,0	12,2	6,8	1,8	–2,3	6,9
Житковичи												
–4,9	–3,9	0,5	7,9	13,9	17,4	18,7	17,7	12,73	7,0	17	–2,42	7,2
Мозырь												
–5,4	–4,1	0,3	8,0	14,3	17,6	19,0	18,0	13,0	7,1	1,5	–2,9	7,2
Василевичи												
–5,5	–4,6	0,1	7,9	14,1	17,5	18,8	17,8	12,7	6,8	1,2	–2,9	6,9
Брагин												
–5,6	–4,8	–0,1	7,9	14,0	17,56	18,89	17,87	12,76	6,7	1,2	–3,0	6,9
Гомель												
–5,9	–5,0	–0,3	7,9	14,4	17,9	19,3	18,2	12,9	6,8	0,9	–3,2	7,0

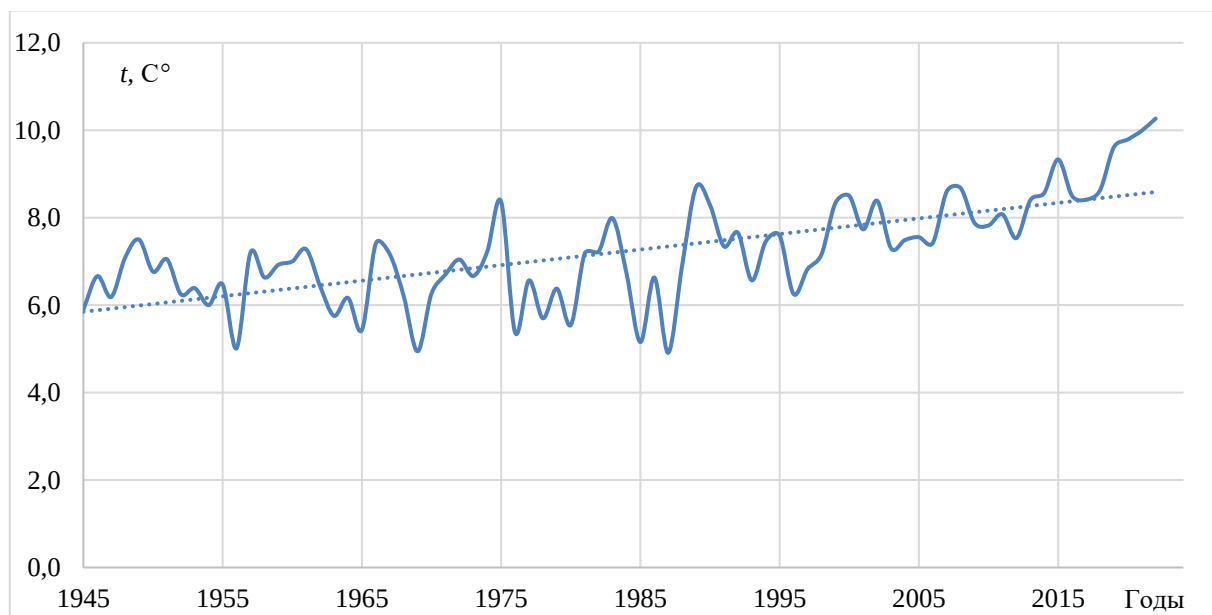


Рисунок 2.3 – Многолетние колебания средней годовой температуры воздуха в пределах Белорусского Полесья

Таблица 2.2 – Экстремальные температуры воздуха за период 1945–2022 гг.

Метеостанция	Абсолютный максимум, t°С (год)	Абсолютный минимум, t°С (год)	Метеостанция	Абсолютный максимум, t°С (год)	Абсолютный минимум, t°С (год)
Брест	36,7 (2015)	-35,5 (1950)	Мозырь	37,7 (1986)	-34,0 (1997)
Пинск	35,8 (2001)	-30,6 (1987)	Василевичи	37,6 (2010)	-35,1 (1987)
Полесская	35,8 (1992)	-34,1 (2012)	Брагин	39,0 (2010)	-34,3 (2012)
Житковичи	36,5 (2008)	-33,7 (1987)	Гомель	38,9 (2010)	-35,0 (1970)

Температурные условия Белорусского Полесья четко подразделяются на сезоны года. Внутри сезонов температура воздуха более постоянна или отличается однонаправленным изменением и преобладающими типами погоды. Каждый сезон имеет свои температурные границы, однако для рассмотрения средних месячных температур удобнее использовать календарные сезоны, постоянные во времени.

Началом зимы считается дата перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С в сторону понижения. В зимние месяцы, когда приход солнечной радиации сравнительно невелик, основным климатообразующим фактором являются циркуляционные процессы. Господство то влажных и теплых воздушных масс с Атлантики, то холодных континентальных, приходящих с Азии, создает неустойчивый характер погоды зимой. Ежегодно зимой наблюдаются оттепели, продолжительность которых изменяется в широких пределах. Для оттепельных периодов характерна пасмурная погода с осадками, ветрами и туманами. Морозные периоды устанавливаются в основном при антициклонических условиях.

Переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °С в сторону повышения свидетельствует о наступлении весны, которая характеризуется быстрым нарастанием температуры воздуха, достигающей максимума в начале апреля. Весной быстро увеличиваются продолжительность дня, высота Солнца над горизонтом и, как результат, количество приходящей радиации. Растет величина радиационного баланса. В связи с выравниванием температуры суши и водной поверхности океанов уменьшается циклоническая деятельность. Это приводит к уменьшению облачности и относительной влажности воздуха. Однако весной могут наблюдаться возвраты холодов со снегом.

Началом лета считается дата перехода среднесуточной температуры воздуха через +10 °С (в некоторых работах отмечается, что через +14 °С – это средняя температура вегетационного периода) в сторону повышения. В летний период в связи с ослаблением Исландской депрессии уменьшается циклоническая деятельность в умеренных широтах. Усиливается влияние Азорского максимума, который регенерирует циклоны, направляющиеся к востоку. Преобладание малооблачной погоды обуславливает определяющее влияние солнечной радиации на формирование климата, что приводит к широтному изменению температуры, возрастанию значения теплообмена с подстилающей поверхностью, усилению влияния рельефа. Ослабление циркуляционных процессов способствует уменьшению скорости ветра. Относительная влажность воздуха и облачность сравнительно невелики. В годы с интенсивной циклонической деятельностью отмечается холодная и дождливая погода.

Осень начинается с понижения средней суточной температуры воздуха ниже $+10^{\circ}\text{C}$ (окончание активной вегетации растений). Осенью происходит резкое падение величины радиационного баланса, перестройка барического поля атмосферы. Давление над охлаждающимся материком растет, роль Исландской депрессии усиливается, Азорский максимум смещается к югу и ослабляется. Большое влияние на погоду оказывают циклоны. Чаше и длительнее становятся периоды ухудшения погоды.

Большое значение для роста и развития сельскохозяйственных культур имеет обеспеченность их теплом, которая характеризуется продолжительностью периода с температурами воздуха выше $0, +5, +10$ и $+15^{\circ}\text{C}$ и суммами среднесуточных температур воздуха выше $+5, +10, +15^{\circ}\text{C}$. Эти показатели увеличиваются в направлении с северо-востока на юго-запад Белорусского Полесья. Сумма активных температур воздуха выше 10°C составляет около 2600. Продолжительность вегетационного периода – около 210 дней (увеличивается с юга на север).

Белорусское Полесье в силу своего географического положения характеризуется самой высокой в Беларуси теплообеспеченностью и продолжительностью вегетационного периода. Повышение температуры воздуха на данной территории наблюдается во все месяцы года и наиболее выражено в зимний (декабрь – февраль), весенний (март – апрель) и летний (июнь – август) сезоны. В целом, как показали исследования [53], годовая температура воздуха в регионе за 1989–2015 гг. увеличилась на $1,2^{\circ}\text{C}$ по сравнению с климатической нормой (1961–1990 гг.) [64]. В течение 1989–2015 гг. на территории Белорусского Полесья зарегистрированы аномально ранние устойчивые переходы температуры воздуха через 0°C весной (в среднем на 8–13 дней раньше многолетних сроков). Переходы температуры через 5 и 10°C весной также происходили раньше многолетних дат (на 7–10 и 2–7 дней соответственно). Увеличились суммы температур воздуха выше $0, 5, 10, 15^{\circ}\text{C}$ и продолжительность периодов с пороговыми значениями указанных температур [94]. На большей части Белорусского Полесья возросло число жарких и сухих дней. Количество жарких дней значительно прибавилось в 1989–2015 гг. Число сухих дней за период активной вегетации (май – август) в среднем по региону увеличилось на 2,5 дня. Наибольший рост произошел в Бресте (6 дней) и Октябре (5 дней). В то же время практически не изменилось число сухих дней в мае – июне, что является положительным фактором для развития растений: обычно значительное количество сухих дней в этот период в сочетании с высокими температурами приводит к атмосферной и почвенной засухе, которая отрицательно сказывается на формировании урожая основных зерновых культур. Рост числа сухих дней в июле – августе, если он не вызван сильными засухами, улучшает условия созревания и уборки зерновых культур. При этом наблюдается тенденция увеличения количества сухих дней в сочетании с максимальной температурой воздуха $+25^{\circ}\text{C}$ и выше, особенно в июле – августе, что является неблагоприятным фактором для условий произрастания ряда сельскохозяйственных культур.

Как показал анализ результатов расчета по многочисленным климатическим моделям, ожидаемые изменения климата в Белорусском Полесье можно свести

к следующему. Существенное изменение основных климатических характеристик к середине XXI в. по отношению к базовому периоду [107, 132]. В частности, расчеты по Белорусскому Полесью [92] показали увеличение продолжительности теплого периода с суммой температур воздуха 0 °С и выше: к 2041–2060 гг. она возрастет в среднем на 35 дней и будет колебаться в диапазоне от 280 до 310 дней, а на крайнем юго-западе в районе Бреста составит 365 дней (что приведет к исчезновению устойчивой климатической зимы). Согласно компьютерному моделированию развития климата в Белорусском Полесье установлены следующие тенденции будущих климатических изменений. В текущем столетии в зимний сезон ожидается повышение средней (на 1,2–3,6 °С), максимальной (на 1,1–3,2 °С) и минимальной (на 1,6–3,9 °С) температуры воздуха. В 2031–2070 гг. отклонения среднесезонной температуры воздуха увеличатся на 2,3–2,8 °С и будут сохраняться на одном уровне на протяжении 4 десятилетий. В 2071–2080 гг. рост отклонений продолжится до 2,9–3,3 °С, а в 2081–2090 гг. отклонения достигнут своей наибольшей величины и составят 3,3–3,6 °С, к концу столетия прогнозируется их незначительное снижение до 2,6–2,9 °С. При этом отклонения минимальной температуры воздуха по величине превысят отклонения максимальной температуры в среднем на 0,5 °С (т. е. ожидается более высокая изменчивость минимальной температуры). Пространственное распределение отклонений температуры воздуха будет выражаться в их увеличении с запада на восток. В 2021–2030 гг. максимальные отклонения прогнозируются в восточной части и на крайнем юге Полесья. В 2061–2080 гг. наибольшие отклонения будут сосредоточены в центральной части региона, а наименьшие – в крайних западных и восточных районах (т. е. вероятен заток тепла с юга в виде узкой полосы). Особенностью зимнего периода станет сокращение числа дней с отрицательной температурой воздуха с неоднородным пространственным распределением: на севере Полесья уменьшение будет более выражено, чем на юге. Весной ожидается ступенчатое изменение температуры воздуха: устойчивые отклонения на 1,7–2,2 °С (без значимого увеличения) прогнозируются в 2041–2070 гг., в 2071–2099 гг. они составят 2,1–2,6 °С. Рост отклонений предполагается с юго-юго-запада на северо-северо-восток. До 2050 г. ожидается увеличение минимальной температуры в пределах 0,8–2,7 °С в направлении с юга на север, а затем она будет сохраняться на одном уровне. Области наибольших изменений максимальной и минимальной температуры будут нестационарны, смещаясь преимущественно между центром и югом региона. Летом прогнозируется постепенный рост температуры на 1,1–2,2 °С, но наибольшие отклонения предполагаются в центральной части и на западе. Среди рассчитанных климатических индексов наиболее значимое изменение ожидается для количества жарких дней: в ближайшие десятилетия увеличение составит 7–14 дней и сохранится на этом же уровне до конца столетия с областью максимальных значений на юго-востоке региона [53].

2.3. Атмосферные осадки

Величина и характер распределения атмосферных осадков по территории Белорусского Полесья определена рядом факторов, главными из которых являются особенности циркуляции атмосферы, рельеф местности, характер подстилаемой поверхности. Общециркуляционные факторы определяют общее по Восточно-Европейской равнине уменьшение осадков к юго-востоку с ослаблением влияния западного переноса.

В среднем на территории Белорусского Полесья за год выпадает 600–650 мм осадков. Пространственное распределение средних годовых сумм атмосферных осадков за современный период потепления климата представлено на рисунке 2.4. Больше всего осадков выпадает в центральной части территории Белорусского Полесья. Наибольшие суммы осадков характерны для метеостанции Житковичи. Это обусловлено подъемом приходящих воздушных масс по так называемой поверхности подъема, которая образуется в связи с прослеживающимся южнее в теплый период отрогом Азорского антициклона. Здесь также происходит подпитка приходящих воздушных масс влагой, испаряющейся с поверхности расположенного здесь озера Червоное (самое большое на Полесье) и многочисленных болот. К юго-западу и юго-востоку количество осадков уменьшается. Минимальное среднее многолетнее количество осадков на территории Полесья (и Беларуси в целом) наблюдается на метеостанции Брагин. Это самая низко расположенная станция (114 м над уровнем моря).

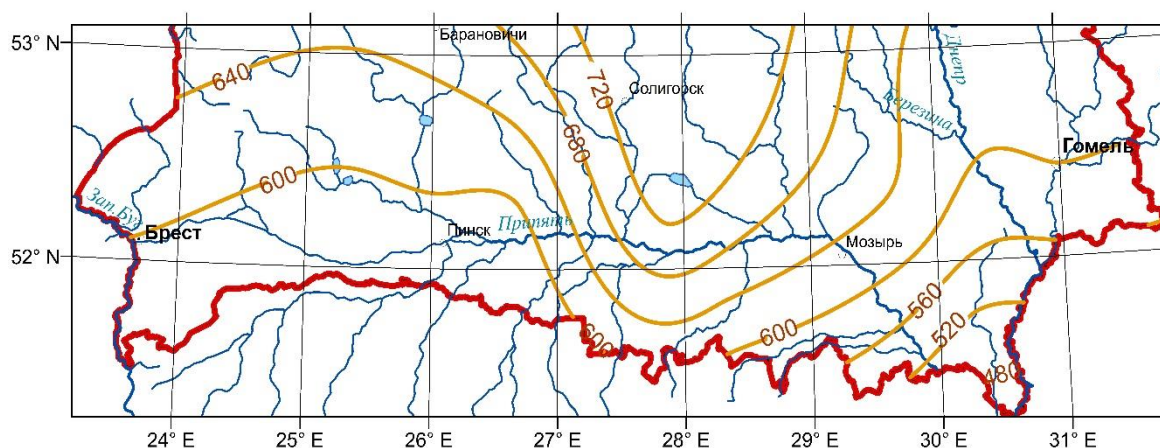


Рисунок 2.4 – Распределение годовых атмосферных осадков по территории Белорусского Полесья, мм

Нередко наблюдаются отклонения от средних многолетних значений. В наиболее влажные годы (1970, 2009, 2012) выпадает до 800 мм осадков, в сухие (1976) – около 500 мм. Многолетние колебания годового количества осадков в пределах Белорусского Полесья за период 1945–2022 гг. представлены на рисунке 2.5.

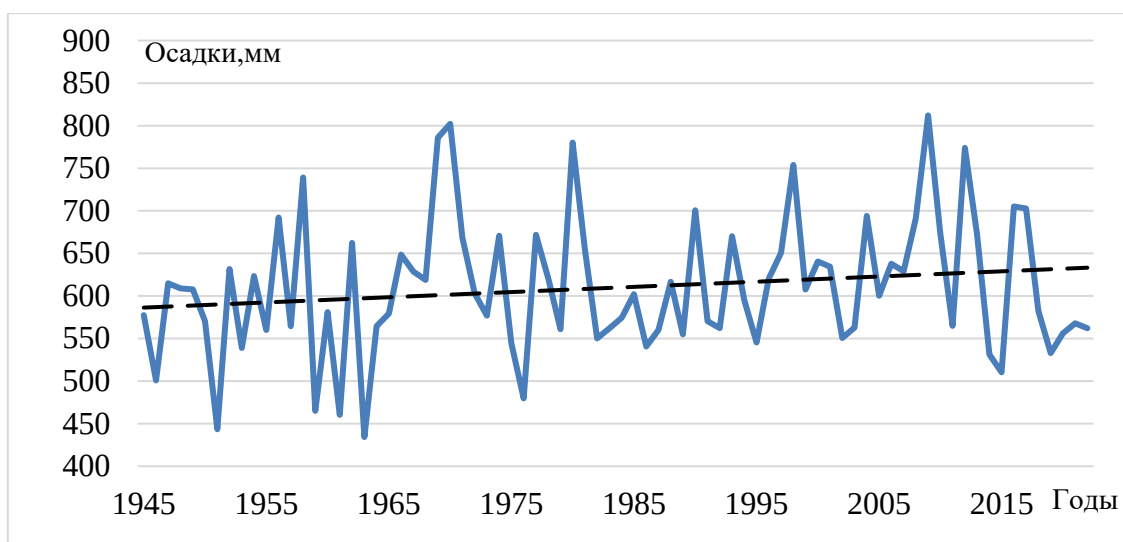


Рисунок 2.5 – Многолетние колебания годового количества осадков в пределах Белорусского Полесья за период 1945–2022 гг.

По отдельным метеостанциям эти различия более заметные (табл. 2.3). Так, в 1969 г. на метеостанциях Житковичи и Мозырь выпало более 1000 мм осадков (1483 и 1361 соответственно). Предельные суммы осадков на станциях обычно приходятся на разные годы. В одни и те же годы они наблюдаются лишь на нескольких близлежащих станциях. Это связано с большой пространственной изменчивостью осадков, связанной с сильным влиянием местных факторов.

Таблица 2.3 – Годовое количество атмосферных осадков на метеостанциях Белорусского Полесья за период 1945–2022 гг., мм

Метеостанция	Годовое количество осадков			Метеостанция	Годовое количество осадков		
	среднее	макси- мальное	мини- мальное		среднее	макси- мальное	мини- мальное
Брест	599	855 (1974)	379 (1971)	Мозырь	633	1361 (1969)	378 (1963)
Пинск	585	793 (2009)	310 (1961)	Василевичи	622	871 (1970)	355 (1963)
Полесская	597	757 (1956)	390 (1961)	Брагин	523	867 (2012)	297 (1963)
Житковичи	719	1483 (1969)	415 (1963)	Гомель	597	901 (2009)	374 (1959)

Около 70 % годовой суммы осадков приходится на теплую половину года (апрель – октябрь). Испарение с поверхности почвы, транспирация влаги растениями, рост активности атмосферных фронтов, циклоны повышают влагосодержание воздуха летом. Месячные суммы осадков имеют четко выраженный годовой ход с минимумом в феврале-марте и максимумом в летние месяцы (рис. 2.6). Это связано с тем, что в умеренных широтах основную роль в образовании осадков играет водяной пар, приносимый воздушными массами с океана. С понижением температуры воздуха уменьшается влагосодержание воздушных масс и количество выпадающих осадков. Однако минимум приходится не на январь (самый холодный месяц года), а на февраль-март, когда ослабевает циклоническая деятельность в связи с уменьшением температурных контрастов между медленно остывающей поверхностью океана и еще холодной сушей. Максимум наблюдается обычно в июле.

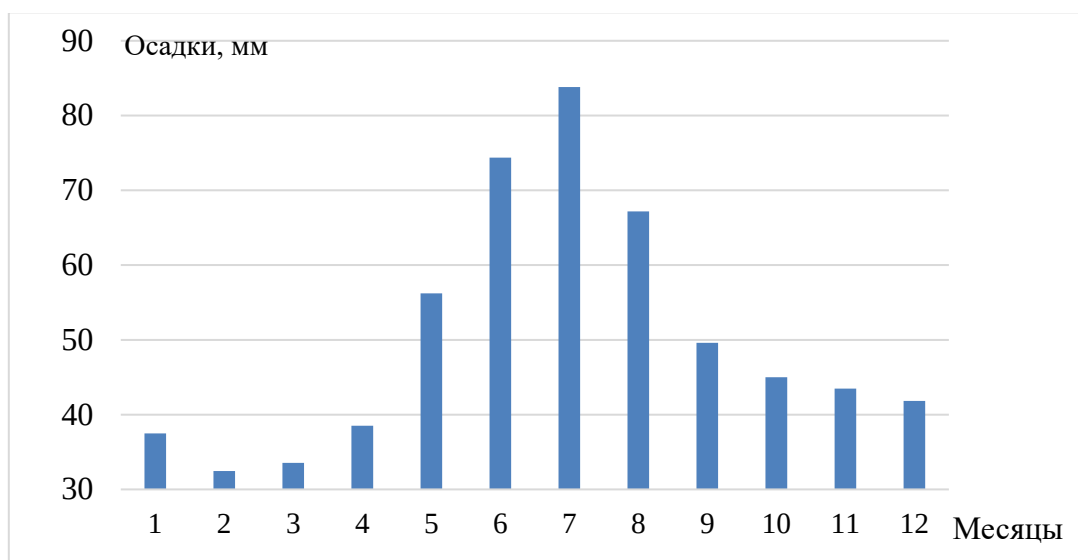


Рисунок 2.6 – Годовой ход осадков в пределах Белорусского Полесья

Суточные суммы осадков в пределах Белорусского Полесья колеблются в очень широких пределах: от 0,1 мм до нескольких десятков мм и более. Имели место случаи, когда за сутки выпадало более 100 мм осадков. Максимальное количество осадков за сутки за последние 50 лет составило 115 и 103 мм на метеостанции Житковичи (июль 1991 г. и август 1979 г. соответственно), 96 мм в Пинске (июль 2007 г.), 91 мм в Мозыре (июль 1990 г.), 86 мм в Брагине (июль 1974 г.).

Осадки, в отличие от температуры, не имеют явно выраженного суточного хода, особенно в холодный период года. Лишь в летние месяцы, когда ливневые дожди чаще связаны с конвективной облачностью, усиливающейся в послеполуденное время, количество дневных осадков превалирует над выпавшим в ночное время.

Среднее число дней с осадками ($\geq 0,1$ мм) на Белорусском Полесье довольно велико – около 160–170 дней, на крайнем юго-востоке – около 150. В среднем каждый второй-третий день бывает с осадками. Однако эти значения колеблются в довольно широких пределах. С увеличением количества выпадающих осадков частота их повторения значительно падает.

В годовом ходе числа дней с осадками прослеживается два максимума. Основной наблюдается в холодный период, когда осадки выпадают практически ежедневно. Минимум числа дней с осадками в месяц приходится на весенний и ранний осенний периоды, в основном май и сентябрь. Вторичный максимум числа дней с осадками наблюдается в июле. При этом рост общего числа таких дней в летние месяцы происходит в связи с ростом числа дней с большими (5 мм и более) осадками, имеющими минимум зимой. И зимой, и летом преобладают дни с малым количеством осадков, но доля больших осадков летом более значительна. Это связано с тем, что зимой в холодных воздушных массах с малым влагосодержанием формируются морозящие осадки, летом приходящие воздушные массы приносят большое количество влаги, и развивающаяся конвекция способствует образованию кучевой облачности и выпадению ливневых интенсивных дождей.

Изменение режима выпадения атмосферных осадков в Белорусском Полесье характеризуется некоторым увеличением их годовых сумм по всей территории

Белорусского Полесья за период потепления по сравнению с климатической нормой (1961–1990 гг.). Варьирование количества осадков вызвано изменением циркуляционных процессов в атмосфере, а также влиянием осушительной мелиорации в 1960–1980-х годах. [53].

Анализ пространственного распределения осадков показал, что до начала активных мелиоративных работ и в период интенсивной мелиорации среднемноголетние суммы осадков изменялись незначительно. В целом осредненные по Полесскому региону годовые суммы осадков за указанные периоды составили 594 и 619 мм соответственно, т. е. рост равен 25 мм (4 %). За период потепления годовая сумма осадков в Полесье увеличилась еще на 19 мм (3 %). При этом выявлен статистически значимый положительный тренд осадков хотя бы в одном из месяцев года, а также отмечается заметная пространственная неоднородность выпадения осадков, которая выражается в превышении их количества в восточной части Белорусского Полесья (Гомельская область) над количеством в западной части (Брестская область) в период потепления, в отличие от климатической нормы. Вероятнее всего, это объясняется изменением циркуляции атмосферы и ростом числа южных циклонов, перемещающихся через Гомельскую область, и в некоторой степени увеличением лесистости в Гомельской области по сравнению с Брестской за последние десятилетия [53].

Ожидаемые изменения режима увлажнения в Белорусском Полесье будут на протяжении текущего столетия. В зимний сезон ожидается ступенчатое увеличение количества осадков на 20–30 мм. В целом за период можно отметить три пика с выраженным увеличением сезонных сумм осадков: 2051–2060 гг. – на 25–30 мм в восточной части региона, 2071–2080 гг. – на 20–25 мм на половине метеостанций, 2091–2099 гг. – на 25–32 мм на большинстве станций. Особенностью режима выпадения осадков в зимний сезон в текущем столетии станет динамика числа влажных дней (с осадками более 1 мм). В течение всего рассматриваемого периода количество влажных дней будет превышать норму, но наиболее значительное увеличение ожидается в 2021–2030 и 2051–2060 гг. – на 3 дня, что в среднем составляет 30 % от многолетних значений. К концу столетия прогнозируется разброс отклонений по станциям. Осадки высокой интенсивности (10, 50 и 100 мм) предположительно сохранятся на уровне средних многолетних. Весной количество осадков продолжит увеличиваться, и в середине XXI в. отклонения сезонных сумм достигнут 40 мм. Летом в первой половине столетия ожидается выпадение осадков в пределах нормы или на 10–15 мм ниже, с 2060-х гг. прогнозируется рост осадков на 15–20 мм, преимущественно в западных районах. Осенью в первой половине рассматриваемого периода количество осадков будет превышать норму на 15–30 мм, с 2060-х гг. и до конца столетия выпадение осадков вернется к многолетнему режиму (норме). В течение всего рассматриваемого периода ожидается пространственная неоднородность выпадения осадков, области повышенных и пониженных осадков будут смещаться от десятилетия к десятилетию во все сезоны. В теплое время года следует отметить изменение продолжительности засушливых периодов. Ожидается, что в первой половине текущего столетия продолжительность периодов без осадков увеличится на 1,5 дня, а во второй половине рост составит 3 дня. Наибольшие изменения будут характерны для восточной части рассматриваемого региона. При этом повторяемость таких периодов предположительно не изменится [53].

2.4. Суммарное испарение

Суммарное испарение – один из основных расходных элементов водного баланса речных водосборов, причем его роль становится определяющей в зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения. При решении большого круга научных и практических задач используются вероятностные закономерности и статистические характеристики пространственно-временных колебаний суммарного испарения. Сложность исследования суммарного испарения заключается в том, что в настоящее время нет приборов, которые бы напрямую измеряли его величины. Существующие косвенные методы измерения испарения, впрочем, как и расчетные методы, дают существенные ошибки. Кроме того, ограничивающим моментом является малый объем исходной выборки, вследствие чего неизбежно искажение статистических модельных представлений структуры испарения в точке. В ряде наблюдений имеются пропуски, отмечается нестационарность наблюдений во времени и неоднородность рядов. Для практических целей необходимо определить не структуру испарения в окрестностях отдельных метеостанций, а поле испарения как стохастическое формирование в целом. Данные отдельных лизиметров являются репрезентативными лишь для однородной по условиям формирования испарения территории. Увеличение потенциала информативности исходных выборок (одна реализация в год) также не приводит к корректному решению поставленной задачи. Поэтому в настоящей работе использован метод гидрологических расчетов, разработанный В. С. Мезенцевым и адаптированный нами для условий Белорусского Полесья [35]. Это позволило оценить величины суммарного испарения и их изменчивость.

Точность расчета суммарного испарения методом ГКР зависит от корректности определения максимально возможного испарения и ряда параметров, которые необходимо уточнить для рассматриваемой территории [36].

Пространственная структура максимально возможного испарения имеет широтное распространение, увеличивается с юго-запада на северо-восток и подчиняется основным закономерностям распределения солнечной радиации (рис. 2.7).

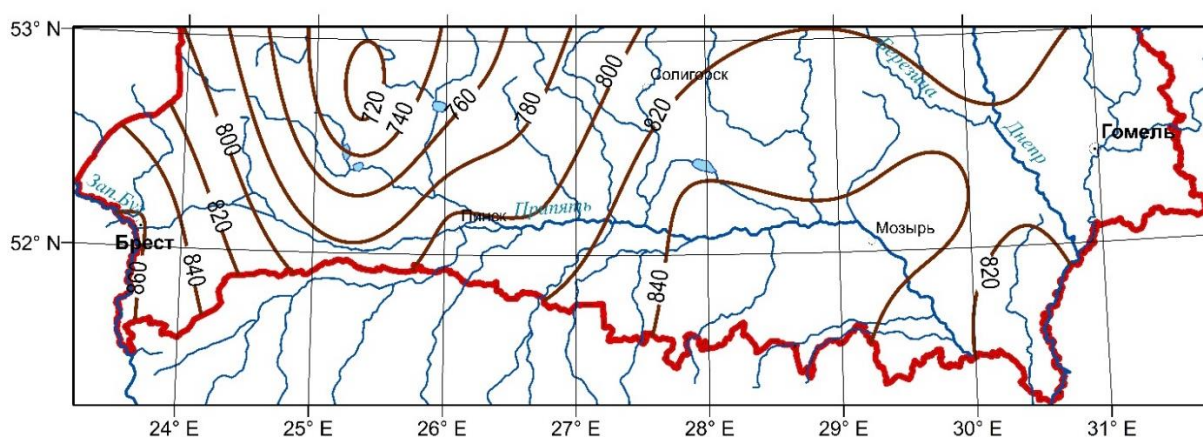


Рисунок 2.7 – Годовые нормы максимально возможного испарения на территории Белорусского Полесья, мм

В таблице 2.4 приведены среднемноголетние месячные значения максимально возможного испарения по некоторым метеопунктам Белорусского Полесья.

На рисунке 2.8 представлена карта норм годового суммарного испарения на территории Белорусского Полесья. Годовая величина суммарного испарения изменяется в небольших пределах и составляет 520–590 мм, увеличиваясь с севера к центру страны, величина суммарного испарения достигает максимального значения и затем убывает к югу, так как на севере оно ограничено тепловыми ресурсами, а на юге – водными. Внутригодовое распределение суммарного испарения для всей рассматриваемой территории характеризуется максимумом в июне (100–120 мм/мес.) и минимумом в декабре, что соответствует экстремальным значениям теплоэнергетических ресурсов.

Таблица 2.4 – Средние многолетние значения месячных величин максимально возможного испарения на территории Брестской области, мм

Метеостанция	Месяцы								Год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV–X	
Ганцевичи	85	109	119	106	85	61	43	607	767
Ивацевичи	88	112	125	118	97	69	45	654	709
Полесская	91	112	121	109	88	64	45	630	794
Пинск	88	110	125	116	97	73	47	656	808
Брест	91	114	125	130	106	76	48	689	862
Жлобин	87	118	129	128	103	69	43	680	806
Гомель	88	117	127	134	113	76	45	700	836
Василевичи	92	120	129	130	109	74	46	700	852
Житковичи	92	119	127	123	104	69	45	678	845
Лельчицы	96	119	127	123	104	69	45	678	845
Брагин	87	113	122	130	103	71	43	668	804

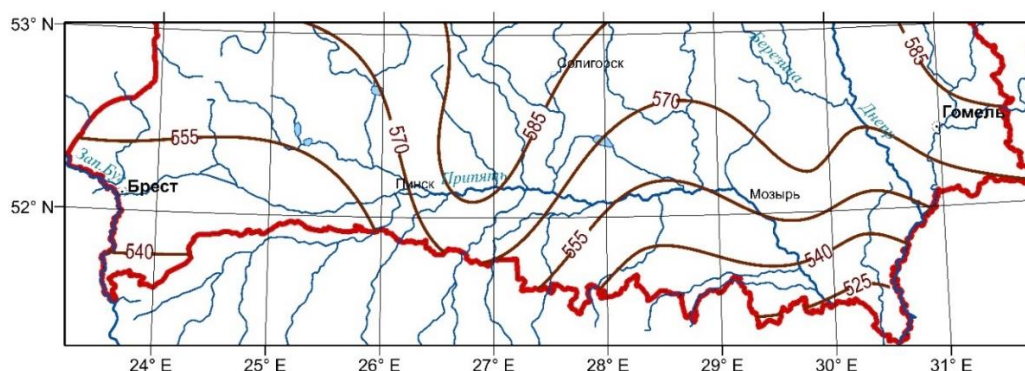


Рисунок 2.8 – Годовые нормы суммарного испарения на территории Белорусского Полесья, мм

В таблице 2.5 приведены средние многолетние значения суммарного испарения на территории Брестской области.

По методу гидролого-климатических расчетов определены месячные величины суммарного испарения за конкретные годы [33, 71]. Это позволило оценить изменчивость суммарного испарения, которая сравнительно невелика по отношению к стоку и атмосферным осадкам и составляет ($C_v=0,10–0,16$), т. е. в среднем ($C_v=0,13$). Несколько больше значения коэффициентов вариации для теплого

($C_v=0,15$) и вегетационного ($C_v=0,16$) периодов. Коэффициенты вариации месячных величин суммарного испарения принимают еще большие значения, достигая ($C_v=0,32$). Во внутригодовом разрезе наибольшая изменчивость наблюдается в июле ($C_v=0,26$). Причина заключается в том, что к этому времени весенние влагозапасы уже, как правило, израсходованы и суммарное испарение определяется, в основном, режимом выпадения атмосферных осадков (табл. 2.6, рис. 2.9).

Таблица 2.5 – Средние многолетние значения месячных величин суммарного испарения на территории Белорусского Полесья, мм

Метеостанция	Месяцы								Год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV-X	
Ганцевичи	66	105	102	89	69	46	29	506	581
Ивацевичи	64	103	102	87	69	47	27	499	563
Полесская	72	102	101	91	70	48	30	519	590
Пинск	65	100	106	85	68	47	27	498	562
Брест	65	93	95	83	69	47	27	479	549
Жлобин	59	105	111	96	76	47	25	519	572
Гомель	59	102	109	102	78	49	25	524	577
Василевичи	64	104	102	92	72	47	27	508	571
Житковичи	65	101	99	87	71	47	27	497	565
Лельчицы	68	91	86	80	69	45	28	467	539
Брагин	60	102	97	87	67	43	23	479	535

Таблица 2.6 – Коэффициенты вариации суммарного испарения на территории Белорусского Полесья

Метеостанция	Месяцы							Год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Ганцевичи	0,23	0,22	0,21	0,32	0,24	0,22	0,26	0,11
Ивацевичи	0,25	0,22	0,22	0,25	0,24	0,29	0,29	0,16
Полесская	0,25	0,29	0,22	0,27	0,23	0,24	0,27	0,11
Пинск	0,20	0,22	0,23	0,30	0,23	0,24	0,31	0,10
Брест	0,27	0,26	0,23	0,26	0,20	0,22	0,27	0,12
Жлобин	0,20	0,22	0,26	0,28	0,20	0,24	0,24	0,10
Гомель	0,30	0,28	0,29	0,32	0,29	0,27	0,29	0,16
Василевичи	0,22	0,24	0,28	0,31	0,27	0,28	0,29	0,14
Житковичи	0,30	0,27	0,29	0,28	0,27	0,26	0,27	0,11
Лельчицы	0,37	0,29	0,27	0,28	0,25	0,25	0,28	0,13
Брагин	0,35	0,27	0,30	0,34	0,35	0,33	0,29	0,18

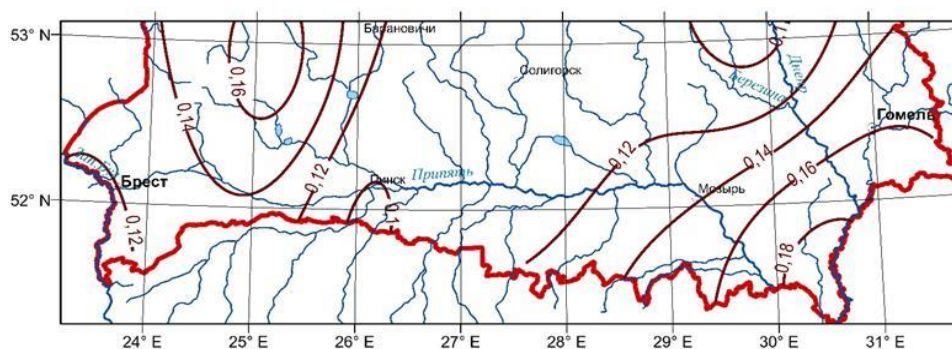


Рисунок 2.9 – Пространственная структура коэффициентов суммарного испарения на территории Белорусского Полесья

2.5. Ветровой режим

В ходе анализа хронологического хода среднегодовой скорости ветра по метеостанциям Белорусского Полесья выявлена устойчивая тенденция снижения скорости ветра (табл. 2.7). Одна из причин уменьшения скорости ветра – рост интенсивности Северо-Атлантического колебания и увеличение повторяемости глубоких барических образований, проходящих через территорию Европы.

Таблица 2.7 – Основные статистические параметры среднегодовых скоростей ветра за различные периоды осреднения

Метеостанция	Период осреднения, годы	Средняя скорость, м/с	Коэффициенты				
			вариации	автокорреляции	корреляции	Градиент м/10 лет	t-критерий Стьюдента; F-критерий Фишера
Брест	1951–1987	3,04	0,04	0,71	0,81	–0,25	$t=7,53$;
	1988–2020	2,50	0,03	0,70	0,51	–0,14	$F=1,64$
Ганцевичи	1951–1987	2,74	0,05	0,79	0,83	–0,30	$t=2,91$;
	1988–2020	2,51	0,02	0,62	0,66	–0,16	$F=3,12$
Пинск	1951–1987	3,87	0,06	0,64	0,26	0,12	$t=16,46$;
	1988–2020	2,28	0,04	0,89	0,47	–0,15	$F=2,64$
Полесская, болотная	1951–1987	3,30	0,04	0,61	0,29	0,08	$t=2,82$;
	1988–2020	3,59	0,05	0,81	0,83	–0,35	$F=2,61$
Брагин	1951–1987	3,33	0,03	0,48	0,0	–0,002	$t=7,57$;
	1988–2017	2,52	0,09	0,87	0,71	–0,42	$F=2,02$
Василевичи	1951–1987	2,88	0,04	0,73	0,76	–0,24	$t=14,06$;
	1988–2020	1,97	0,02	0,73	0,46	–0,09	$F=3,07$
Гомель	1951–1987	3,01	0,02	0,62	0,85	–0,40	$t=11,57$;
	1988–2020	2,25	0,02	0,79	0,88	–0,31	$F=2,98$
Житковичи	1951–1987	3,15	0,01	0,50	0,59	–0,28	$t=10,16$;
	1988–2020	2,17	0,03	0,88	0,88	–0,25	$F=1,75$
Лельчицы	1951–1987	3,22	0,05	0,75	0,80	–0,31	$t=9,65$;
	1988–2013	2,31	0,05	0,87	0,87	–0,38	$F=1,50$
Мозырь	1957–1987	3,33	0,08	0,78	0,63	–0,36	$t=12,30$;
	1988–2020	2,04	0,03	0,77	0,54	–0,15	$F=4,02$
Октябрь	1958–1987	3,37	0,03	0,66	0,54	–0,19	$t=6,09$;
	1986–2015	2,35	0,07	0,87	0,92	–0,42	$F=1,63$

Примечание. Выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.

Среднее значение скорости ветра на территории Белорусского Полесья за период 1988–2020 гг. составляет $V_{ср.}=2,46$ м/с (рис. 2.10), что меньше климатической нормы Белорусского Полесья на 21,3 %. Максимальное среднегодовое значение скорости ветра наблюдалось на метеорологической станции Полесская в 1990 и 1993 гг. и составило $V_{max}=4,3$ м/с; минимальные среднегодовые значения наблюдались на метеорологической станции Василевичи в 2009 г. – $V_{min}=1,6$ м/с, размах колебаний составил $\Delta V=2,7$ м/с.

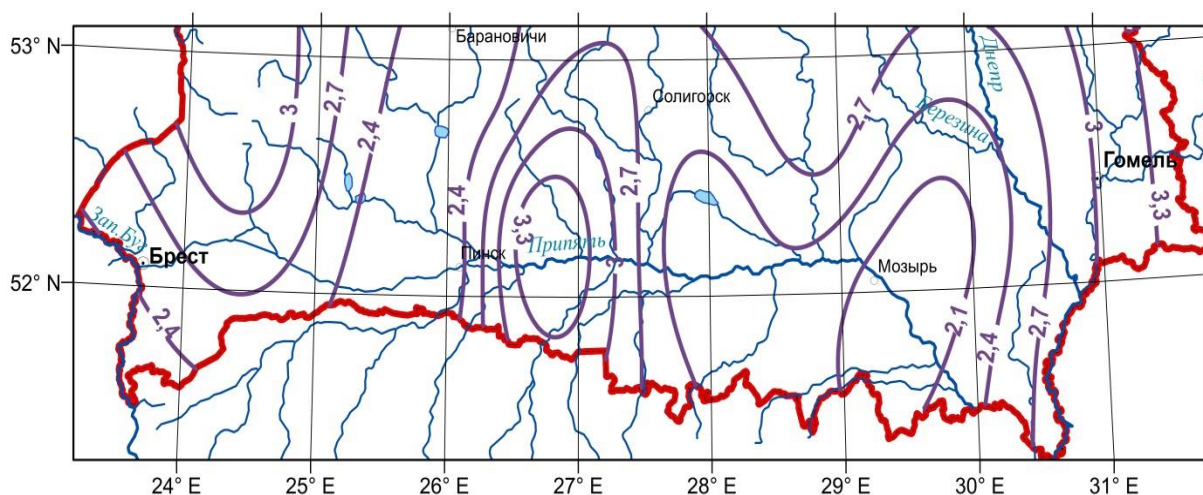


Рисунок 2.10 – Средняя скорость ветра Белорусского Полесья

Для оценки изменений скорости ветра, произошедших за период потепления климата, были использованы статистические критерии Стьюдента (оценка выборочных средних) и Фишера (оценка выборочных дисперсий). В результате анализа выборочных средних среднегодовых скоростей ветра статистически значимые различия были установлены для всей территории Белорусского Полесья. Статистически значимые различия характера колебаний скорости ветра выявлены для большей части Белорусского Полесья, за исключением Бреста, Житковичей, Лельчиц и Октября.

Годовой ход скорости ветра Белорусского Полесья связан с годовым ходом интенсивности атмосферной циркуляции. В холодный период года из-за усиленной циклонической деятельности средние месячные скорости ветра больше, чем в теплый. Изменчивость средних месячных скоростей также больше в холодное полугодие. Сравнение двух периодов показало, что внутригодовой ход среднемесячных скоростей ветра не претерпел изменений: наименьшие скорости характерны для июля – августа, наибольшие скорости отмечаются с ноября по февраль (табл. 2.8).

Для более полной характеристики ветрового режима рассмотрена повторяемость различных значений скорости ветра. Для территории Белорусского Полесья штилевые условия и тихие ветры отмечаются в 29,5 % случаев, они наиболее характерны для Брагина и Василевичей, где их доля составляет более 41 %, а наименьшее их количество отмечается на следующих метеорологических станциях: Полесская болотная и Пружаны (табл. 2.9). Наиболее характерными для Белорусского Полесья являются слабые ветры (2–5 м/с), доля которых составляет 64,9 %. На умеренные ветры (6–9 м/с) приходится 5,3 %, чаще всего такие ветры фиксируются на метеостанции Полесская болотная, где их доля составляет более 10 %. Сильные ветры на Полесье бывают редко, их доля не превышает 0,3 %, обычно такие скорости ветра отмечаются на станциях Полесская болотная и Брагин.

Для метеорологических станций Брест, Василевичи, Гомель, Житковичи проведен сравнительный анализ распределения скоростей ветра по градациям с данными, представленными в справочнике по климату СССР 1966 г. На всех

исследуемых станциях отмечается увеличение доли штилей, тихих и слабых ветров при значительном снижении повторяемости умеренных и сильных ветров.

Таблица 2.8 – Средние месячные скорости ветра на высоте флюгера, м/с

Метеостанция	Период осреднения, годы	Месяцы											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Брест	1951–1985	4,0	4,0	4,2	3,5	3,2	3,1	3,0	2,9	2,9	3,2	3,8	3,8
	1986–2020	3,0	2,9	2,9	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,2	2,5	2,7	2,9
Ганцевичи	1951–1985	3,8	3,7	3,8	3,5	3,1	3,0	2,8	2,7	2,8	3,1	3,8	3,9
	1986–2020	2,9	2,9	2,9	2,6	2,4	2,3	2,1	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9
Пинск	1951–1985	4,6	4,8	4,8	4,0	3,5	3,3	3,1	3,3	3,4	3,8	4,5	4,6
	1986–2020	2,6	2,6	2,6	2,4	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	2,2	2,4	2,5
Полесская	1951–1985	3,8	3,8	3,8	3,4	3,1	2,6	2,6	2,5	2,6	3,1	3,9	3,7
	1986–2020	4,4	4,3	4,2	3,9	3,4	3,1	2,9	2,8	3,3	3,5	4,0	4,1
Житковичи	1951–1985	3,7	3,5	3,5	3,2	3,0	2,8	2,7	2,6	2,7	2,8	3,7	3,5
	1986–2020	2,5	2,4	2,5	2,3	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	2,0	2,3	2,4
Лельчицы	1951–1985	4,2	4,1	4,0	3,5	3,4	3,2	3,0	3,0	3,0	3,2	4,3	4,1
	1986–2013	2,7	2,6	2,6	2,4	2,3	2,2	2,0	2,0	2,1	2,2	2,5	2,6
Октябрь	1958–1985	4,1	4,3	4,2	3,0	3,3	3,0	2,8	3,0	3,0	3,5	4,4	4,2
	1986–2020	3,3	3,2	3,2	3,0	2,8	2,6	2,5	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2
Мозырь	1957–1985	4,0	4,0	3,7	3,4	3,3	3,2	3,1	3,2	3,3	3,5	4,0	3,8
	1986–2020	2,5	2,4	2,4	2,3	2,1	1,9	1,8	1,7	1,9	2,0	2,3	2,4
Василевичи	1951–1985	3,3	3,4	3,2	3,1	2,9	2,6	2,5	2,4	2,6	3,0	3,5	3,3
	1986–2020	2,4	2,4	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5	1,5	1,6	1,9	2,2	2,3
Брагин	1951–1985	3,9	4,0	3,7	3,5	3,1	2,7	2,6	2,5	2,9	3,1	4,0	3,8
	1986–2020	3,1	3,0	3,0	2,7	2,4	2,0	1,9	2,0	2,3	2,5	2,8	2,9
Гомель	1951–1985	4,5	4,5	4,1	4,1	3,7	3,4	3,2	3,1	3,4	3,7	4,5	4,4
	1986–2020	2,7	2,6	2,6	2,4	2,3	2,2	2,0	1,9	2,0	2,2	2,5	2,7

Таблица 2.9 – Распределение скорости ветра по градациям скоростей за период 1988–2020 гг., %

Метеостанция	Градация, м/с									
	0–1	2–3	4–5	6–7	8–9	10–11	12–13	14–15	16–17	18–20
Брест	25,2	52,3	19,4	2,8	0,2	0,03				
Ганцевичи	25,7	50,3	20,1	3,6	0,3	0,02				
Пинск	26,1	59,3	12,3	1,9	0,3	0,02				
Полесская, болотная	15,2	39,6	28,0	11,4	4,3	1,1	0,3	0,1	0,01	0,02
Брагин	41,1	33,8	15,1	6,6	2,4	0,7	0,2	0,1	0,01	0,01
Василевичи	41,5	45,7	11,0	1,6	0,2	0,02				
Гомель	34,7	45,6	16,8	2,6	0,4	0,03				
Житковичи	36,9	46,7	14,6	1,7	0,1					
Лельчицы	33,0	48,1	15,6	2,8	0,4	0,1	0,01			
Мозырь	41,0	44,1	12,6	1,9	0,3	0,04	0,01			
Октябрь	23,1	45,5	24,5	5,9	0,8	0,1	0,01			

Кроме средней скорости ветра, один из основных показателей – максимальная скорость ветра. Средняя максимальная скорость ветра на Белорусском Полесье составляет 25,9 м/с. Абсолютный максимальный годовой порыв ветра с 1988 по 2020 год составил 29 м/с и зафиксирован метеостанцией Пинск 1 июля 2019 г. Устойчивой тенденции снижения абсолютных максимальных годовых порывов не выявлено, некоторые метеорологические станции отмечают незначительный рост.

Максимальные скорости ветра чаще всего регистрируются зимой. В этот период их доля составляет 30,8 %. Наибольшая повторяемость максимальной годовой скорости ветра наблюдается в январе – 16,4 %. Реже такие ветры отмечаются весной – 28,9 %. Летом высокие скорости могут быть связаны с возникновением предгрозовых шквалов и регистрируются в 25,1 % случаев. Реже всего максимальные годовые скорости ветра фиксируются осенью – 15,1 %. Минимальное их количество приходится на октябрь – 3,3 %.

В связи с особенностями циркуляции атмосферы и под влиянием местных условий на территории Белорусского Полесья в течение года преобладают ветры юго-западной четверти. Для этих направлений характерны и наибольшие средние скорости ветра (рис. 2.11).

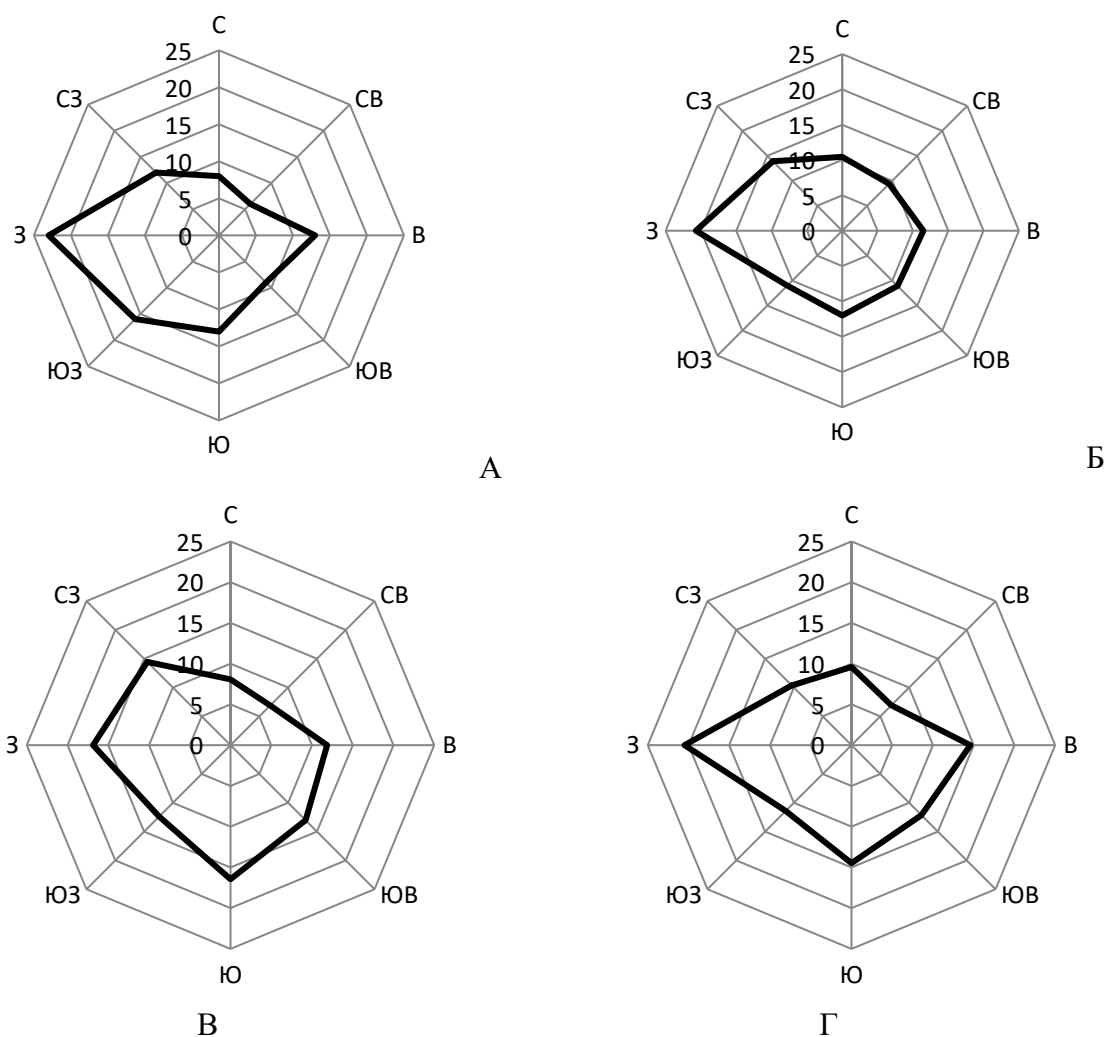


Рисунок 2.11 – Повторяемость различных направлений ветра по метеорологическим станциям: А – Брест, Б – Пинск, В – Василевичи, Г – Брагин

Для зимнего периода характерно преобладание ветров юго-западной четверти горизонта при уменьшении доли северных и северо-восточных ветров. Это связано с установлением более высокого давления на юге и юго-востоке республики, с понижением к северу и северо-западу. В весеннее время на Белорусском Полесье наблюдается увеличение повторяемости восточных ветров. Летом преобладающими становятся западные и северо-западные ветры при уменьшении повторяемости южных и юго-западных направлений. К осени повторяемость северо-восточных и восточных ветров уменьшается, при этом возрастает доля ветров с южной составляющей (юго-восток, восток, юго-запад).

Белорусское Полесье является основным регионом распространения ветровой эрозии почв в республике. После проведения мелиоративных работ действие ветровой эрозии почв Белорусского Полесья значительно усилилось. Установлено, что на осушенных торфяниках интенсивность ветровой эрозии определяется зависимостью, в которой скорость ветра (V) возводится в куб. Поэтому даже незначительные изменения скорости ветра могут оказать существенное влияние на величину индекса ветровой эрозии почв. При скоростях ветра свыше 15 м/с на территории Полесья возникают пыльные бури. Наблюдаются такие скорости ветра довольно редко. Так, по данным наблюдений за последние 30 лет, они отмечены лишь на метеостанциях Полесская и Брагин, где составляют сотые доли процентов.

2.6. Сценарии и прогноз изменения климата Белорусского Полесья

Наблюдаемые изменения климата

Для анализа тенденций изменения климатических характеристик (current status)* использовались детальные данные измерений с 1961 по 2010 год в суточном разрезе: среднесуточные значения температуры воздуха и суммы осадков по метеорологическим станциям Белорусского Полесья. Для точной оценки изменений климатических характеристик в бассейнах рек Белорусского Полесья выполнена статистическая обработка рядов данных в месячном разрезе с определением изменения температуры воздуха за период с 1986 по 2011 год по отношению к периоду с 1961 по 1985 год с учетом статистической значимости сравнения двух выборок. Поэтому принимается гипотеза о том, что статистически значимых различий не обнаружено [30].

Из результатов оценок тенденций изменения климатических характеристик следует, что за последние 50 лет в среднем на 1,1 °С произошло повышение температуры воздуха в бассейнах реки Западный Буг. При этом отмечается существенная неравномерность внутригодового распределения повышения температуры воздуха с максимальным повышением в зимний период до 2,4 °С. В годовом разрезе существенного изменения суммарного годового количества осадков не отмечается. Имеет место уменьшение их количества на 1,8 %. При этом также

* Репрезентативные периоды взяты с учетом рекомендаций ЕЭК ООН.

зафиксирована существенная неравномерность внутригодового распределения изменения количества осадков. Максимальное увеличение на 10–20 % в марте и в мае, а также в основном снижение в остальные месяцы.

По результатам оценок изменения климата за период с 1961 по 2015 год рек бассейна Припяти можно сделать следующие обобщенные выводы [30]. Произошло повышение температуры воздуха в среднем по бассейнам рек на 1,1 °С, причем наибольшее повышение температуры отмечено в зимний период – на 2,0 °С, наименьшее – в осенний период с максимальным повышением на 0,3 °С. Количество осадков в среднем по бассейнам рек не очень существенно изменилось с небольшим их уменьшением на 10 %.

Результаты определения изменения климатических характеристик за период с 1961 по 2010 год в графическом виде представлены на рисунках 2.12, 2.13.

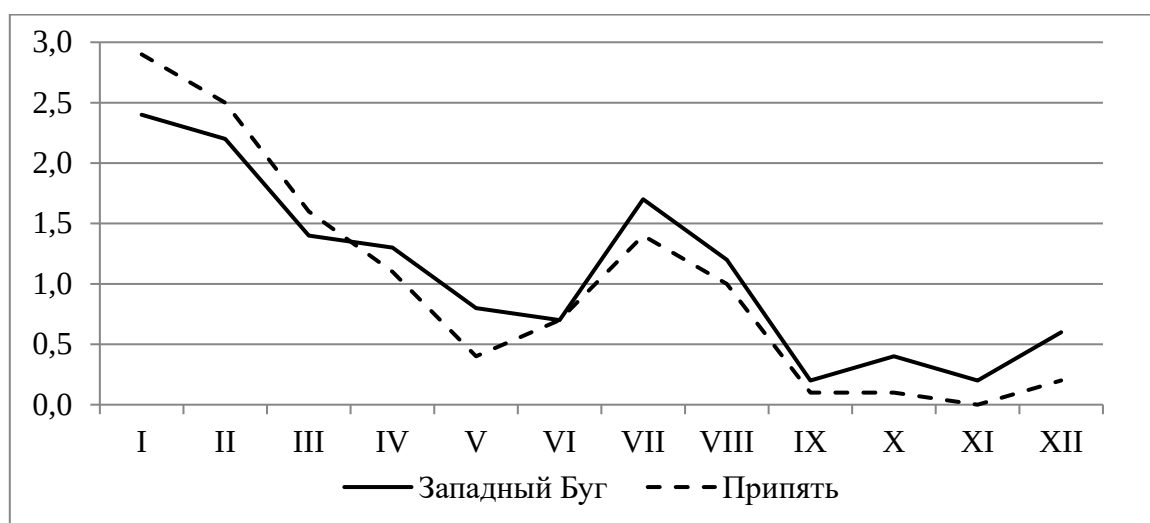


Рисунок 2.12 – Общая оценка изменения среднемесячной температуры воздуха (°C) в бассейнах рек Белорусского Полесья (1986–2010 гг.) – (1961–1985 гг.)

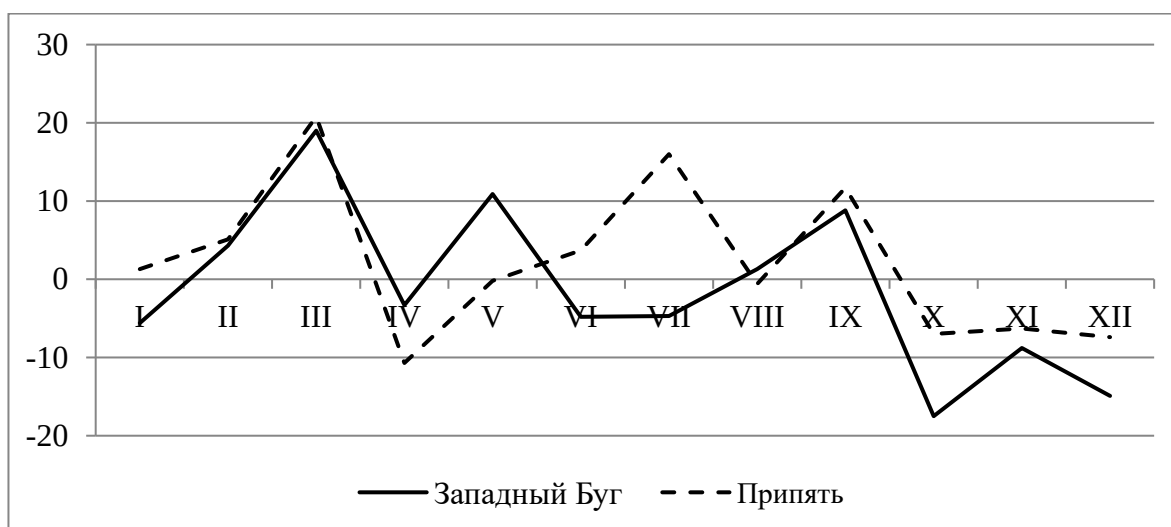


Рисунок 2.13 – Общая оценка изменения месячного количества осадков (%) в бассейнах рек Белорусского Полесья (1986–2010 гг.) – (1961–1985 гг.)

Долгосрочные на период 35–50 лет (2021–2050 гг.) сценарии изменения климата для бассейнов рек Белорусского Полесья получены путем расчетов по региональной климатической модели CCLM с использованием выходных данных глобальной климатической модели ECHAM5 [30].

Сценарии изменения климата для Белорусского Полесья на период до 2035 года получены с использованием материалов, представленных в Атласе глобальных и региональных климатических прогнозов, являющемся приложением к Пятому докладу Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [14]. Для общего прогноза изменения климата и стока до 2035 года используется представленные в Пятом докладе МГЭИК для Европы мультимодельный ансамбль из четырех сценариев – RCP8.5, RCP6.0, RCP4.5, RCP2.6 и картосхемы, разработанные МГЭИК с использованием глобальных климатических моделей.

Сценарии изменения климата получены для двух вариантов выбросов парниковых газов (принятых в мировой практике и наиболее используемых для оценок изменения климата сценариев социально-экономического развития человечества) [65, 126]:

I вариант: A1B (*relatively high-emission scenario*) – более «жесткий» сценарий, относительно высокие выбросы парниковых газов за счет быстрого развития экономики и роста численности населения до середины XXI века, а затем замедление роста населения, быстрое внедрение современных технологий и сбалансированное использование энергетических ресурсов;

II вариант: B1 (*low-emission scenario*) – более «мягкий» сценарий, невысокие выбросы парниковых газов, весьма вероятно внезапная глобализация, число жителей изменяется подобно тому, как планируется в сценарии A1, но происходит весьма быстрое превращение экономической системы в информационную, общество становится менее потребительским, идет интенсивное внедрение новых чистых технологий.

В наиболее общем виде по сценариям изменения климата на период 2021–2050 гг. (для среднего значения 2035 г.) для рек Белорусского Полесья можно сформулировать следующие выводы.

Бассейн р. Западный Буг:

- в среднем за год повышением температуры воздуха на 1,7 °C по сценарию A1B с максимальным повышением температуры в зимние и весенние месяцы (на 3,1 °C);

- в среднем за год повышением температуры воздуха на 1,3 °C по сценарию B1 с максимальным повышением температуры в зимние и весенние месяцы (на 2,6 °C);

- в среднем за год увеличением осадков на 3,1 % по сценарию A1B с более значительным, чем в бассейне р. Западной Двины, уменьшением количества осадков в летние месяцы (на 10 %) и увеличением количества осадков в другие месяцы;

- в среднем за год увеличением осадков на 1,1 % по сценарию B1 с более значительным, чем в бассейне р. Западной Двины, уменьшением количества осадков в летние месяцы (на 14 %) и увеличением количества осадков в другие месяцы.

Для бассейнов рек Припяти более подробный прогноз климата с учетом региональной его изменчивости, выявленной по метеорологическим станциям за период с 1961 по 2015 год, разработан с использованием наиболее неблагоприятных (консервативных) сценариев наибольшего повышения температуры и снижения осадков, а также с учетом линейной интерполяции.

С учетом использования наиболее консервативных сценариев изменения климата повышение температуры в бассейнах рек Припяти в среднем за год может составить до 1,9 °С при максимальном повышении зимой на 2,3 °С, летом – на 1,9 °С, весной и осенью – примерно на 1,7 °С. При этом годовое количество осадков изменится незначительно (суммарно за год уменьшится на 2 %) с увеличением их зимой (в среднем на 7 %), максимальным уменьшением летом (в среднем на 10 %), в меньшей степени уменьшением весной (на 4 %) и незначительным уменьшением осенью (в среднем на 1,6 %). Результаты определения сценариев изменения климата для бассейнов рек Белорусского Полесья с использованием региональной модели CCLM представлены на рисунках 2.14, 2.15 [30].

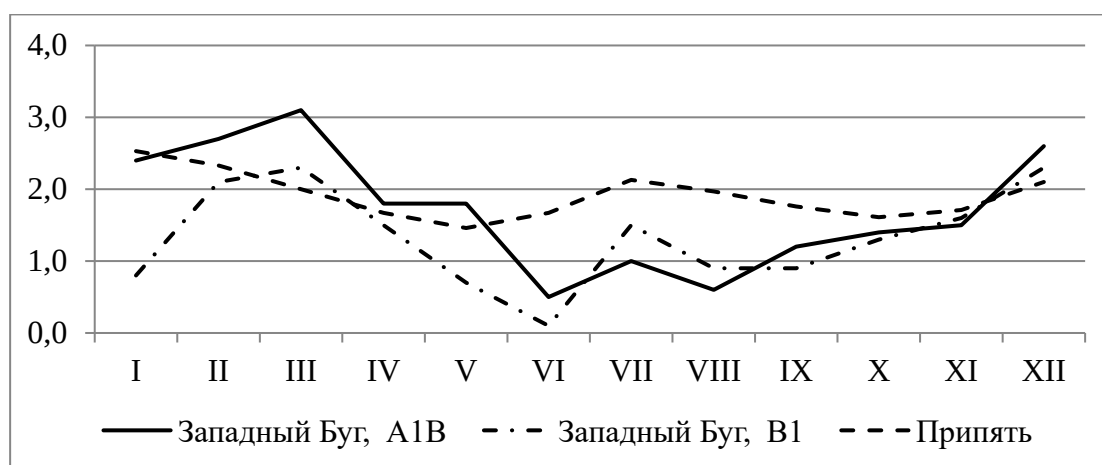


Рисунок 2.14 – Прогноз изменения среднемесячной температуры воздуха (°C) для рек Белорусского Полесья до 2035 г. (средняя величина за период 2021–2050 гг.)

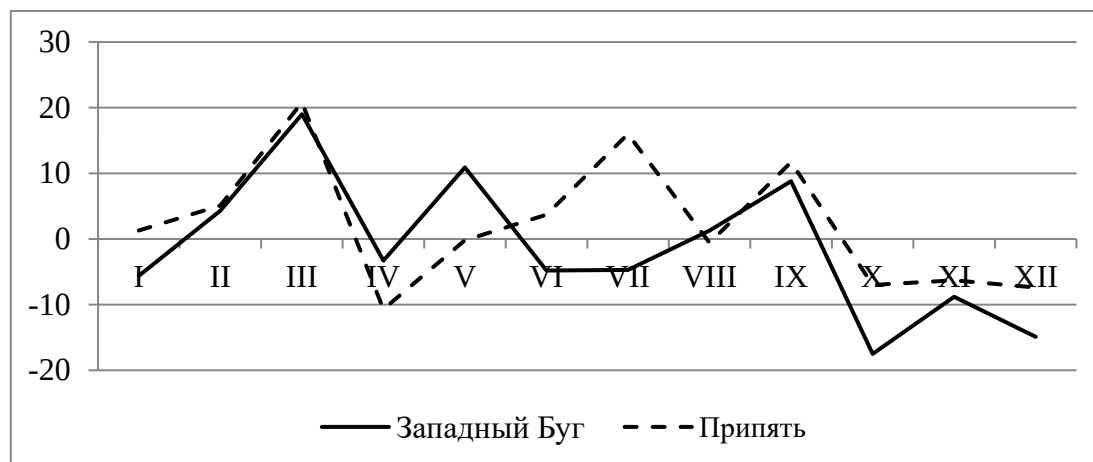


Рисунок 2.15 – Прогноз изменения месячного количества осадков (%) для Белорусского Полесья до 2035 г. (средняя величина за период 2021–2050 гг.)

Глава 3. ВОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Общая характеристика речной сети

Речная сеть Полесья с многочисленными притоками и густой сетью мелиоративных каналов и канав, небольшими озерами в поймах рек относится к черноморскому и балтийскому бассейнам. Реки принадлежат к равнинному типу с преобладанием элементов снегового питания. Характерной чертой территории Полесья является довольно высокая заболоченность водосборов – до 38 %. Наибольшее распространение получили низинные болота, в бассейне Припяти они составляют 90 % площади всех болот. Крупномасштабные мелиорации середины прошлого века и современные климатические изменения внесли дисбаланс в естественное развитие природных процессов региона, что коснулось и водных ресурсов, а их комплексное и рациональное использование невозможно без прогнозных количественных оценок.

Припять, главная река Полесья, является средней по европейским масштабам рекой черноморского бассейна. Длина р. Припять – 761 км, площадь водосбора – 173,7 тыс. км². Среднегодовой расход р. Припять в устье составляет 450 м³/с. Общее направление течения реки широтное с запада на восток, что не характерно для рек Восточной Европы. Русло в истоке канализированное, на остальном протяжении извилистое, слабо меандрирующее, разветвленное, изобилует заливами и примыкающими староречьями. Большинство притоков полностью или частично канализированы. Наиболее крупными притоками Припяти являются реки Ясельда, Лань, Случь, Птичь, Пина, Бобрик, Цна, Иппа, Стоход, Горынь, Ствига, Уборть.

Трансграничная река Западный Буг является правым притоком р. Висла и принадлежит бассейну Балтийского моря. Длина реки – 831 км при площади водосбора 73,5 тыс. км². Среднегодовой расход р. Западный Буг составляет 127 м³/с при выходе из Беларуси, а в устье – 332 м³/с. Основные притоки – реки Копаявка, Мухавец, Лесная, Пульва. Правые притоки р. Западный Буг в результате широкомасштабных мелиораций практически все стали канализированными. Река Мухавец преобразована в один из участков Днепровско-Бугского канала. Режим рек бассейна Западного Буга обладает особенностями, обусловленными главным образом неустойчивыми погодными условиями зимы и весны, благодаря чему на реках в одни годы формируется режим половодья, в другие – типично паводочный [32].

Ценнейшим компонентом поймы Припяти являются старичные озера, играющие большую роль в формировании стока, в процессах накопления веществ и самоочищения вод. В долине Припяти насчитывается более 1100 озер, которые являются местами произрастания водной и прибрежной растительности, ареалами обитания водной и околотоводной фауны, в том числе местами кормления птиц.

Кроме естественных озер, на территории Белорусского Полесья создано 363 пруда и 66 водохранилищ общей площадью водного зеркала в бассейне р. Припять 224,5 км² и р. Западный Буг 41,1 км² при общем объеме 650,7 и 66,4 млн м³ соответственно.

3.1. Ресурсы поверхностных вод

3.1.1. Годовой сток

В последние годы водные ресурсы Белорусского Полесья были подвержены трансформации в силу воздействия на сток естественных и антропогенных факторов. Уточненные поверхностные водные ресурсы Белорусского Полесья за период с 1956 по 2020 год и данные о трансформации стока на исследуемом 65-летнем интервале по отношению к периоду инструментальных наблюдений до 1996 г. по бассейнам основных рек и административным областям приведены в таблицах 3.1 и 3.2 соответственно.

Таблица 3.1 – Естественные ресурсы речных вод Белорусского Полесья по бассейнам основных рек в 1956–2020 гг. (числитель) и изменение стока по отношению к периоду до 1996 г. (знаменатель)

Речной бассейн	Речной сток, км ³ /год									
	местный					общий				
	Обеспеченность, %					Обеспеченность, %				
	5	25	50	75	95	5	25	50	75	95
Зап. Буг	2,8/-0,2	1,6/-0,2	1,3/-0,1	0,9/-0,2	0,7/-0,1	2,8/-0,2	1,6/-0,2	1,3/-0,1	0,9/-0,2	0,7/-0,1
Припять	11,2/1,3	7,6/1,1	6,6/1,0	5,0/0,6	3,5/0,4	23,9/1,7	16,8/1,5	14,4/1,4	11,0/0,9	8,3/1,3

Таблица 3.2 – Естественные ресурсы речных вод Белорусского Полесья по административным областям в 1956–2020 гг. (числитель) и изменение стока по отношению к периоду до 1996 г. (знаменатель)

Административная область	Речной сток, км ³ /год				
	Обеспеченность, %				
	5	25	50	75	95
Брестская	7,5/0,3	4,8/0,2	4,2/0,2	3,3/0,1	2,4/0,0
Гомельская	9,3/0,4	6,6/0,3	5,9/0,3	4,9/0,3	3,7/0,2

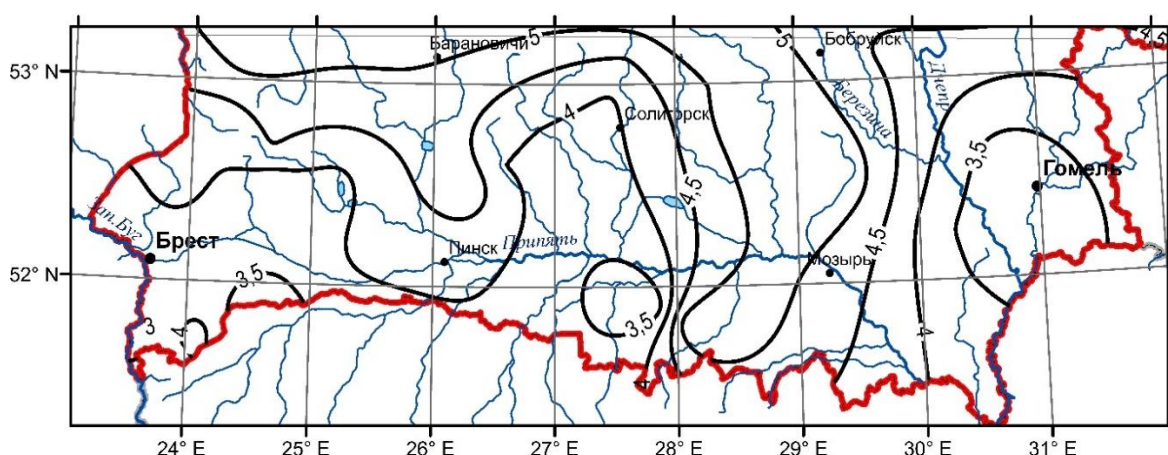
Суммарные поверхностные ресурсы Белорусского Полесья практически не изменились. В то же время произошло перераспределение естественных водных ресурсов по бассейнам основных рек. Наряду с увеличением стока Припяти отмечено уменьшение поверхностных вод остальных речных систем за последние годы. Отмечен рост ресурсов поверхностных вод Брестской и Гомельской областей.

В таблице 3.3 приведены естественные водные ресурсы Белорусского Полесья с учетом асинхронности стока рек. Величина асинхронности зависит от совпадения либо несовпадения фаз водности на реках. Это определяется генетическими особенностями формирования осадков, выпадающих на водосбор при прохождении циклов из различных зон зарождения и их водности. В связи с этим даже для относительно небольших территорий сток рек Полесья имеет разное генетическое происхождение, что и определяет асинхронность. При этом сток в целом по Белорусскому Полесью отличается от суммы по бассейнам основных рек по причине более существенного влияния эффекта асинхронности стока на всей территории страны, чем в отдельных регионах. Для бассейнов основных рек прослеживается достаточно тесная связь коэффициентов асинхронности от обеспеченности. С увеличением или уменьшением водности года эффект асинхронности увеличивается.

Таблица 3.3 – Естественные водные ресурсы Белорусского Полесья с учетом асинхронности

Речной бассейн	Речной сток, км ³ /год							
	местный				общий			
	Обеспеченность, %				Обеспеченность, %			
	5	25	75	95	5	25	75	95
Западный Буг	2,7	1,6	0,9	0,8	2,7	1,6	0,9	0,8
Припять	10,5	7,4	5,2	3,8	22,5	16,5	11,4	9,0

С целью уточнения водных ресурсов Белорусского Полесья построена карта среднегодового модуля стока рек, представленная на рисунке 3.1. В распределении годового стока рек в Белорусском Полесье наблюдается общее зональное понижение его в направлении с севера на юг и юго-запад, что увязывается с распределением годовых осадков и запасов воды в снежном покрове. Годовой ход уровней характеризуется сравнительно невысоким и распластанным весенним половодьем, низкой летней меженью, нарушаемой почти ежегодно дождевыми паводками, и более повышенной осенней и зимней меженью за счет дождей и оттепелей, следствием которых являются зимние паводки, в отдельные годы превышающие весеннее половодье.



бассейна Припяти. Для Западного Буга имеет место как уменьшение, так и увеличение значений изолиний модуля среднегодового стока.

Построенная уточненная карта модуля стока рек Белорусского Полесья может быть использована при определении характеристик стока в случае отсутствия данных наблюдений. Изменения объемов стока рек и гидрологического режима в современных условиях вызваны усилением интенсивности общей циркуляции атмосферы.

В изучении временных колебаний водного режима рек наиболее полную информацию можно получить при анализе длительных временных рядов гидрологических характеристик, которые формируются с больших площадей бассейнов. Для этих целей использован временной ряд среднегодовых расходов воды р. Припять в створе г. Мозыря. Длина исследуемого временного ряда составляет 144 года (с 1877 по 2020 год). Пропущенные значения стока за 1877–1881 гг. и 1941–1943 гг. рассчитаны с помощью компьютерного программного комплекса «Гидролог-2» [31, 45] с привлечением реки-аналога р. Неман – г. Гродно, по которому ранее восстановлены отсутствующие данные по стоку с использованием реки-аналога р. Неман – г. Смалининкай [86]. Одной из задач исследования являлась оценка стационарности временных рядов годового стока рек с различной степенью антропогенной нагрузки.

На рисунке 3.2 представлен многолетний ход среднегодовых расходов воды р. Припять в створе г. Мозыря. На графике прослеживается некоторая цикличность колебаний: в период с 1877 по 1890 год наблюдается незначительный спад водности, который сменяется увеличением водности до 1913 г., далее с середины 50-х годов прошлого столетия наблюдается увеличение водности вплоть до 90-х годов прошлого столетия и сменяется спад. В 1970 и 1998 гг. наблюдались максимальные среднегодовые расходы воды за весь период наблюдений 708 и 725 м³/с соответственно. Минимальный среднегодовой расход воды наблюдался в 1954 г. и составил 142 м³/с. Надо отметить увеличение размаха колебаний начиная с середины 50-х годов прошлого столетия.

В таблице 3.4 представлены выборочные оценки основных статистических параметров рассматриваемых временных рядов годового стока р. Припять в створе г. Мозыря и р. Мухавец в створе г. Бреста.

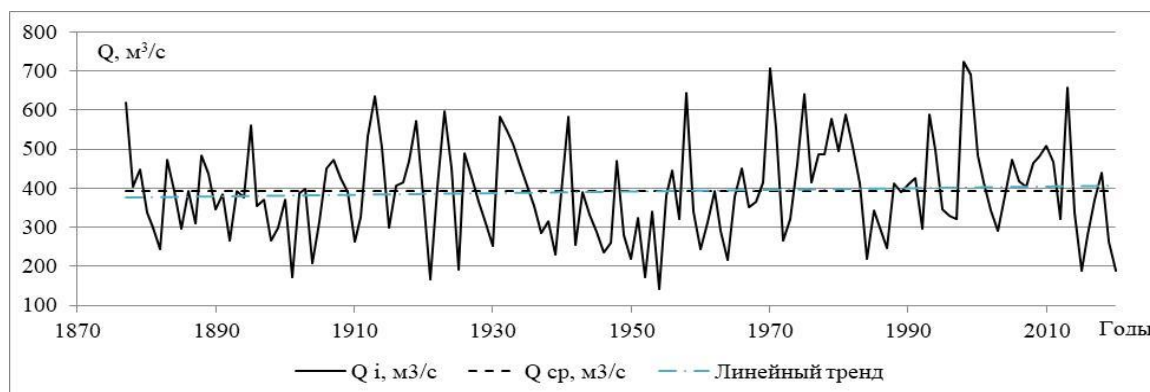


Рисунок 3.2 – Многолетний ход среднегодовых расходов воды р. Припять в створе г. Мозыря

Таблица 3.4 – Основные статистические характеристики рядов годового стока

Река – створ	Период наблюдений, годы	Количество лет наблюдений	Площадь водосбора, А, км ²	Норма стока, $\bar{Q}$, м ³ /с	Коэффициенты	
					вариации, C_v	асимметрии, C_s
Мухавец – г. Брест	1967–2020	82	6590	24,6	0,54	3,00
Припять – г. Мозырь	1877–2020	144	101000	394	0,31	0,43

Пространственная структура колебаний стока рек Белорусского Полесья представлена на рисунке 3.3, а на рисунке 3.4 приведена карта среднего годового стока рек исследуемой территории.

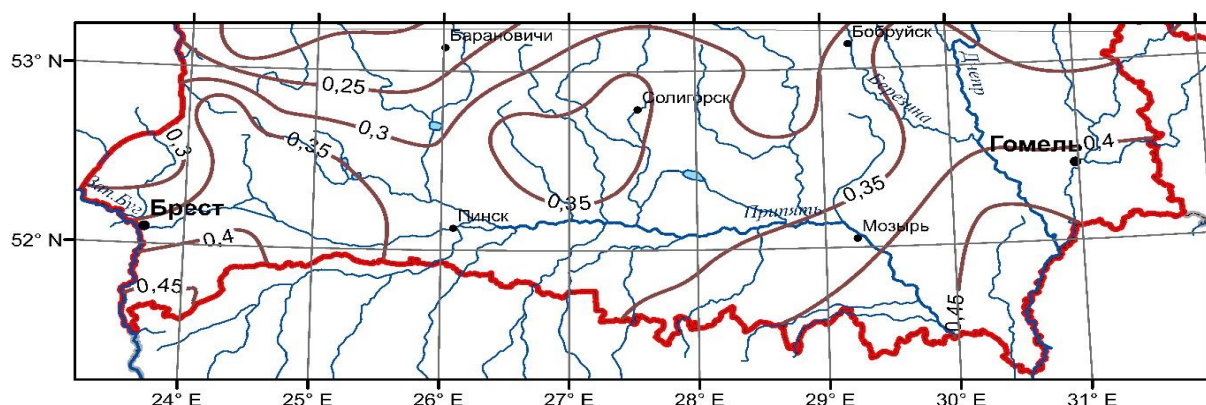


Рисунок 3.3 – Карта коэффициентов вариации среднего годового стока рек Полесья за период 1969–2020 гг.

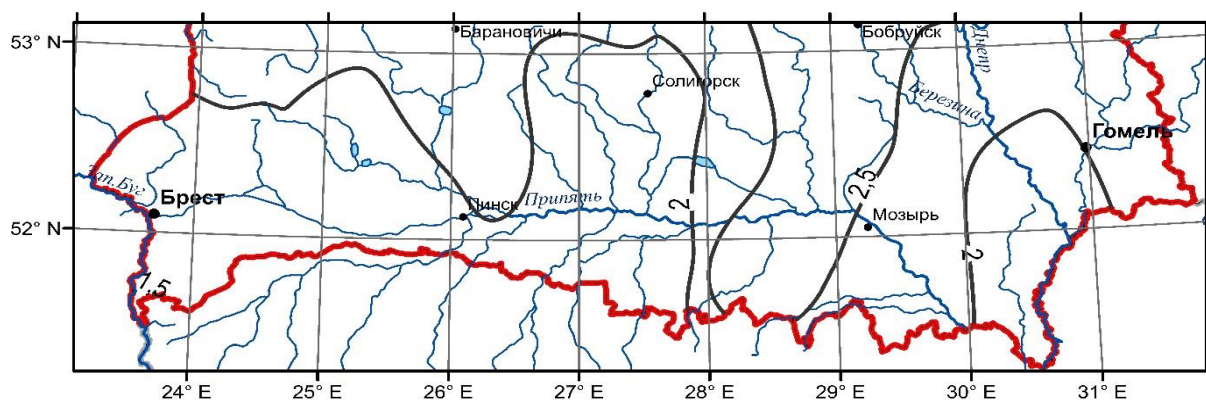


Рисунок 3.4 – Карта среднего годового поверхностного стока рек Полесья за период 1969–2020 гг., л/(с·км²)

Анализ однородности рядов стока

Рассмотрим устойчивость выборочных статистик (средних, коэффициентов вариации) при изменении периодов осреднения применительно к годовым расходам воды р. Припять у г. Мозыря за 1877–2020 гг. ($n=144$ года). Проверка

на однородность среднегодового стока воды р. Припять в створе г. Мозыря по параметрическим критериям при уровне значимости $2\alpha=5\%$ дала следующие результаты: $t=0,64 < t_{кр}=1,98$ (гипотеза по значимости норм не опровергается) и $F=1,41 < F_{кр}=1,48$ (гипотеза по отношению дисперсий не опровергается), что свидетельствует об однородности временного ряда.

Для подтверждения гипотез однородности построена суммарная интегральная кривая среднегодовых расходов воды р. Припять – г. Мозырь. Как видно на рисунке 3.5, резких переломных точек нет, что свидетельствует об отсутствии кардинальных изменений в исследуемой характеристике водного режима [34].

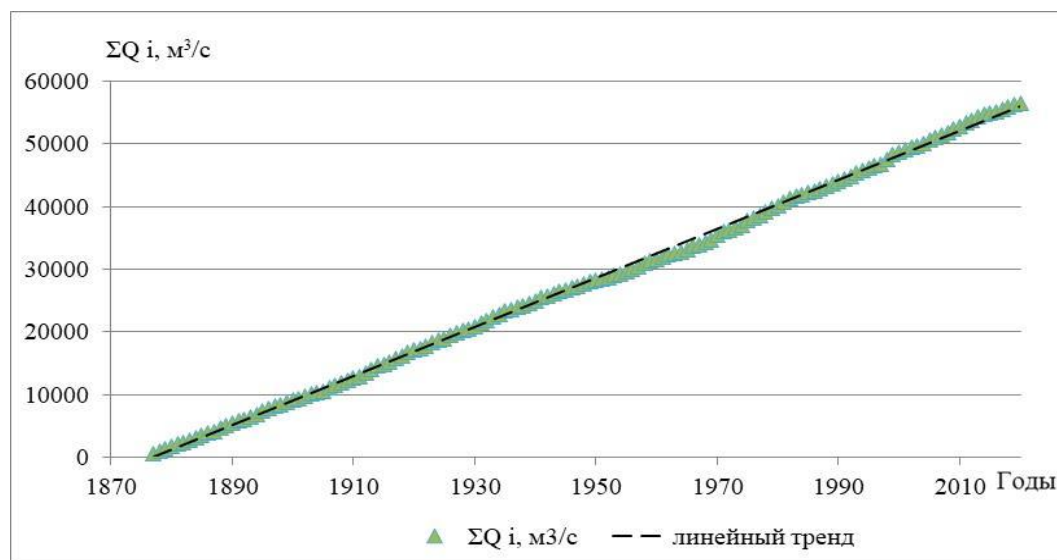


Рисунок 3.5 – Суммарная интегральная кривая среднегодовых расходов воды р. Припять в створе г. Мозыря

Для исследования влияния крупномасштабных мелиораций и современного потепления климата выполнен сравнительный анализ трех интервалов: 1877–1964 гг. – период минимальных антропогенных воздействий; 1965–1986 гг. – период активных мелиоративных воздействий; 1987–2020 гг. – период современного потепления. В таблице 3.5 приведены основные статистические параметры этих интервалов исследуемого временного ряда, а в таблице 3.6 – матрица статистических критериев Стьюдента и Фишера и их критические значения.

Таблица 3.5 – Основные статистические параметры среднегодовых расходов воды временного ряда р. Припять в створе г. Мозыря для различных интервалов

Период	Статистические параметры				
	N, лет	$Q_{ср}$, м³/с	C_v	C_s	$r(1)$
1877–1964	88	373	0,31	0,33	0,17
1965–1987	23	443	0,28	0,27	0,33
1988–2020	32	412	0,31	0,67	0,29

Таблица 3.6 – Статистические критерии (числитель) для различных интервалов временного ряда годовых расходов воды р. Припять в створе г. Мозыря и их критические значения (знаменатель)

Период	1965–1987		1988–2020	
	<i>t</i> -критерий для средних	<i>F</i> - критерий для дисперсий	<i>t</i> -критерий для средних	<i>F</i> - критерий для дисперсий
1877–1964	2,11/1,69	1,23/1,67	1,58/1,68	1,22/1,59
1965–1987	–	–	0,63/1,68	1,01/1,88

Примечание. Выделенные значения статистически значимы.

Анализ средних значений среднегодовых расходов воды для трех рассматриваемых периодов показывает, что нулевая гипотеза может быть принята между периодами 1877–1964 гг. и 1988–2020 гг., а также между 1965–1987 гг. и 1988–2020 гг. Для периодов 1877–1964 гг. и 1965–1987 гг. нулевая гипотеза о равенстве средних должна быть отвергнута. Это вызвано массовыми мелиорациями Полесья, когда были сброшены вековые запасы грунтовых вод, о чем и свидетельствуют наибольшие расходы воды рек (табл. 3.5). В то же время нет оснований отвергать нулевую гипотезу для дисперсий. Таким образом, характер колебаний среднегодовых расходов воды р. Припять в створе г. Мозыря является устойчивым. Различия в коэффициентах автокорреляции с использованием критериальной статистики на 5 %-ном уровне значимости не установлено [108].

Расхождение параметров рассматриваемых периодов не позволяет считать их выборками из одной генеральной совокупности. Этот же вывод основан на сравнении оценок выборочных средних отрезков этих рядов с использованием критериев Стьюдента, который показал, что различия оценок этого параметра статистически значимы. Коэффициенты автокорреляции свидетельствуют о статистически достоверной корреляции между стоком смежных лет ($r(1)=0,19$). Таким образом, при оценке нормы среднегодовых расходов воды р. Припять в створе г. Мозыря необходимо использовать методы для разнородных выборок, приведенные в опубликованных работах [34, 121].

Проверка гипотезы о независимости годового стока с помощью критерия Стьюдента показала, что она должна быть отвергнута для исходного временного ряда 1877–2020 гг. Таким образом, использование временного ряда среднегодовых расходов воды р. Припять в створе г. Мозыря за период с 1877 по 2020 год в ряде случаев требует специальных методов [34, 121].

При этом можно полагать, что для отдельных временных периодов с преобладанием того или иного типа атмосферной циркуляции выполняются условия стационарности. Переход же от одного состояния к другому происходит в естественных условиях под воздействием внешних климатических факторов, существенно изменяющих соотношение между осадками и испарением в пределах территории бассейна Припяти. В итоге можно сделать вывод: многолетние колебания стока р. Припять вызваны климатическими факторами, причина которых кроется в процессах крупномасштабного влагообмена в системе «океан – атмосфера – суша» [68].

Параллельно с концепцией случайности многолетних колебаний годового стока используется концепция цикличности. Под циклическими колебаниями (циклическостью) понимается изменчивость величин временных рядов, которая имеет различную степень регулярности, при условии существования математических ожиданий параметров этих колебаний. При анализе рядов наблюдений выявление цикличности многолетних колебаний сводится к определению групп лет с повышенными и пониженными стоковыми значениями. Наиболее распространенный способ для выявления тенденций к группированию лет с относительно большими и малыми значениями стока, которые обусловлены корреляциями внутри ряда или наличием циклического тренда, заключается в графическом анализе разностной интегральной кривой (рис. 3.6).

При проведении статистического анализа многолетних колебаний стока рек Белорусского Полесья были получены оценки квазипериодичности, автокорреляции, тренда и статистической однородности рядов. Для исследования использованы различные параметрические и непараметрические критерии.

Оценка трансформации временных рядов среднегодовых расходов воды оценивалась с помощью стандартных статистических параметров и линейных трендов как по всему исследуемому периоду, так и по выборкам, а именно: 1877–1986 гг. (110 лет) – период до современного потепления; 1987–2020 гг. (34 года) – период до современного потепления; 1971–2020 гг. (50 лет) – период, рекомендованный для расчетов основных гидрологических параметров (табл. 3.7). Линейные тренды характеризуются градиентом изменения (ΔQ), т. е. величиной, численно равной коэффициенту регрессии (a), умноженному на 10 лет ($\Delta Q = a \cdot 10$). Выборки формировались как участки исследуемых рядов, различающиеся начальной точкой отсчета и длиной. Оценка однородности выборочных статистических параметров осуществлялась с помощью тестовых критериев Стьюдента и Фишера [138, 88].

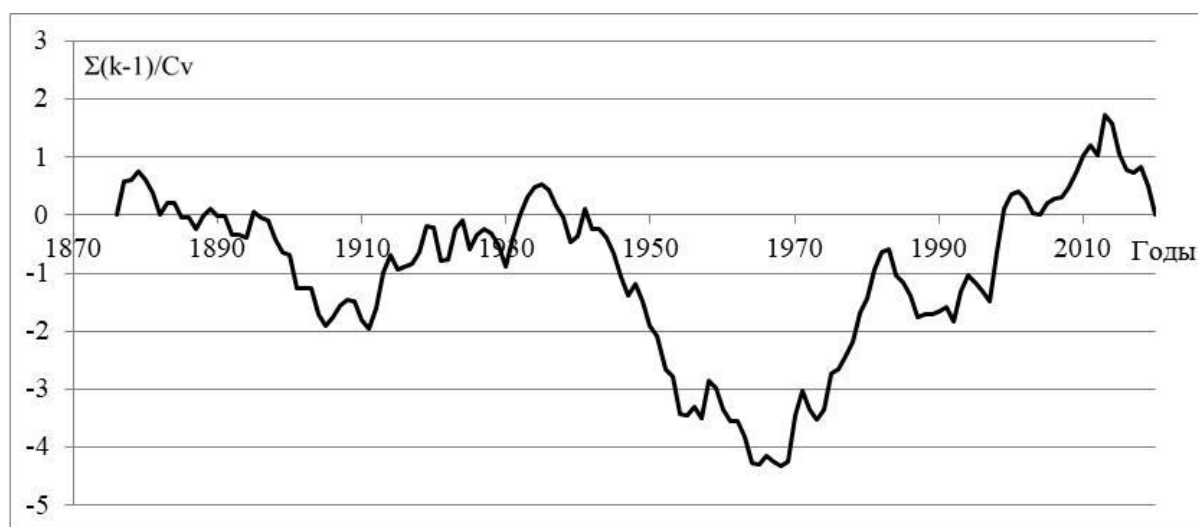


Рисунок 3.6 – Нормированная разностная интегральная кривая среднегодовых расходов воды р. Припять в створе г. Мозыря

Таблица 3.7 – Статистические характеристики среднего годового стока р. Припять – г. Мозырь

Периоды	Параметры				
	средняя величина ($Q_{\text{ср}}$, м ³ /с)	коэффициент вариации (C_v)	градиент изменения (ΔQ м ³ /с 10 лет)	коэффициент корреляции (r)	$\Delta Q/Q_{\text{ср}}$,%
1877–2020 гг. (144 года)	394	0,31	3,27	0,11	0,83
1877–1986 гг. (110 лет)	387	0,31	2,20	0,06	0,57
1987–2020 гг. (34 года)	418	0,29	–6,42	–0,05	–1,54
1971–2020 гг. (50 лет)	432	0,29	–15,75	–0,18	–3,65

Сложность в использовании циклов для прогноза стока заключается в их аперииодичности, так как фаза, амплитуда и длительность цикла меняются без видимых закономерностей. Кроме того, пока нет единого мнения о природе этих циклов: отсутствует объективная методика выделения и анализа циклов водности рек. Считается, что циклы обусловлены либо влиянием внешних (космофизических факторов), либо автоколебательными процессами в системе «атмосфера – гидросфера Земли», либо естественными свойствами любой случайной последовательности.

3.1.2. Внутригодовое распределение стока рек

Внутригодовое распределение стока рек (ВРС) является важной гидрологической и водохозяйственной характеристикой реки. Оно используется при проектировании водохозяйственных объектов, управлении работой водохранилищ, разработке схем комплексного использования водных ресурсов и т. д.

Внутригодовое распределение стока рек Белорусского Полесья характеризуется неравномерностью. Сток весеннего периода составляет в среднем около 61 %, летне-осеннего – 23 %, зимнего – 16 % годового стока. Для рек бассейна Западного Буга на период весеннего половодья приходится 30–35 %, летне-осенний – 40–50 % годового стока, а подъем воды в сравнении с меженным уровнем составляет 2–4,5 м.

Происходящие в последнее время колебания климата привели к изменению водных ресурсов и гидрологического режима рек. Кроме того, хозяйственная деятельность, осуществляемая как на водосборах, так и в руслах рек, также ведет к изменениям количественных и качественных характеристик речного стока.

Изменения речного стока влияют не только на функционирование водохозяйственных систем, от которых зависит надежное водообеспечение населения, промышленности, гидроэнергетики, сельского и рыбного хозяйства, но и на экологическую ситуацию водосбора реки.

Исследование ВРС рек Белорусского Полесья выполнены для пяти градаций водности: очень многоводной (обеспеченность 5 %), многоводной (25 %), средней (50 %), маловодной (75 %) и очень маловодной (95 %). Для каждой из градаций водности построены гидрографы речного стока: 1) до 1965 г. (период до массовых мелиораций); 2) 1966–1987 гг. (период массовых мелиораций); 3) 1988–2020 гг. (период современного потепления). Для большего отображения

динамики изменения месячного стока воды, а также смещения пиков весеннего половодья гидрографы построены в относительных координатах.

В качестве примера приведем детальный анализ гидрографов стока воды р. Припять – г. Мозырь (рис. 3.7). Распределение стока воды по сезонам в период наблюдений 1988–2020 гг. следующее: весна – 34,9 %; лето-осень – 40,3 %; зима – 24,8 %. Сопоставив данное распределение с периодом 1945–1987 гг., отметим, что для очень многоводного года доля весеннего стока уменьшилась на 7,2 %, для летне-осеннего и зимнего стока воды имеет место увеличение на 3,3 и 3,9 % соответственно. Для среднего по водности года – -5,3, 1,5 и 3,8 % и для очень маловодного года – -4,4, 4,3 и 0,1 % соответственно.

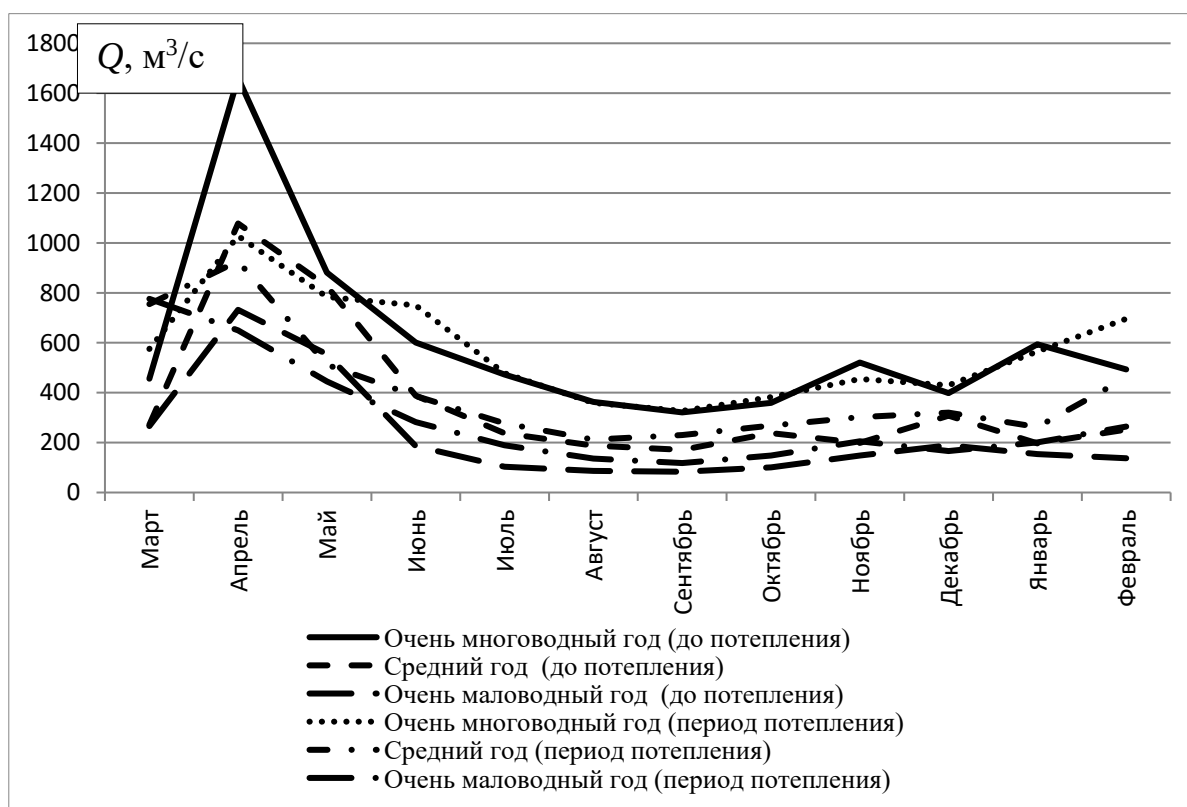


Рисунок 3.7 – Гидрографы стока воды р. Припять – г. Мозырь

Сезонное распределение стока воды рек Белорусского Полесья:

– р. Уборть – г. Краснобережье. Для данного речного створа сопоставлены распределения сезонного стока воды только двух периодов наблюдений (1966–1987 гг., 1988–2018 гг.) ввиду недостаточной продолжительности третьего (1963–1965 гг.). Современный этап охарактеризован уменьшением доли весеннего стока воды на 10,6 % и увеличением долей летне-осеннего и зимнего на 2,4 и 8,2 % соответственно. В целом, сезонное распределение в 1988–2014 гг. следующее: весна – 47,3 %; лето-осень – 28,0 %; зима – 24,7 %;

– р. Оресса – с. Андреевка. Период наблюдений 1988–2018 гг. характеризуется уменьшением весеннего и увеличением зимнего стока воды. Процент изменения доли весеннего стока воды составляет 4,0 % по отношению к 1966–1987 гг. и 16,0 % – 1926–1965 гг. Процент изменения зимнего стока воды – 6,6 и 7,3 %

соответственно. Что касается летне-осеннего стока воды, то отмечено уменьшение его доли по отношению к 1966–1987 гг. Изменение составляет 2,6 %. По отношению к 1926–1965 гг. его доля увеличилась на 8,7 %. В целом, распределение долей сезонного стока воды для периода наблюдений 1987–2014 гг. следующее: весна – 36,2 %; лето-осень – 37,5 %; зима – 26,3 %;

– р. Копаявка – с. Черск. Распределение долей сезонного стока воды для периода наблюдений 1966–1987 гг. следующее: весна – 49,9 %; лето-осень – 31,9 %; зима – 18,2 %. Сопоставив данное распределение с соответствующим для периода наблюдений 1949–1965 гг., можно отметить незначительное увеличение зимней доли (приблизительно на 1 %) и существенные изменения весенней (уменьшение на 15,1 %) и летне-осенней (увеличение на 14,1 %). На современном этапе по отношению к представленному выше распределению зафиксировано уменьшение доли весеннего и летне-осеннего стока воды на 7,1 и 3,1 % соответственно, а также увеличение зимнего стока на 10,2 %;

– р. Уза – с. Прибор. Процент изменения долей сезонного стока воды по отношению к периоду наблюдений 1932–1965 гг. существенный. Так, отмечено уменьшение весеннего стока воды на 22,3 %, увеличение летне-осеннего и зимнего на 11,6 и 10,7 % соответственно. По отношению к периоду наблюдений 1966–1987 гг. проценты изменений ниже, однако их значения существенны для долей весеннего и зимнего стока воды и составляют 11,9 и 9,5 % соответственно. Процент изменения летне-осеннего стока воды – 2,4 %. Тенденция изменений долей речного стока воды та же. В целом, сезонное распределение на современном этапе следующее: весна – 48,9 %; лето-осень – 26,0 %; зима – 25,1 %.

Важным моментом в исследовании ВРС на современном этапе стало распределение стока по месяцам внутри сезонов. Поэтому в каждом сезоне выделены месяцы с наибольшим и наименьшим стоком.

Исследование выполнено для указанных выше градаций лет по водности.

Очень многоводные годы: 1) весна: наибольшая доля стока зафиксирована в марте (в 50 % случаев), 33 % – в апреле, наименьшая – как в марте, так и в апреле, процентное соотношение идентично; 2) лето-осень: данный сезон характеризуется наибольшей долей стока, а меньшей – в августе; 3) зима: наибольшая доля стока приходится на февраль – 50 %, чуть меньше (33 %) – на январь, наименьшая – на декабрь (50 %).

Многоводные годы: 1) весна: на 3 речных створах наибольшая доля стока зафиксирована в апреле. Наименьшая доля стока отмечена в большинстве случаев в марте; 2) лето-осень: сезон характеризуется увеличением стока в июне (67 %) и уменьшением его в августе (84 %); 3) зимой наибольшая доля стока приходится как на декабрь, так и на январь и февраль в равном процентном отношении, наименьшая – в декабре.

Средние годы: 1) весна: наибольшая доля весеннего стока приходится на апрель (50 %), наименьшая – на март (67 %); 2) лето-осень: характерно увеличение доли стока в ноябре, а уменьшение – в августе; 3) зима: наибольшая доля стока приходится на февраль (84 %), наименьшая – на декабрь (67 %).

Средние годы: 1) весна: наибольшая доля весеннего стока приходится на апрель (92 %), два других месяца составляют оставшиеся 8 %, наименьшая доля стока приходится на март и май, 45 и 55 % соответственно; 2) лето-осень: характерно увеличение доли стока в июне и ноябре, а уменьшение – в августе и сентябре; 3) зима: распределение стока зимой следующее – увеличение примерно в равных долях в январе (феврале) и уменьшение – в декабре.

Маловодные годы: 1) весна: увеличение стока в весенний период наблюдается в апреле (50 %), а уменьшение установлено в марте (50 %); 2) в лето-осень: отмечено увеличение стока в июне (84 %), а уменьшение в августе (процент тот же); 3) зима: в маловодные годы наибольшая доля стока относится к февралю, а наименьшая – к декабрю (67 %).

Очень маловодные годы: 1) весна – увеличение в марте (67 %); 2) лето-осень: наибольшая доля стока летне-осеннего сезона приходится на ноябрь (84 % случаев), наименьшая доля стока – на август; 3) зима: наибольший сток в данный сезон зафиксирован в декабре (феврале), а наименьший – в январе (67 %).

Произошедшая трансформация в ВРС обусловлена изменениями климатических характеристик (температура воздуха, атмосферные осадки), а также другими факторами (почвенно-геологические и геоморфологические условия, площадь водосбора, заболоченность, озерность, залесенность).

3.1.3. Половодья на реках

Половодье ежегодно формируется весной в результате снеготаяния и выпадения дождей при снеготаянии. На р. Припяти обычно оно начинается в первой половине марта, но в отдельные годы может смещаться на февраль или апрель, при этом почти ежегодно затопливается пойма. Среднемноголетняя продолжительность затопления поймы составляет 80–110 дней, а в отдельные годы – до 150–180 дней. Ширина весеннего разлива на Припяти изменяется от 5 до 15 км, на отдельных участках составляя 1–2 км, наибольшая же – в районе г. Пинска достигает 30 км. Зависимость площадей затоплений в пойме Припяти от половодий различной обеспеченности уровня показана в таблице 3.8 [27]. Продолжительность половодья на малых реках колеблется в пределах от 40 до 45 дней. Глубина затопления преимущественно 0,3–0,8 м, местами до 2–2,5 м.

Таблица 3.8 – Площадь затопления поймы р. Припяти

Обеспеченность уровня, %	1	5	10	25	50
Площадь затопления, тыс. га	579	550	487	404	197

Доля весеннего стока от годового для рек Полесья колеблется в пределах 40–60 %. Большое влияние на величину весеннего половодья оказывают климатические факторы, формирующие его дружность. Так, 1951 г. характеризовался дружным развитием весенних процессов, обусловивших формирование высокого половодья. В 1952 г., наоборот, развитие весенних процессов происходило очень вяло, недружно. Несмотря на то, что запас воды в снеге был того же порядка, что в 1951 г., половодье сформировалось крайне низкое из-за больших

потерь талых вод на инфильтрацию. Этому способствовала не только слабая интенсивность снеготаяния, но и создавшиеся благоприятные условия для просачивания талых вод, так как промерзание почвы происходило при весьма незначительной ее увлажненности.

Дружность весеннего половодья рек бассейна Припяти оценивалась с помощью пространственных корреляционных функций. Теснота связи расходов воды весеннего половодья оценивалась коэффициентами корреляции (R), которые зависят от расстояния между центрами тяжести водосборов (ρ) и изменяются по линейному закону $R=1-0,874 \cdot \rho$. Градиент поля расхода воды весеннего половодья рек бассейна Припяти $\alpha=0,874$ свидетельствует о достаточно высокой синхронности половодья [83].

Начало весеннего половодья в Полесье приходится в среднем на первую декаду марта, хотя ранние сроки наступления половодья отмечаются и в первой декаде февраля, а поздние – в первой декаде апреля. Пик половодья на преобладающем числе рек приходится на конец марта – начало апреля. На притоках по сравнению с Припятью несколько изменяются сроки начала половодья: на левобережных половодье наступает позже, на правобережных – раньше. Однако при затяжной весне возможно почти одновременное вскрытие рек в бассейне, и тогда на Припяти наблюдаются высокие половодья. Подъем уровня воды зависит в первую очередь от водности, а также от строения речной долины или ее отдельного участка. Так, в верховье Припяти в условиях широкой и заболоченной поймы в сочетании с небольшим нарастанием площади водосбора, как правило, отмечается образование распластанных, слабо выраженных половодий, высота которых над предподъемным уровнем составляет в среднем 0,5 м. Продолжительность половодья в среднем – 40–60 дней, на заболоченных водосборах (рр. Ясельда, Бобрик) – 70–80 дней, а на Припяти – более 100 дней. Заканчивается половодье в среднем в последней декаде апреля, а на заболоченных водосборах (рр. Ясельда, Бобрик, Цна) в конце мая. На малых реках стояние воды на пойме в среднем 25–30 дней, на средних и больших – около 1,5–2 месяцев. На Припяти половодье заканчивается в среднем в начале июля, хотя может затягиваться и до начала августа.

Наиболее паводкоопасным районом является территория бассейна в среднем и нижнем течении р. Припяти. Это обусловлено сужением поймы до 6–8 км в районе Турова и до 1,5–2 км в районе г. Мозыря, а также резким возрастанием боковой приточности. На этом участке в Припять впадают такие крупные притоки, как р. Горынь (с площадью водосбора 27 000 км²), р. Случь (5350 км²), р. Уборть (5820 км²), р. Птичь (9480 км²).

Максимальный измеренный расход весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь наблюдался в 1877 г. и составил 7500 м³/с, затем происходило уменьшение максимальных расходов (рис. 3.8). Строго говоря, наибольший расход весеннего половодья на Припяти наблюдался в 1845 г. и, по расчетам Г. И. Швеца, в створе г. Мозыря составил 11 000 м³/с [140]. В последние годы прошлого века максимальные расходы воды весеннего половодья были ниже среднего. Нами выполнен анализ на статистическую значимость средних величин максимального расхода за период

с 1877 по 1980 год ($\bar{Q} = 1800 \text{ м}^3/\text{с}$) и с 1981 по 2005 год ($\bar{Q} = 1030 \text{ м}^3/\text{с}$), который показал, что расхождения в этих параметрах могут быть признаны статистически достоверными на 5%-ном уровне значимости.

В таблице 3.9 приведены расходы воды 10 наиболее значительных половодий на Припяти.

Полная картина наводнений с их градацией представлена в таблице 3.10.

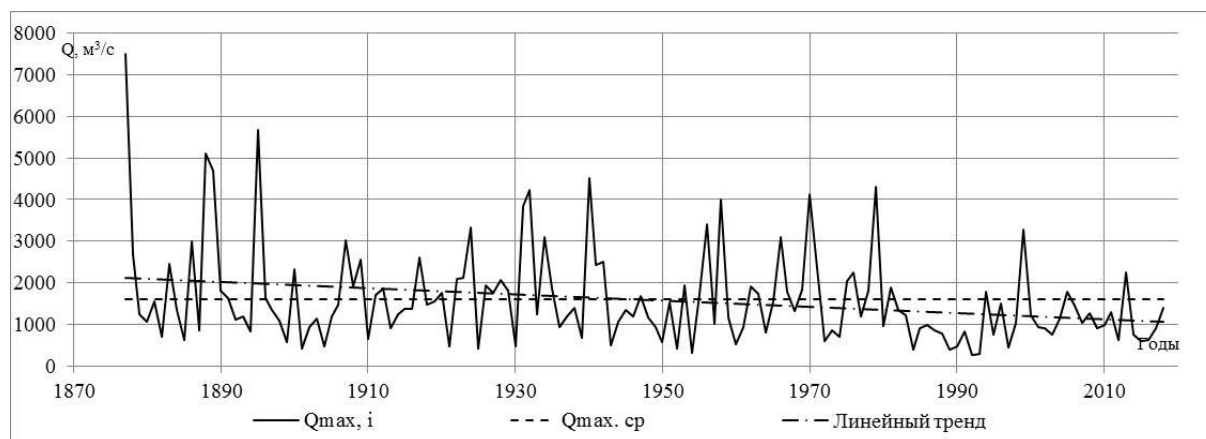


Рисунок 3.8 – Хронологический ход максимальных расходов воды весеннего половодья р. Припяти в створе г. Мозыря

Таблица 3.9 – Максимальные расходы воды весеннего половодья р. Припять – г. Мозырь и их обеспеченности

Годы	1845	1877	1895	1888	1889	1940	1979	1932	1970	1958
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	11000	7500	5670	5100	4700	4520	4310	4220	4140	4010
$P, \%$	0,81	1,6	2,4	3,2	4,0	4,8	5,7	6,5	7,3	8,1

Таблица 3.10 – Годы с наводнением различной градации в период весеннего половодья

Река-пост	Характеристика наводнения		
	катастрофическое $P < 1 \%$	выдающееся $P = 1-2 \%$	большое $P = 3-10 \%$
Припять – Пинск	-	1979	1999
Припять – Коробы	-	1958	1957, 1966, 1979
Припять – Туров	-	1979	1932, 1940, 1956, 1958, 1970
Припять – Черничи	-	1999	-
Припять – Петриков	-	1979	1931, 1932, 1940, 1956, 1958, 1966, 1970, 1999
Припять – Мозырь	1845	1888, 1895, 1979	1886, 1889, 1907, 1924, 1931, 1932, 1934, 1940, 1956, 1958, 1966, 1970, 1999
Пина – Пинск	-	1979	1928, 1932, 1940, 1958
Ясельда – Сенин	-	1999	1958, 1979, 1981
Горынь – Речица	-	1956	1966, 1979, 1996, 1999

В целом можно сказать, что все крупные реки Беларуси имеют тенденцию к снижению стока весеннего половодья, независимо от их географического положения на территории страны, что подтверждают уравнения линии тренда (табл. 3.11).

Пространственная структура среднего многолетнего стока воды весеннего половодья рек Белорусского Полесья и их временная изменчивость представлены на рисунках 3.9 и 3.10 соответственно.

Таблица 3.11 – Статистические параметры максимальных расходов воды весеннего половодья Припяти в створе г. Мозыря и градиенты линий трендов

Периоды	Параметры				
	средняя величина ($Q_{\text{ср}}$, м ³ /с)	коэффициент вариации (C_v)	градиент изменения (ΔQ м ³ /с 10 лет)	коэффициент корреляции (r)	$\Delta Q/Q_{\text{ср}}$, %
1877–2020 гг. (144 года)	1600	0,72	-75,2	-0,27	-4,7
1877–1986 гг. (110 лет)	1760	0,70	-51,9	-0,13	-2,9
1987–2020 гг. (34 года)	1050	0,58	106,2	0,20	10,1
1971–2020 гг. (50 лет)	1270	0,68	-169,7	-0,29	-13,4

Примечание: выделены статистически значимые величины.

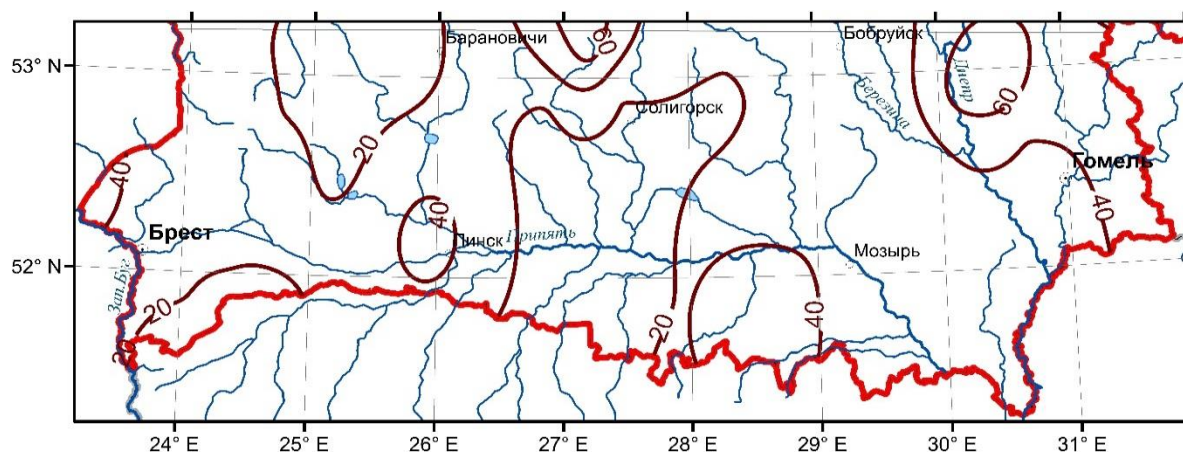


Рисунок 3.9 – Карта среднего максимального стока воды весеннего половодья рек Белорусского Полесья за период 1969–2020 гг., л/(с·км²)

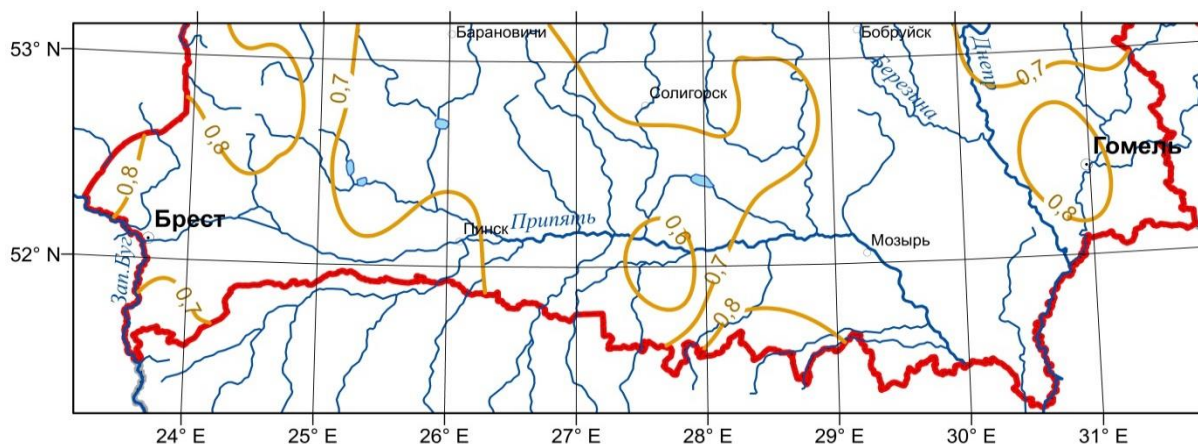


Рисунок 3.10 – Карта коэффициентов вариации максимального стока воды весеннего половодья рек Белорусского Полесья за период 1969–2020 гг.

3.1.4. Паводки на реках

Одной из фаз водного режима рек Белорусского Полесья являются паводки, которые, в отличие от весенних половодий, бывают по несколько раз в году и случаются часто неожиданно. В отдельные годы паводков может и не быть. Кроме того, паводки обычно более кратковременны и характеризуются меньшими объемами стока по сравнению с половодьем. На дождевые паводки приходится в среднем 15–20 % годового стока рек, в отдельные годы – до 40 % и более. Например, на р. Уборть – д. Краснобережье в 1988 г. объем дождевого паводка составил около 47 % от годового стока, в 1993 и 2007 гг. – около 38 %. Высота паводков в среднем и нижнем течении Припяти достигает 2–3,5 м относительно предподъемного уровня.

Небольшие высоты местности (100–130 м), близкое залегание грунтовых вод и, как следствие, наличие заболоченных пространств, перенасыщенных влагой, а также отсутствие оттока воды из бессточных углублений в связи с малыми уклонами территории создают на Полесье благоприятные условия для застоя воды, когда даже относительно небольшие дожди вызывают затопления в понижениях поймы.

Паводки относятся к числу одного из опасных гидрологических явлений, так как нередко приносят огромные бедствия в виде разрушения сооружений, затопления населенных пунктов, промышленных объектов и сельскохозяйственных угодий, приводят к человеческим жертвам. Однако по величине максимальных расходов и уровней воды они обычно ниже весенних половодий, хотя в отдельные годы превышают их. Размеры ущерба от паводков зависят от многих факторов: высоты и продолжительности стояния опасных уровней, площади затопления, быстроты подъема воды, своевременности принятия мер защиты, сезона года. Особенно опасны летне-осенние паводки, вызывающие затопление земель в период роста и уборки основных сельскохозяйственных культур, что наносит ущерб экономике страны, особенно сельскому хозяйству.

Средняя продолжительность подъема воды во время паводков в бассейне Припяти составляет 16 суток (на остальных реках Беларуси около 11 суток). Продолжительность спада обычно больше продолжительности подъема паводка. Нередко на спаде паводка выпадают осадки, тогда гидрографы их приобретают многовершинную форму.

Продолжительность дождевых паводков зависит от многих факторов (площади водосбора, типа дождя, зарегулированности озерами и болотами и др.). Средняя продолжительность паводков на малых и средних реках бассейна Припяти составляет около 39 суток. На больших реках продолжительность паводков гораздо больше – в среднем около 62 суток. Паводки с меньшей продолжительностью вызываются кратковременными дождями и ливнями, а с большей – обложными дождями. На зарегулированных озерами и болотами реках Полесья продолжительность летне-осенних паводков, которые могут сливаться вместе и образовывать несколько или одну большую волну, в отдельные годы достигает нескольких месяцев.

Формирование дождевых паводков на реках происходит под влиянием большого числа различных факторов, как природных, так и антропогенных. Все факторы паводочного стока действуют совместно, поэтому оценить вклад того или иного фактора достаточно сложно. Размеры паводков определяются в первую очередь метеорологическими факторами, главную роль среди которых играют стокообразующие осадки и предшествовавшие им метеорологические условия, сформировавшие влагозапасы бассейна, включая почвенную влажность, запасы подвешенных приповерхностных вод, задержание в депрессиях. Из метеорологических факторов основными являются атмосферные осадки, а именно их количество, интенсивность, продолжительность и распределение по площади водосбора. Так, ливни отличаются большой пестротой и локальностью распределения, охватывая одновременно, как правило, небольшие площади, поэтому они могут вызвать значительные паводки лишь на малых водосборах. Ливневые и обложные дожди обычно охватывают обширные пространства и могут вызывать паводки на средних и больших реках. При слабых, хотя и продолжительных дождях почва в состоянии поглощать всю воду и значительные паводки не образуются, поэтому паводки от обложных дождей значительно уступают паводкам от ливневых дождей, являющихся наиболее паводкоопасными. Если дожди следуют друг за другом в течение нескольких дней, например в случае прохождения серии циклонов, то каждый последующий дождь будет более эффективным с точки зрения формирования стока, так как насыщенность бассейна влагой постепенно повышается.

Среди природных факторов особую роль в формировании паводков играют также гидрографические (факторы подстилающей поверхности), среди которых можно выделить азональные (морфометрические): площадь водосбора, длина реки и др., и интразональные: лесистость, почвенный покров, озерность, заболоченность, густота речной сети и др. Если метеорологические факторы динамичны, то гидрографические являются относительно постоянными и служат основой для наложения метеорологических факторов. Влияние, например, площади водосбора и длины реки на величину максимальных расходов воды дождевых паводков обратное, т. е. с увеличением площади водосбора и длины реки уменьшается (редуцируется) как слой стока за паводок, так и, еще сильнее, максимальный модуль стока. Редукция слоя стока связана с убыванием среднего по площади количества осадков с ростом бассейна, а также с увеличением времени добегания и продолжительности паводка, т. е. с его распластыванием. На малых водосборах даже относительно кратковременные дожди вызывают подъем уровней. Вероятность полного охвата таких водосборов ливнями гораздо выше, чем больших. Время добегания воды до речного русла на них небольшое, паводки кратковременные, и редко один ливневый паводок накладывается на другой. В больших бассейнах происходит уменьшение объема паводочного стока в связи с пойменным задержанием и последующим испарением воды. Кроме того, рост уровня воды на большой реке напрямую зависит от подъема воды на притоках.

Велико влияние на величину паводочного стока уклона водосборов, проявляющееся в том, что с увеличением крутизны склонов возрастают скорости стекания воды, сокращается продолжительность добега и тем самым уменьшаются потери воды на испарение и инфильтрацию, что ведет к увеличению максимальных расходов воды дождевых паводков.

Преобладание супесчаных и песчаных почв в пределах Полесья определяет интенсивность инфильтрации воды в почву, поэтому гидрограф стока на полесских реках более сглажен и максимальный сток будет соответственно ниже, чем в бассейнах с глинистыми и суглинистыми почвами. Болота и озера аккумулируют значительную часть дождевых вод, тем самым снижают величину максимальных расходов воды паводков.

Среди антропогенных факторов, оказавших наибольшее влияние на паводочный сток рек Белорусского Полесья, в первую очередь следует отметить широкомасштабные осушительные мелиорации.

В зависимости от сезона года условия формирования дождевых паводков будут отличаться. Дождевые паводки в конце весны – начале лета формируются в условиях, когда сохраняется еще повышенная водность за счет весеннего половодья при насыщенных влагой почвогрунтах. В этом случае выпадение даже относительно небольшого количества осадков может вызвать большие паводки. Подъем воды при прохождении дождей на спаде половодья или сразу после его окончания начинается в первый же день выпадения осадков. Общее количество осадков, приводящее к формированию весенних паводков, как правило, невелико.

Формирование летних паводков происходит обычно в результате выпадения ливневых дождей при достаточно высокой температуре воздуха, когда сохраняется повышенное испарение; почва в состоянии поглотить значительное количество воды. Однако, несмотря на большие потери, летние паводки в Беларуси наблюдаются довольно часто, что связано с преобладанием летних осадков. Большие летние паводки на реках формируются в случае выпадения серии дождей или при продолжительном дождливом периоде.

Осенние паводки, в отличие от летних, характеризуются меньшей высотой, но большей продолжительностью. Они возникают из-за частых обложных дождей. Вследствие преобладания пасмурной погоды при снижении температуры воздуха испарение уменьшается. Количество осадков, необходимое для формирования паводка, не очень велико. Осадки продолжительные, но их интенсивность невелика. Осенние паводки уступают летним и весенним по величине максимального расхода (за исключением некоторых катастрофических паводков).

Важнейшей характеристикой паводочного стока является его максимальный расход воды. Различают наибольший средний суточный и наибольший мгновенный срочный расход воды. Поскольку величина максимальных расходов воды паводков зависит прежде всего от площади водосбора, то для анализа распределения величины паводочного стока по территории Полесья использовались модули максимальных расходов воды дождевых паводков 10%-ной обеспеченности, пространственная структура которых представлена на рисунке 3.11.

Средние значения модулей максимальных расходов воды дождевых паводков 10 %-ной обеспеченности на реках Белорусского Полесья находятся в пределах 15–20 л/(с·км²), причем они возрастают на правобережных притоках Припяти. В бассейне Западного Буга значения модулей стока паводков составляют 20–25 л/(с·км²).

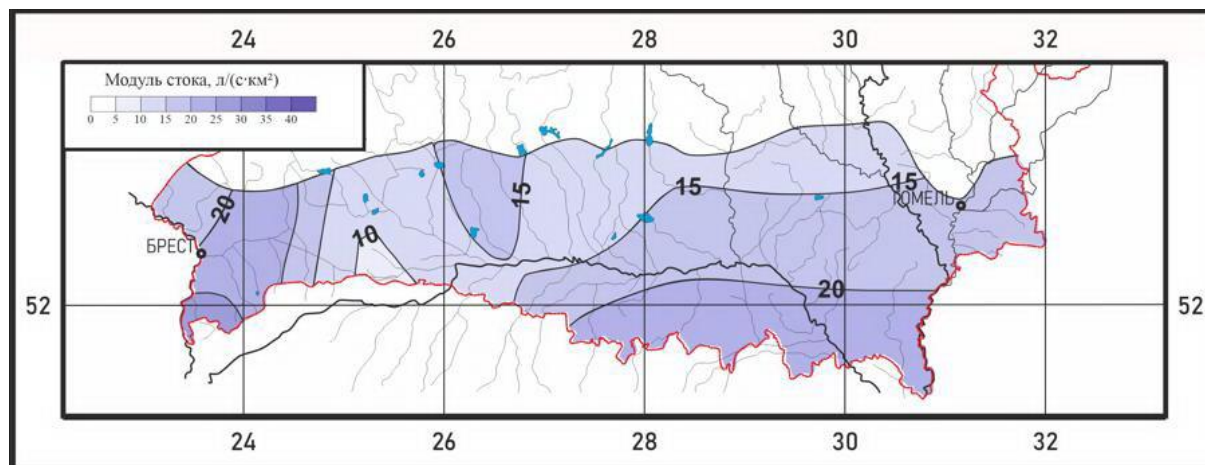
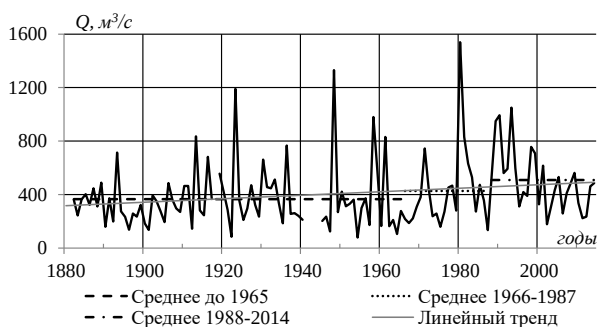


Рисунок 3.11 – Модули максимальных расходов воды дождевых паводков 10 %-ной обеспеченности

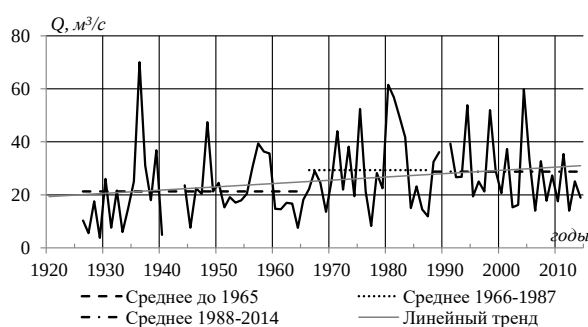
Величина максимальных модулей стока дождевых паводков изменяется вместе с изменением количества осадков, температуры, испарения, характера рельефа, водно-физических свойств почв и др. Она также зависит от площади водосбора: обычно чем больше площадь, тем максимальный модуль стока меньше. На малых водосборах максимальные модули стока паводков могут достигать значительных величин.

Зимние паводки

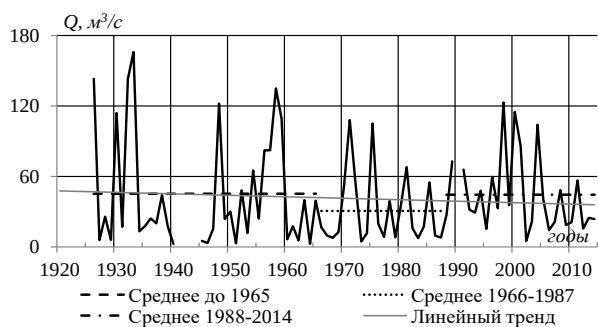
В зимний период сток на реках формируется главным образом за счет сработки запасов подземных вод, аккумулированных в пределах бассейна. Зимой нередко Полесья. Паводки, у которых начало наблюдалось в предыдущем году, а конец в последующем, относились к тому году, когда отмечался максимальный расход воды.



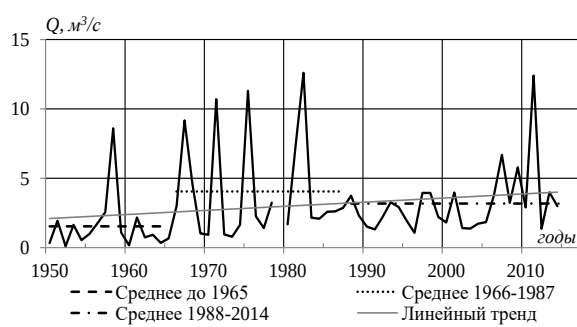
Припять – г. Мозырь



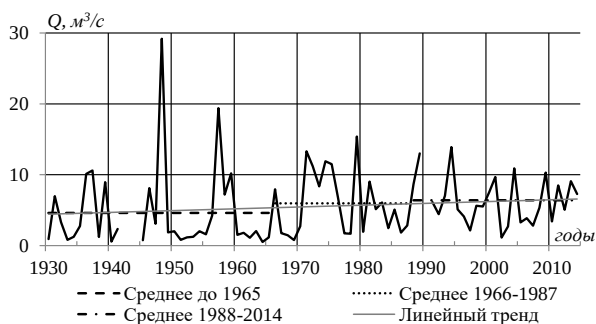
Оресса – д. Андреевка



Уборть – д. Краснобережье



Копаявка – д. Черск



Уза – д. Прибор

Рисунок 3.12 – Графики многолетних колебаний максимальных расходов воды зимних паводков

Практически на всех реках Белорусского Полесья наблюдается тенденция к росту величины максимальных расходов воды зимних паводков. Наиболее значительное увеличение отмечается на р. Припяти. На других реках величина изменения менее значительна. При этом наибольшие зимние паводки по величине максимального расхода за период инструментальных наблюдений на многих реках Белорусского Полесья наблюдались в первый или второй из выделяемых периодов, в то время как средняя величина их выросла. Это связано с тем, что раньше зимние паводки наблюдались значительно реже, что при благоприятных условиях (быстрое повышение температуры воздуха, большой запас воды в снеге и др.) могло привести к формированию значительных паводков. Сейчас нередко за зиму наблюдается несколько зимних паводков, что снижает величину их максимальных расходов воды вследствие увеличения их частоты и в конечном итоге сопровождается снижением величины их максимальных расходов воды.

Соотношение величин весенних половодий и дождевых паводков

В связи с тем, что на реках Белорусского Полесья развиты и половодья, и паводки, большое научное и практическое значение приобретает вопрос о соотношении между ними. Для оценки соотношения дождевых и снеговых максимумов стока на реках Белорусского Полесья рассчитаны коэффициенты α как отношение ежегодных максимальных расходов воды дождевых паводков ($Q_{д.пав}$) и весенних половодий ($Q_{в.пол}$).

В таблице 3.12 представлены наибольшие максимальные расходы воды дождевых паводков ($Q_{д.пав}$) и весенних половодий ($Q_{в.пол}$) за период от начала инструментальных наблюдений до 2014 г. на некоторых реках Белорусского Полесья, а также максимальные расходы воды 5%-ной обеспеченности. Помимо этого, приведено количество лет, когда максимальные дождевые расходы воды оказались больше или равны снеговым максимумам ($\alpha \geq 1$), выраженное в процентах от количества лет наблюдений.

Таблица 3.12 – Соотношение дождевых и снеговых максимумов на реках Белорусского Полесья

Река – створ	Период наблюдений	Число лет $\alpha \geq 1$, %	Площадь водосбора, км ²	Максимальные расходы воды, м ³ /с				
				наибольший наблюдаемый		5%-ный		
				$Q_{д.пав}$	$Q_{в.пол}$	$Q_{д.пав}$	$Q_{в.пол}$	$\alpha_{5\%}$
Припять – г. Мозырь	1881–2014	5	101000	1770	7500	905	4240	0,21
Припять – д. Черничи	1931–2014	12	74000	1150	3990	718	3150	0,23
Горынь – д. Мал. Викоровичи	1922–2014	12	27000	1150	2910	766	1880	0,41
Птичь – д. Лучицы	1895–2014	11	8770	212	800	159	578	0,28
Оресса – д. Андреевка	1926–2014	15	3580	78,8	301	63,5	191	0,33
Уза – д. Прибор	1928–2014	3	760	44,6	178	20,6	103	0,20
Ясельда – д. Сенин	1945–2014	14	5110	120	575	75,1	188	0,40

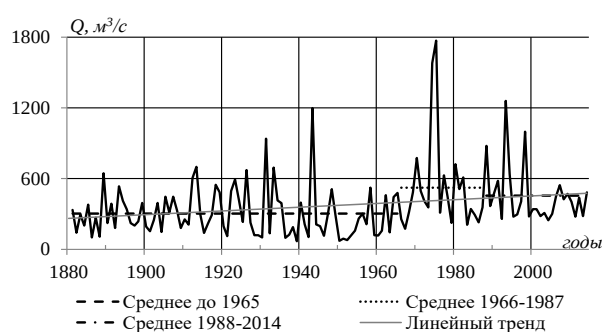
На всех реках Полесья наибольшие наблюдаемые, а также расчетные максимальные расходы воды дождевых паводков 5%-ной обеспеченности ниже наибольших расходов весеннего половодья. Однако случаи превышения половодий дождевыми паводками в отдельные годы нередки и отмечаются на всех реках региона. В современный период потепления климата (с 1988 г.) на всех реках Полесья участились случаи, когда наибольшие в году расходы воды формируются не в период весеннего половодья, а в период дождевых паводков, что связано прежде всего со снижением максимальных расходов воды весенних половодий.

Многолетние колебания максимальных расходов воды дождевых паводков

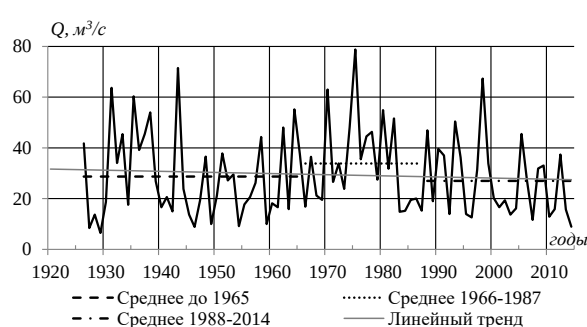
К настоящему времени накоплены достаточно продолжительные ряды инструментальных наблюдений за паводочным стоком рек, что позволяет с достаточной степенью достоверности использовать многолетние ряды и оценивать

различные гидрологические характеристики, а также дать оценку изменений их величины за различные периоды.

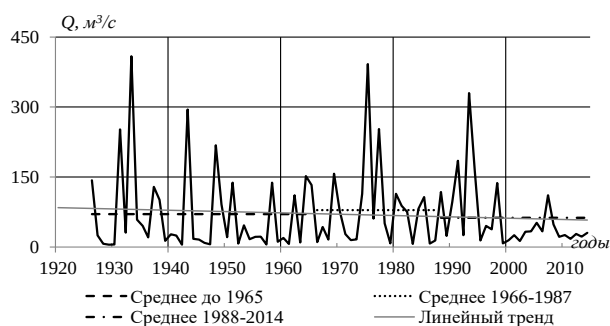
Для выявления изменений величины максимального паводочного стока под влиянием осушительной мелиорации, а также в условиях современных климатических изменений ряды наблюдений за максимальными расходами воды дождевых паводков были разбиты на 3 периода: до 1965 г. (условно ненарушенный сток), 1966–1987 гг. (от начала крупномасштабной осушительной мелиорации до периода потепления климата) и 1988–2014 гг. (современный). Для каждого из выделяемых периодов рассчитывались средние значения максимальных расходов воды паводков. Графики многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков за период инструментальных наблюдений представлены на рисунке 3.13, на которых показаны линии трендов.



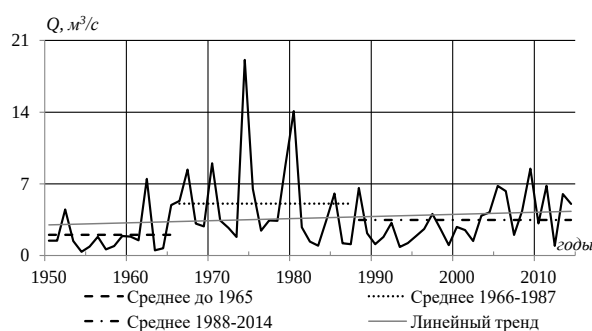
Припять – г. Мозырь



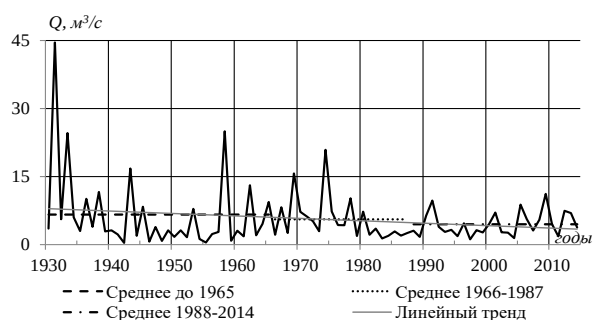
Оресса – д. Андреевка



Уборть – д. Краснобережье



Копаявка – д. Черск



Уза – д. Прибор

Рисунок 3.13 – Графики многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков

Для рядов максимальных расходов воды дождевых паводков за период инструментальных наблюдений явно выраженной тенденции к изменениям не выявлено. Однако здесь можно выделить период, во время которого отмечались наибольшие дождевые паводки практически на всех реках Белорусского Полесья, – с 1966 по 1987 год, когда осушительная мелиорация приняла широкий размах. В результате увеличения густоты речной сети (за счет строительства мелиоративных каналов) скорости добега воды до речного русла во время паводков увеличились, что привело к снижению потерь на впитывание и испарение и, тем самым, к росту максимальных расходов воды.

В современный период потепления климата величина максимальных расходов воды дождевых паводков на большинстве рек Полесья уменьшилась по сравнению с предыдущим периодом, причем масштабы уменьшения различны на разных реках. Также уменьшился размах колебаний максимальных расходов воды. Влияние потепления на паводочный сток рек проявляется в том, что с ростом температур воздуха увеличиваются потери воды на суммарное испарение и растет дефицит почвенной влаги. Сказывается также уменьшение величины весенних половодий и смещение их на более ранние сроки, что приводит к иссушению почвогрунтов и росту их впитывающей способности, в результате чего растут потери воды на впитывание. Особенно это касается паводков, которые формировались в начале лета.

Наиболее высокие дождевые паводки на разных реках Белорусского Полесья наблюдались в разные годы. Годы с выдающимися паводками приведены в таблице 3.13 [4].

Таблица 3.13 – Годы с дождевыми паводками различной обеспеченности

Река – створ	Период наблюдений	Обеспеченность, %		
		$\leq I$	1–5	6–10
Уза – д. Прибор	1928–2014	1931	1933, 1958, 1974	1938, 1943, 1962, 1969, 2009
Припять – д. Черничи	1931–2014	1975	1943, 1974, 1998	1933, 1970, 1988, 1993
Припять – г. Мозырь	1881–2014	1975	1931, 1943, 1974, 1988, 1993, 1998	1889, 1913, 1926, 1933, 1970, 1980
Уборть – д. Краснобережье	1926–2014	1933	1943, 1975, 1993	1931, 1948, 1977, 1991, 1994
Горынь – д. Малые Викоровичи	1922–2014	1924	1943, 1948, 1974, 1975	1969, 1977, 1988, 1993
Птичь – д. Лучицы	1895–2014	1975	1895, 1931, 1943, 1951, 1970	1906, 1933, 1962, 1964, 1974, 1982
Оресса – д. Андреевка	1926–2014	1975	1931, 1943, 1998	1935, 1938, 1964, 1970, 1980
Ясельда – г. Береза	1945–2014	1974	1970, 1980	1950, 1952, 1975, 1988
Ясельда – д. Сенин	1945–2014	1974	1951, 1975	1950, 1952, 1970, 1980
Копаявка – д. Черск	1949–2014	1974	1970, 1980	1967, 1979, 2009

Наиболее значительные по величине и обширные по площади распространения дождевые паводки на реках Белорусского Полесья были в 1974 и 1975 гг.

Дождевой паводок 1975 г. на Припяти и многих ее притоках (рр. Цна, Птичь, Оресса, Случь) по своим размерам является наибольшим за весь период инструментальных наблюдений. Значительные осадки с суточными максимумами до 40 мм, выпавшие в последней пятидневке марта и в апреле, вызвали подъемы уровня воды на реках и сформировали большой паводок. На малых реках (Сколодина, Меречанка, Неслуха, Словечна) продолжительность подъема воды составила 1–4 дня. Такой же резкий был и спад.

Одним из катастрофических паводков на Полесье был паводок 1974 г., который сформировался в результате прохождения над территорией серии циклонов. Начиная с третьей декады сентября, в течение октября, а также в первой декаде ноября выпало значительное количество осадков. Только за октябрь в ряде пунктов Брестской области выпало от 3 до 6,5 месячной нормы осадков, интенсивность ливней 30–31 октября достигала 48 мм в сутки. Осадки, выпавшие за пять декад осеннего периода, составили 30 % годовой суммы. Выпавшие осадки в конце сентября значительно увеличили запас общей влаги в почвогрунтах и повысили уровень грунтовых вод. Влагозапасы почвы в пониженных местах достигали полной влагоемкости. Все это привело к задержке инфильтрации выпавших осадков, застою воды на бессточных участках и увеличению стока дождевых вод в русла рек. В результате ряд дождевых паводков, последовательно наложившись друг на друга, образовали один общий подъем. На реках Мухавец и Горынь вода поднялась на 2,8 м. В условиях насыщения почвогрунтов до полной влагоемкости и застоя воды на поверхности, подъема и выхода грунтовых вод над поверхностью земли и разлива речных вод произошло слияние дождевых и речных вод, вызвавших образование большого паводка, перешедшего в наводнение. Поймы рек подверглись почти четырехмесячному затоплению. В некоторых местах вода стояла до середины лета следующего года [44].

Летний паводок 1993 г. сформировался в результате выпадения экстремального количества осадков, которые в июле составили до трех месячных норм. В Житковичском и Столинском районах повышенное количество осадков выпало и в июне (около 1,5–2 месячных норм), а в июле осадки наблюдались в виде ливней редкой повторяемости. Суточный максимум 23 июля в Житковичском районе составил 57 мм, в Столинском – 115 мм, а 24 июля – 67 мм. Интенсивность подъема воды во время паводка в середине июля составила 30–60 см в сутки. На условия формирования дождевого паводка оказали влияние и большие суммы осадков, выпавшие в Житомирской и Ровенской областях Украины. Начало подъема уровней воды на Припяти и ее притоках отмечено 12–15 июля, а 23 и 24 июля наблюдалось затопление больших территорий. Выход воды на пойму произошел на Уборти 22 июля, на Случи и Птичи – 25 июля, на Горыни – 26 июля, на Припяти у д. Черничи 8–11 августа, а у г. Мозыря – 16–17 августа. Максимальные уровни дождевого паводка на малых реках сформировались уже 28–30 июля, на Горыни – 31 июля, а на Припяти в середине августа. Наиболее высокие паводки сформировались на малых водотоках Столинского района и в бассейнах рек Горынь и Ствига. Превышение максимальных уровней паводка

над меженными для Припяти составило около 3 м, на Горыни – 3,4 м, на малых водотоках 2,0–2,5 м.

Огромный ущерб сельскому хозяйству нанесен дождевым паводком 2007 г., сформировавшимся на реках Брестской области. Причиной его послужили катастрофические осадки в первой декаде июля, поддержанные серией менее обильных, но выпадающих на переувлажненную почву дождей. За три дня (5–7 июля) в большинстве районов области выпало от 80 до 200 мм осадков (почти треть годовой нормы), а за 20 дней – 224 мм. Суточные максимумы осадков составили 50–80 мм. Так, на Полесской станции 5 и 6 июля зарегистрирован абсолютный максимум количества осадков за сутки (81,2 и 86,3 мм) за весь период наблюдений. На метеостанции Ганцевичи максимальное количество осадков за сутки составило 106 мм. Затоплены посевы многих культур. Площадь погибших посевов составила почти 56 тыс. га. Особенно пострадали посевы ячменя, кукурузы, озимой ржи и тритикале, многолетних трав. Полегли посевы зерновых и зернобобовых культур. Пострадали также личные хозяйства жителей, прежде всего посевы картофеля, овощей. Недобор урожая в области составил около 290 тыс. т зерна, 25 тыс. т картофеля, 100 тыс. т сахарной свеклы, 700 тыс. т зеленой массы кукурузы [44].

3.1.5. Минимальный сток на реках

Летне-осенняя межень обычно наступает в конце мая – середине июня и заканчивается в октябре. В некоторые годы при дружном прохождении весеннего половодья период низкого стока на реках начинается в конце апреля – начале мая, а в годы затяжного половодья или когда на его спаде идут дожди – в конце июня – начале июля. Средняя продолжительность летне-осенней межени на малых и средних реках – 140–165 суток, на крупных от 87. Почти каждый год межень прерывается значительными дождевыми паводками и складывается из 2, в отдельные годы из 3–4 периодов. Сток летне-осенней межени на малых и средних реках составляет 5–20 %, на крупных – 7–12 % годового стока. Величина среднего слоя стока межени на малых и средних реках колеблется от 3 до 50 мм. Величина слоя стока наблюдается около 3–15 мм. Наиболее маловодный период преимущественно в июле – августе. Особенно низкие уровни наблюдаются в период засухи. Продолжительность маловодного периода на малых и средних реках 5–30 суток.

Зимняя межень обычно устанавливается в конце декабря. Наиболее ранние даты наступления межени попадают на конец октября – начало ноября, наиболее поздние – на январь, заканчивается зимняя межень обычно в марте, крайние сроки межени – февраль – апрель. В отдельные годы межень прерывается зимними паводками от оттепелей и складывается из 2–4 периодов. Наиболее прерывистая зимняя межень на реках бассейна Немана. Сток зимней межени составляет 5–15 % годового стока (от 3 до 45 мм годового стока). Наиболее маловодный период зимней межени преимущественно в феврале и марте. Продолжительность его на малых и средних реках до 60 суток, на крупных – до 70 суток. В наиболее маловодные периоды на отдельных малых реках возможно отсутствие стока как

летом (пересыхание рек), так и зимой (перемерзание рек). В период межени местами возникает дефицит воды для использования в промышленности, сельском хозяйстве (особенно для обеспечения мелиоративных систем при двухстороннем регулировании водного режима) и коммунальном хозяйстве. Низкие уровни, уменьшение глубин в реках усложняют речное судоходство. Для предупреждения этого, а также для рационализации использования водных ресурсов проводится перераспределение речного стока, строятся водохранилища. Уровни и расходы воды в реках в период межени сначала определяются при помощи гидрологических прогнозов, что позволяет планировать мероприятия по предотвращению нехватки воды.

На рисунке 3.14 представлена пространственная структура модуля летне-осеннего и зимнего минимального стока. Летне-осенний минимальный сток меньше зимнего в 0,5–2,0 раза. Наименьший летне-осенний модуль стока формируется на правых притоках р. Припяти ($q_{\min}^{l-o} cp = 0,20 \text{ л/(с км}^2\text{)}$), а зимний – в бассейне р. Западный Буг ($q_{\min}^z cp = 0,56 \text{ л/(с км}^2\text{)}$). Наибольшие величины летне-осеннего и зимнего стока формируются в районе г. Мозыря.

Важнейшими факторами, влияющими на процесс формирования минимального стока, являются атмосферные осадки и подземные воды. Кроме того, на величину и режим минимального стока влияют испарение, температура воздуха и почвы, дефицит влажности воздуха, гидрогеологическое строение водосбора (инфильтрационная и водоудерживающая способность почвогрунтов, мощность и количество водоносных горизонтов, характер гидравлической связи с рекой, литологический состав водовмещающих пород), рельеф водосбора, озерность, заболоченность, лесистость. Можно выделить еще одну группу факторов, которые не принимают непосредственного участия в формировании минимального стока, но отражают влияние первых двух групп. К третьей группе относятся: площадь водосбора (бассейна) (A), средняя высота водосбора (H_{cp}), уклон водосбора (i), эрозионный врез русла (ΔH), густота речной сети, величина годового стока ($Q_{год}$), годовой подземный сток в реки, коэффициент естественной зарегулированности.

Для рек Полесья выявлена прямая зависимость между модулем минимального стока, средней высотой водосбора и эрозионным врезом русла реки. Гидрогеологические условия водосбора частично находят отражение в этих показателях: чем больше глубина вреза, тем больше водоотдача в русла рек. Полученные результаты (летне-осенний $r(H)=0,40\pm0,088$; $r(\Delta H)=0,34\pm0,090$; для зимнего – $r(H)=0,23\pm0,094$; $r(\Delta H)=0,19\pm0,094$) позволяют судить о том, что характер расчлененности рельефа речных бассейнов имеет существенное значение в формировании летне-осеннего и зимнего минимальных стоков, и эти показатели необходимо учитывать при расчете минимального стока [37].

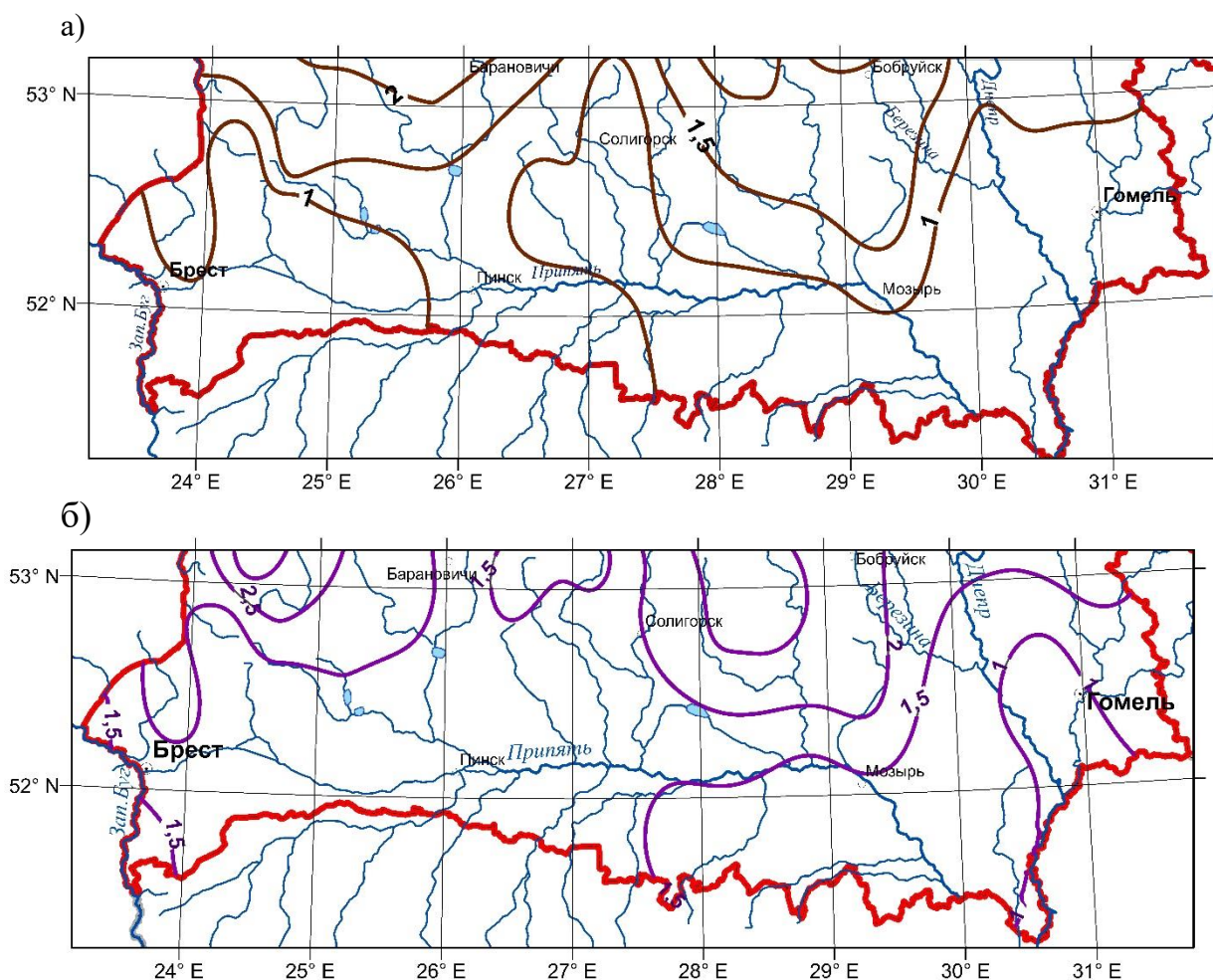


Рисунок 3.14 – Модуль минимального стока воды рек Беларуси:
а) летне-осенняя межень; б) зимняя межень

Коэффициент корреляции минимального стока с заболоченностью водосбора для летне-осеннего периода составляет $-0,20 \pm 0,094$, а для зимнего – $-0,09 \pm 0,096$. Как показывают расчеты, болота имеют регулирующее значение в летне-осенний период [37].

По мнению В. Р. Вильямса, для предотвращения усиленной эрозии почв оптимальные площади водосбора, занятые под лесными массивами, должны составлять 20–25 %. Лесистость водосборов варьирует от 2 до 50 %, средняя составляет 24 %. Коэффициент корреляции модуля зимнего минимального стока выше ($0,31 \pm 0,091$), чем летне-осеннего ($0,24 \pm 0,093$).

Надо отметить, что между модулем минимального стока рек и озерностью водосборов существует положительная связь, равная для летне-осеннего минимального стока $0,16 \pm 0,095$, а для зимнего – $0,29 \pm 0,092$. Коэффициенты озерности некоторых бассейнов достигают 10 %. Озера так же, как и болота, могут аккумулировать воду и иметь водорегулирующее значение [37].

Основные гидрологические характеристики временных рядов минимальных расходов воды р. Припяти в створе г. Мозыря приведены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Статистические характеристики минимального стока р. Припять – г. Мозырь

Периоды	Параметры				
	средняя величина ($Q_{\text{ср}}$, м ³ /с)	коэффициент вариации (C_v)	градиент изменения (ΔQ м ³ /с 10 лет)	коэффициент корреляции (r)	$\Delta Q/Q_{\text{ср}}$, %
<i>Минимальный летне-осенний</i>					
1877–2020 гг. (144 года)	155	0,47	2,70	0,15	1,75
1877–1986 гг. (110 лет)	149	0,48	2,34	0,10	1,57
1987–2020 гг. (34 года)	174	0,41	–21,3	–0,28	–12,2
1971–2020 гг. (50 лет)	183	0,39	–13,9	–0,28	–7,58
<i>Минимальный зимний</i>					
1877–2020 гг. (144 года)	155	0,68	10,6	0,41	6,82
1877–1986 гг. (110 лет)	136	0,75	8,54	0,27	6,27
1987–2020 (34 года)	221	0,42	27,5	0,28	12,4
1971–2020 (50 лет)	225	0,59	2,70	0,03	1,20

Примечание: выделены статистически значимые величины.

Изменения минимального стока рек

Минимальные расходы воды в летне-осеннюю и зимнюю межень распределялись по трем классам водности:

- годы с маловодьями (s_1) ($p > 66$ %);
- годы со средней водностью (s_2) ($33 \leq p \leq 66$ %)
- годы с многоводьями (s_3) ($p < 33$ %).

Затем анализировались ряды стока, представляющие собой последовательность маловодных, средневодных и многоводных лет, и подсчитывалось количество в многолетнем ряду соответствующих классов водности (т. е. определялась их абсолютная частота) в период 1881–2015 гг.

Рассматриваемый отрезок времени охватывает три различных по уровню хозяйственной деятельности периода (1881–1930, 1931–1964, 1965–2015 гг.).

– *первый период* характеризуется довольно примитивной системой земледелия и экстенсивным ведением сельского хозяйства;

– *второй* отличается применением более высокой агротехники и интенсификацией сельскохозяйственного производства;

– *третий* характеризуется началом крупномасштабной мелиорации на Полесье, строительством крупных гидротехнических сооружений (водохранилища Селец, Любанское, Солигорское и др.).

Необходимо иметь также в виду, что водосборы рек Полесья относятся к районам, где степень использования пахотных земель значительно возросла в послевоенные годы.

Исследование частот лет *летне-осеннего* минимального стока различной водности каждого из периодов позволяет констатировать:

– в первом периоде (1881–1930 гг.) в бассейне р. Днепр заметно преобладали годы с пониженной водностью, в бассейне р. Припять годы со средней водностью;

– во втором периоде (1931–1964 гг.) в бассейне р. Припять увеличилось число лет с пониженной водностью, а в бассейне р. Днепр увеличилось число лет с пониженной и средней водностью;

– в третьем периоде (1965–2015 гг.) в бассейнах всех исследуемых рек преобладают годы с повышенной водностью.

Для *зимнего* минимального стока характерно:

– в первый период в бассейне р. Западный Буг преобладают годы со средней водностью, а в бассейнах рр. Днепр и Припять большинство составляют маловодные годы – 74 и 83 % соответственно;

– второй период в различных бассейнах характеризуется по-разному: в бассейнах рр. Припять и Днепр преобладают годы со средней водностью, а в бассейне р. Западный Буг – годы с пониженной водностью;

– для третьего периода характерна повышенная водность для всех рек Беларуси в бассейнах р. Днепр – 98 %, р. Припять – 85 %, р. Западный Буг – 69 %.

Тенденция увеличения минимального стока характерна как для летне-осенней межени, так и для зимней. Следовательно, в анализируемых рядах стока имеет место положительный тренд.

Исследование временных рядов многолетних колебаний летне-осеннего и зимнего минимальных расходов воды показывает наличие положительных (80 % исследуемых рек) и отрицательных (20 %) трендов. Из таблицы 3.15 следует, что для большинства исследуемых рек отмечается стабильная тенденция увеличения летне-осенних (71 % исследуемых рек) и зимних (90 %) минимальных расходов воды, причем на большей части рек градиент изменения стока в зимний период больше, чем в летне-осенний [37].

Так как во временных рядах существует устойчивый тренд, его можно использовать для прогноза. Тренд отражает динамику с очень большим моментом инерции, и изменения, определяемые такой динамикой, не могут моментально изменить свое направление.

Результаты расчетов коэффициентов изменения минимального стока рек (k_i) позволяют сделать следующие выводы:

- на большинстве исследуемых рек (до 80 %) и летне-осенний и зимний минимальный сток увеличился;
- на 5 % и летне-осенний, и зимний минимальный сток уменьшился;
- на 5 % летне-осенний увеличился, а зимний уменьшился;
- на 10 % летне-осенний уменьшился, а зимний минимальный сток увеличился.

Летне-осенний минимальный сток увеличился на 85 % исследуемых рек, из них на 49 % рек – значимо ($k_i \geq 0,27$). На 18 % изучаемых объектов (рр. Ясельда, Оресса, Словечна, Чертедь, Вить, Мухавец, Жабинка, Копаювка) сток увеличился более чем в 2 раза. Уменьшился летне-осенний минимальный сток на 15 % исследуемых рек, из них только на р. Случь (г. Старобин) значимо, что связано со строительством водохранилища. На р. Случь в 1967 г. построено Солигорское водохранилище для обеспечения водой предприятий «Беларуськалий» и питания рыбного хозяйства «Старобин».

Таблица 3.15 – Параметры линейных трендов минимальных расходов воды рек Белорусского Полесья

Река – пост	Минимальный сток			
	летне-осенний		зимний	
	Градиент изменения стока α , $\text{м}^3/\text{с}/10 \text{ лет}$	Коэффициент корреляции, r	Градиент изменения стока α , $\text{м}^3/\text{с}/10 \text{ лет}$	Коэффициент корреляции, r
Копаяювка – с. Черск	0,02	0,14	0,07	0,37
Мухавец – г. Брест	–1,04	0,43	–0,05	0,00
кан. Ореховский – с. Меленково	0,02	0,04	0,20	0,18
Рыта – с. Малые Радваничи	–0,04	0,14	0,06	0,09
Малорита – г. Малорита	–0,08	0,46	0,02	0,04
Припять – г. Туров	5,85	0,30	9,90	0,29
Припять – г. Мозырь	3,49	0,16	11,00	0,40
Ясельда – с. Сенин	0,59	0,36	1,31	0,32
кан. Винец – с. Рыгали	0,01	0,24	0,07	0,58
Меречанка – с. Красеево	0,01	0,17	0,03	0,38
Цна – с. Дятловичи	0,11	0,31	0,27	0,33
Горынь – пос. Речица	1,80	0,38	2,10	0,16
Лань – с. Мокрово	–0,40	0,32	0,53	0,31
Случь – с. Ленин	–0,30	0,20	0,16	0,05
кан. Бычок – с. Озераны	–0,04	0,36	–0,05	0,23
Свиновод – с. Симоничи	0,00	0,10	0,09	0,48
Уборть – с. Краснобережье	0,44	0,46	0,40	0,11
Птичь – Лучицы	0,72	0,37	1,10	0,40
Оресса – с. Андреевка	0,32	0,30	0,76	0,46

Примечание: выделены статистически значимые коэффициенты корреляции на 5%-ном уровне значимости.

Зимний минимальный сток увеличился на 90 % исследуемых рек, из них на 53% рек увеличился значимо ($k_i \geq 0,27$), на 20 % – более чем в 2 раза (Ясельда, Оресса, Лань, Цна, Словечна, Чертень, Вить, Мухавец, Жабинка, Копаяювка). Зимний минимальный сток уменьшился на 10% рек, в большинстве своем это реки бассейна р. Западный Буг.

Анализ пространственной структуры коэффициентов изменения (k_i) минимального стока рек показал следующее.

Увеличение летне-осеннего минимального стока может быть связано с осушительными мелиорациями, в результате которых были частично сброшены вековые запасы грунтовых вод верхнего горизонта. Кроме того, произошло увеличение проводящей сети. Ранее влага накапливалась в торфяных болотах и расходовалась на испарение, после устройства осушительных каналов уменьшились пути фильтрации, вода быстрее попадает в систему мелиоративных каналов. Осушение и освоение болот способствовало перераспределению объемов стока, а также уменьшению поверхностного стока и увеличению подземного стока. Поверхностный сток уменьшается за счет большой аккумулялирующей емкости зоны аэрации освоения болот, а подземный сток увеличивается за счет более интенсивного дренирования вод осушительными системами. Увеличение зимнего

минимального стока обусловлено в большей степени климатическими факторами. Выявленные изменения зимнего минимального стока могут быть вызваны общей тенденцией потепления климата и, в частности, увеличением количества оттепелей в зимний период. Регулярно наблюдаемые в природе периоды временного снижения и повышения водности рек связаны с изменением климатических элементов (осадки, температура воздуха), вызываемых причинами планетарного (общая циркуляция атмосферы) характера.

3.2. Уровенный режим рек Белорусского Полесья

Белорусское Полесье расположено в зоне избыточного увлажнения, где отток подземных вод в речную сеть устойчив и постоянен, что обеспечивает питание речной системы подземными водами. Годовое изменение уровней воды на реках характеризуется обычно высоким весенним половодьем и довольно низкой меженью, которая прерывается паводками от выпадения дождя или таяния снега. Высшие уровни весеннего половодья, как правило, являются максимальными в году. Средняя высота весеннего подъема над минимальным летним уровнем составляет 3,5–4,5 м на р. Припять, 1,5–3 м для левобережных притоков и 1,0–2,5 м для правобережных. Наиболее часто (в среднем 1 раз в 2 года) весенние наводнения наблюдаются в районе поста Черничи на р. Припять, 1 раз в 2–3 года – в районе постов Речица на р. Горынь, у постов г. Пинск, н. п. Коробы, г. Петриков на р. Припять, н. п. Краснобережье на р. Уборть.

Важной характеристикой уровенного режима является амплитуда его колебаний. Для самой р. Припять, по данным многолетних наблюдений, амплитуда изменений уровня воды колеблется от 2–3 м (в верховьях) до 5–7 м (в среднем и нижнем течениях). Максимальные амплитуды наблюдаются на р. Припять в створе г. Мозырь и достигают 747 см относительно ноль-графика. Это вызвано значительной водностью и формой долины реки. В целом для рек бассейна Припяти наибольшие значения колебаний уровней воды имеют место в районах дренирования водотоками щита и северных отрогов Волыно-Подольской возвышенности (4–5 м), что обусловлено строением их долин и пойм. Наименьшие показатели этих величин характерны для низинных, широкопойменных, заболоченных участков Полесской низменности (2–3 м).

Максимальные уровни воды на реках Белорусского Полесья формируются либо от талых вод, либо от выпадения обильных дождей. Характерной фазой гидрологического режима рек описываемой территории является весеннее половодье, которое ежегодно формируется весной в результате снеготаяния и выпадения дождей при снеготаянии. На р. Припять обычно оно начинается в первой половине марта, но в отдельные годы может смещаться на февраль или апрель. Среднегодовое продолжительность затопления поймы составляет 80–110 дней, а в отдельные годы – до 150–180 дней [82]. Ширина весеннего разлива на р. Припять изменяется от 5 до 15 км, на отдельных участках (в районе г. Пинск) достигает 30 км. Глубина затопления преимущественно 0,3–0,8 м, местами до 2–2,5 м [123]. Ширина разлива 1%-ной обеспеченности достигает 1,5–6,0 км на участке от истока до устья

р. Стырь и от г. Мозыря до устья, в средней части – 8–15 км, на отдельных участках – 20–30 км. Зависимость площадей затоплений в пойме р. Припять от половодий различной обеспеченности уровня показана на рисунке 3.15.

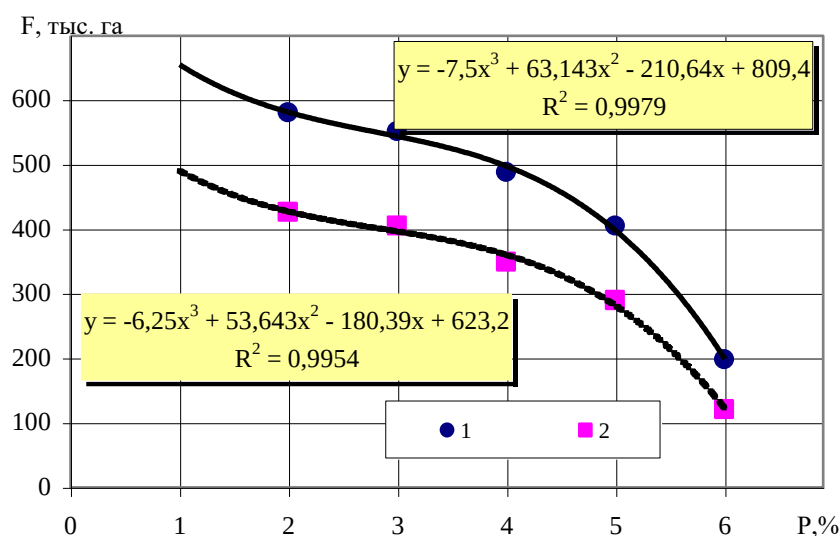


Рисунок 3.15 – Площади затопления поймы р. Припять в зависимости от обеспеченности уровня воды: 1 – всего по пойме; 2 – в пределах Беларуси

Пик половодья на преобладающем числе рек приходится на конец марта – начало апреля. На притоках по сравнению с р. Припять несколько изменяются сроки начала половодья: на левобережных половодье наступает позже, на правобережных – раньше. Однако при затяжной весне возможно почти одновременное вскрытие рек в бассейне, и тогда на р. Припять наблюдаются высокие половодья. Подъем уровня воды зависит в первую очередь от водности, а также от строения речной долины или ее отдельного участка. Так, в верховье р. Припять в условиях широкой и заболоченной поймы в сочетании, как правило, с небольшим нарастанием площади водосбора образуются распластанные, слабо выраженные половодья, высота которых превышает предподъемный уровень в среднем на 0,5 м. Наиболее паводкоопасным районом является территория бассейна в среднем и нижнем течении р. Припять. Это обусловлено сужением поймы до 6–8 км в районе Турова и до 1,5–2 км в районе г. Мозыря, а также резким возрастанием боковой приточности. На этом участке впадают такие крупные притоки, как р. Горынь (с площадью водосбора 27 000 км²), р. Случь (5350 км²), р. Уборть (5820 км²), р. Птичь (9480 км²).

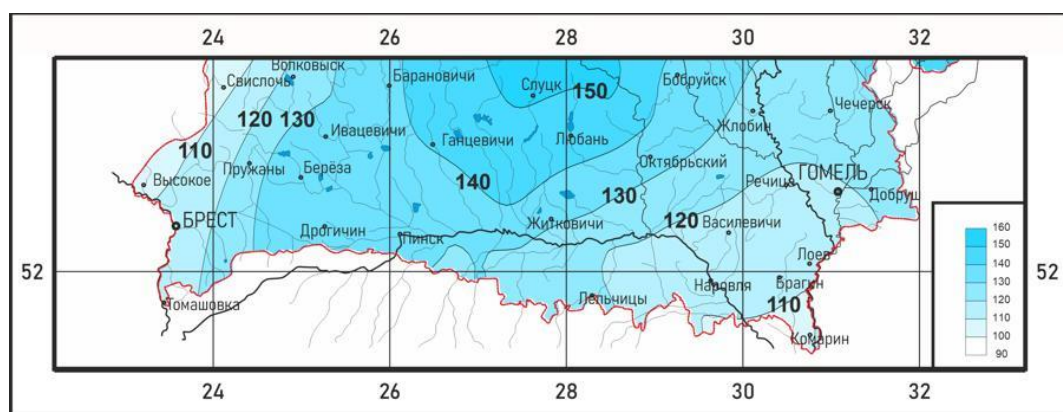
Высшие уровни весеннего половодья, как правило, являются максимальными в году. Средняя высота весеннего половодья над минимальным летним уровнем составляет 3,5–4,5 м на р. Припять, 1,5–3 м – для левобережных притоков и 1,0–2,5 м – для правобережных. На малых реках стояние воды на пойме продолжается в среднем 25–30 дней, на средних и больших – около 1,5–2 месяцев. Продолжительность половодья также зависит от длины реки, залесенности, заболоченности и закарстованности водосборов. Для малых рек с закарстованными и заболоченными водосборами средняя продолжительность составляет 40–45, а для больших – до 80 дней. Для рек с незакарстованными и мало заболоченными водосборами она

значительно меньше и равна соответственно 36 и 55 дням. Паводки, в отличие от половодий, возникают нерегулярно и по величине максимального расхода и слою стока, как правило, существенно меньше максимумов половодья. Однако дождевые паводки 1952, 1960, 1974, 1993, 1998 гг. по многим водотокам и створам на самой р. Припять превысили половодье и нанесли значительный ущерб народному хозяйству (серьезно пострадали сельскохозяйственные угодья и другие освоенные территории). Даже локальные паводки значительной интенсивности на левобережных или правобережных притоках способны вызвать значительные подъемы уровня в нижнем течении Припяти, обусловленные продвижением вниз паводочной волны. Высота паводков в среднем и нижнем ее течении достигает 2,0–3,5 м над предподъемным уровнем. В бассейнах правобережных притоков р. Припять максимальные дождевые расходы могут превышать снеговые при площадях водосборов до 1500–2000 км² (максимум – р. Припять – н. п. Речица – 2210 км²). Максимальные модули дождевого стока достигают 364 л/с·км² (р. Тня – с. Бронники) и приурочены к территории выходов пород Украинского кристаллического щита. Коэффициенты стока дождевых паводков в бассейне р. Припять составляют 0,50–0,52. Коэффициенты вариации максимальных расходов дождевых паводков достаточно высокие и достигают 2,90 (р. Уборть – с. Рудня Ивановская). Высокие летне-осенние паводки наносят наиболее существенный ущерб разным отраслям народного хозяйства – сельскому хозяйству и другим.

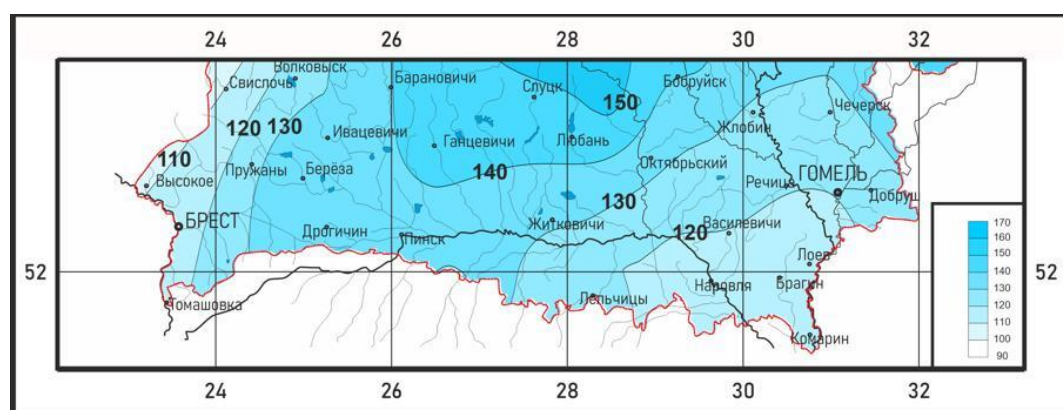
За последнее время в бассейне р. Припять наблюдалось 8 значительных дождевых паводков, вызванных интенсивными дождями. При этом дождевые периоды нередко продолжались (с перерывами) по 2–3 месяца. Пропускная способность пойм особенно заметно уменьшается в теплый период года. Если в заросшем русле расходы воды при тех же уровнях в 1,3–1,5 раза меньше по сравнению со свободным от растительности руслом, то на пойме они уменьшаются уже в 2,0–2,5 раза. В некоторых случаях пойма может быть затоплена водой, а течение на ней отсутствует (верховья р. Припять, рр. Выжевка, Турья, Стоход, Стырь, Горынь). Поэтому во время паводков вода в реках удерживается на протяжении 2–3 месяцев и более на высоких уровнях, которые на 1,5–4,5 м выше обычных меженных, затапливая поймы и препятствуя понижению уровней грунтовых вод на прилегающей территории. Частые ежегодные оттепели в бассейне р. Припять нередко приводят к зимним паводкам, которые наиболее отчетливо выражены на малых реках. Как правило, по высоте эти паводки не превышают весеннее половодье, за исключением тех лет, когда снеготаяние сопровождается выпадением жидких осадков (1948, 1982, 1986, 1989, 1998 гг.).

Пространственная структура уровней воды рек Белорусского Полесья за период инструментальных наблюдений в абсолютных отметках представлена на рисунке 3.16, что позволило получить объективную картину формирования уровня режима рек Белорусского Полесья в современных условиях. Полученная пространственная структура средних уровней воды рек устойчиво коррелирует с рельефом Белорусского Полесья.

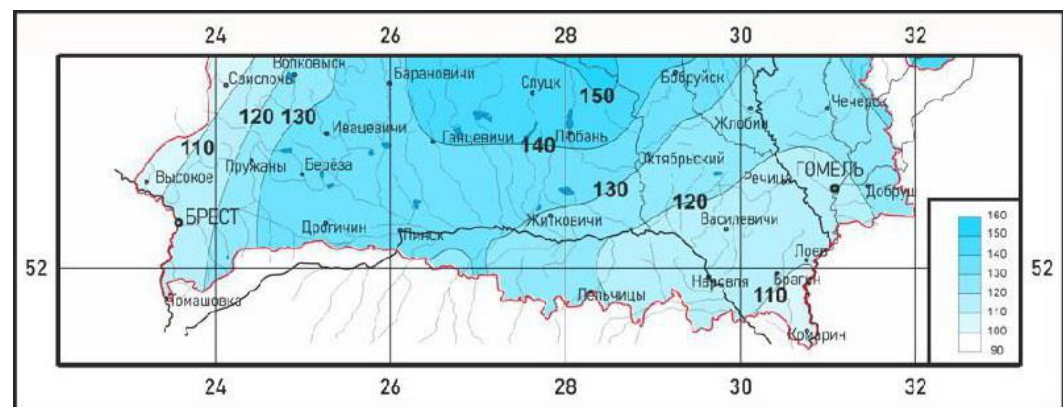
а)



б)



в)



г)

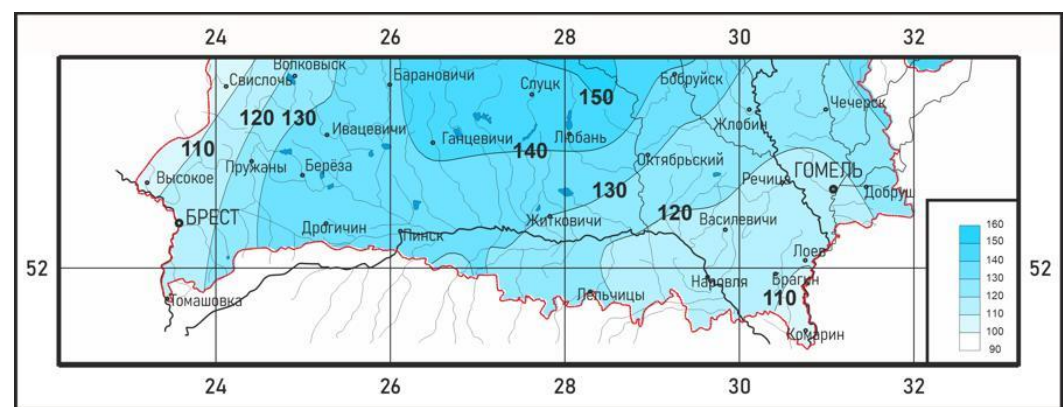


Рисунок 3.16 – Пространственная структура средних значений уровней воды за период инструментальных наблюдений в абсолютных отметках:
а) средних годовых; б) максимальных весеннего половодья; в) минимальных периода открытого русла; г) минимальных зимнего периода

Экстремальные значения уровней воды рек за период инструментальных наблюдений представлены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Экстремальные уровни воды за период инструментальных наблюдений по 2015 г.

Период наблюдений, годы	Уровень воды (отметка над нулем поста, см / абсолютная отметка, м)	Дата наступления уровня
1	2	3
<i>Максимальные уровни воды весеннего половодья</i>		
р. Припять – г. Пинск (мост Любанский)		
1979–2014	96 / 134,14	26.02.1997, 22.04.1996
р. Припять – д. Черничи		
1931–2014	144 / 123,35	28.03.1954
р. Припять – г. Петриков		
1931–2014	530 / 117,85	05.05–08.05.1954
р. Припять – г. Мозырь		
1881–2014	219 / 113,12	06.05–07.05.1954
р. Ясельда – г. Береза		
1926–2014	310 / 144,02	02.04.1984
р. Ясельда – д. Сенин		
1945–2015	107 / 135,46	08.03.1954
р. Меречанка – д. Красеево		
1970–2015	373 / 135,56	27.02.1997, 03.03.1997
р. Пина – г. Пинск		
1923–2014	74 / 133,03	02.03–03.03.1997
р. Неслуха – д. Рудск		
1970–2014	162 / 137,13	13.03.2001
р. Бобрик – д. Лунин		
1987–2014	140 / 130,40	23.02.1997
р. Цна – д. Дятловичи		
1954–2015	79 / 135,75	07.03–10.03.1997
р. Горынь – д. Малые Викоровичи		
1923–2015	314 / 133,91	20.03.2015
р. Лань – д. Мокрово		
1924–2015	126 / 128,97	04.03.2015
р. Случь – д. Клепчаны		
1974–2014	45 / 146,94	07.03–08.03.1990
р. Случь – д. Ленин		
1946–2014	122 / 131,19	11.04.1984
р. Уборть – д. Краснобережье		
1927–2014	178 / 128,04	08.04–09.04.1960
р. Птичь – д. Дараганово		
1920–2015	146 / 153,53	10.03–11.03.1992

Продолжение таблицы 3.16.

Период наблюдений, годы	Уровень воды (отметка над нулем поста, см / абсолютная отметка, м)	Дата наступления уровня
1	2	3
<i>Минимальные уровни воды периода открытого русла рек</i>		
р. Припять – г. Пинск (мост Любанский)		
1979–2015	–27 / 132,91	04.09.2015
р. Припять – д. Черничи		
1931–2015	–62 / 121,29	12.08.1961, 13.08.1961
р. Припять – г. Петриков		
1931–2015	327 / 115,82	16.08.1961
р. Припять – г. Мозырь		
1881–2015	–22 / 110,71	19.09.2015
р. Ясельда – г. Береза		
1926–2015	270 / 143,62	01.11–09.11.1982
р. Ясельда – д. Сенин		
1945–2015	–16 / 134,23	03.09.2015, 04.09.2015
р. Меречанка – д. Красеево		
1970–2015	346 / 135,29	28.05–30.05.1990
р. Пина – г. Пинск		
1923–2015	51 / 132,80	06.08.1994
р. Неслуха – д. Рудск		
1970–2014	100 / 136,51	04.09–10.09.1984
р. Бобрик – д. Лунин		
1970–2015	14 / 129,14	06.08.1976
р. Цна – д. Дятловичи		
1954–2015	–13 / 134,83	16.08–04.09.2015
р. Горынь – д. Малые Викоровичи		
1923–2015	134 / 132,11	03.09–06.09.2015
р. Лань – д. Мокрово		
1924–2015	57 / 128,28	13.05.1997
р. Случь – д. Клепчаны		
1974–2014	12 / 146,61	27.03.1997
р. Случь – д. Ленин		
1945–2015	–32 / 129,65	29.08–31.08.2015
р. Уборть – д. Краснобережье		
1926–2015	48 / 126,74	07.10–18.10.1939
р. Птичь – д. Дараганово		
1920–2015	50 / 152,57	29.08–04.09.1992

Окончание таблицы 3.16

Период наблюдений, годы	Уровень воды (отметка над нулем поста, см / абсолютная отметка, м)	Дата наступления уровня
1	2	3
<i>Минимальные уровни воды зимнего периода</i>		
<i>р. Припять – г. Пинск (мост Любанский)</i>		
1979–2015	19 / 133,37	20.12.2014
<i>р. Припять – д. Черничи</i>		
1931–2015	–37 / 121,54	06.11.1953
<i>р. Припять – г. Петриков</i>		
1931–2015	360 / 116,15	08.11, 09.11.1953
<i>р. Припять – г. Мозырь</i>		
1882–2015	65 / 111,58	03.12.2014
<i>р. Ясельда – г. Береза</i>		
1926–2014	275 / 143,67	13.11, 12.12.1983
<i>р. Ясельда – д. Сенин</i>		
1945–2015	4 / 134,43	03.11–05.11.1953
<i>р. Меречанка – д. Красеево</i>		
1971–2015	350 / 135,33	12.11.1983
<i>р. Пина – г. Пинск</i>		
1924–2015	25 / 132,54	11.12.1995
<i>р. Неслуха – д. Рудск</i>		
1970–2014	118 / 136,69	24.11.2005
<i>р. Бобрик – д. Лунин</i>		
1970–2015	28 / 129,28	06.11.1976
<i>р. Цна – д. Дятловичи</i>		
1955–2015	7 / 135,03	17.11.1999
<i>р. Горынь – д. Малые Викоровичи</i>		
1923–2015	164 / 132,41	25.11.1953
<i>р. Лань – д. Мокрово</i>		
1924–2014	85 / 128,56	26.03.1996
<i>р. Случь – д. Клепчаны</i>		
1974–2014	12 / 146,61	08.02.1992
<i>р. Случь – д. Ленин</i>		
1945–2015	15 / 130,12	11.12.2014
<i>р. Уборть – д. Краснобережье</i>		
1927–2015	63 / 126,89	20.11.1935
<i>р. Птичь – д. Дараганово</i>		
1920–2015	57 / 152,64	13.12.1951

Хронологический ход уровней воды представлен на примере главной реки Белорусского Полесья р. Припять – г. Мозырь за период с начала инструментальных наблюдений по 2015 г. Как видно на рисунке 3.17, прослеживается тенденция к уменьшению средних годовых, максимальных уровней воды весеннего половодья, минимальных уровней воды периода открытого русла и зимнего

периода. Скорость изменения уровней воды составила: $-2,28$; $-5,62$; $-3,98$; $-1,11$ см/10 лет соответственно.

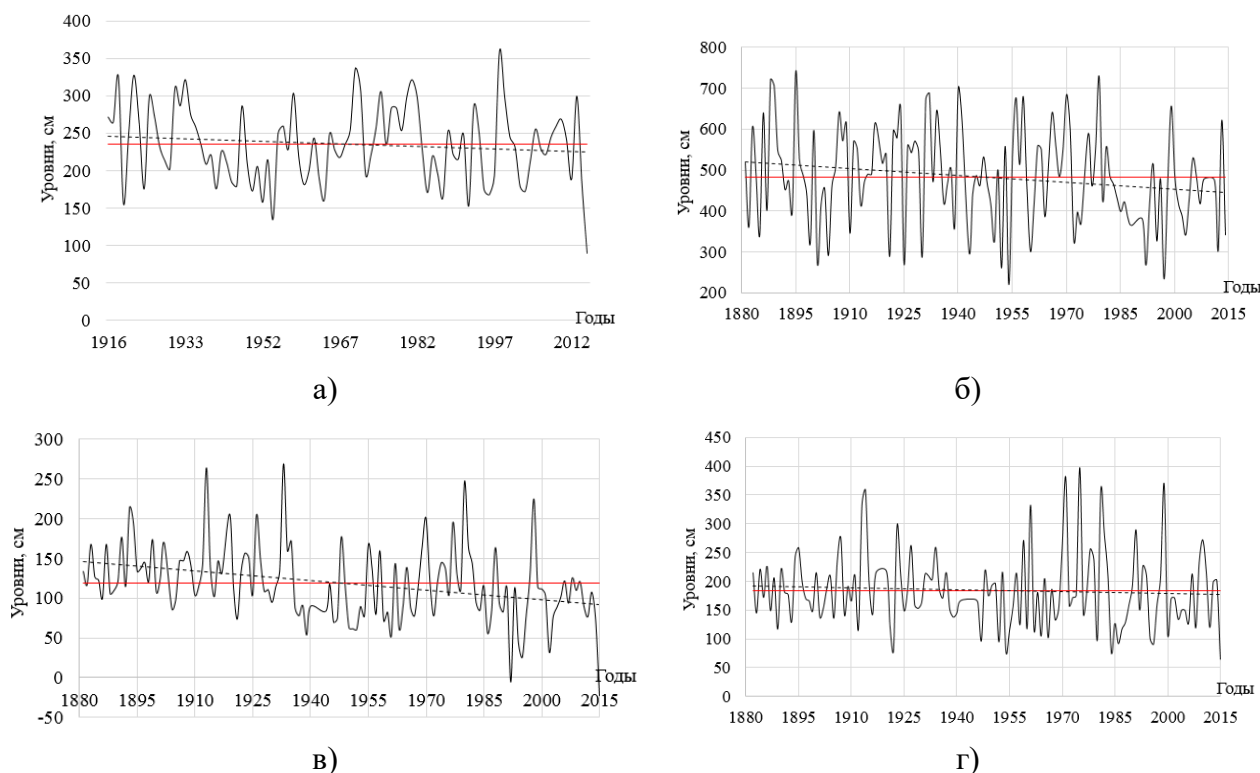


Рисунок 3.17 – Хронологический многолетний ход уровней воды р. Припять – г. Мозырь за период инструментальных наблюдений до 2015 г.:
 а) средних годовых; б) максимальных весеннего половодья;
 ----- в) минимальных периода открытого русла; г) минимальных зимнего периода
 черная линия – линия тренда;
 красная горизонтальная линия – средние значения уровней воды

В ходе анализа временных рядов уровня режима рек Белорусского Полесья получены выборочные оценки основных статистических характеристик за рассматриваемые периоды. Тенденции в колебаниях уровней воды оценивались с помощью линейных трендов, значения которых приведены в таблице 3.17.

В таблице 3.18 представлена информация по опасным уровням воды за весь период наблюдений по информационным постам Брестской области. Отмечены населенные пункты, подвергшиеся подтоплению. Информация за последние 20 лет размещена в конце списка [142].

Таблица 3.17 – Основные статистические характеристики и параметры линейных трендов временных рядов максимальных уровней воды рек Белорусского Полесья

Период наблюдений, годы	Количество лет наблюдений	Средний максимальный уровень, см	Коэффициенты			Линейные тренды – $H(t)=H(0)\pm\Delta H\cdot t$	
			вариации C_v	асимметрии C_s	автокорреляции $r(1)$	$\alpha=10\cdot\Delta H_{max}$, см/10 лет	К-т корреляции
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Средние годовые уровни</i>							
р. Припять – г. Пинск (мост Любанский)							
1979–2015	37	115	0,27	–0,03	0,38	–5,4	0,19
р. Припять – д. Черничи							
1987–2015	29	358	0,13	–0,05	0,15	6,42	0,12
р. Припять – г. Петриков							
1931–2015	85	563	0,10	–0,07	0,46	7,97	0,33
р. Припять – г. Мозырь							
1916–2015	100	235	0,22	0,03	0,25	–2,28	0,12
р. Ясельда – г. Береза							
1981–2015	35	342	0,05	0,17	0,44	–2,61	0,17
р. Ясельда – д. Сенин							
1985–2015	31	126	0,19	–0,28	0,27	–1,37	0,05
р. Меречанка – д. Красеево							
1971–2015	45	376	0,02	0,61	0,55	1,85	0,32
р. Пина – г. Пинск							
1923–2015	93	170	0,41	0,38	0,59	–7,98	0,57
р. Неслуха – д. Рудск							
1970–2015	46	157	0,09	0,44	0,72	–4,74	0,44
р. Бобрик – д. Лунин							
1987–2015	29	177	0,14	–0,01	0,28	14,57	0,51
р. Цна – д. Дятловичи							
1986–2015	30	78	0,37	0,16	0,09	–9,16	0,28
р. Горынь – д. Малые Викоровичи							
1946–2015	70	299	0,12	0,34	0,29	2,25	0,13
р. Лань – д. Мокрово							
1975–2015	41	139	0,13	–0,08	0,50	–9,54	0,61
р. Случь – д. Клепчаны							
1974–2015	42	76	0,20	–0,11	0,18	–2,31	0,19
р. Случь – д. Ленин							
1946–2015	70	113	0,25	0,10	0,31	0,79	0,06
р. Уборть – д. Краснобережье							
1927–2015	89	160	0,17	0,34	0,40	2,56	0,24
р. Птичь – д. Дараганово							
1998–2015	18	185	0,13	0,43	0,36	–7,2	0,16

Продолжение таблицы 3.17

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Максимальные уровни воды весеннего половодья</i>							
р. Припять – г. Пинск (мост Любанский)							
1979–2014	36	215	0,23	–0,36	–0,18	2,6	0,06
р. Припять – д. Черничи							
1931–2014	84	374	0,27	0,50	0,73	29,45	0,70
р. Припять – г. Петриков							
1931–2014	84	780	0,10	–0,78	–0,01	–2,91	–0,09
р. Припять – г. Мозырь							
1881–2014	134	483	0,25	–0,01	–0,01	–5,62	–0,18
р. Ясельда – г. Береза							
1926–2014	89	429	0,10	–0,52	0,78	–13,66	–0,80
р. Ясельда – д. Сенин							
1945–2015	71	184	0,12	–0,21	0,04	4,00	0,38
р. Меречанка – д. Красеево							
1970–2015	46	474	0,11	–0,11	0,38	–18,34	–0,45
р. Пина – г. Пинск							
1923–2014	92	264	0,41	–0,67	0,15	–8,52	–0,43
р. Неслуха – д. Рудск							
1970–2014	45	255	0,26	0,47	0,15	–15,00	–0,29
р. Бобрик – д. Лунин							
1987–2014	28	260	0,18	–0,30	0,04	28,54	0,51
р. Цна – д. Дятловичи							
1954–2015	61	219	0,25	–1,07	0,31	–14,69	–0,48
р. Горынь – д. Малые Викоровичи							
1923–2015	93	512	0,14	–0,58	0,18	–9,98	–0,37
р. Лань – д. Мокрово							
1924–2015	92	227	0,20	0,02	0,27	–8,04	–0,52
р. Случь – д. Клепчаны							
1974–2014	41	166	0,41	–0,20	0,08	–10,78	–0,19
р. Случь – д. Ленин							
1946–2014	69	238	0,17	–0,87	0,10	–5,41	–0,26
р. Уборть – д. Краснобережье							
1927–2014	88	288	0,15	–0,08	0,10	–3,46	–0,20
р. Птичь – д. Дараганово							
1920–2015	96	251	0,15	–0,08	0,13	–2,08	–0,15
<i>Минимальные уровни воды периода открытого русла рек</i>							
р. Припять – г. Пинск (мост Любанский)							
1979–2015	37	46	0,62	–0,03	0,25	–10,6	–0,37
р. Припять – д. Черничи							
1931–2015	85	106	1,05	0,32	0,83	35,14	0,77

Продолжение таблицы 3.17

1	2	3	4	5	6	7	8
р. Припять – г. Петриков							
1931–2015	85	431	0,14	0,53	0,31	8,48	0,23
р. Припять – г. Мозырь							
1881–2015	135	119	0,40	0,43	0,28	–3,98	–0,33
р. Ясельда – г. Береза							
1926–2015	90	332	0,11	0,40	0,62	–8,84	–0,63
р. Ясельда – д. Сенин							
1945–2015	71	46	0,64	0,55	0,26	4,89	0,34
р. Меречанка – д. Красеево							
1970–2015	46	355	0,01	0,60	0,58	1,52	0,39
р. Пина – г. Пинск							
1923–2015	93	112	0,52	0,57	0,45	–6,27	–0,36
р. Неслуха – д. Рудск							
1970–2014	45	125	0,10	0,59	0,66	–5,35	–0,58
р. Бобрик – д. Лунин							
1970–2015	46	95	0,34	–0,58	0,60	11,67	0,48
р. Цна – д. Дятловичи							
1954–2015	61	32	0,74	0,02	0,70	–10,35	–0,80
р. Горынь – д. Малые Викоровичи							
1923–2015	93	202	0,15	0,15	0,41	2,55	0,22
р. Лань – д. Мокрово							
1924–2015	92	116	0,37	0,31	0,92	–14,09	–0,95
р. Случь – д. Клепчаны							
1974–2014	41	32	0,37	0,58	0,12	–1,03	–0,10
р. Случь – д. Ленин							
1945–2015	71	33	0,76	0,16	0,20	–4,02	–0,33
р. Уборть – д. Краснобережье							
1926–2015	90	88	0,31	2,17	0,26	1,03	0,09
р. Птичь – д. Дараганово							
1920–2015	96	97	0,22	0,43	0,47	2,83	0,37
<i>Минимальные уровни воды зимнего периода</i>							
р. Припять – г. Пинск (мост Любанский)							
1979–2015	37	87	0,48	0,45	0,18	–1,15	–0,03
р. Припять – д. Чернички							
1931–2015	85	181	0,71	0,37	0,75	38,86	0,75
р. Припять – г. Петриков							
1931–2015	85	510	0,15	0,76	0,14	10,02	0,31
р. Припять – г. Мозырь							
1882–2015	134	184	0,35	0,94	–0,02	–1,11	–0,07
р. Ясельда – г. Береза							
1926–2014	89	342	0,09	0,35	0,47	–7,35	–0,57

Окончание таблицы 3.17

1	2	3	4	5	6	7	8
р. Ясельда – д. Сенин							
1945-2015	71	91	0,47	0,26	0,20	9,98	0,47
р. Меречанка – д. Красеево							
1971-2015	45	368	0,02	0,37	0,46	3,03	0,49
р. Пина – г. Пинск							
1924-2015	92	129	0,53	0,06	0,31	–9,92	–0,52
р. Неслуха – д. Рудск							
1970-2014	45	142	0,11	0,42	0,42	–5,47	–0,44
р. Бобрик – д. Лунин							
1970-2015	46	137	0,33	0,10	0,16	5,85	0,17
р. Цна – д. Дятловичи							
1955-2015	61	64	0,53	0,52	0,14	–8,48	–0,44
р. Горынь – д. Малые Викоровичи							
1923-2015	93	253	0,20	0,80	0,07	1,46	0,08
р. Лань – д. Мокрово							
1924-2014	91	151	0,29	0,83	0,68	–12,65	–0,84
р. Случь – д. Клепчаны							
1974-2014	41	31	0,39	0,50	0,32	1,75	0,17
р. Случь – д. Ленин							
1945-2015	71	87	0,45	0,92	0,04	2,21	0,12
р. Уборть – д. Краснобережье							
1927-2015	89	130	0,29	0,59	0,02	3,65	0,25
р. Птичь – д. Дараганово							
1920-2015	96	117	0,33	1,00	0,60	7,64	0,55

Примечание: выделенные значения статистически значимые.

Таблица 3.18 – Вероятность подтопления территорий в результате прохождения весеннего половодья и дождевых паводков (по информационным постам) при различных уровнях [72–74]

Год	Максимальный уровень		Уровень, при котором наблюдалось подтопление (см над нулем поста)	Название объектов и населенных пунктов, подвергшихся подтоплению
	см над нулем поста	дата		
1	2	3	4	5
Бассейн Припяти				
р. Припять – г. Пинск (мост Любанский) (01.10.1978 – действ.) Опасный высокий уровень 280 см над нулем поста (133.18 м БС)				

Продолжение таблицы 3.18

1	2	3	4	5
1994	257	12.02	257–302	Паводковыми водами Припяти, Ясельды, Стыри и Пины подтапливались дд. Б. Диковичи, Красово, Шоломичи, Кнубово, Пинковичи, Стайки, Синховичи, Ласицк, Ладорож, Паре, Островичи, Высокое, Боричевичи, Гривковичи, Вуйвичи, Качановичи, Кудричи, Хойно, Местковичи, Сачковичи, Поречье, Чемерин, Сушицк, Бережцы.
1980	258	08.12		
1993	258	07.01		
1998	274	06.12		
1981	284	15.01		
1999	292	24.03		
1979	302	29.03		
2011	295	17.02	278–295	В г. Пинске паводковыми водами Припяти размыта дамба дороги д. Плещеница – д. Малые Диковичи
<i>р. Цна – с. Дятловичи</i> <i>(02.03.1954 – действ.)</i> <i>Опасный высокий уровень 245 см над нулем поста (134.96 м БС)</i>				
1999	260	01.04	260–274	В Лунинецком р-не отрезаны от подъездных путей дд. Кожан-Городок, Моховка, Луги, Лахва, Намокрово, Запросье, Синкевичи.
1981	262	26.03		
1963	263	16.04		
1956	265	17.04		
1975	266	27.04		
1978	268	21.03		
1966	271	08.03		
1971	271	30.03		
1968	274	30.03		
1969	274	20.04		
1979	280	04.04	280	В Лунинецком р-не подтапливались дд. Кожан-Городок, Моховка, Луги, Лахва, Намокрово, Запросье, Синкевичи, Дребск, Дятловичи, Велута, Дворец, Мокрово, Гряда и Ситница.
1958	281	15.04		
1970	283	03.04		
2010	255	03–04.04	245–255	В д. Дятловичи затоплено 11 хозпостроек и огороды.
2013	259	20–23.04	245–259	В д. Дятловичи затоплено 6 подворий и огороды
<i>р. Пина – г. Пинск</i> <i>(01.03.1922 – действ.)</i> <i>Опасный высокий уровень 310 см над нулем поста (132.29 м БС)</i>				
1958	344	16.04	344–366	В г. Пинске подтапливались 7 жилых домов по ул. Столинской.
1979	366	01.04		
				В пригороде Пинска в д. Козляковичи подтапливалась отдельные жилые дома.
2011	313	16–17.02	309–313	В г. Пинске затоплены хозпостройки и фундаменты домов.
2013	325	22–24.04	311	В г. Пинске затоплены подворья и хозпостройки.
			314	В г. Пинске затоплены 1 дом по ул. Копанец и 5 хозпостроек (все расположены на берегу)

Продолжение таблицы 3.18

1	2	3	4	5
<i>р. Ясельда – г. Береза</i> (15.06.1925 – действ.) <i>Опасный высокий уровень 465 см над нулем поста (140.92 м БС)</i> После ввода в эксплуатацию вдхр. Селец в верховье реки (1981 г.) подтопления населенных пунктов в указанном районе не наблюдалось				
1970	470	05.04	470–492	В Березовском р-не подтапливались дд. Корсынь и Смольники; отрезаны от дорог дд. Тышковичи, Мотоль и Бусса
1978	471	20.03		
1974	481	06.11		
1979	482	28.03		
1958	492	17.04		
<i>р. Ясельда – с. Сенин</i> (25.10.1944 – действ.) <i>Опасный высокий уровень 240 см над нулем поста (134.39 м БС)</i> В районе поста построена дамба, разлив речных вод происходит в сторону леса, затоплений населенного пункта не происходит				
1974	196	11.11	196–212	В Пинском р-не частично подтапливались хозпостройки и огороды в дд. Чемерин, Твардовка, Вулька, Островичи, Поречье
1998	198	31.01		
1975	201	07.01		
1982	201	05.03		
1970	202	13.04		
1988	202	31.12		
1978	204	17.05		
1996	204	10.04		
1971	205	01.03		
1990	209	31.12		
1991	211	12.01		
1989	212	05.01		
1979	218	11.04	218–247	В Пинском р-не подтапливались дд. Чемерин, Твардовка, Вулька, Островичи, Поречье, Городище
1980	221	19.12		
1981	221	11.03		
1958	234	21.04		
1999	247	27.03		
<i>р. Горынь – д. Викоровичи</i> (20.08.1922 – действ.) <i>Опасный высокий уровень 530 см над нулем поста (130.50 м БС)</i>				
1968	531	28.03	531–556	В Столинском р-не частично подтапливались дд. Хоромск, Отвержики, Уголец, Рубель, Маньковичи, Белоуша, Бухличи
1974	531	08.11		
1988	536	26.06		
1978	537	16.03		
1998	543	26.07		
1982	548	10.01		
1975	553	25.04		
1969	554	09.04		
1977	556	27.02		

Окончание таблицы 3.18

1	2	3	4	5	
1971	562	26.03	562–593	В г. п. Речица происходит подтопление отдельных жилых домов.	
1976	562	05.04		В Столинском р-не происходит дальнейшее подтопление дд. Бухличи, Маньковичи, Белоуша, Хоромск, Уголец, Отвержичи, Рубель, а также дд. Струга, Семигостичи, Вилемичи, Хотомель, Ольшаны	
1981	567	16.03			
1993	567	31.07			
1970	576	27.03			
1996	593	11.04			
1966	605	27.02	605–632		В г. п. Речица подтоплено 40 домов в прибрежной части поселка. В г. Давид-Городок подтоплено 10 домов. В г. Столине подтоплено 12 домов. В Столинском районе подтоплены дд. Лядец, Глинка, Кошара, Мочуль, Теребличи, Оздамичи, Белоуша, Бережное, Ворони, Бухличи, Нижний Теребежов, Верхний Теребежов, Хоромск, Уголец, Лесовичи, Маньковичи, Отвержичи, Струга, Рубель, Хотомель, Коробье, Большие и Малые Викоровичи
1999	609	13.03		527–554	Подтоплены подворья и хозпостройки в дд. Маньковичи, Белоуша, Уголец, Хоромск, Лисовичи, Бережное, Коротичи, Лядец.
1979	632	27.03			530–533
2013	554	12.04	530–533		
2019	533	27.05		530–533	
1956	362	12,13.04			362–366
1970	366	06,07.04			
1979	416	30,31.03	416	Подтапливались дд. Козловичи, Тришин, Волянка (100 домов). В г. Кобрине подтапливалось 30 домов. В г. Бресте построены оградительные дамбы. В г. Бресте затоплено 3 подворья и 2 хозпостройки	
2013	389	20.04	384–389	р. Западный Буг – г. Влодава (пост РП) Опасный уровень 490 см над нулем поста	
2013	499	17.04	496–499	1 жилой дом, 13 хозпостроек, 11 подворий в д. Прилуки, 1 хозпостройка и 3 подворья в д. Оляха	
р. Западный Буг – д. Кишчев (пост РП) Опасный уровень 470 см над нулем поста					
2011	489	12.02	478–506	Подвалы и подворья в д. Непли.	
2013	506	20,21.04		478–506	17 подворий и 30 хозпостроек в д. Непли. Подтоплений жилых домов не было

Низкие уровни воды – это значения уровней воды на реках ниже отметок, при которых нарушается водохозяйственная деятельность. За 2010–2022 гг. опасные низкие уровни на реках ниже проектных горизонтов, лимитирующих судоходство, наблюдались ежегодно. Экстремально сниженная водность рек и водоемов была в 2015 г., что способствовало не только прекращению навигации по всем рекам Брестской области, но и ухудшению экологического их состояния, а также негативному воздействию на водные биоресурсы [60].

При экстремально раннем (в октябре) появлении льда и образовании ледостава на реках происходят повреждения плавающих судов и вынужденная зимовка их в неплановых пунктах. В 2010–2022 гг. такого опасного явления, как ранний ледостав и появление льда на реках, не наблюдалось.

Появление первых ледовых явлений на территории республики приходится, как правило, на вторую-третью декады ноября. В связи с наблюдающимся потеплением отмечается статически значимое смягчение ледового режима рек, существует тенденция к смещению дат появления первых ледовых явлений на более поздние сроки – от двух недель до месяца [104].

На реках Брестской области наиболее характерными опасными гидрологическими явлениями признаны низкие уровни воды, лимитирующие судоходство, и высокие уровни воды, при которых возможны подтопления. Своевременный гидрологический мониторинг является актуальным и неотъемлемым элементом обеспечения безопасности населения и хозяйственных объектов и поможет избежать негативных последствий рассматриваемых природных явлений.

Значения уровней воды в реках, при которых происходит затопление населенных пунктов, посевов сельскохозяйственных культур, автомобильных и железных дорог, отмечаются с периодичностью раз в 10 лет. Однако практически каждый год значения уровней воды приближаются к опасным отметкам. В связи с этим именно гидрологические данные об уровнях воды, состоянии водных объектов имеют первостепенное значение в оповещении населения и народнохозяйственных организаций.

Низкие уровни воды, лимитирующие судоходство и нарушающие водохозяйственную деятельность, в последние 20 лет наблюдаются ежегодно. Необходим обязательный учет данных гидрологических постов при планировании водохозяйственной деятельности.

Ранний ледостав и появление льда на реках в последние годы на территории Брестской области в связи с потеплением климата не отмечались. Это позволяет увеличить сроки навигации на реках в осенний период, что благоприятно скажется на развитии судоходства.

3.3 Подземные воды Белорусского Полесья

Для регулярного наблюдения за состоянием подземных вод на режимных пунктах на территории Беларуси в среднем на площадь 1000 км² приходится около 2 скважин, а в бассейне Западного Буга этот показатель составляет более 5. Повышенное значение показателя плотности сети наблюдательных скважин

по сравнению с другими речными бассейнами обосновано за счет сосредоточения наблюдательных скважин на заповедных и природоохранных территориях (Беловежская Пуща).

На территории бассейна р. Западный Буг изучение качества подземных вод выполнялось на 10 гидрогеологических постах (по 32 наблюдательным скважинам) в пределах развития болотных, аллювиальных отложений голоцена; флювиогляциальных, моренных водноледниковых отложений, сожского, днепровского и березинского горизонтов.

В результате инвентаризации подземных водных объектов в бассейне р. Припять в Беларуси выделено 11 подземных объектов, которые включены в План управления ее бассейном. По условиям залегания и формирования подземные воды бассейна подразделяются на грунтовые и межпластовые, а также воды спорадического распространения в песчаных линзах и прослоях морен и других водоупоров. В зависимости от суммарного содержания солей они подразделяются на пресные (до $1,0 \text{ г/дм}^3$) и минерализованные (свыше $1,0 \text{ г/дм}^3$).

По большей части низинный характер территории бассейна р. Припять обусловил неглубокое залегание грунтовых вод [33]. При этом их урвенная поверхность в сглаженном виде повторяет гипсометрию местности. На пониженных участках (болота и речные поймы) глубина их залегания колеблется от 0 до 2 м, а в периоды половодья они смыкаются с поверхностными водами. К водораздельным пространствам глубина залегания подземных вод увеличивается до 5 м и более, а в северной части Барановичского района – до 10 м и более. Коэффициенты фильтрации водовмещающих песков зависят от их крупности и изменяются в широких пределах: от 0,2–2,8 м/сут у пылеватых песков, до 10–15 м/сут у средне- и крупнозернистых песков. Значения водопроницаемости составляют 5–300 м²/сут. Мощность грунтовых потоков изменяется от 1 до 10 м и более, достигая максимальных значений в долинах крупных рек.

Урвенный режим грунтовых вод зависит от климатических факторов, главным образом от количества выпадающих осадков, и совпадает с сезонными изменениями уровней поверхностных водотоков и водоемов. Летняя межень наблюдается в апреле-мае, а осенне-зимний подъем – в ноябре-декабре. Годовая амплитуда уровней грунтовых вод зависит от их удаленности от рек. Наибольшие значения амплитуды (до 1,5–2,5 м) характерны для речных пойм.

Источником питания грунтовых вод служат, в основном, атмосферные осадки. Область их питания совпадает с областью распространения. В то же время водораздельные участки подпитывают гипсометрически нижерасположенные водоносные горизонты и являются как бы областями собственно питания. Грунтовые потоки дренируются поверхностными водотоками, их урвенная поверхность направлена к руслам рек.

В естественном залегании грунтовые воды – пресные гидрокарбонатные кальциево-магниевые по составу с невысокой минерализацией $0,1\text{--}0,3 \text{ г/дм}^3$ и по содержанию основных компонентов пригодны для питьевых целей. Исключение составляют высокие концентрации железа (до $1,4\text{--}2,5 \text{ мг/дм}^3$) и повсеместно низкие концентрации фтора (до $0\text{--}0,2 \text{ мг/дм}^3$).

Под воздействием хозяйственной деятельности, усилившейся в последние десятилетия, грунтовые воды подверглись поверхностному загрязнению. При этом степень их естественной защищенности, определяемая мощностью и фильтрационными свойствами пород зоны аэрации, в большинстве случаев низкая. Защищенные подземные воды в пределах рассматриваемой территории отсутствуют, условно защищенными считаются подземные воды, если зона аэрации сложена толщей глин мощностью 3–10 м, суглинков – от 30 м до 100 м и более при наличии в них слоев глин мощностью более 1,5 м. Защищенность первых межпластовых водоносных горизонтов определяется мощностью местного водопора: больше 10 м – воды считаются защищенными, при мощности 3–10 м – условно защищенными и при мощности менее 3 м – незащищенными. Определение «защищенные» не означает, что на данной территории подземные воды защищены от неограниченного поступления и инфильтрации загрязненных стоков, и обозначает защищенность в большей степени по сравнению с участками, где имеют место другие, менее благоприятные условия.

Таким образом, грунтовые воды являются незащищенными и слабо защищенными. В этих условиях растворимые вещества с земной поверхности с инфильтрационными водами беспрепятственно попадают в грунтовые воды, в результате чего нарушается их естественный гидрохимический состав, сформировавшийся в процессе геологической истории. При этом увеличиваются не только концентрации отдельных химических веществ, но и их суммарное содержание.

Мощность зоны пресных вод по территории бассейна р. Припять изменяется от 180 до 350 м, а в Брестской впадине – от 300 до 800–1035 м. На значительных площадях пресные воды занимают весь гидрогеологический разрез. По стратиграфическому принципу, а в некоторой степени и литологическому составу пород, пресные воды встречаются в водоносных горизонтах и комплексах четвертичных, палеоген-неогеновых, верхнемеловых отложений. Эти отложения распространены повсеместно, в Припятской впадине – дополнительно в юрских и верхнедевонских, в Брестской – юрских и палеозойских, а в пределах Белорусской антеклизы и Полесской седловины – верхнепротерозойских отложениях. Количественно ресурсы пресных подземных вод по бассейну распределены неравномерно. Наиболее выдержанными по мощности и простиранию являются четвертичный березинско-днепровский, объединенный палеоген-неогеновый водоносные комплексы и нижнесеноманский водоносный горизонт, а также, в пределах соответствующих геологических структур, верхнеюрский, палеозойский и верхнепротерозойский водоносные комплексы. В зоне сожского ледника распространены днепровско-сожский водоносный горизонт.

Подземные воды вместе с поверхностными, а также влагой атмосферы и зоны аэрации образуют водные ресурсы любого участка суши. Все составляющие тесно взаимосвязаны и участвуют в общем круговороте воды в природе. Между подземными и поверхностными водами существует гидравлическая взаимосвязь. Подземные воды представляют собой уникальное полезное ископаемое, находящееся в природе преимущественно в жидком виде, постоянно возобновляемое и подвижное. Ресурсы пресных и минерализованных подземных вод вследствие различного

качества и целевого применения определяются отдельно. Наиболее полно характеризуют их качество естественные и эксплуатационные ресурсы, а также эксплуатационные запасы.

Естественные ресурсы представляют собой суммарную величину питания (восполнения) подземных вод в природных условиях за счет атмосферных осадков, фильтрации из поверхностных водоемов и водотоков, перетекания из выше- и нижележащих горизонтов, притока со смежных территорий. Они отражают основную особенность подземных вод как возобновляемого полезного ископаемого в процессе общего круговорота в природе. Их можно определять для каждого водоносного горизонта в отдельности или для всей зоны пресных вод.

Количественно естественные ресурсы подземных вод характеризуются величиной модуля подземного стока, представляющего собой усредненный по речному бассейну (или его части) расход потока подземных вод заданной обеспеченности с единицы площади расположения водоносного горизонта (комплекса) или бассейна подземных вод, в пределах которого этот расход формируется. В данном случае модуль подземного стока относится ко всей зоне активного водообмена и характеризует суммарный подземный сток пресных вод.

Непосредственное воздействие на режим подземных вод связано с добычей их для нужд водоснабжения. В пределах Брестского артезианского бассейна водоснабжение городов бассейна Западного Буга (Бреста, Кобрин, Дрогичина, Каменца, Жабинки, Малориты и др.) базируется на утвержденных эксплуатационных запасах водоносных комплексов альбских, сеноманских и верхнеюрских отложений. На отдельных участках используются подземные воды пинских и волинских, а также четвертичных отложений. Утвержденные эксплуатационные запасы подземных вод полностью обеспечены их естественными ресурсами. Освоенность эксплуатационных запасов подземных вод остается достаточно низкой. В настоящее время фактическое снижение уровня подземных вод в основных эксплуатируемых водоносных горизонтах и комплексах в пределах участков водозаборов не превышает расчетных величин допустимых понижений, принятых при оценке эксплуатационных запасов подземных вод. Это указывает на обеспеченность водоотбора в пределах утвержденных запасов подземных вод.

В таблицах 3.19 и 3.20 приведены сведения о прогнозных эксплуатационных и естественных ресурсах с распределением их в пределах речных бассейнов [49].

Таблица 3.19 – Ресурсы и балансовые запасы пресных подземных вод в границах бассейнов рек Белорусского Полесья по состоянию на 01.01.2021

Речной бассейн	Ресурсы подземных вод, тыс. м ³ /сут		Балансовые запасы, тыс. м ³ /сут	Добыча пресных подземных вод в 2020 г., тыс. м ³ /год	
	естественные	прогнозные		всего по Беларуси	в т. ч. по участкам месторождений (месторождениям) с утвержденными запасами
Зап. Буг	1400,0	1813,3	420,1	51176,0	33787,1
Припять	7013,0	10278,4	963,4	131834,0	60783,1
Всего:	8413,0	12091,7	1383,5	183010,0	94570,2

Таблица 3.20 – Распределение прогнозных ресурсов и балансовых запасов пресных подземных вод по бассейнам рек Белорусского Полесья по состоянию на 01.01.2021

Речной бассейн	Прогнозные ресурсы подземных вод, тыс. м ³ /сут	Количество участков месторождений	Балансовые запасы подземных вод по категориям, тыс. м ³ /сут					Отношение балансовых запасов к прогнозным ресурсам, %
			A	B	C1	C2	Всего	
Зап. Буг	1813,30	87	108,89	260,60	50,64	0,00	420,14	23,17
Припять	10278,40	104	354,27	511,75	97,41	10,00	973,43	9,47
Всего:	12091,7	191	463,16	772,35	148,05	10	1393,57	32,64

3.4. Оценка водноэнергетического потенциала рек

Потенциальные гидроэнергетические ресурсы Белорусского Полесья из экологически приемлемые, экономически оправданные возможности их использования ограничены равнинностью территории. Вытекающие отсюда реки не могут достигнуть значительной мощности в границах Полесья. Это предопределяет строительство в регионах главным образом малых гидроэлектростанций (МГЭС). До сих пор нет общепринятого понятия такой гидроэлектростанции. В большинстве государств в качестве основной характеристики принята установленная мощность ГЭС. Чаще всего (как, например, в Австрии, Германии, Испании, Польше и ряде других стран) к МГЭС причисляют гидроэнергетические установки, мощность которых не превышает 5 МВт. В Латвии и Швеции эта планка снижена до 2 МВт, а в Греции, Ирландии и Португалии, наоборот, повышена до 10 МВт. В США после того, как там начали стимулировать развитие малой гидроэнергетики, верхний предел мощности, характеризующий МГЭС, поэтапно увеличивался и в 1980 г. достиг 30 МВт. В СССР в 1986 г. утвержден документ, в соответствии с которым к малым были отнесены ГЭС с установленной мощностью до 30 МВт при диаметре рабочего колеса турбины до 3 м. Нижним же пределом мощности МГЭС принято считать 0,1 МВт. Если меньше, то это уже микроГЭС. Подобная градация – не арифметическая блажь на национальном уровне, за ней стоит и чисто экономический расчет. В той же Латвии государство гарантирует закупку электроэнергии от малых ГЭС по двойному тарифу в течение восьми лет

после их ввода в эксплуатацию. В Беларуси, согласно принятому правительством в 1997 г. постановлению «О развитии малой и нетрадиционной энергетики», также был установлен двойной тариф на вырабатываемую МГЭС электроэнергию, которую закупает концерн «Белэнерго», и малыми считаются ГЭС с установленной мощностью до 6 МВт.

Энергия малых рек Белорусского Полесья используется давно. На них сооружались водяные мельницы. Впервые об этом указано в Литовском статусе, датированном 1588 г. [21]. Чтобы нарастить рекам мощность, возводили простейшие плотины, позволявшие «подпереть» воду на высоте 2–3 м. Часто один мельничный пруд приходился в среднем на 4–5 км русла реки. Так, на р. Лебедка – правом малом притоке Немана действовали три водяные мельницы; на соседних реках было аналогичное положение. Только в 1926 г. насчитывалось 643, а к началу Второй мировой войны их число составило 1094.

В середине XX века электрификация сельского хозяйства базировалась на малых ГЭС. В результате на реках и озерах было создано 175 гидросиловых установок общей мощностью 18 тыс. кВт. Ввиду недостаточной изученности малых рек водохозяйственные расчеты проводились с применением эмпирических формул, методов аналогии и карт изолиний модуля стока. Но как только у сельских потребителей появилась возможность подключиться к государственным энергосистемам, дальнейшее развитие малой гидроэнергетики оказалось нецелесообразным. Большинство микроГЭС, принадлежавших в основном колхозам, было выведено из эксплуатации, часть из них трансформировали в небольшие гидроэлектростанции. В результате к концу XX столетия их имелось только 18 с общей мощностью 8,84 тыс. кВт.

Состояние гидроэнергетики региона характеризуется соотношением запасов ее гидроэнергетических ресурсов (гидроэнергопотенциала рек) и масштаба их освоения. Так называемый теоретический потенциал рек Белорусского Полесья оценивался по двум бассейнам, которые в основном охватывают всю территорию Белорусского Полесья: Припяти и Западного Буга. В этих бассейнах потенциальной мощностью до 10 кВт имеют соответственно 63,0 и 54,7 % всех рек, мощностью 10–100 кВт имеют уже 28,4 и 35,0 %, а в интервале 100–1000 кВт – 6,3 и 8,8 %. Для Беларуси в целом эти показатели составляют соответственно 38,4; 48,2 и 10,9 %. Общая мощность рек Белорусского Полесья около 150000 кВт, полная потенциальная мощность, включая мощность водотоков и склонового стока – 156 000 кВт, что составляет 15,7 % по отношению к полным ресурсам Беларуси. В Белорусском Полесье наибольшее количество рек имеют участки с километровой мощностью менее 1 кВт/км. Гидроэнергетический модуль рек бассейна Припяти составляет 2,76 кВт/км², а Западного Буга – 0,74 кВт/км². Это достаточно низкий показатель. Для сравнения: гидроэнергетический модуль Западной Двины – 6,65 кВт/км²; Немана – 4,40 кВт/км²; Днепра без рек бассейна Припяти – 4,30 кВт/км² [29]. Но при этом в расчет берется прежде всего экономическая целесообразность строительства и эксплуатации ГЭС. Иными словами, чем выше цены на топливо, тем выгоднее становится гидроэнергетика. В Беларуси пока освоено только 3 % имеющегося экономического

гидроэнергетического потенциала, тогда как в Литве – 30 %, в Польше – 44 %. Как уже отмечалось, территория Белорусского Полесья равнинная, поэтому здесь могут быть использованы лишь низконапорные гидроэнергетические объекты. В бассейне Припяти возможности строительства гидроэлектростанций ограничены из-за огромных площадей затапливаемых земель при создании прудов и водохранилищ [141].

В Брестской области уже работают МГЭС на гидроузлах «Дубой», «Кобрин», «Залузь», «Новосады». МГЭС «Стахово» – пятая по счету малая гидроэлектростанция на Днепровско-Бугском водном пути и первая на Припяти с общей мощностью 630 кВт.

Создание ГЭС связано с большими удельными первоначальными затратами, которые на 1 кВт мощности в два и более раза выше таковых в тепловых электростанциях. Но при этом не следует не учитывать, что половина стоимости 1 кВт-ч электроэнергии, вырабатываемой на ГЭС, – это цена газа или мазута. В процессе проведения оценки экономического гидроэнергетического потенциала рек показана выгодность (по сравнению с альтернативной газотурбинной электростанцией) создания ГЭС при удельных капитальных вложениях до 2750 \$ на 1 кВт ее установленной мощности. Из анализа структуры капитальных затрат в ГЭС следует, что основной вклад в стоимость их строительства обычно вносят затраты на создание их водохранилищ в долинах равнинных рек – от 35 до 50 % и более. В этом отношении представляется рациональным строительство многоступенчатых русловых каскадов малых ГЭС с гидравлически связанными подпорными бьефами как альтернатива созданию традиционной водохранилищной ГЭС. При этом достигается энергетическое использование реки на более протяженном ее участке преимущественно без выхода подпорных уровней воды из берегов русла. Благоприятными для реализации таких каскадов являются участки рек с достаточным возвышением берегов русла над меженным уровнем воды в реке. В перспективе гидроэнергетика в Беларуси может развиваться по линии строительства гидроузлов комплексного использования – создания водохранилищ для регулирования стока при одновременном использовании их в целях энергетики, водообеспечения, водного транспорта, мелиорации и охраны вод. Однако возможности строительства таких водохранилищ на территории Белорусского Полесья весьма ограничены.

Исходя из прошлого опыта строительства сельских гидроэлектростанций в Беларуси целесообразно вернуться к созданию на малых водотоках микроГЭС (мощностью менее 100 кВт) для локального электроснабжения ближайших населенных пунктов. На небольших водотоках при благоприятных топографических и гидрологических условиях возможно создание таких установок, экономическая эффективность которых может быть обеспечена на основе применения современных типов гидросилового оборудования и рациональных конструкций гидросооружений [37].

Малая гидроэнергетика является наиболее экономичным и экологически безопасным способом получения электроэнергии. Считается, что небольшие электростанции позволяют сохранять природный ландшафт, окружающую среду

не только на этапе эксплуатации, но и в процессе строительства. При последующей эксплуатации отсутствует отрицательное влияние на качество воды: она полностью сохраняет первоначальные природные свойства. В реках сохраняется рыба, вода может использоваться для водоснабжения населения. В отличие от других экологически безопасных возобновляемых источников электроэнергии (таких, как солнце, ветер) малая гидроэнергетика практически не зависит от погодных условий и способна обеспечить устойчивую подачу дешевой электроэнергии потребителю. Еще одно преимущество малой энергетики – экономичность. Необходимо отметить, что реконструкция выведенной ранее из эксплуатации малой ГЭС обойдется в 1,5–2 раза дешевле.

Энерго-экономическая и общественная эффективность освоения в условиях Беларуси имеющихся гидроэнергетических ресурсов предопределяется следующими преимуществами ГЭС по сравнению с альтернативными им тепловыми электростанциями:

- отсутствием выбросов вредных веществ в атмосферу при эксплуатации ГЭС;
- относительно низкой себестоимостью вырабатываемой на ГЭС электроэнергии;
- высокой маневренностью ГЭС в процессе обеспечения потребителей электроэнергией, что позволяет вырабатывать более дорогую пиковую электроэнергию, тарифы на которую в несколько раз превышают тарифы на базовую электроэнергию (в России стоимость пиковой электроэнергии, поставляемой с федерального оптового рынка в дефицитные энергосистемы, в 5,5 раза выше, чем стоимость поставки ночной электроэнергии);
- возобновляемостью энергоресурсов рек и их повсеместной распространенностью;
- возможностью улучшения многоцелевого водопользования вследствие создания водохранилищ ГЭС.

Помимо того, что при эксплуатации ГЭС отсутствуют вредные выбросы в атмосферу, образующиеся при сжигании топлива на ТЭЦ, создание водохранилищ способствует повышению уровня воды в реке. Особенно это благоприятствует мелким рекам, которые летом часто пересыхают. Кроме того, создаются лучшие условия для судоходства на более крупных реках, решаются проблемы с водоснабжением населенных пунктов прибрежных территорий за счет подъема уровня грунтовых вод, растут рыбные запасы, развивается спортивное рыболовство. Создаются новые зоны отдыха.

Безусловно, есть и определенные издержки: могут меняться термический и ледовый режим рек, почвенный и растительный покров прибрежных территорий, происходить их затопление и подтопление. Не исключена и трансформация условий обитания рыб и земноводных животных, мест обитания птиц. Рассмотрим более глубоко те преимущества МГЭС, которые в настоящее время считаются общепринятыми.

МГЭС помогут достичь энергонезависимости. Это положение основано на изучении гидроэнергетического потенциала малых рек без учета экологических, социально-экономических, законодательных и других ограничений и рисков,

которые влияют на то, какую часть этого потенциала можно использовать без вреда для природы, местных хозяйств, без нарушения законов и международных правовых актов, без учета рисков, связанных с гидроэнергетикой в целом. На самом деле все значительно сложнее.

МГЭС дают дешевую экологически чистую энергию. Стоимость полученной на них электроэнергии абсолютно неконкурентноспособна по сравнению с другими видами производимой энергии. Даже с учетом «зеленых тарифов» прибыль от малых ГЭС обеспечивается только наличием схем обязательного выкупа производимой энергии. Это не говоря уже об экологичности самой постройки МГЭС, которые, как правило, сопровождаются грубыми нарушениями всех экологических норм, игнорированием законов и давлением на местные общины.

МГЭС не несет угрозы окружающей среде, не будет иметь негативного влияния. На самом деле ГЭС наносит огромный вред окружающей среде на всех этапах ее существования. Особенно опасной является постройка одновременно сотен малых ГЭС без учета их кумулятивного эффекта.

Малая гидроэнергетика – это передовой мировой опыт и соответствует самым безопасным для природы мировым образцам. Тем не менее основным технологиям, которые используются в малых ГЭС, уже более ста лет. А большинство ГЭС построено там, где их вообще не должно быть по экологическим соображениям.

МГЭС всегда лучше для окружающей среды, чем большие. Долгое время считалось, что МГЭС намного безопасней, чем крупные. Но когда исследователи сравнили потери суходола и прибрежных поселений в расчете на 1 МВт произведенной электроэнергии, то оказалось, что потери территорий экосистем от МГЭС могут в сотни раз превышать потери от больших ГЭС в расчете на 1 МВт. Также МГЭС вызывают большую фрагментацию экосистем, ухудшают качество воды и влияют на гидрологию рек и их бассейнов.

МГЭС защищают от наводнений. На самом деле нормальный режим работы МГЭС несовместим с противопаводковой защитой. Исследования показывают, что лучшей защитой от наводнений являются не дорогостоящие инженерные сооружения, а естественные речные поймы и снос всех инженерных сооружений, которые перекрывают русло реки и сужают пойму, создают помехи свободному ходу водных потоков.

МГЭС не опаснее водяных мельниц. Но это далеко не так. МГЭС намного опаснее, чем водяные мельницы. Основные отличия кроются в специфике работы этих сооружений. Водяные мельницы работают нерегулярно, и часто для их запуска достаточно погрузить колесо в воду, без перекрытия реки плотиной. Кроме того, эти плотины были значительно меньше, чем плотины малых ГЭС, и при паводках они полностью затапливались, не создавая препятствий для миграции рыбы, а конструкции этих плотин не мешали миграции мальков вниз по течению. МГЭС – капитальные сооружения, которые работают максимальное количество дней в году. Постоянная работа таких дамб приводит к тому, что в период нереста и миграции рыб молодая рыба не способна преодолеть плотину

и гибнет в турбинах. Часто в результате работы турбин происходит высыхивание русла реки, что приводит к разрушению местной экосистемы.

МГЭС принесут благополучие общинам, сопутствуют развитию туризма и рекреации. В действительности МГЭС делают невозможными некоторые виды туризма и рекреации, в частности сплавной и зеленый туризм.

МГЭС уменьшают выбросы парниковых газов и препятствуют изменению климата. Дело в том, что при строительстве ГЭС, как правило создается водохранилище, а в момент его наполнения увеличиваются выбросы другого газа – метана, который имеет парниковый потенциал в 20 раз выше, чем CO₂. Это обусловлено процессами разложения органических веществ в условиях затопления водохранилища.

Таким образом, исходя из ландшафтных особенностей Белорусского Полесья, чтобы обеспечить энергетическую безопасность, благополучие местных жителей и сохранять природу, одним из самых перспективных направлений является энергосбережение. Широкое использование малозатратных технологий и совместное использование солнечной и ветровой энергии будет хорошим дополнением атомной энергии, которая в скором будущем станет вырабатывать Беларусь. Что касается использования малых рек Белорусского Полесья, то наиболее перспективным является развитие бесплотинных ГЭС, которые не забирают русло в трубы, а устанавливаются в потоке. Их можно устанавливать достаточно много без вреда для окружающей среды, и такие ГЭС способны обеспечивать энергонезависимость небольших отдаленных объектов.

3.5 Использование водных ресурсов

Сравнительно недавно для удовлетворения потребностей в воде нужно было лишь подвести ее от источника к потребителю. Изъятия вод из источника составляли незначительную часть и не оказывали значимых изменений на его режим. По мере развития экономики и благоустройства населенных мест все чаще возможности забора воды ограничиваются объемом ресурсов вод источника и обуславливают необходимость проведения мероприятий по увеличению имеющихся водных ресурсов.

Забор воды из источников составляет несколько процентов от среднего годового стока. Однако уже сейчас сравнение потребности в воде с ее наличием в основных водосборах рек с трудом увязывается в водохозяйственном балансе.

Основные причины:

- непропорциональность размещения водоемких потребителей распределению водных ресурсов по территории;
- значительные колебания стока от года к году.

Существенная часть водопотребления не поддается или не подлежит сокращению, например испарение воды с поверхности водохранилищ, снижение норм коммунально-бытового водопотребления.

Соответственно деятельность по сокращению водопотребления должна быть направлена на уменьшение ее затрат в коммунальном и промышленном водоснабжении, на уменьшение потерь воды в системах водоснабжения. Каждое из этих направлений требует больших материальных и трудовых затрат.

По материалам статистической отчетности РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» – сводные данные «Водные ресурсы, их использование и качество вод за 2000–2022 годы» были структурированы, проанализированы с представлением динамики использования водных ресурсов Белорусского Полесья.

Территория Белорусского Полесья располагает наименьшими водными ресурсами по сравнению с другими районами Беларуси, и, по мнению экспертов, в первую очередь здесь могут наблюдаться дефициты водохозяйственного баланса. Поэтому проблема рационального использования водных ресурсов в Белорусском Полесье является актуальной и требует всестороннего изучения. Вопросы нерационального и неэффективного потребления водных ресурсов, высокие удельные расходы воды в промышленности, агропромышленном комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве требуют первоочередного решения. Накопленный статистический материал водопотребления по отраслям экономики и их динамика позволяют выполнить комплексный анализ состояния водопотребления в Белорусском Полесье и своевременно выявить происходящие процессы, что позволит наметить пути минимизации негативных последствий и реализовать их.

В связи с тем, что почти вся территория Брестской и Гомельской областей располагается в рамках Белорусского Полесья, а основные показатели потребления водных ресурсов публикуются по областям, обобщенные результаты, полученные по Брестской и Гомельской областям, без существенных искажений будут характеризовать картину водопотребления и Белорусского Полесья в целом.

Брестская область расположена, большей частью, в пределах Полесской и, частично, Предполесской ландшафтной провинции. Преобладает равнинный рельеф с породами легкого механического состава – песчаными и супесчаными, а также торфяными. Неглубокое залегание грунтовых вод обуславливает их низкую устойчивость к загрязнению. По территории области проходит водораздельная линия водосборных бассейнов трех крупных рек – Припяти, Западного Буга и Немана, поэтому протекающие здесь реки не отличаются большой величиной, а значит, и устойчивостью к загрязнению.

Природные условия Гомельской области сходны с условиями Брестской: обе размещаются в одних ландшафтных провинциях – Полесской и Предполесской. Однако имеются и существенные различия, связанные с положением областей в системе водосборных речных бассейнов. Для территории Гомельской области характерно не водораздельное положение, а размещение в нижних частях бассейнов крупнейших рек Беларуси – Днепра, Припяти, Сожа, Березины. Реки здесь отличаются высокой водностью, а следовательно, менее уязвимы для загрязнения.

Динамика водопотребления Белорусского Полесья представлена на рисунке 3.18, где отмечается общая тенденция снижения потребления воды. До 2003 г. наблюдался рост общего забора воды, а затем до 2020 г. этот показатель систематически уменьшался, незначительное увеличение общего забора воды было отмечено лишь в 2011, 2012, 2021 гг. Это вызвано различными факторами, среди которых в первую очередь следует отметить спад экономики, переход на современные маловодоемкие технологии, изменение политики в области водопотребления и водопользования, направленной на рациональное использование водных ресурсов, и т. д.

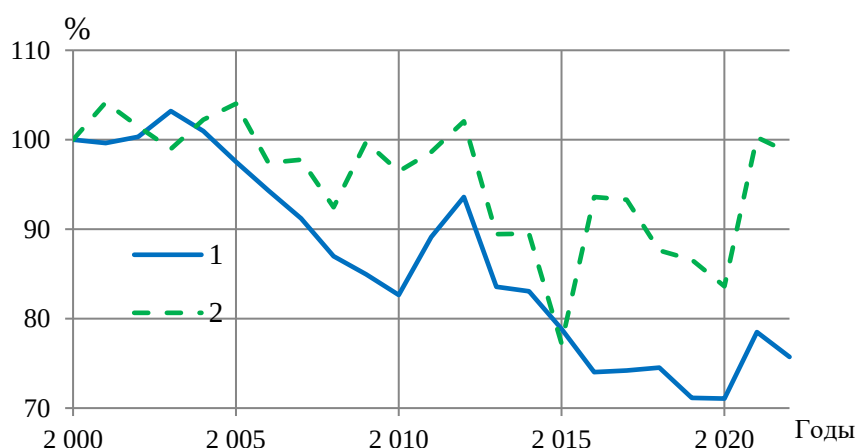


Рисунок 3.18 – Динамика использования водных ресурсов и сброса загрязненных сточных вод в Белорусском Полесье, %:

1 – общее водопотребление свежей воды; 2 – сброс сточных вод

Снижение забора пресной воды составило в 2000–2022 гг. 126,56 млн м³. В то же время объемы водоотведения (сброса) всех видов сточных вод в поверхностные водные объекты до 2012 г. оставались практически на одном и том же уровне, к 2015 г. этот показатель сократился на 24 %, а затем вновь увеличился к 2022 г. Судя по всему, это происходит за счет неадекватного изменения водоотведения в накопители, на поля фильтрации и свидетельствует о неучтенных данных ливневой канализации, предназначенной для сбора воды – дождевой, а также образующейся в результате таяния снега и льда.

Анализ данных по использованию водных ресурсов как на региональном, так и на отраслевом уровнях осуществлялся в каждом конкретном случае с учетом всех видов их использования – хозяйственно-питьевое, производственное, сельскохозяйственное водоснабжение, рыбо-прудовое хозяйство (рис. 3.19). Использование пресной воды на все нужды в Полесье в 2022 г. составило 394,94 млн м³ против 521,5 в 2000 г. Следует учитывать, что в этот период происходило упорядочение хозяйственно-бытового водоснабжения, экономия подачи воды в распределительные сети, установка водомерных устройств, стимулирующих учет и более рациональное водопользование в жилищно-коммунальном хозяйстве.

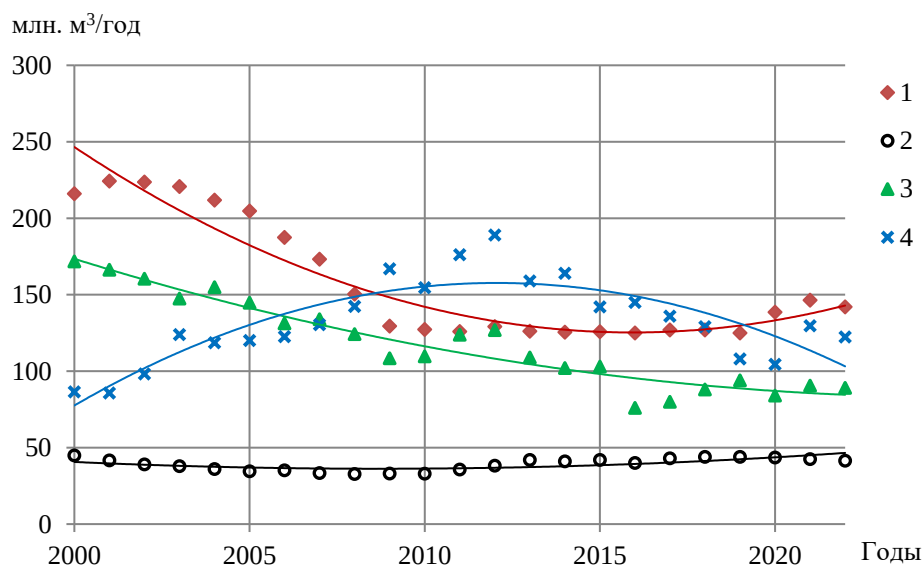


Рисунок 3.19 – Динамика использования водных ресурсов Белорусского Полесья:
 1 – хозяйственно-питьевое; 2 – сельскохозяйственное; 3 – промышленное;
 4 – рыбо-прудовое хозяйство

Сельское хозяйство является одной из ведущих отраслей экономики. Основные отличия сельскохозяйственного водоснабжения от промышленного заключаются в рассредоточенности потребителей и сезонной цикличности производства. Вода в данной отрасли расходуется в значительных количествах на хозяйственно-питьевые нужды населения, на животноводческих фермах, предприятиях по первичной переработке сельскохозяйственной продукции, на приготовление жидких подкормок для пропашных культур, охлаждение двигателей сельскохозяйственных машин и автомобилей, полив растений в парниках и теплицах и т. д. С 2000 г. прослеживается незначительное уменьшение сельскохозяйственного водоснабжения по Белорусскому Полесью: с 44,9 млн м³/год до 32,8 млн м³/год (к 2008 г.), а затем постепенное увеличение до 41,43 млн м³/год (к 2022 г.). Снижение использования воды на сельскохозяйственные нужды объясняется рядом проблем, таких как аварийное состояние и высокий износ элементов систем водоснабжения, недостаточное оснащение сельскохозяйственных организаций и фермерских хозяйств приборами учета расхода воды, увеличение доли убыточных сельскохозяйственных организаций, уменьшение численности населения в селах. Дальнейшее постепенное увеличение объемов водоснабжения в сельском хозяйстве связано с принятием Государственной программы возрождения и развития села на 2005–2010 гг., направленной на полное удовлетворение потребностей сельского населения и сельскохозяйственных предприятий в качественной питьевой воде за счет реконструкции и развития систем центрального и локального водоснабжения, обеспечения технического и технологического переоснащения агропромышленного комплекса. Заложенные в документе направления развития агропромышленного комплекса нашли продолжение и в следующих программах на 2011–2015 и 2016–2020 гг.

В промышленном секторе вода используется для различных целей, как правило, в качестве теплоносителя или охлаждающего средства, для мойки гидротранспорта продукции и сырья, парообразования и т. д. В структуре промышленного производства Брестской области преобладают машиностроение, металлообработка, пищевая промышленность. В Гомельской области – черная металлургия, топливная, химическая, нефтедобывающая, пищевая, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная отрасли промышленности. На период с 2000 по 2016 год по Белорусскому Полесью произошло снижение водопотребления в производстве на 44 %. Это вызвано сокращением производств, внедрением современных водосберегающих технологий, фундаментальных разработок в области ресурсосбережения и энергосбережения, расширением оборотного и последовательного водоснабжения и т. д. С утверждением Положения о порядке разработки и согласования технологических нормативов водопотребления и водоотведения от 24.07.2008 использование воды на промышленные нужды стало более рациональным и экономным.

С 2017 по 2022 год увеличение объема водопотребления по Белорусскому Полесью происходит за счет ввода в эксплуатацию и выхода на проектную мощность ряда крупных производственных объектов деревообработки.

На промышленных предприятиях значительный объем потребляемой воды приходится на системы оборотного и повторного (последовательного) водоснабжения. Обустройство таких систем водоснабжения значительно уменьшает объем сбрасываемых в водоем промышленных стоков и, как следствие, снижает уровень его загрязненности, соответственно улучшая качество воды в водных объектах.

Рыбное хозяйство непосредственно связано с использованием водных ресурсов и предъявляет высокие требования к качественным и количественным характеристикам природных вод. Для успешного воспроизводства и нормального развития рыбы необходимы чистая вода с достаточным количеством растворенного кислорода и отсутствием вредных примесей, соответствующая температура. Нормативы качества воды для рыбохозяйственных объектов более строгие, чем для источников питьевого водоснабжения.

С момента принятия республиканской программы развития рыбной отрасли на 2006–2010 гг., целями и задачами которой являлось обеспечение потребности населения в рыбе и рыбных продуктах, рациональное использование рыбных ресурсов естественных водоемов, повышение качества и ассортимента выпускаемой продукции, наблюдается подъем водопотребления на нужды рыбо-прудового хозяйства по Белорусскому Полесью более чем в два раза. Государственная программа развития рыбохозяйственной деятельности на 2011–2015 гг. предусматривала увеличение потребления деликатесной рыбы, поставку рыбы на экспорт, рост объемов производства рыбной продукции, импортозамещение.

Водопотребление в рыбо-прудовом хозяйстве было максимальным в 2012 г., доля промыслового улова рыбы по Гомельской и Брестской областям составила 55 % от общего республиканского уровня. С 2013 по 2022 год динамика

использования водных ресурсов на нужды рыбо-прудового хозяйства заметно уменьшилась. Одним из факторов снижения водопотребления стали достаточно засушливые 2014–2015 гг., когда средняя температура воздуха превышала климатическую норму, а также наблюдалось отклонение от нормы среднего количества осадков по Белорусскому Полесью. Острый дефицит воды в этот период привел к сокращению площадей для нагула рыбы и увеличению зарастаемости прудов. В ряде рыбоводных хозяйств уровень воды в нагульных прудах составлял от 20 до 50 % от норматива, что не позволило проводить полноценное кормление и обеспечить плановые приросты товарной рыбы и рыбопосадочного материала. В результате эта ситуация отразилась на продуктивности водных угодий.

Другим фактором снижения водопотребления в рыбо-прудовом хозяйстве в последние годы стали нарушения технологии производства рыбы, что привело предприятия к серьезным убыткам как в Брестской, так и в Гомельской областях.

По структуре водопользования в Белорусском Полесье в 2000 г. 41 % забираемой из водных объектов воды использовался на хозяйственно-питьевые нужды, 33 % – на производственные, 26 % – на сельскохозяйственные, включая рыбо-прудовое хозяйство. К 2022 г. произошли изменения в объемах забираемой воды, что повлекло за собой и преобразования в структуре водопользования, отражающиеся прежде всего на социальной составляющей водопотребления. Так, объем расходования воды на хозяйственно-питьевое водоснабжение снизился до 36 %, в промышленности – до 23 %, доля расхода воды на сельскохозяйственные нужды стала 11 %, водопотребление рыбо-прудовых хозяйств увеличилось с 17 до 31 %. Динамика использования воды на различные нужды за период с 2000 по 2022 год по Брестской и Гомельской областям отражена на рисунке 3.20.

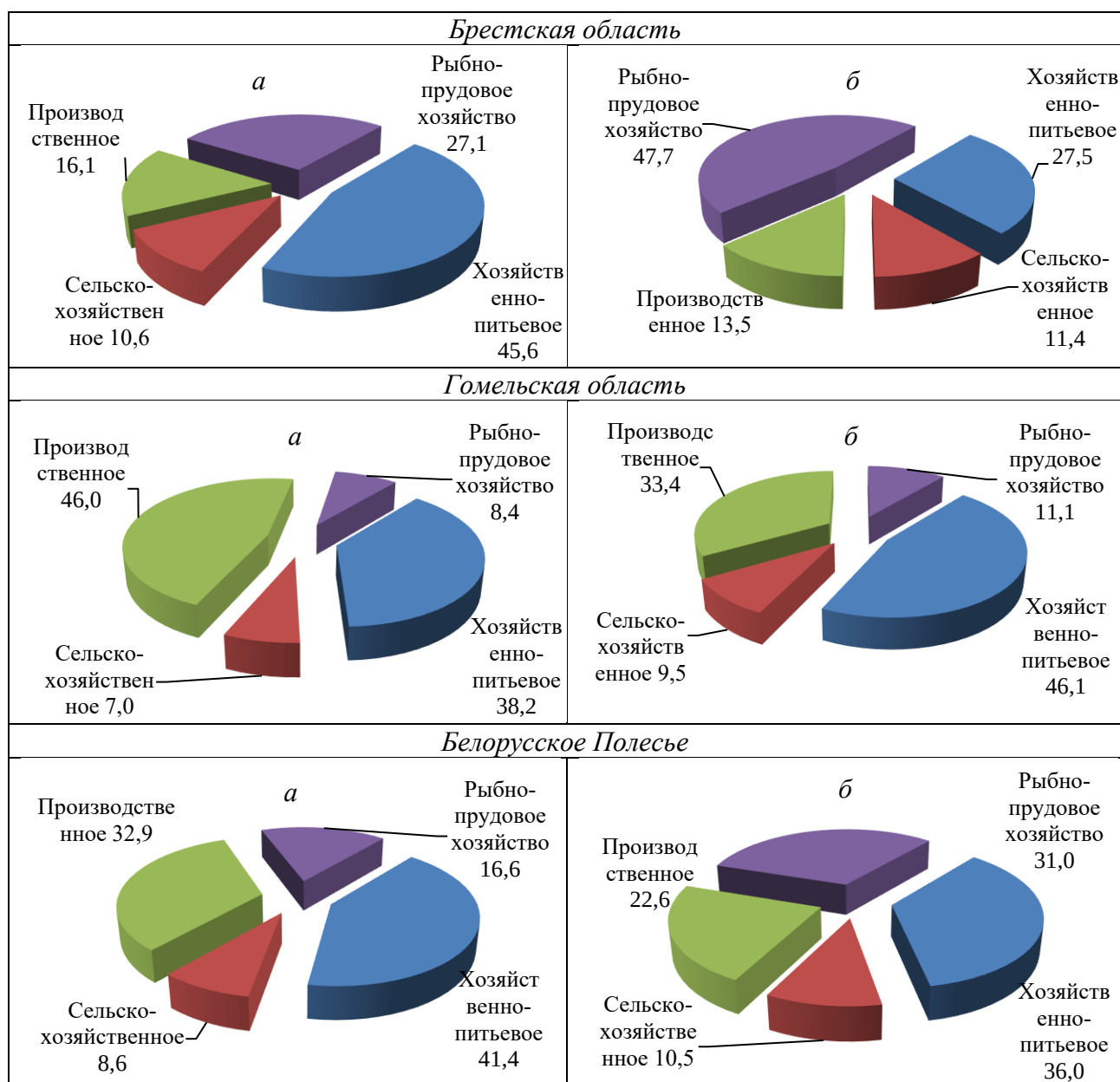


Рисунок 3.20 – Структура водопотребления: а – в 2000 г., б – в 2022 г.

3.6. Антропогенные воздействия на речной сток

Начиная с 50-х годов прошлого столетия развернулась дискуссия о влиянии мелиорации на речной сток. Основное воздействие на водный режим Припяти было оказано в период широкомасштабных гидротехнических мелиораций Полесской низменности. При этом водные ресурсы Полесья сильнее других регионов подверглись антропогенным воздействиям. Было осушено 23 % территории, общая протяженность открытой мелиоративной сети превысила 65 000 км, существенно преобразовалась гидрографическая сеть, особенно если учесть спрямление и углубление самой Припяти и крупных ее притоков. Кроме того, обвалование отдельных участков Припяти и строительство польдерных мелиоративных систем, которые исключают затопление обвалованных участков поймы, привело

к тому, что грунтовые воды понизились на 1,0–1,5 м, вслед за ними снизились уровни воды в реках, в некоторых – вплоть до пересыхания. Все это выразилось в изменении гидрологического режима рек. Анализ изменения стока Припяти показал рост ее среднегодового стока в период активных мелиораций во все месяцы года, кроме апреля и мая. Рост среднегодового стока р. Припять составляет 12 % по сравнению с предыдущими годами, а по сравнению с предыдущим двадцатилетием – уже около 30 % [37].

Максимальные потери от безвозвратного водопотребления и при регулировании речного стока за последние 5 лет в бассейне р. Припять в пределах Белорусского Полесья составили 190 млн м³/год, в бассейне р. Западный Буг – 27 млн м³/год. Пока степень влияния этих потерь невелика и находится в пределах ошибки измерения [84].

Анализ динамики стока воды рек Полесья показал, что с середины 60-х годов прошлого столетия среднегодовые, минимальные летние и зимние расходы имеют устойчивую тенденцию к увеличению, в то же время сток весеннего половодья уменьшается (рис. 3.21).

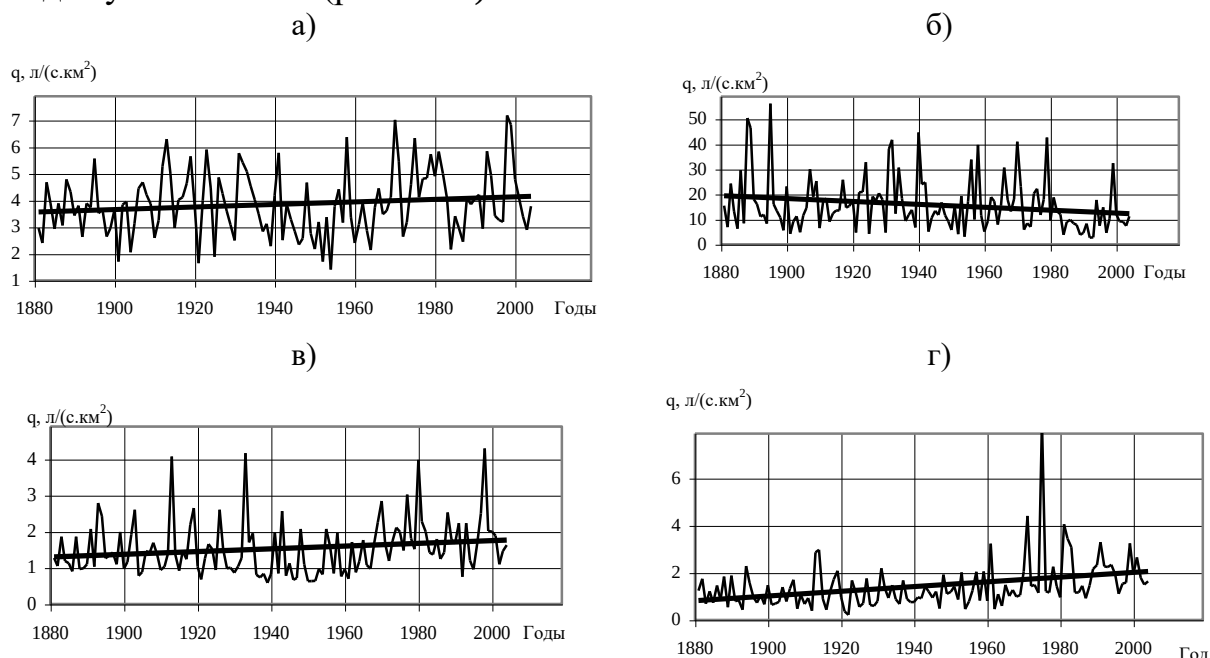


Рисунок 3.21 – Динамика модулей стока воды рек Полесья: а) годовых; б) максимальных весеннего половодья; в) минимальных летне-осенних; г) минимальных зимних

Оценка стока малых рек Белорусского Полесья на примере реки Лань

Крупномасштабные мелиорации середины прошлого века и современные климатические изменения внесли дисбаланс в естественное развитие природных процессов региона, что коснулось и водных ресурсов, а их комплексное и рациональное использование невозможно без прогнозных количественных оценок.

В качестве базовой реки выбрана Лань, которая является типичной рекой Белорусского Полесья, впадает слева в р. Припять. Длина реки 147 км, площадь

водосбора 2190 км², среднегодовой расход воды в устье около 11,3 м³/с, средний уклон водной поверхности 0,4 ‰. На реке в 1977 г. создано водохранилище Локтыши, руслового типа сезонного регулирования для мелиоративных и рыбохозяйственных целей. Колебания уровня воды на протяжении года составляют до 2 м. Площадь 15,9 км², объем воды 50,2 млн м³, площадь водосбора 940 км² [19, 20].

Одной из задач исследования являлось оценка стационарности временных рядов стока р. Лань с различной степенью антропогенной нагрузки. Для этих целей использованы временные ряды стока (годового, максимального, минимального летне-осеннего и минимального зимнего) р. Лань в створах: Логновичи; Локтыши и Мокрово. Для сопоставимости полученных результатов принят единый расчетный период с 1948 по 2015 гг. продолжительностью 68 лет. Пропущенные и недостающие данные восстановлены с помощью компьютерного программного комплекса «Гидролог»-2 [45] с привлечением рек-аналогов согласно требованиям [121].

Для оценки влияния антропогенных воздействий и природных факторов на сток исходные временные ряды расходов воды анализировались за различные интервалы осреднения: с 1948 по 2015 год (весь период наблюдения, 68 лет); с 1948 по 1977 год (период до введения в строй водохранилища, 29 лет); с 1978 по 2015 год (период функционирования водохранилища, 38 лет); с 1978 по 1987 год (период функционирования водохранилища до начала современного потепления климата, 10 лет); с 1988 по 2015 год (период функционирования водохранилища при современном потеплении климата, 27 лет).

При статистическом анализе временных рядов использованы методики:

- для выявления тенденций изменений стока использовались хронологические графики колебаний и линейные тренды;
- для оценки различий в статистических параметрах использовались критерии Стьюдента и Фишера [34, 133].

Для прогнозных оценок изменения водности р. Лань использован метод гидролого-климатических расчетов (ГКР), основанный на совместном решении уравнений водного и теплоэнергетического балансов и адаптированный нами для условий Беларуси [91], включающий стандартное уравнение водного баланса с независимой оценкой элементов баланса в годовом разрезе [31]. Уравнение водного баланса речного водосбора за некоторый промежуток времени имеет вид [36, 86]:

$$Y_k(I) = H(I) - E(I) \pm \Delta W(I), \quad (3.1)$$

где $Y_k(I)$ – суммарный климатический сток, мм; $H(I)$ – суммарные ресурсы увлажнения, мм; $E(I)$ – суммарное испарение, мм; $\Delta W(I)$ – изменение влагозапасов деятельного слоя почвогрунтов, мм; I – интервал осреднения.

Моделирование водного баланса реки реализовано в виде компьютерной программы «Баланс» при наличии данных об атмосферных осадках, температуре воздуха, дефицитах влажности воздуха на расчетный период и современных значений стока воды реки, а также гидрографических характеристиках водосбора [7, 30, 35].

На первом этапе производится настройка модели по составляющим водного и теплового балансов исследуемой реки. На втором этапе осуществлялся непосредственный расчет водного баланса исследуемой реки с использованием параметров, полученных при калибровке модели. Расчет элементов водного баланса производится с учетом конкретных особенностей водосбора [24, 25, 39, 84].

Для получения прогнозных оценок метеорологических величин использовались временные ряды наблюдений за период с 1986 (начало роста средних годовых температур воздуха) по 2015 год с месячной дискретностью. Более подробно процедура оценки климатических параметров на расчетную перспективу представлена в работе [30].

На первом этапе исследований выполнена процедура приведения гидрологических рядов к единому расчетному периоду с 1948 по 2015 год. В качестве примера в таблице 3.21 представлены основные гидрологические характеристики годовых расходов воды непосредственно по данным наблюдений и по восстановленным значениям для гидрологических створов на р. Лань, а на рисунке 3.22 многолетний ход среднегодовых расходов.

Таблица 3.21 – Статистические параметры и расходы воды расчетной обеспеченности годового стока р. Лань

Параметры	Створ		
	Логновичи ($A=480 \text{ км}^2$)	Локтыши ($A=909 \text{ км}^2$)	Мокрово ($A=2550 \text{ км}^2$)
Количество лет наблюдений	10 / 68	29 / 68	40 / 68
Период наблюдений, годы	1979–1988 1948–2015	1948–1977 1948–2015	1975–2015 1948–2015
Среднее значение стока, $\text{м}^3/\text{с}$	$1,90 \pm 0,17$ $2,04 \pm 0,07$	$3,68 \pm 0,19$ $4,09 \pm 0,13$	$8,84 \pm 0,53$ $8,59 \pm 0,46$
Коэффициент автокорреляции	0,37 / 0,16	–0,17 / 0,19	0,28 / 0,12
Норма стока, $\text{м}^3/\text{с}$	1,94 / 2,04	3,71 / 4,12	8,84 / 8,59
Коэффициент вариации (C_v)	0,22 / 0,27	0,29 / 0,28	0,29 / 0,36
Соотношение (C_s/C_v)	3,5 / 3,0	5,5 / 4,0	2,5 / 2,0

Примечание: в числителе приведены параметры, определенные по данным наблюдений; в знаменателе – по данным, приведенным к репрезентативному периоду (68 лет).

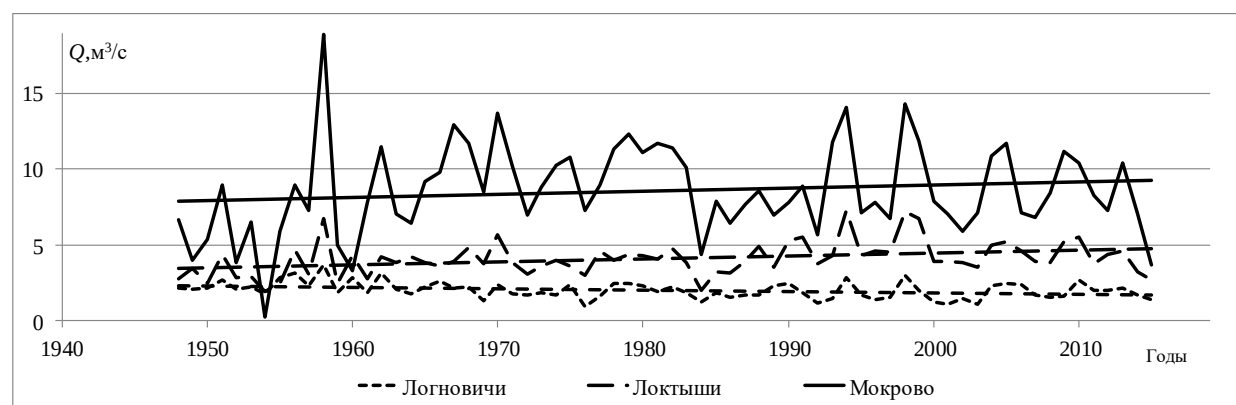


Рисунок 3.22 – Многолетний ход среднегодовых расходов воды р. Лань

Как видно по графикам, имеет место некоторая тенденция к росту годового стока по створам Локтыши и Мокрово ($0,2 \text{ м}^3/\text{в 10 лет}$), которая вызвана крупномасштабными мелиорациями второй половины прошлого столетия, что привело к сработке вековых запасов грунтовых вод верхних горизонтов [43, 84] и небольшому уменьшению стока ($-0,09 \text{ м}^3/\text{в 10 лет}$) в верховье реки, вызванному климатическими изменениями. Для максимального стока по всей реке наблюдается существенное снижение максимальных расходов воды, обусловленное природными факторами (повсеместно на территории Беларуси отмечаются снижение максимальных расходов воды весеннего половодья [42, 46, 83] и аккумуляция части стока весеннего половодья водохранилищем. Общая тенденция изменения минимального стока на территории Беларуси – это повсеместное увеличение зимнего стока, вызванное современным климатическим потеплением в холодный период, как результат частых оттепелей и повышения стока, летний сток не изменился, за исключением Полесья, где произошло некоторое повышение стока, вызванное причинами, рассмотренными выше [37]. Колебания минимального стока в створах Локтыши и Мокрово как в летне-осенний, так и в зимний период определены режимом работы водохранилища и носят предсказуемый характер.

В таблице 3.22 представлены выборочные оценки основных статистических параметров временных рядов стока за различные периоды осреднения.

Рассмотрим устойчивость выборочных статистик (средних и коэффициентов вариации) для периодов осреднения 1948–1977 гг. и 1978–2015 гг. (оценка влияния водохранилища) и 1978–1987 гг. и 1988–2015 гг. (до и в период современного потепления климата) применительно к анализируемым видам стока и створам р. Лань. В таблице 3.23 приведена матрица статистических критериев Стьюдента и Фишера.

Рассмотрим изменения стока р. Лань, вызванные строительством водохранилища, т. е. сравним изменения, произошедшие со стоком за периоды 1948–1977 гг. и 1978–2015 гг. Как показал совместный анализ таблиц 3.22 и 3.33, средний годовой сток на р. Лань в створе Логновичи за рассматриваемые периоды уменьшился на $-0,23 \text{ м}^3/\text{с}$, в створе Локтыши увеличился на $0,74 \text{ м}^3/\text{с}$, а в створе Мокрово статистически значимых изменений не произошло. Это обусловлено в первом случае природными процессами, свойственными рассматриваемой территории, а увеличение стока воды ниже водохранилища – его влиянием в ходе внутригодового перераспределения стока. Как показал анализ дисперсий, изменений в структуре колебания среднегодового стока р. Лань не отмечалось, значения F -критериев не превышали критических. Максимальные расходы воды существенно уменьшились и составили $-10,0$; $-30,6$; $-32,7 \text{ м}^3/\text{с}$ соответственно, при этом изменился и характер колебаний, существенно уменьшилась их амплитуда. Это вызвано наполнением водохранилища в данный период и частыми зимними оттепелями. Минимальный летне-осенний сток реки увеличился только в створе Локтыши ($0,81 \text{ м}^3/\text{с}$), что статистически значимо и вызвано влиянием водохранилища, в остальных рассматриваемых створах наблюдается некоторое статистически незначимое увеличение стока. Характер колебаний минимального летне-осеннего стока, судя по F -критериям, существенных изменений не претерпел,

кроме створа Логвиновичи. Минимальный зимний сток повсеместно увеличился соответственно на 0,47; 0,61 и 1,26 м³/с, причем во всех случаях статистически значимо. Это произошло вследствие зимних оттепелей, выше водохранилища, а ниже добавился антропогенный фактор в виде попусков воды из водохранилища. Кроме того, изменился характер колебаний минимального зимнего стока, кроме створа Локтыши, где решающее влияние оказывает характер попусков из водохранилища.

Таблица 3.22 – Статистические параметры расходов воды р. Лань за различные периоды осреднения

Вид стока	Средний годовой			Максимальный			Минимальный летне-осенний			Минимальный зимний		
Створ	Логно-вичи	Локтыши	Мокрово	Логно-вичи	Локтыши	Мокрово	Логно-вичи	Локтыши	Мокрово	Логно-вичи	Локтыши	Мокрово
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Период осреднения 1948–2015 гг.</i>												
$Q_{cp},$ м ³ /с	2,04	4,12	8,59	2,90	60,8	45,7	0,534	1,52	2,50	0,741	1,47	3,96
C_v	0,27	0,28	0,36	0,67	0,83	0,95	0,22	0,38	0,64	0,693	0,457	0,597
C_s	0,60	0,80	0,40	0,67	0,83	0,95	0,22	0,39	0,65	3,25	1,07	0,981
<i>Период осреднения 1948–1977 гг.</i>												
$Q_{cp},$ м ³ /с	2,22	3,71	8,36	45,3	81,3	67,0	0,523	1,05	2,74	0,518	1,17	3,21
C_v	0,27	0,29	0,46	0,76	0,71	0,94	0,29	0,43	0,66	0,37	0,63	0,78
C_s	1,06	1,58	1,38	3,42	1,76	3,29	1,71	1,06	1,66	1,10	3,76	4,31
<i>Период осреднения 1978–2015 гг.</i>												
$Q_{cp},$ м ³ /с	1,99	4,45	8,88	35,3	49,7	34,3	0,553	1,86	2,39	0,984	1,78	4,47
C_v	0,27	0,26	0,30	0,57	0,95	0,72	0,16	0,21	0,68	0,74	0,34	0,46
C_s	0,68	1,29	0,75	2,28	2,85	4,00	0,96	0,43	1,69	4,05	1,34	0,91
<i>Период осреднения 1978–1987 гг.</i>												
$Q_{cp},$ м ³ /с	1,96	3,70*	9,42	49,6	68,9	56,1	0,606	1,48	3,60	0,757	1,98	4,29
C_v	0,21	0,22	0,30	0,76	0,85	0,76	0,15	0,19	0,50	0,50	0,49	0,67
C_s	0,53	-1,40	0,15	3,42	3,81	3,80	0,76	1,12	1,00	1,73	2,44	3,00
<i>Период осреднения 1988–2015 гг.</i>												
$Q_{cp},$ м ³ /с	1,99	4,70	8,78	31,2	39,2	27,0	0,530	2,01	2,01	1,06	1,74	4,68
C_v	0,28	0,25	0,30	0,41	0,98	0,45	0,14	0,16	0,69	0,77	0,28	0,41
C_s	0,69	1,51	1,21	2,48	2,95	2,00	0,84	0,41	2,44	4,22	0,83	1,02

Таблица 3.23 – Статистические критерии для различных интервалов осреднения и видов стока р. Лань в исследуемых створах

Створ	Логновичи		Локтыши		Мокрово	
Критерий	<i>t</i>	<i>F</i>	<i>t</i>	<i>F</i>	<i>t</i>	<i>F</i>
<i>Вид стока</i>	<i>Годовой</i>					
1948–1977 – 1978–2015	2,19	1,29	2,68	1,22	1,20	1,94
1978–1987 – 1988–2015	1,77	1,66	1,25	2,06	1,31	1,10
	<i>Максимальный</i>					
1948–1977 – 1978–2015	2,07	2,55	2,47	1,63	2,85	5,69
1978–1987 – 1988–2015	1,72	5,22	1,70	2,29	1,91	6,21
	<i>Минимальный летне-осенний</i>					
1948–1977 – 1978–2015	1,25	2,62	7,77	1,24	1,42	1,23
1978–1987 – 1988–2015	2,64	1,68	5,34	1,53	2,86	1,73
	<i>Минимальный зимний</i>					
1948–1977 – 1978–2015	3,93	11,7	4,50	1,14	1,94	2,44
1978–1987 – 1988–2015	1,39	4,63	1,61	3,17	1,06	1,61

Примечание: выделенные значения статистически значимы.

Определенный интерес представляет оценка изменения стока при современном потеплении климата. С этой целью сравнивались два периода: 1978–1987 гг. (ввод в эксплуатацию водохранилища до начала современного потепления) и 1988–2015 гг. (начало современного потепления). Как показал анализ, статистически значимых изменений в среднегодовом стоке не произошло. Картина изменений максимального стока весеннего половодья аналогична рассмотренному выше периоду, т. е. наблюдается повсеместное уменьшение: –18,4; –40,0; –29,1 м³/с, причем в первом и третьем случаях статистически значимое. Минимальный летне-осенний сток статистически значимо изменился во всех створах, но характер изменения отличается: если в створах Логновичи и Мокрово он уменьшился на –0,076 и –1,59 м³/с, то в створе Локтыши вырос на 0,53 м³/с. Характер колебаний существенных изменений не претерпел, как и для минимального зимнего стока.

Скорость изменения значений расходов воды оценивалась с помощью линейных градиентов (α), численно равных произведению коэффициента регрессии линейных трендов (a) на 10 лет. Градиент характеризует изменение расхода воды в м³/с за 10 лет, которые приведены в таблице 3.24.

Таблица 3.24 – Статистические параметры линейных трендов изменения расходов воды р. Лань за различные периоды осреднения

Вид стока	Средний годовой			Максимальный			Минимальный летне–осенний			Минимальный зимний		
Створ	Логновичи	Локтыши	Мокрово	Логновичи	Локтыши	Мокрово	Логновичи	Локтыши	Мокрово	Логновичи	Локтыши	Мокрово
<i>Период осреднения 1948–2015 гг.</i>												
$\alpha \cdot 10, \text{ м}^3/\text{с}$	–0,09	0,19	0,18	–2,76	–8,13	–7,76	0,003	0,218	–0,117	0,113	0,182	0,513
r	–0,34	0,34	0,12	–0,23	–0,34	–0,39	0,00	0,76	–0,15	0,44	0,53	0,40
<i>Период осреднения 1948–1977 гг.</i>												
$\alpha \cdot 10, \text{ м}^3/\text{с}$	–0,27	0,34	1,62	0,11	–8,59	–2,61	–0,006	0,413	0,388	0,026	0,395	0,749
r	–0,42	0,30	0,42	0,00	–0,15	–0,04	–0,00	0,84	0,21	0,13	0,57	0,26
<i>Период осреднения 1978–2015 гг.</i>												
$\alpha \cdot 10, \text{ м}^3/\text{с}$	–0,05	0,06	–0,50	–6,10	–6,80	–7,96	–0,028	0,065	–0,501	0,123	0,015	0,416
r	–0,11	0,06	–0,22	–0,37	–0,19	–0,41	–0,36	0,18	–0,37	0,22	0,03	0,23
<i>Период осреднения 1978–1987 гг.</i>												
$\alpha \cdot 10, \text{ м}^3/\text{с}$	–1,08	–1,33	–0,69	–55,6	49,0	–53,5	–0,105	–0,405	–2,461	–0,321	–0,963	–1,587
r	–0,73	–0,51	–0,78	–0,63	0,29	–0,50	–0,34	–0,47	–0,47	–0,31	–0,40	–0,21
<i>Период осреднения 1988–2015 гг.</i>												
$\alpha \cdot 10, \text{ м}^3/\text{с}$	0,00	–0,43	–0,38	–0,84	3,52	–2,13	0,002	–0,240	0,099	0,147	0,215	0,527
r	0,00	–0,31	–0,12	–0,06	0,09	–0,14	0,00	–0,61	0,07	0,18	0,38	0,24

Примечание: выделенные значения статистически значимы.

Для всего рассматриваемого периода (1948–2015 гг.) статистически значимые линейные градиенты имеют место для среднегодовых расходов воды в створах Логновичи – отрицательный ($-0,09 \text{ м}^3/\text{с}$ в 10 лет), а в створе Локтыши – положительный ($0,19 \text{ м}^3/\text{с}$ в 10 лет). Во всех створах градиенты максимальных расходов воды отрицательные, статистически значимые и составляют $-2,76$; $-8,13$; $-7,76 \text{ м}^3/\text{с}$ в 10 лет соответственно. Здесь налицо действие двух факторов: антропогенного – наполнение водохранилища и природного – современного потепления климата. Для минимального стока статистически значимый положительный градиент наблюдался в летне-осенний период в створе Локтыши ($0,218 \text{ м}^3/\text{с}$ за 10 лет), а в зимний период во всех створах наблюдался рост расходов: $0,113$; $0,182$; $0,513 \text{ м}^3/\text{с}$ за 10 лет соответственно, что характерно для всей территории Беларуси [37].

Для периода 1948–1977 гг. наблюдается снижение стока в створе Логновичи, а в створе Мокрово некоторый рост среднегодового стока – $-0,27$; $1,62 \text{ м}^3/\text{с}$ в 10 лет; в максимальном стоке во всех створах существенных изменений

не установлено, хотя и наблюдается некоторая тенденция к снижению стока; минимальный сток, как летне-осенний, так и зимний, статистически значимо вырос только в створе Локтыши и составил 0,413 и 0,395 м³/с в 10 лет соответственно.

В период с 1978 по 2015 год (время функционирования водохранилища) преобладает тенденция уменьшения стока. Статистически значимо уменьшался максимальный и минимальный летне-осенний сток в створах Логновичи и Мокрово: –6,10; –7,96; –0,028; –0,501 м³/с в 10 лет соответственно.

В период с 1978 по 1987 год (период работы водохранилища до начала современного потепления) значимых тенденций не наблюдалось, исключение составляет средний годовой сток в створе Мокрово (–0,69 м³/с в 10 лет), что вызвано дополнительным испарением с водной поверхности водохранилища. В период современного потепления климата статистически значимые градиенты наблюдались в створе Локтыши для минимальных летне-осенних и зимних периодов (–0,240 и 0,215), что обусловлено влиянием водного режима водохранилища.

Прогнозные оценки изменения стока р. Лань

Моделирование изменения метеорологических характеристик на территории Белорусского Полесья до 2050 г. осуществлялось на базе архива метеорологических данных с использованием мультимодельного ансамбля CMIP5 из четырех сценариев (RCP8.5, RCP6.0, RCP4.5, RCP2.6) [30], результаты представлены таблице 3.25.

Таблица 3.25 – Прогнозные оценки изменения метеорологических характеристик на территории Белорусского Полесья до 2050 г.

Месяцы												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
температуры воздуха (°C)												
2,4	2,2	1,9	1,6	1,4	1,6	2,0	1,9	1,7	1,6	1,7	2,0	1,8
количества осадков (%)												
9,0	5,0	2,0	−6,0	−7,0	−8,0	−12,0	−10,0	−6,0	−4,0	3,0	4,0	−2,5
дефицита влажности воздуха (%)												
0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	−0,3	−0,4	−0,3	−0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

По рассмотренной методике нами были выполнены прогнозные оценки по р. Лань в створе Мокрово на перспективу до 2050 г. В связи с существенным антропогенным воздействием на сток р. Лань настройка модели проводилась по реке-аналогу р. Цна в створе Дятловичи. Реки находятся в непосредственной близости друг от друга, имеют весьма схожие геоморфологические характеристики и климатические условия. Пример моделирования среднемноголетнего годового стока и его внутригодового распределения представлен на рисунке 3.23. В таблице 3.26 приведены результаты расчетов прогнозных оценок изменения среднемноголетнего стока на 2050 г.

Полученные значения стока характеризуют средние многолетние значения. Как видно по таблице 3.26, прогнозируется некоторое уменьшение стока,

вызванное дополнительным испарением с водной поверхности водохранилища в связи с ростом температур воздуха, при этом произойдет некоторое смещение пика весеннего половодья на март.



— измеренный сток, - - - рассчитанный сток
Рисунок 3.23 – Измеренный и рассчитанный сток р. Цна в створе с. Дятловичи (результаты настройки модели)

Таблица 3.26 – Прогнозные оценки изменения стока р. Лань в створе с. Мокрово

Интервал осреднения												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Современные величины стока, м ³ /с												
9,46	9,60	14,16	16,16	8,78	5,99	5,32	5,69	7,74	8,38	8,10	8,01	8,89
Прогнозные оценки величин стока на 2050 г., %												
97,3	95,4	109,8	88,7	74,8	98,8	51,6	68,9	59,5	87,1	93,6	96,1	89,9
Прогнозные оценки величин стока на 2050 г., м ³ /с												
9,20	9,15	15,6	14,3	6,57	5,92	2,75	3,92	4,61	7,30	7,57	7,70	8,00

3.7. Прогнозные оценки изменения стока рек Белорусского Полесья при различных сценариях будущего

Современные климатические колебания, несомненно, окажут влияние на трансформацию речного стока в будущем. По методике, рассмотренной в разделе 3.7, выполнены прогнозные оценки по рекам Белорусского Полесья на период до 2035 года, который в основном подтвердил выявленные современные тенденции его изменения (табл. 3.27) [30].

Таблица 3.27 – Изменение характерных расходов воды в бассейнах рек Белорусского Полесья

Река	Створ	Площадь водо- сбора, км ²	Относительные значения, %			
			сред- ний	максималь- ный весеннего половодья	минималь- ный летне- осенней межени	мини- мальный зимней межени
Бассейн реки Западный Буг						
Ко- паювка	Черск	1480	–23,7	–28,8	–48,9	18,0
Мухавец	Брест	1480	–16,3	–73,1	–32,9	19,3
Пульва	Высокое	1134	–15,7	–51,3	–4,8	–0,6
Бассейн реки Припять						
Припять	Черничи (Туров)	74000	–6,8	–18,3	2,3	–1,8
Припять	Мозырь	101000	–0,6	–30,0	–0,8	2,6
Ясельда	Береза	1040	1,7	–66,0	98,2	39,4
Ясельда	Сенин	5110	–12,4	–47,1	20,0	12,1
Цна	Дятловичи	1100	6,8	–42,8	16,3	31,7
Горынь	Мал. Викоро- вичи	27000	–16,7	–45,7	–6,9	3,9
Случь	Ленин	4480	–16,5	–39,0	–33,0	–5,3
Уборть	Краснобережье	5260	–10,5	–49,6	8,7	14,6
Птичь	Лучицы	8770	–13,5	–44,6	–10,7	3,8
Шать	Шацк	208	–13,7	–53,6	–31,9	13,0
Оресса	Андреевка	3580	–11,7	–26,9	–24,8	–1,1

Обобщение результатов расчетов прогнозного изменения стока в бассейнах рек Белорусского Полесья на период до 2035 г. приведено в таблице 3.28 и на картосхемах приложения Г в работе [30].

Прогнозные оценки стока рек Белорусского Полесья на период до 2035 г. можно свести к следующему:

- снижение среднегодового стока, особенно в бассейне реки Припять;
- незначительный рост стока в зимний период по рекам бассейна Западного Буга и его уменьшением в бассейне Припяти;
- в весенний период вероятно снижение стока в бассейне Припяти и некоторый рост в бассейне Западного Буга;
- в летний период прогнозируется существенное и максимальное из всех периодов года уменьшение стока, особенно в бассейне Припяти;
- в осенний период (особенно в начале осени – до середины октября) также прогнозируется снижение стока в бассейне Припяти и небольшого роста в бассейне Западного Буга.

По объемам стока возможна резкая дифференциация между малыми и большими реками. При этом прогнозируются неравномерность и разнонаправленность в сезоны и месяцы. Особенно резко прослеживается разная направленность изменения стока в летние месяцы.

Таблица 3.28 – Прогноз изменения поверхностного стока до 2035 г. для бассейнов рек Белорусского Полесья, в % от современного состояния

Река – населенный пункт	Зима	Весна	Лето	Осень	Среднегодо- вой
<i>Бассейн р. Припять</i>					
Припять – Черничи (Туров)	4,9	5,5	–19,2	0,6	–2,1
Припять – Мозырь	0,2	1,6	–20,6	–2,4	–5,3
Ясельда – Береза	–0,3	–27,0	–41,7	–23,3	–23,1
Ясельда – Сенин	–3,9	–10,6	–37,7	–11,8	–16,0
Цна – Дятловичи	–3,7	–8,9	–26,9	–19,9	–14,9
Горынь – Малые Викоровичи	–4,0	–11,8	–20,1	–16,7	–13,2
Случь – Ленин	10,1	5,7	–15,8	1,6	0,4
Уборть – Краснобережье	–13,4	–5,6	–25,2	–38,8	–20,8
Птичь – Лучицы	10,3	–0,2	–24,0	16,7	0,70
Шать – Шацк	–0,2	–9,2	–10,7	–4,4	–6,1
Оресса – Андреевка	–14,7	–10,7	–28,4	5,4	–12,10
В среднем по бассейну:	–1,3	–6,5	–24,6	–8,5	–10,2
<i>Бассейн р. Западный Буг</i>					
Мухавец – Брест	7,6	5,8	–11,9	3,2	1,2
Копаявка – Черск	7,6	5,9	–21,7	1,6	–1,7
Пульва – Высокое	8,4	7,3	–34,6	3,1	–4,0
Среднее по бассейну:	7,9	6,3	–22,8	2,6	–1,5

Следует отметить, что прогнозные оценки изменения стока рек в условиях изменяющегося климата следует рассматривать как вероятностные, связанные с допущением ряда неопределенностей. Однако значимость оценок и прогнозов речного стока определяется целесообразностью их последующего учета при планировании водоохраных и водохозяйственных мероприятий, связанных с совершенствованием управления речными бассейнами в Белорусском Полесье. Особенно это актуально в связи с тем, что одним из наиболее негативных последствий изменения климата для речного стока является возможное увеличение частоты и интенсивности неблагоприятных метеорологических и гидрологических явлений. К ним относятся ливни, засухи, поздние заморозки, наводнения, обусловленные дождевыми паводками и весенними половодьями, особенно при соединении факторов таяния снега и осадков в виде мокрого снега и дождя, а также возможного увеличения продолжительности половодья. Усиление неравномерности внутригодового перераспределения стока и увеличение рисков наводнений, обусловленных резкими оттепелями в зимний период, более ранним наступлением весеннего половодья и увеличением интенсивности дождевых паводков, может привести к повышению рисков экстремальных явлений. Проблема возникновения маловодных периодов, приводящих к засухам, также актуальна для бассейнов рек Белорусского Полесья. Хотя пока нет явных предпосылок для возникновения дефицита водных ресурсов, тем не менее повышается вероятность наступления длительных маловодных периодов. Во время таких периодов

может произойти ухудшение экологического состояния и рекреационного потенциала поверхностных водных объектов и прилегающих территорий, изменение гидрологического режима грунтовых вод, истощение почвенного покрова в пойме и т. п. Кроме того, за счет возможного увеличения частоты и продолжительности засушливых периодов повышаются риски существенного уменьшения стока малых рек со снижением в них уровня воды, ухудшением ее качества и уменьшением рекреационного потенциала этих рек.

3.8. Основные направления в исследовании водных проблем Белорусского Полесья

Главной задачей в исследовании водных ресурсов Полесья на нынешнем этапе является комплексная оценка их современного состояния с учетом пространственно-временных колебаний и изменений основных составляющих водного баланса речных водосборов. При этом необходимо учитывать влияние на них различных природных и антропогенных факторов, прогноз изменения водных ресурсов при различных сценариях развития климата и на основе полученных научных результатов разработать мероприятия по минимизации возможных негативных последствий в случае изменения режима водных ресурсов.

Дальнейшие исследования целесообразно сосредоточить на следующих основных направлениях [38, 70]:

- предотвращение и уменьшение негативных последствий от наводнений;
 - улучшение качества природных вод;
 - охрана водных источников при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов народного назначения;
 - управление режимом природных вод, обеспечивающим биосферное функционирование природных экосистем;
 - создание бассейновых схем управления водными ресурсами.
- В области изучения и борьбы с наводнениями:*
- районирование и картирование пойм по величине наводнений с учетом вида хозяйственного использования территории;
 - разработка математической модели и создание соответствующих баз данных для прогнозирования наводнений;
 - разработка противопаводковых мероприятий в долинах рек с учетом всего водосбора;
 - определение видов хозяйственной деятельности, которым при затоплении будет нанесен минимальный ущерб;
 - создание надежных инженерных сооружений по защите сельскохозяйственных земель и хозяйственных объектов с минимальными нарушениями природных биогеоценозов;
 - оптимизированное сочетание инженерных методов защиты населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий с неинженерными, создание гибкой системы по страхованию от наводнений;

– разработка системы оповещения населения о времени наступления наводнения, о максимально возможных отметках его уровня и продолжительности в сутках;

– разработка единой методики учета последствий от наводнений.

В области улучшения качества природных вод:

– оценка современного состояния загрязнения поверхностных и подземных вод и прогноз на ближайшую перспективу;

– оценка величины трансграничного переноса загрязняющих веществ для рек, оптимизация сети наблюдений за качеством природных вод;

– разработка эффективных методов очистки природных и сточных вод;

– разработка компенсационных мероприятий для снижения негативных последствий, вызванных ухудшением качества речных вод;

– разработка мероприятий по снижению загрязнения поверхностных и подземных вод при разработке месторождений полезных ископаемых;

– разработка мероприятий по улучшению качества подземных вод на групповых водозаборах основных населенных пунктов;

– разработка мероприятий по регулированию стока, подаче воды извне, повторному использованию дренажных вод, а также исследование возможности применения нетрадиционных способов, методов и источников покрытия дефицитов влажности почвы сельскохозяйственных полей;

– оценка последствий изменений гидробиологического режима рек, вызванных изменением гидрологического режима рек, повышением температуры воздуха, ухудшением кислородного режима, снижением интенсивности процессов самоочищения;

– разработка методики оценки ущерба от загрязнения вод с учетом экологической безопасности для человека и окружающей природной среды.

На бассейновом уровне необходимо решить следующие задачи:

– дать оценку современного состояния и на перспективу водных ресурсов с учетом их колебаний и влияния на них различных природных и антропогенных факторов;

– разработать бассейновую схему управления водными ресурсами основных рек;

– разработать модель функционирования бассейна малых рек и на ее основе оптимизировать комплексное использование водных ресурсов этих бассейнов;

– разработать методы эксплуатации работы бесплотинных водозаборов, водного транспорта, рекреационных мест и т. д. в условиях уменьшения стока;

– дать экономическое обоснование расчетной обеспеченности водохозяйственных объектов в связи с уменьшением водных ресурсов.

Проблема адаптации водных ресурсов к изменению климата является новой и неопределенной проблемой. В то же время вследствие изменения климата могут усугубиться некоторые современные проблемы водохозяйственного комплекса Беларуси, а также появиться новые, не характерные для нынешних условий. Поэтому разработка адаптационных мер и их реализация являются неотложной задачей.

Адаптация водных ресурсов к изменению климата требует индивидуальных подходов в каждом конкретном случае, поэтому рассмотрим наиболее общие возможные меры по адаптации, которые представлены в таблице 3.29.

Таблица 3.29 – Возможные меры по адаптации водных ресурсов Белорусского Полесья к изменению климата

Повышенная опасность наводнений	Повышенная опасность засухи	Ухудшение качества воды
1	2	3
<i>Предотвращение/повышение устойчивости</i>		
Ограничение городской застройки в зонах, подверженных риску наводнения. Меры по поддержанию безопасности дамб, лесонасаждение и др. структурные мероприятия по предотвращению затопления территорий. Изменения в режиме эксплуатации водохранилищ и озер. Управление землепользованием. Обустройство мест аккумуляции стока. Расширение возможностей дренирования территорий Конструкционные (структурные) меры (временные дамбы, строительство устойчивого жилья, изменение транспортной инфраструктуры). Переселение людей из зон, подверженных высокому риску	Сокращение потребностей в воде. Водосберегающие меры / эффективное использование воды. Совершенствование технологий по утилизации и повторному использованию сточных вод. Водосбережение (системы выдачи разрешений для водопользователей, просвещение и повышение информированности и т. д.). Управление землепользованием. Улучшение технологий и эффективного использования воды. Повышение степени доступности водных ресурсов. Улучшение водного баланса ландшафта. Совершенствование стратегии устойчивого использования подземных вод. Строительство новых сетей водоснабжения и водопользования Выявление и оценка альтернативных стратегических водных ресурсов (поверхностных и подземных). Выявление и оценка альтернативных технологических решений (повторное, использование сточных вод и т. д.). Увеличение емкостей хранилищ (для поверхностных и подземных вод) как естественных, так и искусственных. Создание дополнительной инфраструктуры водоснабжения. Экономические инструменты – установка счетчиков, ценовая политика. Механизм перераспределения водных ресурсов для наиболее приоритетных нужд. Снижение утечек в распределительной сети. Снижение водопотребления в мелиорации за счет изменения севооборотов и методов орошения	Предотвращение сброса и очистка мест сброса отходов в зонах, подверженных риску наводнений. Улучшение очистки сточных вод. Регулирование стока сточных вод. Улучшение системы забора воды для питьевых нужд. Безопасность и эффективность систем сточных вод. Изоляция мест сброса отходов в зонах, подверженных риску наводнения Временные устройства для хранения сточных вод. Защита водосбора (расширение охраняемых территорий и т. д.).

Окончание таблицы 3.29

1	2	3
<i>Подготовительные меры</i>		
Предупреждение о наводнениях (включая раннее предупреждение). Планирование на случай чрезвычайных ситуаций (включая эвакуацию). Риск внезапных наводнений (меры, принимаемые в порядке предотвращения). Картирование угроз и риска наводнений	Разработка плана борьбы с засухой. Изменение правил эксплуатации водохранилищ. Определение приоритетности видов водопользования. Ограничение забора воды для отдельных видов пользования. Планирование на случай чрезвычайных ситуаций. Повышение информированности. Оповещение населения об опасности. Подготовка и тренировки	Ограничения на сброс сточных вод и реализация аварийных систем хранения воды. Регулярный мониторинг за качеством питьевой воды
<i>Ответные меры</i>		
Медицинская помощь в чрезвычайных обстоятельствах Распределение безопасной питьевой воды Обеспечение санитарной безопасности Определение приоритетности и типа распределения (вода в бутылках, пластиковые пакеты и т. д.)		
<i>Восстановительные меры</i>		
Мероприятия по очистке Варианты восстановления, например, реконструкция инфраструктуры Аспекты управления, такие как законодательство, в частности, в области страхования, четкая политика восстановления, надлежащие институциональные механизмы, планы и потенциал, сбор и распространение информации Специально разработанные проекты: новая инфраструктура, лучшие школы, госпитали Все виды финансовой и экономической поддержки Специальное налогообложение для инвестиций, компаний, населения Страхование Оценка		

Полученные результаты требуют дальнейшей апробации с привлечением массовых экспериментальных данных, анализа возможных ошибок прогноза, практической разработки на их основе компенсационных мероприятий по уменьшению последствий влияния изменения климата на водные ресурсы Белорусского Полесья.

Прогнозируемое потепление климата и неизбежный рост хозяйственного освоения речных долин в связи с ростом населения, несомненно, приведут к увеличению повторяемости и разрушительной силы наводнений. Поэтому необходимо усилить научно-исследовательские, организационные и практические работы, направленные на уменьшение ущербов от наводнений. Предотвращение стихийных бедствий в 50–70 раз уменьшит затраты на ликвидацию последствий наводнений.

Анализ структуры сложившейся системы защиты от наводнений в пойме р. Припять, опыта ее эксплуатации, итогов прохождения половодья 1999 г. показывает, что применение чисто инженерных способов не обеспечивает существенного снижения ущербов от наводнений при эффективном использовании пойменных территорий.

Необходимо сочетать инженерные методы защиты (регулирование стока водохранилищами, строительство дамб обвалования приречных территорий, спрямление и углубление речного русла в целях ускорения стока паводковых вод, строительство каналов для отвода вод в естественные понижения рельефа, подсыпка территорий и др.) с неинженерными. К последним относится разработка экономических и юридических норм с учетом особенностей использования паводкоопасных территорий. К ним в первую очередь принадлежат: ограничение или полное запрещение таких видов хозяйственной деятельности, в результате которых возможно усиление наводнений, а также расширение мероприятий, направленных на создание условий, ведущих к уменьшению стока. Кроме того, должны выбираться и осуществляться такие виды хозяйственной деятельности, которым при затоплении будет нанесен наименьший ущерб.

Инженерные сооружения по защите земель и хозяйственных объектов должны быть надежны, и вместе с тем их возведение должно сопровождаться минимальными нарушениями природной среды.

При разработке противопаводковых мероприятий в долинах рек следует рассматривать весь водосбор, а не его отдельные участки, поскольку локальные противопаводковые мероприятия, не учитывающие всю ситуацию прохождения паводка в долине реки, могут не только не дать экономического эффекта, но и существенно ухудшить ситуацию в целом и привести в результате к еще большему ущербу от наводнения.

При хозяйственном освоении паводкоопасных территорий в долинах рек нужно проводить детальные технико-экологические исследования с целью выявления путей получения максимально возможного экономического эффекта от освоения этих территорий и вместе с тем сведение к минимуму возможного ущерба от наводнений.

Решение этого вопроса невозможно без разработки и дальнейшего совершенствования методики расчета как прямых, так и косвенных ущербов от наводнений. Объективное определение ущерба от наводнений имеет важнейшее значение для правильного выбора стратегии и тактики борьбы с этим стихийным бедствием. Точная оценка потерь фактических и возможных как в период, так и после наводнения позволяет выбрать оптимальный вариант мероприятий по предотвращению и ликвидации нарушений и ущербов, вызываемых наводнениями. Определение ущербов очень важно, в частности, для оценки экологической целесообразности и эффективности систем инженерной защиты, а также страхования населения и юридических лиц. Гибкая программа по страхованию от наводнений, сочетающая обязательные и добровольные его формы, может быть лучшим инструментом по регулированию землепользования на паводкоопасных территориях.

При этом должна существовать четко работающая система по прогнозированию паводков и извещению населения о времени наступления наводнения, максимально возможных отметках его уровня и продолжительности. Большое внимание следует уделять заблаговременному информированию населения о возможности наводнения, разъяснению вероятных его последствий и мерах,

которые следует предпринимать в случае затопления. В паводкоопасных районах должна быть широко развернута пропаганда знаний о наводнениях. Все государственные структуры, а также каждый житель должны ясно представлять, что им надлежит делать до, в период и после наводнения. Прогнозирование паводков должно осуществляться на основе развития широкой службы наблюдений за гидрометеорологической обстановкой (следует заметить, что за последние годы произошло значительное сокращение наблюдательных постов гидрометеослужбы). Необходимо непрерывно обеспечивать гидрометеослужбу современным оборудованием – автоматизированными системами сбора и обработки информации, использовать радарные установки и искусственные спутники Земли.

Достаточно сложная ситуация наблюдается с информацией по р. Припять. Это связано, в первую очередь, с необходимостью учета речного стока по большому количеству отдельных притоков (со стороны Украины) и с ограниченными гидрологическими наблюдениями непосредственно на границе. Открытые после наводнения 1999 г. новые посты гидрологических наблюдений не могут в полной мере решить эту задачу. Должны быть осуществлены четкое районирование и картирование пойм с нанесением границ половодий и паводков различной водообеспеченности. С учетом вида хозяйственного использования территории рекомендуется выделить зоны с 20%-ной обеспеченностью паводка для сельскохозяйственных угодий, 5%-ной – для строений в сельской местности, 1%-ной – для городских территорий и 0,3%-ной – для железных дорог. Разумеется, что в разных природных зонах и экологических районах число зон и принципы их выделения могут в какой-то степени измениться. Однако практически везде участки поймы, затопляемые чаще, чем один раз в 5 лет, могут использоваться только под многолетние травы.

Сочетание инженерных и неинженерных способов защиты от наводнений при наличии эффективной службы эксплуатации позволит в значительной степени уменьшить негативные последствия от наводнений.

Особое внимание необходимо обратить на влияние искусственного изменения условий формирования максимального стока на гидрологические и гидравлические параметры стока, прогнозирование масштабов наводнений и выработку стратегии управления, позволяющей минимизировать отрицательные последствия наводнений, определение путей эффективного использования пойменных территорий, потенциал которых достаточно высок.

Исходя из мирового и отечественного опыта в качестве основы стратегии, направленной на защиту и снижение ущерба от наводнений в Белорусском Полесье, необходимо:

- разработать единую государственную политику в области борьбы с наводнениями, механизмы ее реализации, определить задачи и ответственность всех уровней государственной власти, разграничить полномочия, создать систему финансового обеспечения противопаводковых мероприятий;

- создать и развить механизм регулирования хозяйственного использования территорий, подверженных затоплениям, включающий административные и экономические меры;

- осуществить комплексные инженерно-технические мероприятия и обеспечить их надежность;
- совершенствовать систему мониторинга и прогнозировать наводнения, восстановить и расширить сеть гидрометеонаблюдений;
- развить научно-техническое, информационное, нормативно-правовое и кадровое обеспечение противопаводковых мероприятий;
- осуществлять международное сотрудничество, в первую очередь в бассейнах трансграничных рек, так как меры по предупреждению наводнений, пропуску и снижению ущерба от них должны разрабатываться с учетом особенностей всего района водосбора независимо от государственных границ.

Межгосударственное сотрудничество абсолютно необходимо, как минимум, на уровне министерств и других административных органов и ведомств, занимающихся вопросами водохозяйственной деятельности, регионального планирования, сельского и лесного хозяйства, транспорта, сохранения природы, здравоохранения. Межгосударственные органы должны совместно разработать долгосрочную стратегию предупреждения наводнений и защиты от них, которая охватывала бы весь трансграничный речной бассейн и всю его водную систему. Это позволило бы составить совместный план действий, содержащий все меры по управлению риском и снижению его для здоровья и материального ущерба, уменьшению масштабов наводнений, созданию и совершенствованию эффективности прогнозов и оповещения о надвигающейся угрозе затопления, разработать соответствующие меры, порядок и сроки их осуществления.

Концепция управления и рационального использования водных ресурсов Белорусского Полесья

В основу концепции рационального использования водных ресурсов и охраны окружающей среды должен быть положен комплексный целевой подход, при котором предусматривалось бы: определение основных целей и приоритетов в водопотреблении и водопользовании, а также охране окружающей среды, обеспечивающих рациональное использование данного природного ресурса и эффективную защиту от загрязнения; выявление путей, средств и механизмов достижения этих целей; оценка эколого-экономической эффективности при применении научно-технических разработок в народном хозяйстве; формирование экологического сознания у населения. Конечным итогом должно быть улучшение социально-экономических и экологических условий проживания человека.

На первом этапе необходимо направить исследования и технические разработки на научное обеспечение следующих направлений:

- фундаментальные исследования естественных и антропогенных режимов водных объектов региона;
- изучение и кадастровая оценка водных ресурсов, представляющих непосредственное и перспективное хозяйственно-коммерческое значение;
- поиск новых и апробация существующих технологических решений по рациональному природопользованию и энергосбережению;

- комплексная научно-прикладная инвентаризация уникальных водных объектов;
- изучение причинно-следственных закономерностей качества природных вод и здоровья человека;
- формирование многофакторных информационных и предметно-информационных банков данных для экологического мониторинга и кадастра, долгосрочного планирования социально-экономической инфраструктуры, отраслевых прогнозов, экологического образования и воспитания;
- формирование высокого общеевропейского рейтинга природоохранного и этноэкологического потенциала региона и одновременно приближение к серьезному пониманию Евросообществом необходимости привлечения крупных капиталовложений в поддержание стабильного природно-хозяйственного баланса в этом регионе;
- создание научно-информационной основы для ратификации конвенций экологической направленности;
- интенсификация национального и транснационального экотуризма.

На втором этапе необходима разработка национальных планов действий как по водным ресурсам, так и по другим природным сферам с целью охраны окружающей среды для обеспечения экологической безопасности Белорусского Полесья в целом, что позволит обеспечить:

- повышение эффективности водопотребления и водопользования региона на основе новых водо- и энергосберегающих и экобезопасных технологий;
- эффективное высокорентабельное использование имеющихся водных ресурсов в конкретных технологических цепях;
- надлежащую стоимостную оценку эксплуатируемых водных ресурсов и повышение коммерческого уровня местного ресурсного потенциала водных объектов в целом;
- внедрение новых способов и стандартов санитарно-экологической сертификации устойчивого качественного жизнеобеспечения людей;
- действенное сохранение ландшафтного и биологического разнообразия;
- методологическую и информационно-дифференцированную основу для устойчивого развития водопотребления и водопользования;
- схемы развития и пути ликвидации экологически аварийно опасных ситуаций;
- максимальное вовлечение рекреационного потенциала в практику здорового образа жизни и медицинской реабилитации населения.

Учитывая исключительную значимость проблемы, необходима широкая кооперация усилий ученых по изучению, прогнозированию и управлению режимом и ресурсами вод Беларуси. Важно также развитие международного сотрудничества по этой проблеме путем совместного выполнения научных исследований, обмена информацией, включая разработку водных проектов.

Глава 4. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО И МЕЛИОРАЦИЯ

4.1. Основные направления сельскохозяйственного производства

Общая площадь земель Белорусского Полесья составляет примерно 7 300 тыс. га, или около 30 % всей площади земель Республики Беларусь. Из них сельскохозяйственных земель 2 600 тыс. га, включая 1 700 тыс. га пахотных земель, 800 тыс. га луговых земель (из них 600 тыс. га улучшенных луговых земель), более 25 тыс. га земель под постоянными культурами. Леса занимают 3 300 тыс. га, земли под древесно-кустарниковой растительностью 250 тыс. га, земли под болотами 370 тыс. га [122].

Рельеф Белорусского Полесья равнинный с системой плоских, переходящих друг в друга террас, примыкающих к озерам. Это наиболее теплая почвенная провинция Беларуси, вегетационный период длится 195–210 дней, сумма осадков составляет 500–550 мм, среднегодовая температура +7,3 °С. Почвенный покров сложен и многообразен из-за пестроты строения почвообразующих пород и крайней изменчивости степени увлажнения [109].

Многочисленные исследования, связанные с оптимизацией структуры сельскохозяйственного производства, показали, что важнейшим фактором, способствующим повышению эффективности аграрного производства, является оптимизация специализации и отраслевой структуры предприятий с точки зрения рационального использования природно-климатических условий и экономических параметров в конкретных производственных обстоятельствах. Пестрота почвенного покрова и разнообразие почвенных условий являются определяющим фактором размещения и состава сельскохозяйственных культур, возделываемых на предприятиях агропромышленного комплекса [125]. В связи с этим исследования, направленные на глубокое изучение почвенных условий, свойств почв, почвообразовательных процессов в контексте их влияния на продуктивность культурных растений, имеют особую актуальность.

Почвообразовательные процессы в Белорусском Полесье, как и на территории Беларуси в целом, отражают четыре основных генетических типа: дерново-подзолистый, болотный, дерново-карбонатный и аллювиально-луговой (пойменный). Здесь представлены генетические типы почв, развивающиеся преимущественно на водно-ледниковых и древнеаллювиальных песках и рыхлых супесях, а также торфах. В западной части Полесья почвы преимущественно развиваются на мелкозернистых озерно-аллювиальных и древнеаллювиальных песках, местами включающих прослойки алевролита разной мощности и на разной глубине [98].

Ведущим процессом в болотах является торфонакопление, связанное с концентрацией органического углерода. Для Белорусского Полесья характерно наиболее широкое распространение маломощных торфяно-болотных почв низинного типа, развивающихся на флювиогляциальных, озерных и озерно-аллювиальных песчаных и супесчано-песчаных отложениях.

Природные условия Полесья обуславливают широкое распространение переувлажненных минеральных почв. В их ряду ведущее положение занимают дерновые заболоченные почвы, площадь которых в Полесье составляет около 1000 тыс. га. Они являются результатом взаимодействия дернового и болотного почвообразовательных процессов и формируются на слабодренированных равнинах и пониженных элементах рельефа (часто окаймляют широкими полосами заторфованные массивы больших древнеозерных котловин или приурочены к их бывшим мелководным участкам) при близком от поверхности залегании грунтовых вод в основном под луговой травянистой растительностью [98].

В Белорусском Полесье карбонатные варианты дерновых заболоченных почв представлены между Давид-Городком и Туровом (правобережье Припяти). В геоморфологическом отношении участки с такими почвами представляют собой вторую террасу Припяти с абсолютными отметками около 128 м. Названные почвы приурочены к положительным элементам рельефа. Почвообразующие породы – крупнопылеватые, лессовидные тяжелые супеси и суглинки мощностью 0,7–1,5 м; ниже залегают пески. На контакте с песками часто наблюдается прослойка мергелистой супеси мощностью до 20 см [98].

Пойменные почвы в бассейне Припяти развиваются преимущественно на древнеаллювиальных песках при регулярном паводковом затоплении. В зависимости от положения в пойме различают три типа таких почв. Пойменные дерновые распространены, как правило, на гривах прирусловой поймы и развиваются в условиях отрыва от грунтовых вод; имеют маломощный гумусовый горизонт. Пойменные луговые почвы приурочены к центральной части поймы и формируются под влиянием как атмосферного, так и грунтового увлажнения. Гумусовый горизонт хорошо развит и часто имеет зернистую структуру, ниже он сменяется оглеенным горизонтом. Пойменные болотные почвы занимают отрицательные элементы рельефа центральной поймы и ее притеррасной части и характеризуются избыточным грунтовым увлажнением. В профиле таких почв в типичных случаях представлены торфяной или перегнойно-торфяной горизонты и подстилающий их глеевый горизонт [98]. Пойменные почвы Припятского Полесья, вышедшие из аллювиального режима, развиваются на рыхлом супесчаном и песчаном аллювии. Именно эти почвы под названием «перегнойно-карбонатные суглинистые» отнесены в Беларуси к эталонным по плодородию и оцениваются баллом 100, составляя основу бонитировочной шкалы [111].

Важнейшим показателем качества сельскохозяйственных земель является их ценность в соответствии с баллом бонитета. Впервые бонитировка почв сельскохозяйственных земель на территории Беларуси и ее областей была проведена в 1964–1969 гг. Однако в связи с изменением уровня плодородия почв в результате известкования, внесения органических и минеральных удобрений, проведением осушительных мелиораций и культуртехнических работ качественное состояние земельных угодий со временем изменяется и нуждается в периодической оценке. Поэтому в 1974–1976 гг. был проведен второй тур бонитировочных работ, а в 1984–1985 гг. – третий [115].

Исходя из совокупности природных и антропогенных факторов, выделяют естественное (природное), искусственное, потенциальное и экономическое плодородие [18]. Естественное (природное) плодородие зависит от природных факторов (количества органического вещества, влажности, структуры почвенного покрова). Искусственное плодородие создается и поддерживается усилиями человека (внесение удобрений, гидромелиорация). Потенциальное плодородие определяется как способность почвы при благоприятных условиях обеспечивать растения всеми необходимыми элементами и поддерживать высокий уровень экономического плодородия, который учитывается, в первую очередь, через урожайность сельскохозяйственных культур, а также через другие стоимостные оценочные показатели (чистый доход, валовой продукт, цена земли и т. д.). Уровень экономического или эффективного плодородия учитывает экономическую оценку земли и бонитировку почв.

Естественное плодородие сельхозугодий в Брестской области – одно из самых низких в республике. Отмечается разнокачественность пахотных земель в баллах для Брестской области в целом: для сельхозугодий – 35 и пашни – 42. При этом наибольший балл среди районов области составляет 47, наименьший – 37; разница в 10 баллов, по хозяйствам соответственно – 71, 23 и 48 баллов. Распределение пахотных земель Брестской области (740,9 тыс. га) по классам бонитета представлено в таблице 4.1 [110].

Таблица 4.1 – Распределение пахотных земель Брестской области по бонитету

Бонитет, балл	<26	26...30	31...40	41...50	51...60	61...65	>65
Площадь, тыс. га	3,6	26,1	279,7	347,6	74,8	7,6	1,5
Площадь, %	0,5	3,5	37,7	46,9	10,1	1,1	0,2

Естественное плодородие сельхозугодий в Гомельской области среднее по республике. Отмечается разнокачественность пахотных земель в баллах для Гомельской области в целом: для сельхозугодий – 36 и пашни – 44. При этом наибольший балл среди районов области составляет 51, наименьший – 34; разница в 17 баллов, по хозяйствам соответственно – 77, 12 и 65 баллов. Распределение пахотных земель Гомельской области (872,4 тыс. га) по классам бонитета представлено в таблице 4.2 [110].

Таблица 4.2 – Распределение пахотных земель Гомельской области по бонитету

Бонитет, балл	<26	26...30	31...40	41...50	51...60	61...65	>65
Площадь, тыс. га	5,3	33,2	261,0	360,2	198,5	10,0	4,2
Площадь, %	0,6	3,8	29,9	41,3	22,7	1,2	0,5

В таблице 4.3 приведены данные о бонитировке почв сельскохозяйственных земель в разрезе административных районов.

Таблица 4.3 – Бонитировка почв сельскохозяйственных угодий по районам

Район	Сельскохозяйственные угодья	В том числе		
		пашни	многолетние насаждения	кормовые угодья
Брестская область				
Барановичский	34	36	32	30
Березовский	35	37	31	32
Брестский	32	33	33	30
Ганцевичский	32	33	28	31
Дрогичинский	33	34	30	33
Жабинковский	35	35	27	35
Ивановский	34	34	30	34
Ивацевичский	35	36	38	33
Каменецкий	35	35	33	33
Кобринский	33	35	32	30
Лунинецкий	31	32	23	31
Ляховичский	36	38	38	32
Малоритский	29	29	24	28
Пинский	32	35	28	30
Пружанский	34	34	30	33
Столинский	33	38	34	30
Итого по области:	33	35	32	31
Гомельская область				
Брагинский	37	38	36	37
Буда-Кошелевский	36	36	34	34
Ветковский	30	34	35	25
Гомельский	33	36	42	30
Добрушский	34	38	37	29
Ельский	31	32	34	30
Житковичский	30	37	45	24
Жлобинский	34	37	35	30
Калинковичский	36	37	35	34
Кормянский	35	36	37	32
Лельчицкий	28	28	29	28
Лоевский	30	32	32	29
Мозырский	27	30	34	23
Наровлянский	27	29	32	24
Октябрьский	34	36	33	32
Петриковский	28	32	29	24
Речицкий	34	37	32	31
Рогачевский	36	37	36	34
Светлогорский	32	32	30	31
Хойникский	36	40	45	33
Чечерский	35	36	36	32
Итого по области	33	35	35	30

Почвы территории Республики Беларусь значительно беднее, чем у стран-соседей (Россия, Украина, Польша), и их плодородие только на 1/4 определяется как естественное [51], остальная часть достигается за счет внедрения и использования

научных агротехнологий (сбалансированное внесение минеральных и органических удобрений, мелиорация и др.).

Для обеспечения планируемой урожайности основных сельскохозяйственных культур требуется внесение минеральных и органических удобрений. Дозы минеральных и органических удобрений под планируемый урожай основных сельскохозяйственных культур на супесчаных и песчаных почвах Белорусского Полесья приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Дозы минеральных (кг/га действующего вещества) и органических (т/га) удобрений под планируемый урожай основных сельскохозяйственных культур на супесчаных и песчаных почвах

Культура	Уровень планируемых урожаев, ц/га	Доза органических удобрений	Доза азотных удобрений	Доза фосфорных удобрений	Доза калийных удобрений
Озимые зерновые (пшеница, рожь)	30–40	20–30	90–100	60–70	90–100
Яровые культуры (ячмень, пшеница, овес)	30–40	20–25	80–90	50–60	80–90
Картофель	220–300	60–70	80–90	50–60	80–100
Сахарная свекла	310–400	70–80	110–120	80–90	120–140
Кукуруза (зеленая масса)	220–300	50–60	60–70	60–70	80–90
Однолетние травы (зеленая масса)	200–250	–	60–70	40–50	70–80
Многолетние травы (сено)	40–50	–	60–70	50–60	80–90

Дозы минеральных удобрений под планируемый урожай основных сельскохозяйственных культур на торфяно-болотных почвах Белорусского Полесья приведены в таблице 4.5.

Под сельскохозяйственные культуры, многолетние насаждения, сенокосы и пастбища в защищенный грунт ежегодно вносится в среднем 17 000–19 000 тыс. т органических удобрений и 270–350 тыс. т. минеральных удобрений в пересчете на 100 % питательных веществ.

Для повышения плодородия почв исследуемой территории предлагается комплекс мероприятий [81]:

- оптимизации кислотности почв;
- повышению запасов органического вещества;
- эффективному применению минеральных удобрений;
- применению микроудобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

Таблица 4.5 – Дозы минеральных (кг/га действующего вещества) удобрений под планируемый урожай основных сельскохозяйственных культур на торфяно-болотных почвах

Культура	Уровень планируемых урожаев, ц/га	Доза азотных удобрений	Доза фосфорных удобрений	Доза калийных удобрений
Озимые зерновые (пшеница, рожь)	35–45	20–80	90–100	100–110
Яровые культуры (ячмень, пшеница, овес)	35–45	–	70–80	80–90
Картофель	260–350	–	110–130	130–150
Сахарная свекла	450–500	–	140–160	160–180
Кукуруза (зеленая масса)	290–380	–	80–90	90–100
Однолетние травы (зеленая масса)	250–300	–	70–80	80–90
Многолетние травы (сено)	45–60	30–40	80–90	90–100

Практика показывает, что площади кислых почв сельскохозяйственных земель, подлежащих известкованию, составляют, тыс. га: Брестская область – 96,5; Гомельская область – 99,2. При этом потребность в известковых мелиорантах (CaCO_3), в разрезе областей – 463,2 и 466,2 тыс. т в год соответственно. Для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах пахотных земель требуется ежегодное внесение органических удобрений по областям – 15,5 и 18,3 т/га соответственно. Из органических удобрений наиболее высокий эффект оказывают подстилочный навоз, подстилочный птичий помет и торфонавозные компосты. Годовая потребность в минеральных удобрениях составляет, тыс. т д. в.: Брестская область – N (111,1), P (50,7), K (121,1); Гомельская область – N (109,5), P (64,7), K (167,7). Технологическая годовая потребность земледелия в микроудобрениях для некорневых подкормок сельскохозяйственных культур приведена в таблице 4.6 [81].

Таблица 4.6 – Ежегодная потребность в микроудобрениях, т д. в.

Область	Бор	Медь	Марганец	Цинк
Брестская	31,23	16,23	10,43	25,53
Гомельская	28,77	16,66	8,2	39,98

Несмотря на большие суммарные затраты на проведение всего комплекса работ по повышению плодородия почв и защите их от деградации, эффективность мероприятий является положительной.

Общий земельный фонд Брестской и Гомельской областей по состоянию на 1 января 2024 г. составляет 7315,9 тыс. га, из которых большую часть занимают лесные угодья – 3379,7 тыс. га; далее следуют сельскохозяйственные угодья – 2578,8 тыс. га. Дифференцированно, по областям структура земельного фонда приведена в таблице 4.7 [122].

Таблица 4.7 – Структура земельного фонда Брестской и Гомельской областей по видам земель

Вид земельных ресурсов	Брестская область		Гомельская область	
	тыс. га	%	тыс. га	%
Всего сельскохозяйственных земель	1319,0	40,24	1259,8	31,20
в т. ч., пахотных	813,3		919,3	
залежных	0,0		0,0	
под постоянными культурами	13,6		11,9	
луговых	492,1		328,6	
из них улучшенных луговых	400,2		218,8	
Лесных земель	1269,0	38,72	2110,7	52,27
Земель под древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями)	112,2	3,42	137,7	
Земель под болотами	224,1	6,84	145,6	3,61
Земель под поверхностными водными объектами	85,7	2,61	78,0	1,93
Земель под дорогами и транспортными коммуникациями	62,9	1,92	77,4	1,92
Земель общего пользования	15,9	0,49	18,7	0,46
Земель под застройкой	106,3	3,24	92,8	2,30
Нарушенных земель	0,0	0,00	0,0	0,00
Неиспользуемых земель	62,0	1,89	103,2	2,56
Иных земель	20,6	0,63	14,3	0,35
Общая площадь земель	3277,7	100,00	4038,2	100,00

На одного жителя Брестской области приходится 1,00 га сельскохозяйственных земель, в Гомельской области – 0,94 га, а пахотных земель 0,62 га и 0,67 га, соответственно.

В Гомельской области выделяются земли, загрязненные радионуклидами и выбывшие из сельскохозяйственного оборота. В настоящее время их площадь составляет 201,6 тыс. га.

В многолетнем разрезе структура земельного фонда имеет определенную динамику. Так, отмечается достаточно существенное уменьшение площадей сельскохозяйственных земель с 1990 г. к настоящему времени. В то же время площади пахотных земель находятся примерно на одном уровне, с некоторым снижением к 2005 г. и последующим ростом. Причины сокращения площадей сельскохозяйственных земель следующие:

- изъятие и предоставление в установленном порядке земель для развития регионов областей;
- перевод сельскохозяйственных земель в другие виды и категории;
- внутрихозяйственное строительство сельскохозяйственных объектов;
- зарастание древесно-кустарниковой растительностью земельных участков.

Данные дистанционного зондирования Земли подтверждают интенсивное зарастание земельных участков в Барановичском, Березовском, Брестском, Ганцевичском, Дрогичинском, Жабинковском, Ивановском, Ивацевичском, Каменецком, Кобринском, Лунинецком, Ляховичском, Малоритском, Пинском и Пружанском

районах Брестской области, а также в Буда-Кошелевском, Ельском, Калинковичском, Кормянском, Лельчицком, Лоевском, Мозырском, Октябрьском и Светлогорском районах Гомельской области. Зарастание сельскохозяйственных земель происходит в основном на естественных луговых землях, на мелкоконтурных земельных участках сельскохозяйственных земель, расположенных на значительном удалении от центров сельскохозяйственных организаций, среди лесных массивов, участков бывших торфозаболачиваний, бывших пастбищ и сенокосов в поймах рек и их водоохранных зонах из-за ужесточения требований природоохранного законодательства, миграции сельского населения, уменьшения потребности в ведении подсобного хозяйства, частично заболоченных земельных участков вследствие выхода из строя мелиоративных систем и иных факторов [48].

В Республике Беларусь к субъектам хозяйствования, основным видом экономической деятельности которых является сельское хозяйство, относятся сельскохозяйственные организации и крестьянские (фермерские) хозяйства. Сельскохозяйственные организации – это юридические лица (кроме крестьянских (фермерских) хозяйств), их обособленные подразделения, имеющие отдельный баланс, основным и (или) второстепенным видом экономической деятельности которых является сельское хозяйство, кроме предоставления услуг в области растениеводства и животноводства (коды 011–015 общегосударственного классификатора Республики Беларусь ОКРБ 005-2011 «Виды экономической деятельности») [100]. По организационно-правовым формам эти юридические лица представлены как акционерные общества, открытые акционерные общества, закрытые акционерные общества, общества с ограниченной ответственностью, общества с дополнительной ответственностью, производственные кооперативы, унитарные предприятия. Также сельским хозяйством занимаются физические лица, т. е. граждане, ведущие личные подсобные хозяйства, постоянно проживающие в сельской местности, и граждане, имеющие подсобные хозяйства, занимающиеся производством продукции сельского хозяйства с использованием придомовых земельных участков, коллективного садоводства, дачного строительства. Землепользователи владеют такими формами собственности, как государственная, республиканская, коммунальная, частная собственность, среди них есть организации с долей государственной собственности, с долей иностранной собственности, с иностранной собственностью.

На территории Белорусского Полесья сельскохозяйственную деятельность ведут около 480 сельскохозяйственных организаций и около 1000 фермерских хозяйств, в которых по состоянию на 2021 г. заняты около 93 000 человек [128]. Крупнейшими сельскохозяйственными организациями являются ОАО «Птицефабрика «Дружба», ОАО «Остромечево», ОАО «Тепличный комбинат Берестье», ОАО «Рыбхоз Днепробугский», ОАО «Беловежский», ОАО «Агро-Мотоль», СПК «Жеребковичи», ОАО «Ружаны-Агро», ОАО «Журавлиное», ОАО «Парохонское», ОАО «Полесские журавины», КСУП «Брилево», ОАО «Комбинат «Восток», ОАО «Туровщина», КСУП «Совхоз-комбинат «Заря», ОАО «Родина», ОАО «Имени Жукова», ОАО «Агрокомбинат «Южный», ОАО «Птицефабрика «Рассвет», ОАО «Комбинат «Восток», ОАО «Знамя Родины» и др.

Структура продукции сельского хозяйства включает в себя растениеводство (зерновые, овощные, технические культуры, льноволокно, картофель, свекла сахарная (преимущественно на территории Брестской области), фрукты и ягоды и другая продукция растениеводства) и животноводство (выращивание скота и птицы – мясо, молоко, яйца). Сельское хозяйство Белорусского Полесья специализировано на выращивании традиционных для умеренных широт культур. Среди зерновых преобладают преимущественно рожь, пшеница, ячмень, кормовые культуры и картофель. Развито овощеводство и сбор/выращивание ягод, особенно на западе Полесья. В животноводстве в основном выращивается крупный рогатый скот для производства молока и мяса, а также свиньи и птица.

Структура производства сельскохозяйственной продукции достаточно устойчива и к настоящему времени сложилось пять зон специализации [50]:

- 1) молочно-мясное и мясо-молочное животноводство, развитое свиноводство и льноводство;
- 2) молочно-мясное и мясо-молочное животноводство, картофелеводство, посевы льна-долгунца;
- 3) высокоразвитое мясо-молочное и молочно-мясное животноводство, свиноводство и свеклосеяние;
- 4) мясо-молочное и молочно-мясное животноводство, развитое свиноводство и картофелеводство;
- 5) пригородное молочное и мясо-молочное животноводство, птицеводство, картофелеводство и овощеводство.

Общая посевная площадь земель Белорусского Полесья составляет около 2000 тыс. га, из которых 1800 тыс. га приходится на сельскохозяйственные организации, 50 тыс. га – на крестьянские (фермерские) хозяйства, 124 тыс. га заняты под хозяйства населения. Валовой сбор зерновых и зернобобовых культур в среднем составляет 2200–2500 тыс. т в год, кормовых культур – 980 тыс. т, картофеля – от 1800 до 2100 тыс. т, рапса – от 50 до 170 тыс. т в разные годы, овощей – 620–680 тыс. т, свеклы сахарной – от 600 до 1000 тыс. т на западе Полесья, льноволокна – 3–8 тыс. т, фруктов и ягод – 150–250 тыс. т. поголовье крупного рогатого скота составляет примерно 1500 тыс. голов, в том числе поголовье коров – 530 тыс. голов, свиней – 800 тыс. голов, лошадей – 14 тыс. голов, овец – 30 тыс. голов, птицы – 14 500 тыс. голов. Производство молока – 3000 тыс. т при среднем удое молока от коровы 5300 килограммов в среднем за год. Производство яиц – в среднем 1000 млн штук [128].

Около 800 тыс. га составляет общая посевная площадь зерновых и зернобобовых культур (урожайность 24–39 ц/га), кормовых культур – 980 тыс. га, картофеля – 93 тыс. га (урожайность 180–220 ц/га), рапса – 88 тыс. га (урожайность 9–24 ц/га), овощей – 24 тыс. га (урожайность 200–340 ц/га), свеклы сахарной – 17 тыс. га (урожайность 300–450 ц/га), льна – 10 тыс. га (урожайность 6–15 ц/га) [128]. В таблице 4.8 приведена урожайность основных сельскохозяйственных культур по годам за период 2018–2023 гг.

Таблица 4.8 – Урожайность сельскохозяйственных культур, ц/га

Область	Вид продукции растениеводства	Годы					
		2018	2019	2020	2021	2022	2023
Брестская	Картофель	291,0	297,0	270,0	268,0	298,0	391,0
	Овощи	335,0	422,0	405,0	384,0	431,0	508,0
	Рапс	19,7	24,6	27,8	23,2	29,3	32,3
	Свекла сахарная	394,0	416,0	409,0	442,0	470,0	425,0
	Зерновые и зернобобовые культуры	28,8	35,4	39,3	34,4	39,1	39,4
Гомельская	Картофель	197,0	213,0	190,0	161,0	206,0	309,0
	Овощи	167,0	187,0	178,0	155,0	150,0	124,0
	Рапс	10,1	10,8	14,8	15,5	15,1	15,9
	Свекла сахарная	–	–	–	109,0	225,0	367,0
	Зерновые и зернобобовые культуры	20,0	21,8	27,0	23,0	23,2	20,7

Как видно по таблице 4.8, урожайность существенно колеблется по годам и зависит прежде всего от погодных факторов, складывающихся в конкретном году. Потери урожайности от неблагоприятных погодных условий в отдельные годы в разрезе районов могут достигать 20–25 % [115]. Анализ временных рядов урожайности по основным культурам показал, что ее пик пришелся на конец 80-х годов прошлого столетия. К этому времени сложилась оптимальная культура земледелия, возросло качество посевного материала, внедрены прогрессивные агротехнические приемы и, самое главное, посредством мелиораций улучшен водно-воздушный и тепловой режим почв. Однако с распадом Советского Союза снизилось финансирование потребностей сельхозпроизводства, произошло разрушение мелиоративных систем и их сооружений, обострилась проблема деградации земель. Впоследствии свою негативную роль сыграли экстремальные климатические явления – заморозки и участвовавшие засухи и засушливые явления.

Одним из современных направлений ведения сельского хозяйства является органическое земледелие [130]. Так, Доктрина национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года предполагает доведение к этому времени доли площадей под органическим сельским хозяйством до 3 %, при этом получение продуктов здорового питания и органических пищевых продуктов должно достичь 20 % [55]. Все это возможно, на наш взгляд, при создании условий рационального использования природных ресурсов (почвенных, водных, климатических и др.) на мелиорируемых землях.

4.2. Особенности мелиоративного освоения земель Белорусского Полесья

Одной из «визитных карточек» природы Беларуси является большое количество болот на ее территории. До проведения мелиоративных работ общая площадь болот составляла около 3 млн га, что превышало 14 % от всей площади республики. Это один из самых высоких показателей среди европейских стран. Болота в Беларуси расположены неравномерно. Помимо них, значительную часть территории занимают заболоченные земли, которые не являются болотами в строгом смысле этого слова. Наиболее заболочены земли в Полесье, где заболоченность в среднем составляет около 60 %, хотя в некоторых районах Полесья она достигает 80–85 % [11] (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Ландшафты Полесья

Помимо заболоченности, практически вся территория Беларуси отличается отсутствием инфраструктуры, подверженностью эрозии и разнообразием почвенно-геоморфологических условий.

Эти факторы привели к необходимости формирования природно-территориальных комплексов (ПТК), которые требуют проведения различных мелиоративных мероприятий (водных, химических, культуртехнических и др.) для эффективного использования их в хозяйственных целях. Это подразумевает целенаправленное изменение ПТК для достижения оптимального состояния и структуры, которые будут наиболее подходящими для хозяйственной деятельности [12].

Почвы областей Белорусского Полесья находятся в разной степени увлажнения и характеризуются как автоморфные, полугидроморфные, гидроморфные и заболоченные (табл. 4.9) [106, 131]. Выращивание сельскохозяйственных культур на землях Белорусского Полесья затруднено без проведения работ по улучшению их качества.

Можно сделать вывод, что Белорусское Полесье занимает выгодное географическое положение на территории Республики Беларусь. Здесь наблюдается лучшее обеспечение ресурсами тепла и влаги, тем самым формируются благоприятные условия для развития сельхозпроизводства. Однако ввиду неустойчивости естественного увлажнения на сельскохозяйственных землях имеют место как избытки тепла и влаги, так и их дефициты. В современных условиях воздействия на водный и тепловой режимы подстилающей поверхности осуществляются прежде всего путем проводимых мелиоративных мероприятий. Агрономические свойства почв, уровень природного плодородия, неустойчивость их естественного увлажнения не гарантируют получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Необходимым, но далеко не достаточным условием для решения этой задачи является благоприятный водно-воздушный и тепловой режимы хорошо окультуренных почв. Достаточным условием, как известно, служит оптимальное соотношение газов, минеральных и органических удобрений в растворе. Вследствие этого мелиорации на современном этапе рассматриваются как инженерные мероприятия, посредством которых обеспечиваются оптимальные водный, воздушный, тепловой и питательный режимы почв. Брестская и Гомельская области по темпам развития мелиоративных работ являются лидерами в республике, а мелиорация земель Белорусского Полесья имеет давнюю историю.

Таблица 4.9 – Распределение пашни по степени увлажнения почв

Район	Площадь пашни, тыс. га	Удельный вес почв различного увлажнения в составе общей площади пашни, %					
		Автоморфные		Полугидроморфные		Гидроморфные	Всего заболоченных и болотных почв
		Всего	из них вре- менно избыт. увлажн.	Всего	из них глинистые и суглини- стые		
1	2	3	4	5	6	7	8
Брестская область							
Барановичский	80,5	89,7	21,6	8,8	0,8	1,5	10,3
Березовский	38,6	51,6	33,2	39,6	–	8,8	48,4
Брестский	42,3	68,3	24,4	27,8	–	3,9	31,7
Ганцевичский	19,9	34,1	20,2	45,7	–	20,2	65,9
Дрогичинский	43,1	40,9	31,7	53,2	–	5,9	59,1
Жабинковский	28,6	60,0	29,4	37,7	–	2,3	40,0
Ивановский	44,3	49,2	32,4	44,7	0,2	6,1	50,8
Ивацевичский	54,3	46,6	20,3	28,0	–	25,4	53,4
Каменецкий	68,1	84,6	17,7	13,7	–	1,7	15,4
Кобринский	64,6	37,9	27,9	47,0	0,1	15,1	62,1
Лунинецкий	40,6	24,5	12,7	52,3	–	23,2	75,5
Ляховичский	38,5	72,3	28,6	19,5	0,2	8,2	27,7
Малоритский	26,9	21,8	14,5	63,7	–	14,5	78,2
Пинский	66,6	43,2	21,4	35,7	–	21,1	56,8
Пружанский	76,1	73,3	26,0	14,6	–	12,1	26,7
Столинский	43,3	44,1	21,8	49,7	–	6,2	55,9
Итого по области:	776,4	56,6	23,9	32,7	0,1	10,7	43,4
Гомельская область							
Брагинский	45,0	66,9	20,8	20,4	0,4	12,7	33,1
Буда-Кошелевский	61,7	66,8	15,9	32,0	4,3	1,2	33,2
Ветковский	48,8	81,2	16,1	17,5	1,5	1,3	18,8
Гомельский	47,3	65,2	11,6	31,8	1,4	3,0	34,8
Добрушский	55,2	76,9	20,0	22,5	2,7	0,6	23,1
Ельский	23,6	48,2	28,5	31,8	2,2	20,0	51,8
Житковичский	29,6	51,8	31,0	25,3	5,2	22,9	48,2
Жлобинский	58,8	73,8	28,2	15,7	0,4	10,5	26,2
Калинковичский	58,6	41,8	3,0	31,9	–	26,3	58,2
Кормянский	38,3	79,1	17,1	20,4	4,3	0,5	20,9
Лельчицкий	24,1	53,1	17,5	28,3	–	18,6	46,9
Лоевский	24,3	62,2	27,4	35,1	0,5	2,7	37,8
Мозырский	23,4	88,3	17,5	11,5	–	0,2	11,7
Наровлянский	23,5	56,9	39,8	41,4	0,7	1,7	43,1
Октябрьский	27,5	49,2	11,7	17,2	–	33,6	50,8
Петриковский	42,7	43,1	19,7	36,3	0,3	20,6	56,9
Речицкий	59,8	48,1	3,3	39,7	1,9	12,2	51,9
Рогачевский	69,2	83,4	28,1	15,5	1,9	1,1	16,6
Светлогорский	34,7	56,0	24,4	17,5	–	26,5	44,0
Хойницкий	31,0	66,7	14,0	22,9	0,7	10,4	33,3
Чечерский	33,1	86,4	23,8	11,1	1,7	2,5	13,6
Итого по области:	860,2	64,9	18,8	25,0	1,5	10,1	35,1

В XVI веке рост населения в Полесье, а также формирование социально-экономических и производственных отношений привели к расширению землепользования за счет освоения новых территорий и их включения в сельскохозяйственный оборот. Мелиорация стала ключевым фактором улучшения земель и единственным доступным в то время способом получения продуктов питания. Под руководством польской королевы Боны (рис. 4.2) в окрестностях Бреста было построено несколько мелиоративных каналов (1549–1557 гг.). Самый крупный из них, «Бона» (рис. 4.3), расположенный в районе Кобрина, сохранился до наших дней и активно используется в составе действующих мелиоративных систем. Его длина составляет 29 км, а площадь водосбора – 261 км² [117].

В XVII веке голландские поселенцы продолжили работы по улучшению земель. Они осушали болота, чтобы увеличить площадь собственных сельскохозяйственных угодий.

Во второй половине XVIII века интенсифицировалось строительство водных путей и оживление мелиоративных работ. Так, были осушены избыточно увлажненные земли в имениях князей Радзивилов на территории нынешнего Столинского района, а также в имении «Селец», принадлежащем Сапегам. Примером первого польдера служит осушительная система в фольварке «Крестинowo», принадлежавшем подстаросте Пинскому М. Бутримовичу. Сельскохозяйственные поля были отгорожены дамбой от р. Стырь.



Рисунок 4.2 – Королева Бона



Рисунок 4.3 – Канал Бона в районе Кобрина

В конце XVIII века, при короле польском Станиславе Августе Понятовском, началось строительство судоходного канала между бассейнами рр. Днепр и Буг. Изначально канал, названный Королевским, предназначался для сплава леса с востока на запад. Однако для обеспечения судоходства в середине XIX века были построены три канала, которые доставляли воду в Королевский канал: Белоозерский, Ореховский и Турский. Также был построен ряд плотин для подъема воды. В настоящее время канал имеет название «Днепровско-Бугский» (рис. 4.4). Общая длина канала составляет 196 км, из которых 105 км – это сам канал. В его составе 12 гидроузлов с судоходными шлюзами, 28 водопропускных плотин, 14 водоспусков, 5 земляных плотин, 3 перепада и 64 км дамб обвалования.



Рисунок 4.4 – Днепровско-Бугский канал

Водный режим канала определяется стоком, формирующимся на водосборе и поступающим из других бассейнов. Основным путем поступления воды является водопитающая система канала (рис. 4.5). Водный режим отличается по годам и временам года. В периоды межени он определяется необходимыми и возможными к получению объемами воды для обеспечения судоходства (шлюзование) и поддержания минимальной (экологической) водности прилегающих к каналу территорий и водопитающей системы. В период половодий и паводков водный режим определяется необходимостью сдерживания напора паводковых вод и пропуска через канал максимально возможного их расхода [99].

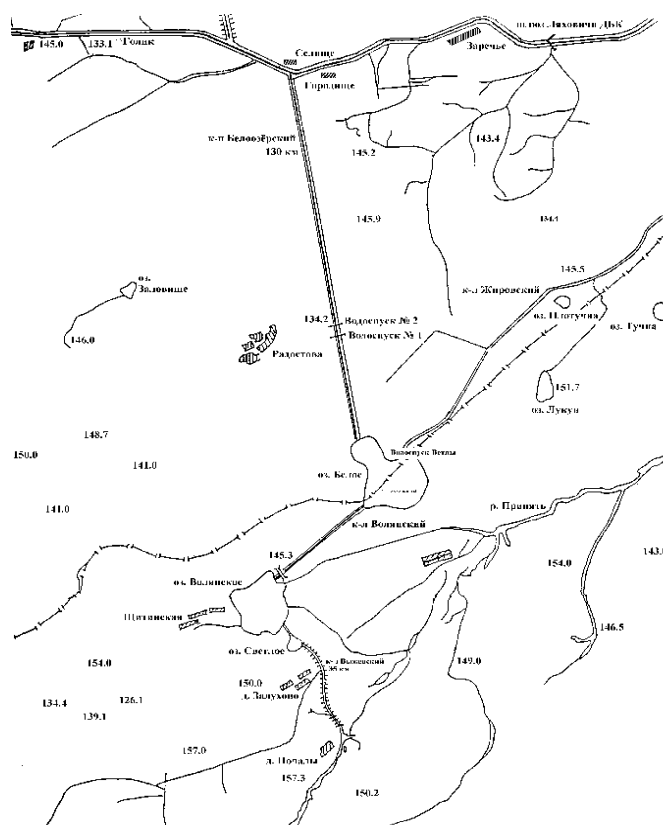


Рисунок 4.5 – Схема водного питания Днепровско-Бугского канала

В настоящее время Днепровско-Бугский канал является водоприемником 17 гидромелиоративных систем, осуществляющих регулирование водного режима территорий на площади более 11 тыс. га. На водоразделе и восточной части

непосредственно или через различные водотоки канал принимает воду из 46 гидромелиоративных систем площадью 20 тыс. га. Водой из канала питаются отдельные рыбхозы (например, Новоселковский Дрогичинского района с наливными прудами емкостью 210 млн м³). Однако основное предназначение Днепровско-Бугского канала – судоходство. Оптимальный объем воды, необходимый для обеспечения судоходства, определен в размере 5,78 млн м³, что позволяет обеспечивать в настоящее время 300 тыс. т грузооборота [99]. В свое время максимальный объем грузооборота пришелся на 1989 г. – 7 млн т, когда в больших объемах транспортировалась железная руда с криворожских месторождений. Днепровско-Бугский канал соединяет бассейны Черного и Балтийского морей.

Аналогичную роль выполняет Огинский канал, построенный в конце XVIII века магнатом М. Огинским. Длина канала составляет 47 км, он соединяет реки Щара и Ясельда. В настоящее время Огинский канал сильно заилен и не используется для судоходства (рис. 4.6). Он служит только водоприемником для мелиоративных систем, расположенных поблизости. Этот объект нуждается в комплексной реконструкции, так как представляет интерес для развития агро-экотуризма [40].



Рисунок 4.6 – Огинский канал

В конце XIX века в Белорусском Полесье были проведены масштабные мелиоративные работы, считающиеся одними из самых значительных в истории региона. Они были осуществлены под руководством генерала И. И. Жилинского и получили название «Западная экспедиция» (рис. 4.7). Мелиорация земель проводилась в соответствии с Генеральным планом осушения Полесья, который был разработан с учетом финансовых и проектных возможностей того времени. На Западную экспедицию И. И. Жилинского было возложено осушение Полесья, включающего по 6 уездов Минской и Волынской губерний, 4 – Гродненской, а также казенных дач Владимирской, Московской и Тверской губерний. Основная идея Генерального плана состояла в устранении причин, вызывающих образование болот, достижении более равномерного распределения вод по площади Полесья и удаления излишков воды. При этом предусматривалось строительство каналов, спрямление и расчистка притоков р. Припять, инженерное обустройство их русел, ускорение стока воды с болот и др. В период с 1874 по 1897 год экспедицией построено 4367 верст (*верста* – 1,06 км) осушительных каналов, 549 мостов и 30 шлюзов (рис. 4.8). Также было очищено 127 верст заросших

русел рек. Многие из построенных каналов были проложены настолько удачно, что сохранились до наших дней под своими первоначальными названиями [90].

В первой половине XX века осушение земель Белорусского Полесья шло медленно. Это связано со сменами власти, войнами и, следовательно, с низким финансированием работ. Продолжавшаяся четыре года (1941–1945 гг.) Великая Отечественная война повлекла за собой катастрофические потери в народном хозяйстве. Многие водохозяйственные объекты практически полностью были выведены из строя. В первоочередном порядке в послевоенный период восстанавливались органы управления мелиоративным комплексом. На VIII сессии Верховного Совета БССР первого созыва утвержден четвертый пятилетний план восстановления народного хозяйства БССР на 1946–1950 гг. Важной составной частью плана было развитие сельскохозяйственного производства и мелиоративного строительства. В 1946–1947 гг. были начаты работы по осушению земель на объектах «Тельмы» Брестского, «Катушки» Дывинского, «Черный ров» Жабинковского, «Боровые волокы» Кобринского районов (рис. 4.9). В послевоенные годы в сельском хозяйстве интенсивно проходила коллективизация, и к концу 1950 г. в Брестской области было 662 колхоза и 42 МТС. Уже в 1950-х годах с каждого гектара мелиорированных земель в хозяйствах ежегодно собирали 18–19 центнеров ржи, 20–27 центнеров овса, 200–300 центнеров картофеля, 250–400 центнеров корнеплодов и 400–500 центнеров кукурузы на силос. Получаемые урожаи на осушенных землях были значительно выше, чем на обычных угодьях, что предметно агитировало за мелиорацию.



Рисунок 4.7 – Генерал
И. И. Жилинский



Рисунок 4.8 – Работы по устройству канала



Рисунок 4.9 – Работы по осушению земель Полесья

Решающий этап в развитии мелиорации наступил в 1966 г., когда пленум ЦК КПСС определил ее как общенациональную задачу. Полесье стало одной из приоритетных областей для водохозяйственного строительства в СССР. В 1966–1970 гг. в Беларуси планировалось осушить 1 млн 550 тыс. га переувлажненных земель, раскорчевать кустарники и мелколесья на площади около 900 тыс. га. Большая часть этих объемов приходилась на территорию Полесья.

Необходимо отметить, что наряду с крупномасштабными осушительными мероприятиями в 1971 г. началось строительство оросительных систем. Первоначально для орошения земель применялись быстроразборные, переносные и передвижные дождевальные устройства: «УДС», «Радуга», «Сигма», «ДДН-70» и др., а в дальнейшем – передвижные широкозахватные устройства: «Волжанка», «Фрегат», «Днепр», «Кубань». Одновременно со строительством мелиоративной сети создавались водохранилища и пруды, насосные станции, сетевые гидротехнические сооружения, дамбы обвалования, дороги, мосты, линии связи и электропередачи (рисунки 4.10–4.13). На пике мелиоративного освоения продуктивность гектара осушенных сельхозугодий составляла 33–38 центнеров кормовых единиц (цке), в том числе продуктивность мелиорированной пашни – 43–53 цке. Общий валовой сбор продукции растениеводства составлял до 45 %, в том числе кормов до 60 %. В ходе комплексной мелиорации земель Полесья создавались совхозы, где предусматривались производственная и жилая зона, общественные и торговые помещения, зона отдыха. В таблице 4.10 приведены отдельные, наиболее крупные совхозы и их мощности. Одновременно создавались предприятия по производству полнорационных обезвоженных кормов в рамках выполнения программы специализации кормопроизводства на основе внедрения прогрессивных технологий. Такие предприятия были созданы в колхозах «Новый путь» Кобринского и «Заря» Малоритского районов [90].



Рисунок 4.10 – Строительство осушительного канала



Рисунок 4.11 – Строительство закрытого материального дренажа



Рисунок 4.12 – Орошение земель
дождевальная машина «Фрегат»



Рисунок 4.13 – Мелиоративная
насосная станция

Таблица 4.10 – Совхозы, созданные в ходе комплексной мелиорации земель Полесья

Совхозы	Год начала строительства	Общая площадь землепользования, га	Площадь сельхозугодий, га	в том числе пашня, га	Площадь осушения, га	Площадь орошения, га	Молочно-товарная ферма, голов	Выращивание нетелей, тыс. скотомест
Днепробугский Кобринского р-на	1979	7425	5555	1405	3818	1647	800	6,0
Ореховский Кобринского р-на	1988	9070	5620	2490	4682	474	2×400+ +800	–
Имени Ленина Лунинецкого р-на	1973	6428	4633	2164	4432	–	1200	3,0
Парахонский Пинского р-на	1973	7016	6145	4468	4525	780	1470	3,0
XXIV съезд КПСС Пинского р-на	1979	5939	4784	1741	3103	677	–	–

Характерной особенностью мелиоративных водохозяйственных мероприятий, проводимых в Белорусском Полесье, является комплексность строительства. Локальные мелиоративные объекты запроектированы на основе разработанной схемы комплексного использования водных, земельных и лесных ресурсов с учетом удовлетворения потребностей субъектов хозяйствования и планов социально-экономического развития республики. Такая схема предусматривает: строительство осушительных и осушительно-увлажнительных систем; регулирование стока с помощью водохранилищ; обводнение и увлажнение земель; строительство рыбных хозяйств; противопожарные и противоэрозионные мероприятия; благоустройство всей территории, включая хозяйственное, жилищное, дорожное и водное благоустройство территории и трансформацию угодий с учетом освоения новых земель и специализации хозяйств. Разрабатываются также

организационно-технические мероприятия по упорядочению территории, использованию земель, применению удобрений и природоохранные мероприятия.

Комплексность мероприятий можно увидеть на примере мелиорации водосбора р. Ясельда. Выше г. Береза, где русло р. Ясельда отрегулировано (рис. 4.14) и характеризуется высокой пропускной способностью, переувлажненные земли мелиорированы с помощью осушительно-увлажнительных систем [117].

Характерным объектом мелиоративного строительства этой части бассейна р. Ясельды является объект «Верховье Ясельды» (рис. 4.15).



Рисунок 4.14 – Отрегулированное русло р. Ясельды

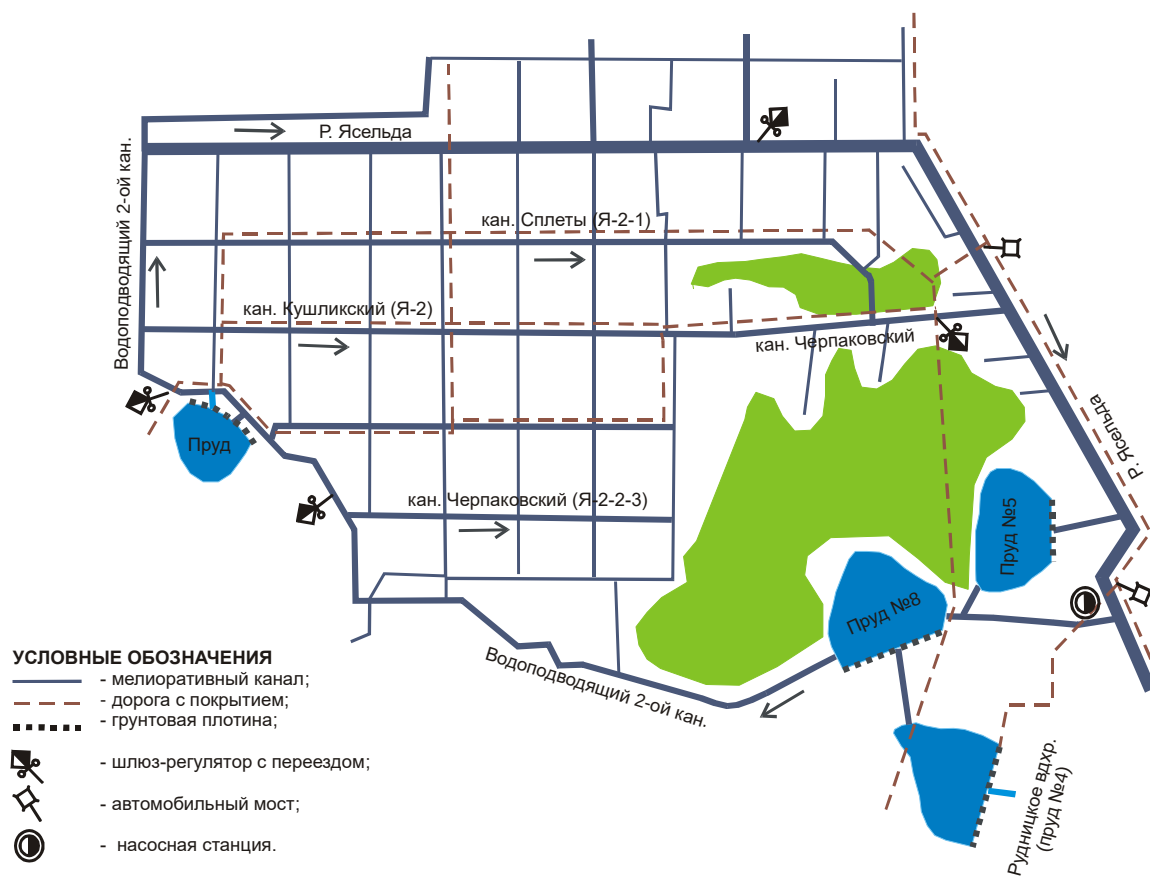


Рисунок 4.15 – Схема мелиорации земель на объекте «Верховье Ясельды»

На фотографии (рис. 4.16) представлен пруд № 4, расположенный в юго-западной части болотного массива северо-западнее деревни Рудники и предназначенный для обводнения и увлажнения земель, регулирования паводков, водного благоустройства деревень Рудники, Боровики, Новодворцы и Залесье, а также рекреационных, противопожарных и других хозяйственных нужд. Регулирование водного режима на мелиорированных землях осуществляется комплексом построенных гидротехнических сооружений (рис. 4.17).

В пойме р. Ясельды ниже г. Береза более 70 тыс. га земель требовали защиты от затопления. В качестве наиболее рационального метода мелиорации пойменных земель принята защита их от притока поверхностных вод вместе с понижением уровней грунтовых вод. Этот метод реализован локально на отдельных участках поймы путем строительства незатопляемых (зимних) и с регулируемой длительностью затопления польдеров. В то же время локальное выгораживание отдельных участков не позволило установить единый рациональный уровеньный режим р. Ясельды, поэтому было принято решение также о строительстве весенних (затапливаемых) польдеров. Визитной карточкой мелиорации водосбора р. Ясельды, как и всей территории Белорусского Полесья, стали польдерные мелиоративные системы, только на территории Брестской области построенные на площади 232,1 тыс. га (рис. 4.18).



Рисунок 4.16 – Пруд № 4 на объекте «Верховье Ясельды»



Рисунок 4.17 – Шлюз-регулятор на р. Ясельде



Рисунок 4.18 – Обвалование пойменных земель

Еще одним примером комплексного освоения водных и земельных ресурсов может служить объект «Спорово», расположенный между двух озер – Черным и Споровским. Проект был разработан в 1978 г. «Союзгидромелиоводхозом», и общая площадь мелиорации составляла 4603 га (рис. 4.19). Мелиоративная система является польдерной осушительно-увлажнительной системой водооборотного типа, позволяющей в вегетационный период поддерживать оптимальный уровень грунтовых вод для нормального развития сельскохозяйственных культур.

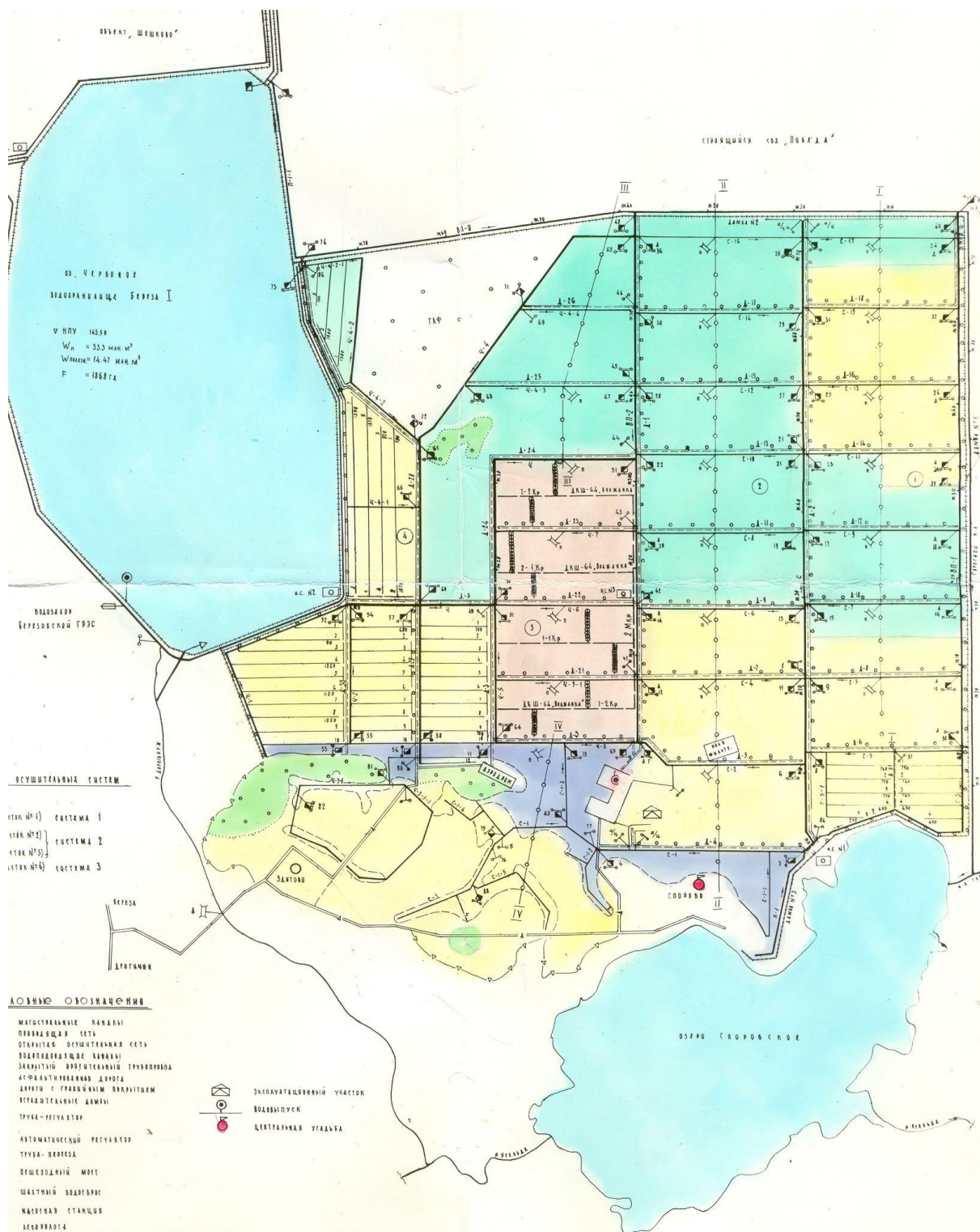


Рисунок 4.19 – Схема запроектированных мероприятий на объекте «Спорово»

В составе технической схемы гидромелиоративной системы выделяются 4 насосные станции, открытая проводящая и регулирующая сеть длиной 117 км, закрытая регулирующая сеть длиной 921 км, 71 труба-регулятор, из которых 12 с автоматическим регулятором уровня воды нижнего бьефа, 16 труб-переездов, 23 пешеходных мостика, 69 км дорожной сети, 20 км дамб обвалования и другие сооружения. Отвод воды из польдера осуществляется механическим способом с помощью стационарных насосных станций. Увлажнение мелиорируемых земель предусмотрено двумя методами: дождеванием на площади 529 га (ДКШ-64, ДКШ-56 «Волжанка»); шлюзованием на площади 3525 га.

Примеры объектов «Верховье Ясельды» и «Спорово», как и мелиорация в основном всего водосбора, достаточно позитивны. В последние годы здесь имеет место адекватная финансированию эксплуатации мелиоративных систем. Однако наряду с этим мы можем наблюдать некоторую трансформацию мелиорированного земельного фонда ввиду различных причин. Например, некогда осушенные и впоследствии орошаемые и эффективно используемые земли в совхозе «Брестский» Брестского района переданы под жилищное строительство (объект «Ямно»). На рисунке 4.20 приведена схема мелиоративной системы «Ямно». Земли объекта были осушены закрытым гончарным дренажем по проекту «Союзгипромелиоводхоза».

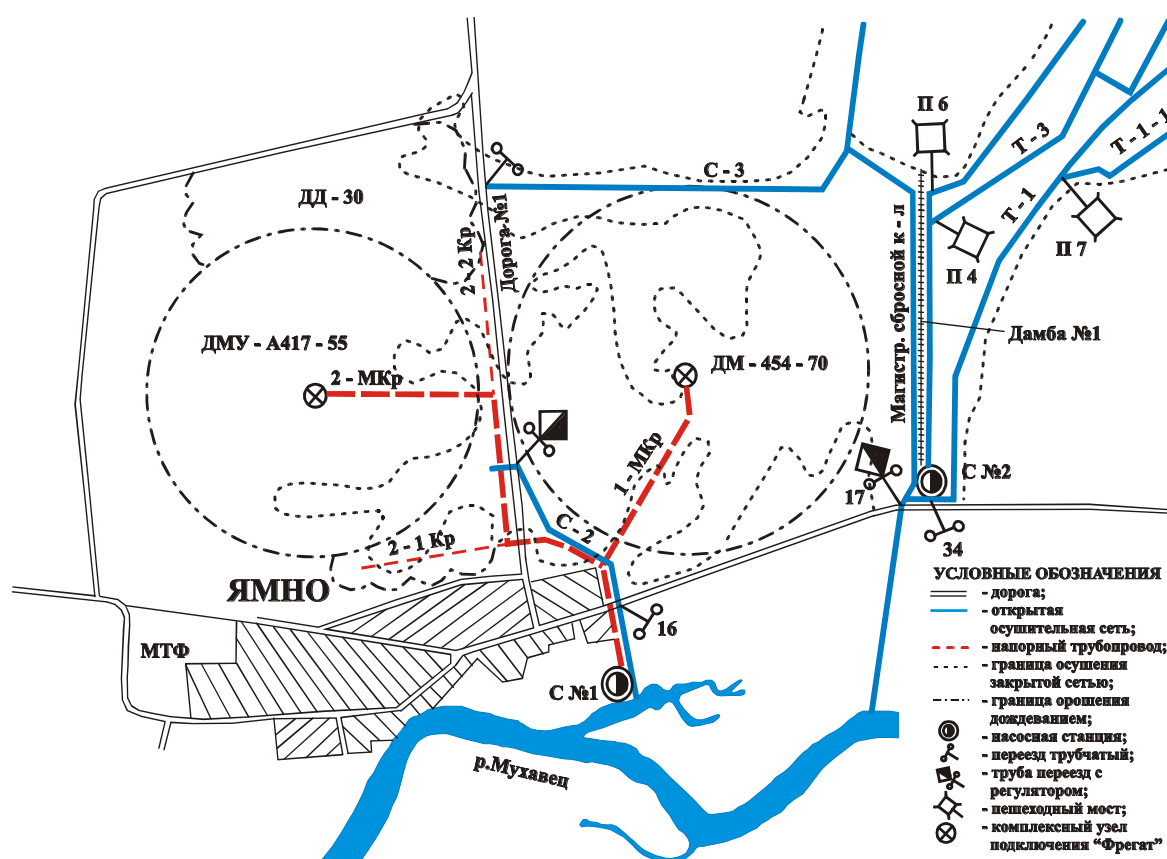


Рисунок 4.20 – Схема мелиоративной системы «Ямно» в совхозе «Брестский» Брестского района

На осушенном участке в 1973 г. была построена оросительная система на площади 110 га, а в 1987 г. проведена реконструкция, в ходе которой увеличена площадь орошения до 157 га. В качестве основных методов осушения производилось понижение уровней грунтовых вод и ускорение поверхностного стока, а способом осушения выступал закрытый горизонтальный материальный дренаж. Основным методом орошения – дождевание, способы – использование широкозахватных дождевальных устройств «Фрегат» ДМУ-А417-55 и ДМ-454-70, а также дальнеструйных дождевальных аппаратов ДД-30 (42 гидранта). Мелиорируемые земли использовались в качестве овощного севооборота и пастбища. С распадом Советского Союза и в связи с этим резким сокращением финансирования эксплуатационных оросительных мероприятий дождевальная техника была демонтирована, насосные станции законсервированы. Некоторое время мелиоративная система работала как чисто осушительная, а в настоящее время на ее месте построен коттеджный поселок (рис. 4.21).



Рисунок 4.21 – Коттеджный поселок на территории бывшей мелиоративной системы «Ямно»

В настоящее время основная часть мелиорированных земель Республики Беларусь (62 %) приходится на Брестскую, Гомельскую и Минскую области. Более половины мелиорированных сельскохозяйственных угодий представляют собой земли с песчаными и супесчаными почвами. Это требует проведения культуртехнических работ, которые предполагают значительные материальные затраты. В Брестской и Гомельской областях сосредоточено наибольшее количество таких земель [11].

Фонд осушенных земель Брестской и Гомельской области по состоянию на 1 января 2024 г. составляет 1297 тыс. га, из которых большую часть занимают сельскохозяйственные угодья – 1168,9 тыс. га. Орошаемые земли занимают 6 тыс. га

и в полном объеме используются под нужды сельского хозяйства. Дифференцированно, по областям структура фонда осушенных и орошаемых земель приведена в таблицах 4.11, 4.12 [122].

Мелиорация земель в Белорусском Полесье ранее осуществлялась в соответствии с пятилетними государственными программами сохранения и использования мелиорированных земель, в настоящее время – в соответствии с Подпрограммой 8 Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2021–2025 гг. [103] и отвечает ее основной цели – повышению продуктивности мелиорированных земель за счет проведения мелиоративных мероприятий и осушения высокоплодородных земель. Для достижения этой цели решались задачи по обеспечению оптимального водно-воздушного режима на мелиорируемых землях путем адекватных эксплуатационных мероприятий. В соответствии с основными направлениями развития мелиорации земель в настоящее время проводится реконструкция технически устаревших мелиоративных систем или их отдельных элементов, восстановление неработающих систем, проведение работ по обеспечению нормативной устойчивости и долговечности сооружений (эксплуатация) (рис. 4.22).

Таблица 4.11 – Структура земельного фонда Брестской и Гомельской области по видам земель (осушенные земли)

Вид земельных ресурсов	Брестская область		Гомельская область	
	тыс. га	%	тыс. га	%
Всего сельскохозяйственных земель,	673,7	91,11	495,2	88,81
в т. ч. пахотных	324,9		294,0	
залежных	0,0		0,0	
под постоянными культурами	2,7		0,9	
луговых,	346,1		200,3	
из них улучшенных луговых	315,2		171,7	
Лесных земель	4,9	0,66	28,5	5,11
Земель под древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями)	15,4	2,08	19,4	3,48
Земель под болотами	2,7	0,37	1,6	0,29
Земель под поверхностными водными объектами	18,8	2,54	0,0	0,00
Земель под дорогами и транспортными коммуникациями	4,6	0,62	2,0	0,36
Земель общего пользования	0,3	0,04	0,1	0,02
Земель под застройкой	3,5	0,47	0,7	0,13
Нарушенных земель	0,0	0,00	0,0	0,00
Неиспользуемых земель	9,4	1,27	6,6	1,18
Иных земель	6,1	0,82	3,5	0,63
Общая площадь земель	739,4	100,00	557,6	100,00

Таблица 4.12 – Структура земельного фонда Брестской и Гомельской областей по видам земель (орошаемые земли)

Вид земельных ресурсов	Брестская область		Гомельская область	
	тыс. га	%	тыс. га	%
Всего сельскохозяйственных земель,	4,2	100,00	1,8	100,00
в т. ч. пахотных	3,2		1,7	
залежных	0,0		0,0	
под постоянными культурами	0,2		0,0	
луговых,	0,8		0,1	
из них улучшенных луговых	0,8		0,1	
Общая площадь земель	4,2	100,00	1,8	100,00



Рисунок 4.22 – Ремонт и восстановление мелиоративной сети

В целом политика государственного регулирования в мелиоративной отрасли предусматривает выполнение агромелиоративных мероприятий на осушенных землях, реконструкцию и восстановление осушительных, осушительно-увлажнительных и оросительных систем, введение в сельскохозяйственное использование высокоплодородных земель и земель на ранее законсервированных объектах мелиорации в запланированных Государственной программой объемах, реконструкцию и восстановление основных сооружений мелиоративных и водохозяйственных систем, очистку от древесно-кустарниковой растительности осушенных сельскохозяйственных земель, мелиоративных каналов на осушенных сельскохозяйственных землях, землях лесного фонда и разрабатываемых торфяных месторождений, проведение ремонтно-эксплуатационных работ и ведение государственного учета мелиоративных и водохозяйственных систем и др.

Для того чтобы обеспечить устойчивое сельскохозяйственное производство в Республике Беларусь, было построено 4948 мелиоративных систем. Эти системы значительно различаются по своим характеристикам и техническому уровню, что обусловлено региональными климатическими условиями (количеством воды, температурой, атмосферными осадками, скоростью ветра и т. д.), рельефом местности, типом почвы, структурой использования осушенных земель и другими факторами. В состав мелиоративных систем входит сложный комплекс линейных и сетевых сооружений. Общая протяженность каналов и водоприемников составляет 164,6 тыс. км, протяженность закрытой дренажной сети – 997 тыс. км, количество мостов – 3,6 тыс., шлюзов-регуляторов – 2,4 тыс.,

труб-регуляторов – 27,5 тыс., труб-переездов – 61,4 тыс., насосных станций – 542, протяженность защитных и ограждающих дамб – 4,9 тыс. км, эксплуатационных дорог – 18,1 тыс. км, количество прудов и водохранилищ – 1002. Площадь земель, осушенных с использованием закрытого дренажа, составляет 2,2 млн га, или 64 % от общей площади осушенных земель. На площади 701,9 тыс. га (всего 1607 мелиоративных систем) построены системы с двусторонним регулированием водного режима, в том числе на орошаемых землях (10,2 тыс. га). На площади 252,6 тыс. га созданы польдерные мелиоративные системы [103].

По оценкам специалистов, во время весеннего паводка площадь, которую охватывает разлив р. Припять, составляет примерно 520 тыс. га. На этой территории расположено 342 населенных пункта. Наводнения в Полесском регионе наносят значительный ущерб экономике [5]. Затопленные и подтопленные земли негативно влияют на жизнь людей и сельскохозяйственное производство. Подтопление сельскохозяйственных угодий приводит к снижению их продуктивности и, в большинстве случаев, к гибели урожая. В среднем урожайность сельскохозяйственных культур на затопленных территориях на 50–75% ниже, а стоимость продукции на 20–50 % выше [11].

Возраст основного числа мелиоративных систем превышает 40–45 лет. В процессе длительной эксплуатации мелиоративные системы и их элементы приходят в негодность для интенсивного растениеводства. Это происходит из-за изменения формы каналов, вызванного заилением, размывом, обрушением откосов и дна, а также из-за оседания грунта и зарастания каналов древесно-кустарниковой и другой растительностью. Также зарастают и разрушаются дренажные линии, что приводит к уменьшению глубины их залегания из-за оседания торфяной залежи после осушения и выработки торфа при освоении земель. Заиление и зарастание русла ведут к уменьшению формируемых расходов. В то же время заросшее русло осуществляет биологическую очистку текущей воды. Однако ухудшающийся при этом водный режим почв (подтопления и затопления) может привести к возникновению поверхностного стока и смыву удобрений и пестицидов. Таким образом, старение мелиоративных систем оказывает разнонаправленное влияние на загрязненность русловых вод, которая в целом, очевидно, будет несколько уменьшаться [99].

Несмотря на то, что в составе мелиорированных земель преобладают минеральные почвы, особенно остро стоит проблема сохранения осушенных торфяников. Сельскохозяйственное использование торфяно-болотных почв неизбежно приводит к их деградации. В Полесье в основном преобладают маломощные торфяники (до 1 м), почти третья часть которых минерализовалась и перешла в стадию органоминеральных и антропогенно преобразованных почв. Мелиорация торфяно-болотных почв и их дальнейшее нерациональное использование привели к обострению эрозионных процессов. Около 30 % торфяников используются под пашню. Резко изменились теплофизические свойства мелиорированных торфяников, что обострило проблемы заморозков и пожаров. Функционирующие на торфяно-болотных почвах осушительно-увлажнительные системы не снимают остроту проблем ввиду неэффективного управления ими и неудовлетворительного состояния сооружений. В связи с этим торфяники необходимо использовать только в качестве

культурных сенокосов и пастбищ, полностью исключив пропашные и зерновые культуры, заменив их влаголюбивыми травами. Таким образом, на более длительный период можно сохранить качественные характеристики торфяников, обеспечив бездефицитный баланс органического вещества. Кроме того, происходит уплотнение почвы сельскохозяйственной техникой и разложение торфа, что также способствует разрушению сооружений, креплений и облицовок. В результате уплотнения почвы сельскохозяйственной техникой меняется состояние поверхности и структура почвы, что нарушает оптимальные агротехнические сроки сева и уборки сельскохозяйственных растений, а также условия их выращивания. Это значительно снижает продуктивность мелиорированных земель [11].

В результате неудовлетворительной работы осушительной сети на больших площадях появились вымочки и постоянно переувлажненные участки. Вследствие этого в составе проектов реконструкции мелиоративных систем должны обязательно разрабатываться мероприятия по организации поверхностного стока. В наиболее крупных западинах целесообразно предусматривать водоемы-копани.

Сельскохозяйственные угодья территории Полесья, как и всей Беларуси, характеризуются большой мелкоконтурностью ввиду наличия большого количества коммуникаций, городской и сельской застройки, лесонасаждений, гидрографической сети, поэтому существующие мелиоративные системы имеют сложную конфигурацию. Рекомендуемые для различного сельскохозяйственного пользования размеры и площади полей не выдерживаются.

В таблице 4.13 приведены основные показатели мелиоративных систем Брестской области на 1 января 2023 г.

Общая площадь мелиорированных земель Брестской области составляет 729,3 тыс. га, из них 678,0 тыс. га занимают сельскохозяйственные земли, в том числе пахотные – 305,1 тыс. га (45 %) и луговые – 372,9 тыс. га (55 %), с которых хозяйства области получают более 50 % продукции растениеводства и 2/3 травянистых кормов.

Более половины осушенных сельскохозяйственных земель занимают земли с песчаными и супесчаными почвами, что требует реализации культуртехнических мероприятий и значительных затрат на их проведение.

Площадь мелиорированных земель с применением закрытого дренажа составляет 376,9 тыс. га. На площади 285,0 тыс. га построены мелиоративные системы с двухсторонним регулированием водного режима, на площади 232,1 тыс. га – польдерные системы.

В области функционируют 872 мелиоративные системы. Для обеспечения проектных норм осушения сельскохозяйственных земель используется сложный комплекс гидротехнических сооружений (41,1 тыс. км каналов и водоприемников, 124,5 тыс. км – закрытой дренажной сети, 758 мостов, 360 шлюзов-регуляторов, 7,8 тыс. шт. труб-регуляторов, 13,8 тыс. шт. труб-переездов, 277 насосных станций, 2,79 тыс. км защитных и ограждающих дамб, 6,1 тыс. км эксплуатационных дорог, 165 прудов и водохранилищ общей емкостью 409 млн м³ воды).

В 2016–2020 гг. выполнена реконструкция мелиоративных систем на площади 38,3 тыс. га, введено в сельскохозяйственный оборот 1,3 тыс. га новых высокоплодородных мелиорированных земель.

Таблица 4.13 – Основные показатели мелиоративных систем Брестской области на 01.01.2023

№ п/п	Наименование района	Общая площадь земель, га	Площадь сельскохозяйственных земель, га	Общая площадь осушенных земель, га	Площадь осушенных сельскохозяйственных земель, га	Мелиоративные системы подлежат реконструкции, га	Элементы мелиоративных систем								
							протяженность открытой сети, км	протяженность закрытой сети, км	протяженность дорог, км	насосные станции, шт	шлюзы регуляторы, шт	трубы регуляторы, шт	трубы переезды, шт	мосты, шт	дамбы обвалования, км
1	Барановичский	225521	107137	17925	15789	1561,5	1236,3	3176,6	91,6	2	14	165	489	29	36,7
2	Березовский	140574	65136	37828	35161	2865,9	1953,9	10456,3	305,6	18	21	412	762	29	186,7
3	Брестский	168001	65628	26241	24350	2144,0	1327,3	7032,1	164,0	7	32	357	662	44	71,6
4	Ганцевичский	170669	46186	36568	34058	2107,0	2162,8	6259,4	446,1	4	24	448	743	27	152,6
5	Дрогичинский	185812	91347	57965	54574	5445,9	2862,8	13900,7	296,9	18	12	568	1029	61	144,5
6	Жабинковский	68631	42982	22124	21328	1180,0	899,9	6708,0	111,3	1	11	248	517	13	12,7
7	Ивановский	155404	83880	53392	50669	1858,8	2641,0	11273,3	533,6	19	30	545	825	111	116,2
8	Ивацевичский	299443	90479	50198	45196	6620,3	3172,4	5992,0	514,0	33	22	552	1021	50	242,6
9	Каменецкий	170532	93569	20959	19225	1644,0	1127,7	5911,1	121,2	1	13	251	460	27	44,5
10	Кобринский	204124	104366	69824	65715	5723,5	3824,4	13023,2	538,6	23	29	649	1136	60	182,2
11	Лунинецкий	266977	89407	67426	61520	6615,0	3704,3	7263,4	630,5	13	35	834	878	86	312,0
12	Ляховичский	135377	59787	24486	20528	1897,3	1303,6	5292,2	160,0	5	17	242	495	30	96,8
13	Малоритский	138308	53625	40230	38790	2135,0	2395,3	6489,4	306,0	10	28	435	1111	24	29,3
14	Пинский	330012	134726	92382	87510	11358,0	5563,9	7972,6	916,6	74	23	839	2036	89	662,2
15	Пружанский	280997	123082	48438	46256	3034,0	3161,2	5209,4	424,2	3	34	594	609	34	19,9
16	Столинский	337278	104058	63321	57361	12106,0	3780,0	8586,0	568,1	46	15	662	1020	44	476,0
Всего		3277660	1355395	729307	678030	68296,2	41116,8	124545,7	6128,2	277	360	7801	13793	758	2786,5

Ежегодно на мелиоративных системах с 2016 по 2020 год выполнялся комплекс неотложных ремонтно-эксплуатационных работ, в рамках которого осуществлялось окашивание более 21 тыс. км каналов, на 10,3 тыс. км каналов осуществлена очистка от сверхнормативного заиления, на 6,1 тыс. км сведена древесно-кустарниковая растительность, выполнен ремонт более 2,7 тыс. единиц водорегулирующих и переездных сооружений, а также работы по управлению водным режимом на мелиорированных землях. Выполнение данных работ позволило обеспечить использование более 620 тыс. га для производства продукции растениеводства.

Задачей нынешней пятилетки (2021–2025 гг.) является восстановление потребительских качеств мелиоративных систем, которые были утрачены за продолжительный период эксплуатации, и вовлечение мелиорированных земель в сельскохозяйственный оборот.

В качестве приоритетных направлений на 2021–2025 гг. определены:

- обеспечение поддержания в исправном техническом состоянии мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, а также создание и поддержание оптимальных для сельскохозяйственных растений водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв на площади 620 тыс. га путем выполнения неотложных ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных системах;

- обеспечение вовлечения в сельскохозяйственный оборот земель после реконструкции мелиоративных систем, восстановление водорегулирующих и переездных сооружений.

Реализация намеченных мероприятий будет способствовать:

- вводу в сельскохозяйственный оборот реконструированных мелиоративных систем и вновь мелиорированных сельскохозяйственных земель к концу 2025 г. на площади 20 тыс. га;

- восстановлению 22 основных гидротехнических и переездных сооружений мелиоративных систем до соответствия требованиям, обеспечивающим функциональную и безопасную техническую эксплуатацию;

- обеспечению поддержания оптимального водного режима для выращивания сельскохозяйственных растений на площади 620 тыс. га.

Выполнение полного комплекса ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных системах позволит получать прибавки урожая в среднем на 9 ц/га с одного гектара.

В Брестской области почти 70 тыс. га мелиорированных земель требуют реконструкции и восстановления. Ежегодно вводится в эксплуатацию около 4 тыс. га реконструированных земель. Таким образом, для приведения всех земель в порядок при таких темпах реконструкции потребуется более 15 лет, или 3 пятилетки. В связи с этим увеличение финансирования мелиоративных мероприятий рассматривается в приоритетном порядке.

По данным инвентаризации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений, проведенной на 1 января 2019 г., необходимо провести реконструкцию мелиоративных систем в Полесье на площади 144,0 тыс. га. В основном речь

идет о мелиоративных системах, построенных в период с 1950 по 1970 год. Срок их эксплуатации истек, и они требуют ремонта из-за физического износа.

На мелиоративных системах в Республике Беларусь насчитывается 1850 водорегулирующих и переездных сооружений. В частности, в Брестской области их 652, а в Гомельской – 280. Это составляет 2,12 % от общего числа таких сооружений, которых в общей сложности 87 286. Эти сооружения нуждаются в реконструкции. В период с 2021 по 2025 год планируется провести реконструкцию 136 водорегулирующих и переездных сооружений, что составляет 7,35 % от общего числа нуждающихся в реконструкции. Из них 22 сооружения будут реконструированы в Брестской области, а 46 – в Гомельской [103].

Помимо этого, необходимо отремонтировать 13 910 указанных сооружений (15,94 % от общего количества). В период с 2021 по 2025 год планируется провести ремонт 9665 объектов (69,48 % от их общего количества), в том числе в Брестской области – 3050, а в Гомельской – 2145. Таким образом, ежегодно необходимо проводить ремонтные работы в среднем на 1931 объекте [103].

Требуется также ремонт открытой сети протяженностью 16,7 тыс. км (10,13 % от общей протяженности открытой сети, которая составляет 164,6 тыс. км). Ежегодно необходимо проводить эксплуатационную очистку каналов на площади 23,2 тыс. км² (14,12 % от общей протяженности открытой сети). В указанный период планируется проводить ремонт и эксплуатационную очистку каналов и водоприемников от заиления в среднем на площади 4,6 тыс. км² в год. Выявлено, что 15,0 тыс. км мелиоративных каналов (9,13 %) заросли древесно-кустарниковой растительностью, в среднем ежегодно планируется очищать от нее по 3,0 тыс. км [103].

Ежегодно необходимо окашивать 160,0 тыс. км каналов, водоприемников, эксплуатационных дорог и защитных дамб. Это составляет 86,27 % от общей протяженности линейных сооружений, которая равна 185,5 тыс. км. В период с 2021 по 2025 год планируется окашивание 445,5 тыс. км, что в среднем составляет 89,1 тыс. км в год. Это 55,7 % от общей протяженности линейных сооружений, которые требуют обработки [103].

На территории площадью 136 тыс. га, которая была улучшена с помощью мелиорации, требуется провести культуртехнические работы и агромелиоративные мероприятия по подготовке земель для сельскохозяйственного использования. Эти работы включают в себя удаление древесно-кустарниковой растительности, мха и кочек, а также корчевку пней. Кроме того, необходимо организовать поверхностный сток воды, включая планировку поверхности, узкозагонную вспашку, бороздование, глубокое безотвальное рыхление, щелевание и кротование почвы [103].

В силу экологических и экономических факторов на сельскохозяйственных угодьях площадью 76,4 тыс. га нецелесообразно проводить работы по реконструкции осушительных, осушительно-увлажнительных систем и сооружений. В связи с этим следует перевести эти земли в другие категории, обеспечивая при этом экологическую безопасность окружающей среды [103].

В период с 2016 по 2020 год в Республике Беларусь были проведены работы по реконструкции мелиоративных систем на территории площадью 172,3 тыс. га. В результате было введено в сельскохозяйственный оборот 7,4 тыс. га новых земель, отличающихся высокой плодородностью после проведения мелиоративных работ. В наиболее подверженных паводкам районах Полесья были проведены работы по защите населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий от паводков. Площадь защищенных территорий составила 10,7 тыс. га. Срок окупаемости инвестиционных проектов по реконструкции осушительных и осушительно-увлажнительных систем в настоящее время составляет от 9 до 12 лет. Ежегодный прирост урожая на реконструируемых объектах – не менее 40 ц/га с гектара [69].

Площади орошаемых земель за последние десятилетия существенно уменьшились и составляют 4,4 тыс. га, что менее 1 % от всей площади мелиорации. Основной причиной снижения орошаемых площадей является недостаток финансирования и, как следствие, выход из строя поливного оборудования, истечение сроков его амортизации, неудовлетворительное состояние водозаборных сооружений и др. В то же время потребность в орошении резко возрастает в связи с происходящим потеплением климата.

Потенциальное плодородие почв Беларуси повсеместно возрастало с повышением уровня агротехники и улучшением водно-воздушного и питательного режимов почв в ходе проведенной крупномасштабной мелиорации, пик которой пришелся на 60–70-е годы XX века. Однако с конца 80-х годов наблюдается устойчивая тенденция снижения урожайности большинства сельскохозяйственных культур. Первоначальной причиной являлось постепенное снижение уровня внесения минеральных удобрений – на 83 % и органических – на 13 % к началу 2000-х годов [117]. Однако впоследствии присоединилась проблема, связанная с неудовлетворительным состоянием водно-воздушного режима осушенных почв в результате происходящего потепления климата. В итоге в настоящее время мы имеем среднюю урожайность по республике за многолетний период, ц/га: зерновых и зернобобовых – 29,9, льноволокна – 7,8, сахарной свеклы – 404,0, рапса – 13,8, картофеля – 195,7, овощей – 229,8. Опыт эксплуатации мелиоративных систем показывает, что в условиях регулируемой гидромелиорации в Беларуси на дерново-подзолистых почвах можно получать, ц/га: зерна – 50–60, картофеля – 380–400, корнеплодов – 650–700 [96].

Потепление климата наиболее сильно проявляется в увеличении частоты и продолжительности засух, имеющих масштабные социально-экономические и экологические последствия. Наибольший урон терпят аграрный и лесной секторы, которые являются одними из наиболее важных и занимают стратегическое положение в экономике. Неблагоприятным последствием глобального потепления является повышение засушливости климата на значительной территории Беларуси, в том числе в Полесье. Исследованиям засух в Беларуси посвящено достаточно много работ, в которых описывается их пространственно-временная изменчивость [22, 127]. На территории Беларуси явно прослеживаются тенденции

к аридизации климата [89]. Можно ожидать, что дальнейшее усиление засушливости климата, в частности рост случаев возникновения волн тепла и засух, приведет к регулярным значительным потерям урожая, особенно если они будут происходить во время чувствительных фаз развития растений, таких как начало вегетационного периода, стадий цветения и т. п. На сегодняшний день почвенные засухи в Беларуси являются сдерживающим фактором интенсификации сельскохозяйственного производства и требуют серьезных научных исследований [28, 93].

С 1990 г. на территории Беларуси значительно увеличивается повторяемость засух в теплый период, увеличивается также площадь их распространения, интенсивность и продолжительность данного явления [1, 87]. Наиболее сильные засухи отмечались в Беларуси в 1992, 1999, 2002, 2010, 2015, 2018 гг. Стоит отметить засуху в мае 2023 г., когда по республике выпало осадков около 19 % климатической нормы на фоне превышения климатической нормы температур воздуха на 1–2 °С.

Результаты первых исследований будущих климатических изменений непосредственно территории Беларуси были представлены в литературе [85]. Моделирование позволило дать прогноз вероятного повышения основных метеорологических характеристик к 2100 г. Другие климатические исследования для территории Беларуси, основанные на климатических прогнозах проекта CMIP5 [92], демонстрируют увеличение продолжительности теплого периода. Подробная оценка климатических проекций с различным пространственным разрешением для территории Беларуси представлена в работах [2, 52], где выполнена оценка возможных будущих колебаний температуры воздуха и осадков на основе использования данных климатического моделирования, предоставленных консорциумом EURO-CORDEX, для узлов сетки, входящих в границы Беларуси. В работе использованы данные с временным разрешением за суточные интервалы для периода 1970–2100 гг. и пространственным разрешением 0,44 градуса. Для оценки будущих изменений температуры воздуха и осадков авторы выполнили расчеты по 40 комбинациям глобальных и региональных климатических моделей. Расчетный период охватывает 2017–2100 гг., исторический период – 1971–2000 гг. Использованы климатические проекции согласно сценариям RCP2.6, RCP4.5 и RCP8.5. Расчеты показали существенные положительные изменения температуры воздуха и осадков на территории Беларуси к концу текущего столетия, особенно для холодной части года (зима и весна). Расчеты [54] предполагают рост средней приземной температуры воздуха в Беларуси в 2075–2095 гг. в вероятном диапазоне 2,1–2,8 °С по сценарию RCP 4.5. По сценарию RCP8.5 предполагается рост средней приземной температуры воздуха в диапазоне 3,7–5,0 °С.

Выполненные нами оценки [13] позволили установить, что с повышением среднесуточной температуры воздуха на 10 % суммарное испарение увеличится на 1,4 %, а климатический сток уменьшится на 9,7 %. Годовые дефициты почвенной влаги значительно вырастут – до 17,2 %. В исследовании [13] также анализируется повышение среднесуточной температуры воздуха на 5 и 10 % в соче-

тании как с увеличением, так и с уменьшением среднегодового количества осадков в пределах от -10 до $+15$ %. Выявлено, что при увеличении $\sum t_{\text{возд}} > 10^\circ\text{C}$ на 10 % и уменьшении атмосферных осадков на 5 % дефициты почвенных влагозапасов увеличатся от $4,8$ % в августе до $8,6$ % в апреле, а при уменьшении осадков на 10 % – увеличатся от $9,5$ % в августе до $17,1$ % в апреле. При увеличении атмосферных осадков на 5 % дефициты почвенных влагозапасов уменьшатся от $5,7$ % в апреле до $8,4$ % в октябре, а при увеличении осадков на 10 % – уменьшатся от $10,8$ % в августе до $14,7$ % в октябре. Такие изменения являются статистически значимыми и должны учитываться при планировании современных режимов гидромелиораций.

Взаимосвязь между различными типами засух, которые происходят одновременно или последовательно, затрудняет установление различий между ними. Например, распространение метеорологической засухи (вызванной главным образом дефицитом осадков) на сельскохозяйственную (вызванную дефицитом влаги в почве) и гидрологическую (дефицит запасов воды или стока) засуху носит нелинейный характер. Кроме того, влияние метеорологической засухи смещается в первую очередь к влажности почвы (сельскохозяйственная засуха), которая в дальнейшем распространяется, вызывая дефицит запасов воды (гидрологическая засуха) на еще более длительные периоды [4].

Засушливыми явлениями считают отсутствие в течение 30 и более дней осадков, превышающих 5 мм в сутки, при высокой температуре воздуха (в дневные часы выше 25°C) не менее чем в половине дней периода. Засушливым периодом в Беларуси принято считать период, когда в течение более 5 дней подряд температура воздуха превышает 25°C , а относительная влажность днем составляет 30 % и ниже. Такие условия отмечаются практически ежегодно. На территории Беларуси засушливым может быть любой из месяцев года с марта по октябрь (в среднем один раз в 5–10 лет), а один раз в 10–15 лет засушливыми бывают два месяца подряд. Ежегодно в Беларуси бывает 3–4 периода, когда отсутствуют осадки на протяжении 10 суток, один раз в два года – 20–25, один раз в 10 лет – 30–35 суток. Чаще всего засуха отмечается в центральной и южной части Беларуси, в июле – на юге и севере страны, в августе – в центральной и северной части, в сентябре – в центральной и южной части [15]. В мае засушливые явления чаще наблюдаются в Гомельской области (12 % дней). В июне в Гомельской и Могилевской областях чаще, чем в других областях, отмечаются засушливые явления (30 и 28 % от общего числа дней с явлением), редко – в Брестской и Витебской областях (9 и 3 % от общего числа дней с явлением соответственно). В июле засушливые явления чаще всего отмечаются в Витебской и Брестской областях (63 и 59 % соответственно). В Минской и Гродненской областях около 15 дней в августе могут быть засушливыми. Меньше всего засушливых дней наблюдается в сентябре. Продолжительность засушливого периода составляет от 7 до 60 и более дней. Все это приводит к тому, что почвенные влагозапасы снижаются ниже критических отметок – влажности разрыва капиллярных связей ($W_{\text{врк}}$). На рисунке 4.23 приведена наиболее типичная ситуация для юго-западной части Беларуси, на территории Полесья, за многолетний период [96].

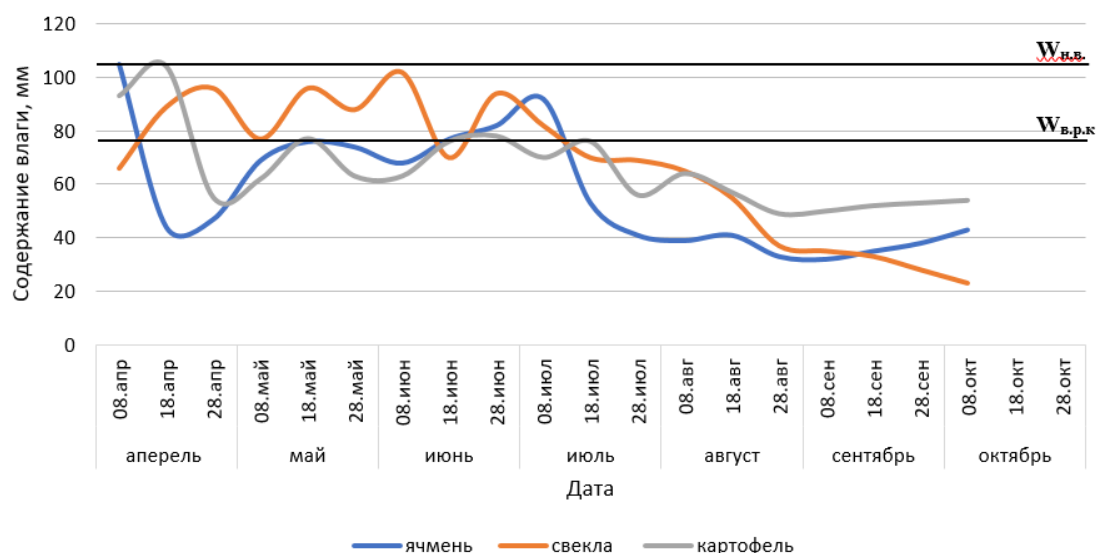


Рисунок 4.23 – Содержание продуктивных влагозапасов в почве

В отдельные периоды, после выпадения продолжительных атмосферных осадков, почвенные влагозапасы на короткое время могут достигать наименьшей влагоемкости ($W_{нв}$) и более, однако в большую часть месяцев и лет почва испытывает недостаток влаги, что сказывается на конечной урожайности сельскохозяйственных культур и качестве сельскохозяйственной продукции. Атмосферная засуха не всегда приводит к почвенной, особенно на почвах тяжелого гранулометрического состава.

Исследования по оценке засухи на сегодняшний день достигли значительного прогресса в разработке индексов засухи, применимых к различным типам засухи, таких как стандартизированный индекс осадков (SPI) для метеорологической засухи, стандартизированный индекс стока (SRI) для гидрологической засухи и процентиля влажности почвы для сельскохозяйственной засухи. Сравнительный анализ самых широко распространенных в практике индексов засухи показал, что к критериям выбора показателей и индексов засухи относятся не только применимость индекса к интересующему типу засухи, но и доступность и простота в применении индекса, доступность данных для расчета выбранных индексов. Национальные метеорологические и гидрологические службы разных стран пользуются определенными, подходящими для них индексами. Так, согласно опросу Комиссии по сельскохозяйственной метеорологии Всемирной метеорологической организации за 2010–2014 гг. пять наиболее широко используемых индексов засушливости в Республике Беларусь включают: модели продуктивности сельскохозяйственных культур; индекс увлажнения Шашко; измерения влажности по Процерову; запасы влаги в почве; количество дней в месяце с относительной влажностью $\leq 30\%$ [95].

В 80-е годы XX века даны рекомендации по поливным и оросительным нормам на территории Беларуси [124]. Однако при разработке и введении в действие 2010 г. новых правил проектирования [105] данные рекомендации не претерпели изменений. Например, для лет различной обеспеченности оросительных норм (50–5 %)

величина оросительной нормы в южной гидролого-климатической зоне на дерново-подзолистой супесчаной почве составляет: для сахарной свеклы – 75–165 мм, яровой пшеницы 60–150 мм. Проведенные нами исследования [96] за период с 2008 по 2022 год позволили установить следующие значения оросительных норм: для сахарной свеклы – 60–300 (175) мм, яровой пшеницы 30–210 (105) мм. Во все годы исследований требовались поливы.

В таблице 4.14 приведены рекомендуемые поливные и оросительные нормы сахарной свеклы и яровой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве для среднезасушливого года.

Таблица 4.14 – Поливные и оросительные нормы сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой, супесчаной почве, мм

Источник	Распределение поливов по декадам и величина поливной нормы														Оросительная норма
	май			июнь			июль			август			сентябрь		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
Свекла сахарная															
РПИ – 82, Часть III «Оросительные системы»	–	–	25	–	25	25	–	–	25	–	–	–	–	100	
Авторы		15	25		30	30		35	35	20				190	
Яровая пшеница															
РПИ – 82, Часть III «Оросительные системы»	–	20	–	25	25	25	–	–	–	–	–	–	–	60	
Авторы	15	25		25	30	25								120	

Поливы проводятся исходя из расчетной глубины промачивания 50 см, соответствующей корнеобитаемому слою почвы. Влагозапасы поддерживаются для сахарной свеклы на уровне $0,7 W_{\text{нв}}$, а яровой пшеницы $0,75 W_{\text{нв}}$. Как видно по данным таблицы, оросительные нормы по сравнению с рекомендациями 80-х годов практически удвоились.

Анализ трендов исследуемых характеристик показал, что имеет место положительная динамика естественной тепловлагообеспеченности. Территория Беларуси получает дополнительные термические ресурсы (более 200 °С сумм активных температур воздуха), что увеличивает продолжительность вегетационного периода и расширяет возможности введения в оборот теплолюбивых культур. В то же время возрастает потребность в проведении оросительных мероприятий. Необходима разработка рекомендаций по орошению сельскохозяйственных культур дождеванием в условиях изменяющегося климата.

Научное обеспечение реализации государственных программ, связанных с сохранением и использованием мелиорированных земель, возлагается на научно-исследовательские учреждения Аграрного отделения Национальной академии наук Беларуси. В частности, ведущей научной организацией является РУП «Институт мелиорации», который осуществляет научное обеспечение более

4,3 млн га сельскохозяйственных земель, в том числе 2,9 млн га осушенных. Институтом разработаны теоретические основы и технические решения по комплексному мелиоративному освоению заболоченных земель и болот Полесья.

Подготовка высококвалифицированных инженерных кадров по специальности 6-05-0521-02 (1-74 05 01) «Мелиорация и водное хозяйство» осуществляется в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» и УО «Брестский государственный технический университет» (БрГТУ). В БрГТУ выпускающей является кафедра природообустройства факультета инженерных систем и экологии. Кафедра функционирует с 1 сентября 1972 г. В настоящее время учебный процесс кафедры природообустройства обеспечивают 16 человек, из них 12 – из числа профессорско-преподавательского состава и 4 – из учебно-вспомогательного персонала кафедры. Ученую степень имеют 50 % профессорско-преподавательского состава, средний возраст сотрудников – 49 лет. Брестский государственный технический университет окончили в разное время 14 работников кафедры.

Первый выпуск инженеров-гидротехников в БрГТУ состоялся в 1973 г. С 1973 по 1999 год осуществлялась подготовка по специальности «Гидромелиорация», с 2000 г. и до настоящего времени – по специальности «Мелиорация и водное хозяйство». Всего за период с 1973 по 2024 год подготовлено 2997 специалистов, в том числе 2802 по дневной и 195 человек по заочной сокращенной форме обучения.

В течение 1975–1986 гг. общее число выпускников составляло от 80 до 120 человек в год. В разные годы периода 1987–2024 гг. количество подготовленных специалистов составляло от 32 до 70 человек.

В таблице 4.15 приведены показатели набора 2024 г. на специальность 6-05-0521-02 «Мелиорация и водное хозяйство». Форма обучения: дневная. Срок обучения: 4 года. Квалификация специалиста: инженер.

Кафедра природообустройства БрГТУ организует и руководит учебными практиками студентов 1–4-х курсов и производственными практиками студентов 3–4-х курсов и магистрантов. Учебные и производственные практики проводятся на базе университета и в филиалах кафедры: УП «Брестское ПМС» г. Брест, ПМК-19 г. Жабинка, ОАО «Полесьегипроводхоз» г. Пинск, на реках «Осиповка», «Лесная», объектах мелиорации Брестского района, в ГУК «Историко-мемориальный музей «Усадьба Немцевичей» в д. Скоки Брестского района. На базе ПМК-19 г. Жабинка проводятся практические занятия по технологии мелиоративных и водохозяйственных работ.

Таблица 4.15 – Набор 2024 года

Наименование специальности	Количество мест, бюдж./пл.	Подано заявлений, чел.	Конкурс, бюдж./пл.
6-05-0521-02 Мелиорация и водное хозяйство*	34/5	53/10	1,61/2,0

Примечание: *Абитуриенты, поступающие на дневную форму образования по специальности «Мелиорация и водное хозяйство» по выбору абитуриента: или подают в приемную комиссию БрГТУ сертификаты ЦТ (ЦЭ) по профильным испытаниям («физика» и «математика»); или сдают профильные испытания («физика» и «математика») в форме письменного экзамена в БрГТУ.

Объектами профессиональной деятельности инженера-мелиоратора являются: почвы, грунты, водные ресурсы; растительный мир, антропогенные ландшафты, среда обитания; мелиоративные системы и сооружения, природно-техногенные комплексы.

Специалист должен быть компетентен в следующих видах деятельности: проектно-изыскательская; производственная и строительно-эксплуатационная; организационно-управленческая.

Кроме того, он должен быть подготовлен к решению следующих профессиональных задач: инженерные изыскания для нужд мелиоративного и водохозяйственного строительства; проектирование, строительство, эксплуатация и реконструкция современных, технически совершенных экономичных мелиоративных систем и сооружений; сохранение и использование мелиорируемых земель; рациональное использование водных ресурсов с учетом особенностей регионов и требований экологии; управление технологическими процессами, подразделениями мелиоративного и водохозяйственного профиля; повышение эффективности хозяйственной деятельности и производительности труда в мелиоративной отрасли; решение социальных проблем трудовых коллективов мелиоративных и водохозяйственных организаций; внедрение научно-технического прогресса и инноваций в мелиорации и водном хозяйстве.

Должности, на которых могут работать выпускники: мастер, производитель работ, инженер, инженер-проектировщик, инженер-гидротехник, агролесомелиоратор, инженер по охране окружающей среды.

Выпускники трудятся в структурных подразделениях базовых организаций, а также в других мелиоративно-строительных и эксплуатационных организациях Республики Беларусь.

Программы и оборудование, которыми владеют специалисты: программное обеспечение семейства CAD, предназначенное для проектирования мелиоративных водохозяйственных систем; специализированные программы, предназначенные для расчетов: водного баланса, гидрологических, гидравлических, междуречных расстояний, сметно-финансовых и др.; геодезические инструменты: нивелиры, теодолиты, GPS-приемники и др.; водомерные устройства; мелиоративно-строительная и дорожная техника.

На кафедре природообустройства реализуется утвержденная программа «Совершенствование методов обеспечения и организации сквозного курсового и дипломного проектирования по специальности "Мелиорация и водное хозяйство"». Методология научного обоснования сквозного комплексного учебного проекта, выполняемого на реальной основе, опирается на Учебный план специальности 6-05-0521-02 (1-74 05 01) «Мелиорация и водное хозяйство», график учебного процесса, скоординированный во времени под реализуемую учебную технологию и позволяющий ритмично на протяжении всего периода обучения проводить прикладные исследования и расчеты под итоговый дипломный проект, выполняемый на профилирующей кафедре [26].

О высоком качестве подготовки специалистов можно судить по результатам Международного конкурса профессионального мастерства по специальности «Мелиорация и водное хозяйство», проводимого с 2005 г. вузами Республики Беларусь, Российской Федерации и других стран СНГ, на котором студенты БрГТУ выходили победителями в индивидуальном и командном зачетах.

Достаточно острая демографическая ситуация прошлых лет в стране привела к сокращению числа абитуриентов в вузах, что серьезно отразилось на специальности «Мелиорация и водное хозяйство», не пользующейся большой популярностью у молодежи. В то же время на государственном уровне специальность признана остродефицитной и для поступающих создаются определенные преференции: проведение дополнительного набора, снижение минимальных баллов результатов централизованного тестирования, возможность сдачи внутренних экзаменов, целевой набор и др. Данные меры все равно не приводят к качественному отбору абитуриентов, и огромные затраты по подготовке высококвалифицированных специалистов принимают на себя факультет инженерных систем и экологии БрГТУ, кафедра природообустройства.

Основные организации-заказчики кадров специальности «Мелиорация и водное хозяйство»: государственное объединение «Брестмелиоводхоз», унитарное предприятие «Брестводстрой», государственное объединение «Гродномелиоводхоз». С ГО «Брестмелиоводхоз», УП «Брестводстрой», РУП «Белгипроводхоз» заключены договоры о взаимодействии. Потребность базовых организаций удовлетворяется в полном объеме.

Распределение выпускников осуществляется по всем областям Республики Беларусь. На первом месте по потребности в специалистах Брестская область, на втором – Гомельская (области, относящиеся к Полесскому региону). Сведения о распределении выпускников специальности 1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство» в 2021–2024 гг. представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Сведения о распределении выпускников 2021–2024 гг. специальности 1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство»

Область	2021			2022			2023			2024		
	Кол-во		%	Кол-во		%	Кол-во		%			%
	чел.	заявок		чел.	заявок		чел.	заявок		чел.	заявок	
Брестская	13	13	100	26	48	54,2	16	20	80,0	11	13	84,6
Витебская	–	3	0	1	2	50	–	–	–	–	7	0
Гомельская	–	7	0	2	15	13,3	1	9	11,1	–	15	0
Гродненская	2	7	28,6	9	15	60	–	3	0	2	2	100
Минская	5	6	83,3	4	12	33,3	2	8	25,0	2	8	25,0
Могилевская	–	–	0	–	1	0	–	2	0	–	1	0
Всего	20	36	55,6	42	93	45,3	19	42	45,2	15	46	32,6

С 2007 г. по специальности 1-74 80 02 «Мелиорация, рекультивация и охрана земель» осуществляется подготовка магистров (в 2022 г. прошли подготовку 2 чел.), которые дополнили профессорско-преподавательский состав университета и продолжают учебу в аспирантуре. За период 2007–2022 гг. подготовлено 20 магистров, в том числе один с иностранным гражданством.

В 2019 г. подписано соглашение с Казахским национальным аграрным исследовательским университетом о совместной подготовке магистров с выдачей двойных дипломов.

В 1993 г. в университете была открыта аспирантура по специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», с 2001 г. осуществлялся набор в аспирантуру по специальности 25.03.13 «Геоэкология», которую окончили 9 человек. 5 человек защитили кандидатские диссертации. Ряд исследователей разрабатывают проблемы, связанные с мелиорацией и смежными с ней вопросами гидрологического режима рек и озер, климатических колебаний и др. В 2024 г. по специальности 25.03.13 «Геоэкология» обучается 5 человек, которые разрабатывают в том числе «водное направление».

Университет работает в кооперации с научными организациями Республики Беларусь, такими как: РУП «Институт мелиорации», ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт» НАН Беларуси, ГНУ «Институт природопользования» НАН Беларуси и др.; учебными заведениями, такими как: УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», УО «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина» и др.; проектными институтами и производственными организациями, такими как: РУП «Белгипроводхоз», ОАО «Полесьегипроводхоз», областными и районными мелиоративными организациями.

По направлениям специальностей осуществляется международное сотрудничество с Всероссийским научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (г. Москва), ООО «Мещерский научно-технический центр» (г. Рязань), Институтом водного хозяйства имени Ц. Е. Мирцхулава Грузинского технического университета (г. Тбилиси), Казахским национальным аграрным исследовательским университетом (г. Алматы), Таджикским аграрным университетом имени Шириншох Шотемур (г. Душанбе) и др. Одним из значимых международных проектов последнего времени стало обобщение опыта природообустройства во второй половине XX века, включая мелиорацию Полесья. Результатом явилась крупнейшая научная монография «Природообустройство Полесья» (4 тома, 9 книг, Беларусь-Украина-Россия-Польша). Монография представлялась на ВДНХ, получена серебряная медаль [117].

БрГТУ проводит зарубежное научное руководство докторантами Казахского национального аграрного исследовательского университета. Ученые БрГТУ широко представлены в научном и образовательном пространстве стран СНГ, входят в редакционные коллегии научных журналов, составы ученых советов, межгосударственных комиссий по водным проблемам, являются международными экспертами по аккредитации учебных заведений и др. В рамках научного направления мелиорации и гидротехнического строительства за последние три года опубликовано более 10 учебных пособий, 15 монографий и более 150 научных статей.

Хотя в настоящее время темпы мелиоративного освоения земель существенно снизились, в республике разрабатываются и реализуются государственные программы сохранения и использования мелиорированных земель. Полесье

является флагманом развития мелиораций в Беларуси. Для удовлетворения потребностей мелиоративной отрасли региона в высококлассных специалистах осуществляется связь и координируется работа в системе «вуз – производство». Несмотря на имеющиеся трудности, неизбежное старение мелиоративных систем и сооружений, снижение темпов мелиоративного освоения, государством целенаправленно реализуется политика по восстановлению неработающих систем, проведению работ по технической эксплуатации. Проекты реконструкции и их реализация сегодня – практически единственное профильное средство функционирования мелиоративного и водохозяйственного строительства. Мелиораторы с оптимизмом смотрят в будущее, сохраняя свою историю, передавая опыт молодому поколению. Так, на базе ПМК-19 г. Жабинка в 2014 г. создан уникальный, не имеющий аналогов на постсоветском пространстве и территории Европы, историко-экспозиционный комплекс, где представлена экспозиция из более чем 150 видов мелиоративно-строительной техники и музейные экспонаты, характеризующие вехи развития мелиорации в Полесье (рис. 4.24). Двери комплекса всегда открыты для посетителей, здесь также функционирует филиал кафедры «Природообустройство» Брестского государственного технического университета и осуществляется подготовка инженеров-мелиораторов.

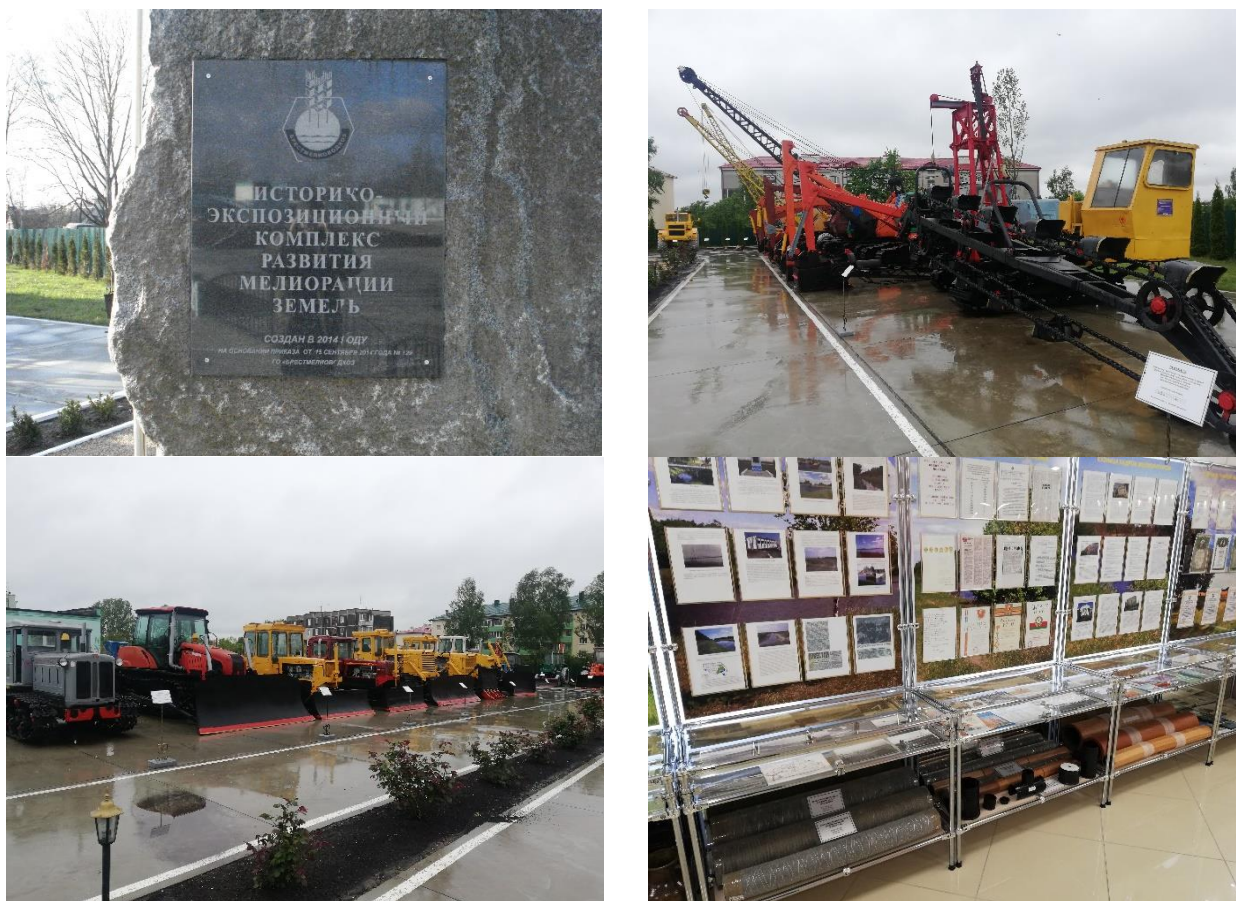


Рисунок 4.24 – Историко-экспозиционный комплекс развития мелиорации (ПМК-19 г. Жабинка)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Структурно монография состоит из четырех глав, одна из которых описывает полесья России, другие три главы относятся к Белорусскому Полесью.

Глава 1 в основном посвящена описанию современного состояния сельскохозяйственного производства в условиях полесских ландшафтов территории России. Авторы, учитывая комплексный характер этого вида хозяйственной деятельности, постарались достаточно полно описать особенности природной среды песчаных геосистем – их климатических, литолого-орографических, почвенных и ботанических характеристик. Наиболее характерная особенность полесий – наличие в их почвенном покрове двух генетически различных почвенных образований – минеральных и органогенных почв, получила отражение в структуре главы: она разделена на две части, каждая из которых описывает основные особенности этих двух подсистем исследуемого ландшафта.

Каждая часть начинается с описания генетических особенностей геосистемы, значительное внимание уделено характеристике почвенного покрова и его трансформации при мелиорации и сельскохозяйственном использовании. Дается экологическая оценка мероприятиям по природообустройству геокомплекса. Основным и заключительным эпизодом каждой части является описание мероприятий адаптивно-ландшафтного земледелия в пределах агрогеосистемы с характеристикой основных его элементов.

В главе 2 описываются климатические ресурсы Белорусского Полесья. Современное потепление климата серьезно сказывается на состоянии водных ресурсов, структуре сельскохозяйственного производства. Для рек бассейнов Западного Буга и Припяти выполнены оценки прогнозируемых изменений температуры воздуха и атмосферных осадков вплоть до 2050 г. При этом рассматривались два сценария относительно выбросов парниковых газов – А1В («жесткий») и В1 («мягкий»). Результаты расчетов и обобщений показывают статистическую значимость происходящих климатических изменений.

Водный потенциал Белорусского Полесья отражен в главе 3. Климатические колебания и антропогенные воздействия на речной сток делают исследуемую территорию объектом пристального внимания. Наметившееся с конца XX в. глобальное потепление оказывает большое влияние на гидрологический цикл и, как результат, на динамику речного стока. Изменение водного режима рек непосредственно воздействует на функционирование водных экосистем через изменение величин, продолжительности, времени прохождения, частоты и скорости изменения расходов воды в реке. В условиях устойчиво меняющегося климата и постоянно колеблющейся антропогенной нагрузки на водные ресурсы актуальная гидрологическая информация по продолжительности половодья, максимальным расходам стока, продолжительности и интенсивности перехода от наводнений к засухам, и наоборот, выступает в качестве важного экономического фактора, который помогает субъектам хозяйствования выбрать правильную стратегию развития, своевременно принять защитные меры для предотвращения ущерба от неблагоприятных и опасных гидрометеорологических явлений.

В главе 4 рассматриваются вопросы, связанные с оптимизацией сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь на современном этапе. На обеспечение продовольственной безопасности страны, устойчивость сельскохозяйственного производства оказывают влияние прежде всего природные факторы. Низкое природное почвенное плодородие компенсируется комплексом проводимых агротехнических, агромелиоративных и других мероприятий, направленных на повышение урожайности основных сельскохозяйственных культур. При этом сельскохозяйственным мелиорациям отводится ведущая роль. Проведенные крупномасштабные мелиоративные мероприятия в Белорусском Полесье, их развитие в настоящий период способствуют интенсификации сельскохозяйственного производства. Основной задачей является сохранение и использование ранее мелиорированных земель, повышение уровня оснащения мелиоративных систем, перевод их в системы двустороннего действия в связи с неустойчивым естественным увлажнением территории Белорусского Полесья и необходимостью дополнительного увлажнения мелиорируемых земель в засушливые периоды.

Считаем, что монография будет полезна научным работникам, занимающимся проблемами природообустройства, сельскохозяйственного производства, экологии и мелиорации, а также аспирантам, магистрантам и студентам соответствующих специальностей.

Редакционная группа выражает благодарность рецензентам за ценные замечания и пожелания, сделанные по рукописи монографии: академику РАН, академику Нью-Йоркской академии наук, доктору сельскохозяйственных наук Ивану Пантелеевичу Кружилину; заведующему кафедрой мелиорации и водного хозяйства учреждения образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» доктору сельскохозяйственных наук, профессору Владимиру Иосифовичу Желязко.

Особая благодарность коллегам Феликса Рувимовича Зайдельмана за предоставленные материалы: заведующей кафедрой физики и мелиорации почв МГУ имени М. В. Ломоносова доктору биологических наук, профессору Аминат Батальбиевне Умаровой; доценту кафедры физики и мелиорации почв МГУ имени М. В. Ломоносова доктору биологических наук Алле Сергеевне Никифоровой, а также сыну Феликса Рувимовича – Андрею Феликсовичу Куваеву.

Авторы книги и редакционная группа выражают благодарность коллективу ООО «Мещерский научно-технический центр» за оказание методической и материальной помощи и надеются на дальнейшее сотрудничество.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Atlas: Weather Hazards in Belarus / A. A. Volchak [and others]. – M. : All-Russian Research Institute for Hydraulic and Land Reclamation, 2017. – 70 p.
2. Danilovich I., Geyer B. (2021), Estimates of current and future climate change in Belarus based on meteorological station data and the EURO-CORDEX-11 dataset, Meteorology, Hydrology and Water Management, <https://doi.org/10.26491/mhwm/139386>.
3. Environmental Engineering in Polesye / Yu. Mazhaisky, A. Rokochynskiy, A. Volchak, A. Meshyk, J. Jeznach // International Scientific Monograph : 4 books. – Warsaw : Warsaw University of Life Sciences Press, 2024. – Book 3 : Polish Polesye. – 816 p.
4. Lloyd-Hughes B. The impracticality of a universal drought definition. Theor. Appl. Climatol. [Internet]. Springer Vienna; 2014 [cited 2018 Jan 16]; 117: 607–11. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00704-013-1025-7>.
5. Meshyk, A. Snow as a Contributor to Spring Flooding in Belarus / A. Meshyk, M. Barushka, V. Marozava // Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – № 28. – P. 18826–18836. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09638-8>.
6. Polesie – Środowisko, Melioracje / J. A. Mażajski, A. N. Rokoczyński, A. A. Wołczek, O. P. Mieszyk, J. Jeznach // Międzynarodowa Monografia Naukowa : 4 tomy. – Warszawa : Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie – SGGW (Polska), 2020. – T. 3 : Polesie Polskie. – 984 s.
7. The Strategic Framework for Adaptation to Climate Change in the Neman River Basin / United Nations Development Programme in Belarus and United Nations Economic Commission for Europe // V. N. Korneev, A. A. Volchak, L. N. Hertman [et al.]. – Brest, 2015. – p. 64.
8. Абатуров, А. М. Полесья Русской равнины в связи с проблемой их освоения / А. М. Абатуров. – М. : Мысль, 1968. – 246 с.
9. Агроэкологическая группировка и картографирование пахотных земель для обоснования адаптивно-ландшафтного земледелия : методические рекомендации ; под ред. Л. Л. Шишова. – М. : РАСХН, Почв. институт им. В. В. Докучаева 1995. – 76 с.
10. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий : методическое руководство ; под ред. академика РАСХН В. И. Кирюшина, академика РАСХН А. Л. Иванова. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 794 с.
11. Анженков, А. С. Состояние мелиоративных систем в Беларуси: задачи и перспективы / А. С. Анженков, Н. Н. Линкевич // Мелиорация. – № 1 (99). – С. 5–12.
12. Аношко, В. С. Мелиоративно-географическое направление – объективная необходимость развития географической науки Беларуси в XX ст. / В. С. Аношко // Вестник БГУ. – Минск, 2013. – № 2. – С. 86–90.
13. Асаулов, Р. В. Мелиоративные режимы дерново-подзолистых почв Белорусского Полесья / Р. В. Асаулов ; науч. рук. О. П. Мешик // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов : в 2 частях / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет ; редкол.: Н. Н. Шалобыта (гл. ред.) [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2023. – Часть 1. – С. 220–223.

14. Атлас глобальных и региональных климатических прогнозов (на английском языке) // Материалы МГЭИК, С. 1350–1353 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>. Дата доступа : 23.03.2024.
15. Атлас опасных метеорологических явлений на территории Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, О. П. Мешик [и др.]. – Москва : Мещер. ф-л ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2016. – 58 с.
16. Бамбалов, Н. Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения / Н. Н. Бамбалов. – Минск : Наука и техника, 1984. – 175 с.
17. Бамбалов, Н. Н. Проблема сохранения органического вещества мелиорированных торфяных почв Полесья / Н. Н. Бамбалов // Проблемы Полесья. – Минск : Наука и техника, 1982. – Вып. 8. – С. 196–203.
18. Бачила, С. С. Деградация осушенных земель и их потенциальное плодородие / С. С. Бачила // Материалы II съезда Бел. о-ва почвоведов : в 3 кн. – Минск, 2001. – Кн. 3. – С. 12–14.
19. Беларуская энцыклапедыя: у 18 т. / рэдкал. : Г.П. Пашкоў (гал. рэд.) [і інш.]. – Мінск : БелЭн, 2002. – Т. 15. – 552 с.
20. Блакітны скарб Беларусі : Рэкі, азёры, вадасховішчы, турысцкі патэнцыял водных аб'ектаў / Маст. : Ю. А. Тарэеў, У. І. Цярэнцьеў – Мн. : БелЭн, 2007. – 480 с.
21. Браім, М. Рыбалоўства ў Беларусі / М. Браім. – Мн. : Навука і тэхніка, 1976. – 135 с.
22. Бровка, Ю. А. Циркуляционные условия формирования и пространственно-временное распределение атмосферных засух на территории Беларуси в период современного потепления климата / Ю. А. Бровка // Природные ресурсы. – 2022. – № 2. – С. 5–15.
23. Вагнер, Б. Б. Геология, рельеф и полезные ископаемые Московского региона : учебное пособие по курсу «География и экология Московского региона» / Б. Б. Вагнер, Б. О. Манучарянц. – Москва : МГПУ, 2003. – 81 с.
24. Валуев, В. Е. Инженерные расчеты воднобалансовых характеристик / В. Е. Валуев, А. А. Волчек, О. П. Мешик, В. Ю. Цилиндь // Сб. тез. докл. XXI научно-технической конференции в рамках проблемы «Наука и мир» ; Брест. политехн. институт. – Брест, 1994. – Ч. II. – С. 89–90.
25. Валуев, В. Е. К вопросу интерполяции, осреднения и инженерных расчетов воднобалансовых характеристик / В. Е. Валуев, А. А. Волчек, Н. Т. Юрченко // Воспроизводство плодородия мелиорируемых земель Сибири : Труды СибНИИГиМ. – Красноярск, 1991. – С. 21–39.
26. Валуев, В. Е. Реализация положений образовательного стандарта специальности 1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство» при комплексном курсовом и дипломном проектировании / В. Е. Валуев, А. А. Волчек, О. П. Мешик // Методика преподавания химических и экологических дисциплин : сборник науч. статей VIII Междунар. науч.-метод. конф, Брест, 26–27 нояб. 2015 г. / БрГТУ ; БГУ им. А. С. Пушкина ; ред. А. А. Волчек [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2015. – С. 235–237.

27. Васильченко, Г. В. Опыт борьбы с наводнениями в СССР и задачи инженерной защиты от затоплений сельхозугодий в пойме р. Припяти / Г. В. Васильченко, Л. А. Гриневич // Проблемы Полесья. – Мн. : Наука и техника, 1984. – Вып. 9. – С. 20–27.
28. Вихров, В. И. Гармонические составляющие многолетних колебаний сезонных показателей почвенной засухи в Беларуси / В. И. Вихров // Мелиорация. – 2018. – № 1. – С. 24–29.
29. Водноэнергетический кадастр Белорусской ССР ; под ред. Т. Л. Золотарева. – Мн. : Изд-во АН БССР, 1960. – Т. 1. – 282с.
30. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек [и др.] ; под общ. ред. А. А. Волчека, В. Н. Корнеева. – Брест : Альтернатива, 2017. – 228 с.
31. Волчек, А. А. Автоматизация гидрологических расчетов / А. А. Волчек // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей Среды : Труды международной научно-практической конференции / Брест. политехн. институт. – Биберах–Брест–Ноттингем, 1998. – С. 55–59.
32. Волчек, А. А. Водные ресурсы Белорусского Полесья и их использование / А. А. Волчек // Природные ресурсы Полесья: оценка, использование, охрана : материалы Международной науч.-практ. конференции, Пинск, 8–11 июня 2015 г. : в 2 ч. / Институт природопользования НАН Беларуси, Полесский государственный университет [и др.] ; редкол.: В.С. Хомич (отв. ред.) [и др.]. – Пинск : УО «Полесский государственный университет», 2015. – Ч. 1. – С. 65–69.
33. Волчек, А. А. Водные ресурсы Брестской области / А. А. Волчек, М. Ю. Калинин. – Минск : Изд. Центр БГУ, 2002. – 440 с.
34. Волчек, А. А. Гидрологические расчеты : учебное пособие / А. А. Волчек. – Москва : КНОРУС, 2021. – 418 с.
35. Волчек, А. А. Компьютерное моделирование водного баланса малых рек Беларуси / А. А. Волчек, С. И. Парфомук // Вест. Полоцк. гос. ун-та. Сер. : Прикладные науки. Строительство. – 2007. – № 6. – С. 152–155.
36. Волчек, А. А. Методика определения максимально возможного испарения по массовым метеоданным (на примере Белоруссии) / А. А. Волчек // Мелиорация и водное хозяйство. – 1986. – № 12. – С. 17–21.
37. Волчек, А. А. Минимальный сток рек Беларуси / А. А. Волчек, О. И. Грядунова. – Брест : БрГУ, 2010. – 169 с.
38. Волчек, А. А. Некоторые задачи в области водных ресурсов Беларуси / А. А. Волчек, И. И. Кирвель // Водные ресурсы и климат : материалы докладов V Международного Водного Форума : в 2 ч. – Минск : БГТУ, 2017. – Ч. 1. – С. 175–181.
39. Волчек, А. А. Оптимизация режимной гидрологической сети Беларуси / А. А. Волчек // Мелиорация. – 2020. – № 4(94) – С. 24–29.
40. Волчек, А. А. Особенности мелиоративного освоения бассейна реки Ясельда / А. А. Волчек, О. П. Мешик, Ю. А. Мажайский // Сб. : Современные проблемы развития мелиорации и пути их решения : Материалы Международной научно-практической конференции. – М. : Изд. ВНИИГиМ, 2020. – Т. 2. – С. 11–18.

41. Волчек, А. А. Особенности мелиоративного освоения земель Белорусского Полесья / А. А. Волчек, О. П. Мешик // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти член-корреспондента РАСХН и НАНБР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я. В. – Часть II. – Рязань : РГАТУ, 2020. – С. 104–109.
42. Волчек, А. А. Оценка современных изменений максимального стока рек Беларуси / А. А. Волчек, Ан. А. Волчек, С. В. Сидак // Географія. – 2020. – № 4. – С. 26–32.
43. Волчек, А. А. Оценка трансформации водного режима малых рек Белорусского Полесья под воздействием природных и антропогенных факторов (на примере р. Ясельда) / А. А. Волчек, С. И. Парфомук // Водное хозяйство России : проблемы, технологии, управление. – Екатеринбург, 2007. – № 1. – С. 50–62.
44. Волчек, А. А. Паводочный сток рек Беларуси / А. А. Волчек, Т. А. Шелест. – Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2015. – 118 с.
45. Волчек, А. А. Пакет прикладных программ для определения расчетных характеристик речного стока / А. А. Волчек, С. И. Парфомук // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. – 2009. – № 1. – С. 22–30.
46. Волчек, А. А. Половодья на реках Беларуси: закономерности формирования и прогноз / А. А. Волчек, Ан. А. Волчек. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. – 216 с.
47. Гаель, А. Г. Пески и песчаные почвы / А. Г. Гаель, Л. Ф. Смирнова. – М. : ГЕОС, 1999. – 212 с.
48. Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://nsmos.by/>. – Дата доступа : 20.06.2024.
49. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2020 год). – Минск, 2021.
50. Гусаков, В. Г. Комплекс неотложных мер по повышению эффективности сельскохозяйственного производства в контексте выполнения Государственной программы возрождения и развития села на 2005-2010 годы / Гусаков В. Г. [и др.] ; под ред. В. Г. Гусакова. – Минск : Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2008. – 256 с.
51. Гусаков, Г. В. Формирование продовольственной безопасности Республики Беларусь с учетом ключевых особенностей сельскохозяйственного производства / Г. В. Гусаков // Экономические вопросы развития сельского хозяйства Беларуси = Economic issues of agricultural development of Belarus : межведомств. темат. сб. / Ин-т систем. исслед. в АПК Нац. акад. наук Беларуси. – Минск, 2019. – Вып. 47. – С. 76–83.
52. Данилович, И. С. Оценка возможных будущих изменений температуры воздуха и осадков по декадам текущего столетия для территории Беларуси на основе результатов численного моделирования / И. С. Данилович, Б. Гайер // Природные ресурсы. – 2018. – № 1. – С. 102–114.

53. Данилович, И. С. Современные изменения климата Белорусского Полесья: причины, следствия, прогнозы / И. С. Данилович, В. И. Мельник, Б. Гейер // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2020. – С. 3–13.
54. Данилович, И. С. Текущие и ожидаемые изменения климата на территории Беларуси / И. С. Данилович, В. Ф. Логинов // Центральноазиатский журнал географических исследований. – 2021. – № 1–2. – С. 35–48.
55. Доктрина национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15 дек. 2017 г., № 962 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://mshp.gov.by/ru>. – Дата доступа : 21.06.2024.
56. Ерхов, Н. С. Мелиорация земель / Н. С. Ерхов, Н. И. Ильин, В. С. Миснев. – 2-е изд. – М. : Агропромиздат, 1991. – 319 с.
57. Зайдельман, Ф. Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов / Ф. Р. Зайдельман. – М. : КДУ, 2009. – 720 с.
58. 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.
59. Зайдельман, Ф. Р. Подзоло- и глееобразование / Ф. Р. Зайдельман. – М. : Наука, 1974. – 208 с.
60. Зиновьев, А. А. Опасные агро- гидро- метеорологические явления Республики Беларусь / А. А. Зиновьев // Материалы 48-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – Минск, 2012. – С. 201–202.
61. Иванов, Д. А. Агрогеография (теоретические и прикладные аспекты) / Д. А. Иванов. – Saarbrücken : LAP LAMBERT ACADEMIC PUBLISHING GmbH & Co.KG, Heinisch-Vocking, 2012. – 311 с.
62. Иванов, Д. А. Агрогеография : учебное пособие / Д. А. Иванов. – Тверь : «АгросферА» Тверская ГСХА, 2010. – 244 с.
63. Иванов, Д. А. Ландшафтно-адаптивные системы земледелия (агроэкологические аспекты) / Д. А. Иванов. – Тверь : «Чудо», 2001. – 304 с.
64. Изменение климата и водных ресурсов на территории Полесья / В. И. Мельник [и др.] // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья : сборник докладов Международной научной конференции ; 14–17 сентября 2016 г. ; Минск, Беларусь. Том 1. – Минск : Беларуская навука, 2016. – С. 399–403.
65. Изменение климата, 2007. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата : обобщающий докл. / Пачаури Р.К. [и др.]. – Женева : МГЭИК, 2007. – 104 с.
66. Изменение климата: последствия, смягчение, адаптация: учеб-метод. комплекс / М. Ю. Бобрик [и др.]. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2015. – 424 с.
67. Изменения климата Беларуси и их последствия / В. Ф. Логинов [и др.] ; под общ. ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Тонпик, 2003. – 330 с.

68. Исмайлыв, Г. Х. Анализ многолетних колебаний годового стока Волги / Г. Х. Исмайлыв, В. М. Федоров // Водные ресурсы. – 2001. – Т. 28. – № 5. – С. 517–525.

69. Итоговый отчет о выполнении Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы за весь период ее реализации [Электронный ресурс] // М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь. – Режим доступа : <https://mshp.gov.by/prog/analitika.pdf>. – Дата доступа : 25.10.2024.

70. Калинин, М. Ю. Водные ресурсы Белорусского Полесья: использование и охрана / М. Ю. Калинин, А. А. Волчек // Природные ресурсы. – 2001. – № 4. – С. 35–49.

71. Калинин, М. Ю. Водные ресурсы Гомельской области / М. Ю. Калинин, А. А. Волчек ; под общ. ред. д.т.н. М. Ю. Калинина. – Минск : ООО «Белсэнс», 2005. – 144 с.

72. Каталог опасных гидрологических явлений на реках территории Беларуси за 2010-2015 годы. – Минск, 2016. – 30 с.

73. Каталог опасных гидрологических явлений на реках территории Беларуси за 2016-2021 годы. – Минск, 2022. – 50 с.

74. Каталог показателей опасностей гидрологических явлений на территории Беларуси / ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр» при взаимодействии с гидрологическими подразделениями Департамента по гидрометеорологии Минприроды. – Минск, 2010. – 46 с.

75. Каштанов, А. Н. Ландшафтное земледелие : методические рекомендации по разработке ландшафтных систем земледелия в многоукладном сельском хозяйстве / А. Н. Каштанов, А. Т. Щербаков. – Курск : ВНИИЗИЗПЭ, 1993. – Часть 2. – 110 с.

76. Каштанов, А. Н. Основы ландшафтно-экологического земледелия / А. Н. Каштанов, Ф. Н. Лисецкий, Г. И. Швобс. – М. : Колос, 1994. – 127 с.

77. Кирюшин, В. И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия / В. И. Кирюшин. – Пуццино, 1993. – 95 с.

78. Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. – М. : Колос, 1996. – 367 с.

79. Климат Беларуси / Академия наук Беларуси, Комитет по гидрометеорологии МЧС Респ. Беларусь ; под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : Ин-т геолог. наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.

80. Ландшафтное земледелие и агробиоэнергетика / А. П. Щербаков [и др.] // Земледелие. – 1994. – № 2. – С. 8–12.

81. Лапа, В. В. Основные мероприятия по повышению плодородия почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь на 2021–2025 годы / В. В. Лапа [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 2(65). – С. 7–25.

82. Лиштван, И. И. Проблемы наводнений в Полесье и мероприятия по противопаводковой защите населенных пунктов и сельскохозяйственных земель / И. И. Лиштван, Г. В. Азява, Л. М. Ярошевич // Природные ресурсы. – 1999. – № 2. – С. 49–58.

83. Логинов, В. Ф. Весенние половодья на реках Беларуси: пространственно-временные колебания и прогноз / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Ан. А. Волчек. – Минск : Беларуская навука, 2014. – 244 с.
84. Логинов, В. Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек. – Минск : Тонпик, 2006 – 160 с.
85. Логинов, В. Ф. Использование моделей общей циркуляции для оценки климата в Беларуси / В. Ф. Логинов, В. С. Микуцкий, Е. Н. Каждан // Природопользование. – 2000. – Вып. 6. – С. 30–31.
86. Логинов, В. Ф. Колебания годового воды р. Неман у г. Гродно / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек // Водные ресурсы. – 2006. – Т. 33. – № 6. – С. 635–663.
87. Логинов, В. Ф. Опасные метеорологические явления на территории Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, И. Н. Шпока. – Минск : Бел. наука, 2010. – 129 с.
88. Логинов, В. Ф. Практика применения статистических методов при анализе и прогнозе природных процессов / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, П. В. Шведовский. – Брест : Изд-во БГТУ, 2004. – 301 с.
89. Логинов, В. Ф. Признаки аридизации климата и их экосистемные проявления на территории Беларуси / В. Ф. Логинов [и др.] // Известия РАН. Серия географическая. – 2021. – Т. 85. – № 4. – С. 515–527.
90. Лукашик, П. И. История мелиорации земель Брестчины / П. И. Лукашик. – Брест : Облтипография, 1998. – 180 с.
91. Мезенцев, В. С. Гидролого-климатическая гипотеза и примеры ее использования / В. С. Мезенцев // Водные ресурсы. – 1995. – Т. 22. – № 3. – С. 299–301.
92. Мельник, В. И. Возможные изменения климатических и агроклиматических характеристик в XXI веке на территории Беларуси и их влияние на сельское хозяйство / В. И. Мельник, Я. А. Соколовская, Е. В. Комаровская // Природные ресурсы. – 2017. – № 2. – С. 118–125.
93. Мельник, В. И. Оценка влагозапасов и повторяемости почвенных засух на территории Белорусского Полесья в период современного потепления климата / В. И. Мельник, И. В. Буяков, Н. Г. Пискунович, Т. Г. Шумская // Природные ресурсы. – 2020. – № 2. – С. 104–114.
94. Мельник, В. И. Современные изменения климата на мелиорированных торфяных почвах Белорусского Полесья / В. И. Мельник, Е. В. Комаровская, С. М. Кравцова // Природнае асяроддзе Полесья : асаблівасці і перспектывы развіцця. Зборнік навуковых прац VIII Міжнароднай навуковай канферэнцыі «Природнае асяроддзе Полесья і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурса-карыстання» ; 12–14 верасня 2018 г. ; Брэст, Беларусь. Выпуск 11. – Брэст : Альтернатыва, 2018. – С. 74–77.
95. Мешик, О. П. Методологические подходы к оценке засух и засушливых явлений / О. П. Мешик, М. В. Борушко // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства : Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти члена-корр. РАСХН и НАН КР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я. В. – Рязань : РГАТУ, 2024. – С. 59–65.

96. Мешик, О. П. Оценка мелиоративных режимов дерново-подзолистых почв Беларуси в условиях климатических изменений / О. П. Мешик, Ю. А. Мажайский // II Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах» : сб. материалов Междунар. науч. конф. [посвящ. Первому проф. почвовед. на Урале, зав. каф. почвоведения (1924-1932) В. В. Никитину, а также 100-летию первой кафедры почвоведения на Урале, 140-летию науки почвоведения], 14-17 ноября 2023 г. – Пермь : Издательство «ОТ и ДО», 2023. – С. 223–227.

97. Мильков, Ф. Н. Человек и ландшафты / Ф. Н. Мильков. – М. : Мысль, 1973. – 224 с.

98. Михальчук, Н. В. Гидрогенно-карбонатные ландшафты Полесья: генезис, состояние фитобиоты, охрана / Н. В. Михальчук. – Минск : Белорусская наука, 2015. – 317 с.

99. Мухавец. Энциклопедия малой реки : [коллективная монография] / Национальная академия наук Беларуси, Полесский аграрно-экологический институт ; А. А. Волчек [и др.]. – Брест : Академия, 2005. – 346 с.

100. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://belstat.gov.by/>. – Дата доступа : 20.06.2024.

101. Николаев, В. А. Концепция агроландшафта / В. А. Николаев // Вестник МГУ. Сер. 5, География. – 1987. – № 2. – С. 22–27.

102. Николаев, В. А. Ландшафтоведение и земледелие / В. А. Николаев // Структура, функционирование, эволюция природных и антропогенных ландшафтов : тезисы ландшафтной конференции, 16-19 окт. 1997 г. – М–СПб, 1997. – С. 24–28.

103. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 февр. 2021 г., № 59 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа : https://pravo.by/upload/docs/op/C22100059_1612904400.pdf. – Дата доступа : 30.07.2024.

104. Обзор гидрометеорологических условий в бассейнах рек в 2020 гидрологическом году. – Минск, 2021. – 23 с.

105. Оросительные системы. Правила проектирования = Арашальныя сістэмы. Правілы праектавання : ТКП 45-3.04-178-2009 (02250). – Введ. 07.01.2010. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 70 с.

106. Оценка плодородия почв Белоруссии / Н. И. Смеян, В. С. Зинченко, И. М. Богдевич [и др.]. – Минск : Ураджай, 1989.

107. Павлова, В. Н. Агроклиматические ресурсы и продуктивность сельского хозяйства России при реализации новых климатических сценариев в XXI веке / В. Н. Павлова // Труды Главной геофизической обсерватории имени А. И. Воейкова. Вып. 569. – Санкт-Петербург, 2013. С. 20–37.

108. Поллард, Дж. Справочник по вычислительным методам статистики / Дж. Поллард ; пер. с англ. В. С. Занадворова ; под ред. и с предисл. Е. М. Четыркина. – М. : Финансы и статистика, 1982. – 344 с.

109. Почвы Беларуси: учеб. пособие для студентов агрономических специальностей учреждений, обеспечивающих получение высшего образования / А. И. Горбылева [и др.] ; под ред. А. И. Горбылевой. – Минск : ИВЦ Минфина. 2007. – 184 с.
110. Почвы Белорусской ССР / под ред. Т. П. Кулаковской, П. П. Рогового, Н. И. Смеяна. – Минск : Ураджай, 1974.
111. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь : практическое пособие / под ред. Г. И. Кузнецова, П. И. Смеяна. – Минск : Оргстрой, 2001. – 402 с.
112. Принципы моделирования мелиоративного режима при комплексных мелиорациях / Л. В. Кирейчева [и др.]. – Москва : ВНИИГиМ, 2001. – 65 с.
113. Природообустройство Полесья / Ю. А. Мажайский, А. Н. Рокочинский, А. А. Волчек, О. П. Мешик, Е. Езнах // монография : в 4 кн. – Рязань : Мещер. ф-л ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2017. – Кн. 2: Украинское Полесье. – Т. 1. – 902 с.
114. Природообустройство Полесья / Ю. А. Мажайский, А. Н. Рокочинский, А. А. Волчек, О. П. Мешик, Е. Езнах // монография : в 4 кн. – Рязань : Мещер. ф-л ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2018. – Кн. 2: Украинское Полесье. – Т. 2. – 804 с.
115. Природообустройство Полесья / Ю. А. Мажайский, А. Н. Рокочинский, А. А. Волчек, О. П. Мешик, Е. Езнах // монография : в 4 кн. – Рязань : Мещер. ф-л ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2018. – Кн. 1: Белорусское Полесье. – Т. 1: Природно-ресурсный потенциал. – 408 с.
116. Природообустройство Полесья / Ю. А. Мажайский, А. Н. Рокочинский, А. А. Волчек, О. П. Мешик, Е. Езнах // монография : в 4 кн. – Рязань : Мещер. ф-л ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2019. – Кн. 4: Полесья Юго-Западной России. – Т. 1. – 354 с.
117. Природообустройство Полесья / Ю. А. Мажайский, А. Н. Рокочинский, А. А. Волчек, О. П. Мешик, Е. Езнах // монография : в 4 кн. – Рязань : Мещер. ф-л ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2019. – Кн. 1 : Белорусское Полесье. – Т. 2 : Преобразование и использование природных ресурсов. – 503 с.
118. Природообустройство Полесья / Ю. А. Мажайский, А. Н. Рокочинский, Ф. Р. Зайдельман, А. А. Волчек, О. П. Мешик, [и др.] // монография : в 4 кн. – Рязань : Мещер. ф-л ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2019. – Кн. 4 : Полесья России. – Т. 2 : Полесья Центра и Северо-Востока Европейской части России. – 339 с.
119. Прокаев, В. И. Физико-географическое районирование / В. И. Прокаев. – М. : Просвещение, 1983. – 176 с.
120. Пыленок, П. И. Ренатурализация осушенных болот : гидрологические предпосылки и технологии / П. И. Пыленок // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 1. – С. 38–42.
121. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения. Технический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.04-168-2009(02250). – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2010. – 55 с.
122. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь. – Минск : Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь, 2024. – 59 с.

123. Республиканская программа инженерных водохозяйственных мероприятий по защите населенных мест и сельскохозяйственных угодий от паводков в наиболее паводкоопасных районах Полесья. – Мн., 2000.
124. Руководство по проектированию и изысканиям объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства в Белорусской ССР (РПИ – 82). Часть III. Оросительные системы. – Минск : Минводхоз БССР, 1984. – 372 с.
125. Сайганов, А. Методические подходы к учету влияния природно-экономических условий на производственную структуру и специализацию сельскохозяйственных организаций / А. Сайганов, Е. Горбачева, Т. Запрудская // Аграрная экономика. – 2023. – Т. 1. – № 11. – С. 3–15.
126. Сайт Федеративной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [Электронный ресурс] 1998. – Режим доступа : <http://climate2008.igse.ru/v2008/v1/vI-7.pdf>. – Дата доступа : 30.05.2012.
127. Сачок, Г. И. Пространственная и временная неоднородность рядов заморозков и засух на территории Беларуси / Г. И. Сачок, Г. А. Камышенко // Вестник Полоцкого университета. Серия В. – 2005. – № 3. – С. 92–97.
128. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. – Минск : Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2021. – 179 с.
129. Сибирцев, Н. М. Геологические исследования в Окско-Клязьминском бассейне (магистерская дис. Сибирцева Н. М.) / Н. М. Сибирцев // Труды Геолог, комитета. – СПб, 1896. – Т. 15. – Вып. 2. – 283 с.
130. Скрипчук, П. М. Проблемы и перспективы развития органического земледелия в Припятском Полесье Республики Беларусь / П. М. Скрипчук, С. В. Тыновец, В. С. Филипенко, И. В. Тыновец // Збалансоване природокористування : науково-практичний журнал. – 2018. – № 3. – С. 40–49.
131. Смеян, Н. И. Почвы и структура посевных площадей / Н. И. Смеян. – Минск : Ураджай, 1990.
132. Снежко, С. И. Долгосрочный прогноз стока горных и равнинных рек для оценки их гидроэнергетического потенциала (на примере Украинских Карпат и Беларуси) / С. И. Снежко, А. Г. Ободовский, П. С. Лопух // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2017. – № 1. С. 50–61.
133. Статистические методы в природопользовании : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В. Е. Валуев, А. А. Волчек, П. С. Пойта, П. В. Шведовский. – Брест : Изд-во Брестского политехнического института, 1999. – 252 с.
134. Такке, Б. Научные основы культуры болот / Б. Такке. – М. : Сельхозгиз, 1930.
135. Тюремнов, С. Н. Торфяные месторождения / С. Н. Тюремнов. – 3-е изд. – М. : Недра, 1976. – 488 с.
136. Фадеев, П. И. Песчаные породы Мещерской низменности (в связи с ее осушением) / П. И. Фадеев. – М. : Изд-во МГУ, 1969. – 273 с.
137. 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.

138. Христофоров, А. В. Теория случайных процессов в гидрологии / А. В. Христофоров. – М. : Из-во МГУ, 1994. – 141 с.
139. Швебс, Г. И. Концепция парагенетических ландшафтов и природопользование / Г. И. Швебс // География и практика науки. – Л. : Наука, 1988. – С. 107–120.
140. Швец, Г. И. Выдающиеся гидрологические явления на юго-западе СССР / Г. И. Швец. – Л. : Гидрометеиздат, 1972. – 244 с.
141. Широков, В. М. Пруды Белоруссии / В. М. Широков, И. И. Кирвель. – Мн. : Ураджай, 1987. – 120 с.
142. Щирая, Т. Л. Опасные гидрологические явления на территории Брестской области / Т. Л. Щирая // ICER – 2023 Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : сборник научных статей Международной научно-практической конференции «Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды», посвященной памяти доцента кафедры природообустройства, кандидата географических наук, доцента Шпока Ирины Николаевны ; Брест, 16-17 октября 2023 г. / Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: А.А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик. – Брест : БрГТУ, 2023. – С. 224–234.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
Глава 1. ПОЛЕСЬЯ РОССИИ	8
1.1 Общая характеристика полесий	8
<i>Зайдельман Ф. Р., Поздняков А. И., Иванов Д. А.</i>	
1.2 Почвы полесий	14
<i>Зайдельман Ф. Р.</i>	
1.3 Некоторые агрогеографические закономерности полесских ландшафтов и использование легких почв в сельском хозяйстве.....	21
<i>Иванов Д. А., Рубцова Н. Е., Ковалев Н. Г., Петрова Л. И., Карасева О. В., Рублюк М. В.</i>	
1.4 Торфяные почвы полесий и их изменения в условиях осушения и сельскохозяйственного использования	36
<i>Зайдельман Ф. Р., Мажайский Ю. А., Томин Ю. А., Черникова О. В.</i>	
1.5 Сельскохозяйственное использование торфяных почв	50
<i>Мажайский Ю. А., Томин Ю. А., Поздняков Л. А., Рабинович Г. Ю., Широкова Е. В.</i>	
Глава 2. КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ	55
2.1 Общая характеристика климата	55
<i>Волчек А. А., Городнюк Ю. П.</i>	
2.2 Температура воздуха	59
<i>Волчек А. А., Городнюк Ю. П.</i>	
2.3 Атмосферные осадки.....	64
<i>Волчек А. А., Городнюк Ю. П.</i>	
2.4 Суммарное испарение	68
<i>Волчек А. А., Сидак С. В.</i>	
2.5 Ветровой режим	71
<i>Волчек А. А., Гречаник А. В.</i>	
2.6 Сценарии и прогноз изменения климата Белорусского Полесья	75
<i>Волчек А. А., Парфомук С. И.</i>	
Глава 3. ВОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ	79
3.1 Ресурсы поверхностных вод.....	80
<i>Волчек А. А., Парфомук С. И., Сидак С. В.</i>	
3.1.1 Годовой сток.....	80
3.1.2 Внутригодовое распределение стока рек	87
3.1.3 Половодья на реках.....	90
3.1.4 Паводки на реках.....	94
3.1.5 Минимальный сток на реках.....	103
3.2 Уровенный режим рек Белорусского Полесья	109
<i>Волчек А. А., Шпока Д. А.</i>	
3.3 Подземные воды Белорусского Полесья.....	124
<i>Волчек А. А., Сидак С. В.</i>	

3.4 Оценка водноэнергетического потенциала рек	128
<i>Волчек А. А.</i>	
3.5 Использование водных ресурсов	133
<i>Волчек А. А., Зубрицкая Т. Е.</i>	
3.6 Антропогенные воздействия на речной сток.....	139
<i>Волчек А. А., Парфомук С. И., Сидак С. В.</i>	
3.7 Прогнозные оценки изменения стока рек Белорусского Полесья при различных сценариях будущего.....	148
<i>Волчек А. А., Парфомук С. И.</i>	
3.8 Основные направления в исследовании водных проблем Белорусского Полесья	151
<i>Волчек А. А., Парфомук С. И.</i>	
Глава 4. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО И МЕЛИОРАЦИЯ	159
4.1 Основные направления сельскохозяйственного производства	159
<i>Мешик О. П., Борушко М. В., Асаулов Р. В., Черникова О. В.</i>	
4.2 Особенности мелиоративного освоения земель Белорусского Полесья	168
<i>Мешик О. П., Мажайский Ю. А., Борушко М. В., Асаулов Р. В.</i>	
Заключение.....	199
Список использованных источников	201



Мажайский Юрий Анатольевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник Мещерского филиала ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», почетный работник агропромышленного комплекса России. Автор более 700 научных работ. Область научных интересов – режимы комплексных мелиораций деградированных и техногенно загрязненных земель, экологическое обоснование технологий сохранения и восстановления плодородия почв.

Волчек Александр Александрович – доктор географических наук РФ и РБ, профессор, лауреат премии Национальной академии наук Беларуси, профессор кафедры природообустройства Брестского государственного технического университета. Автор более 1300 работ. Научные работы в области гидрологии суши, водных ресурсов, гидрохимии, климатологии, экологии, природообустройства и др. Совокупность полученных результатов позволила решить проблему оценки закономерностей формирования водного баланса речных водосборов Беларуси в условиях изменяющихся естественных и антропогенных факторов, дать прогноз изменения составляющих водного баланса в связи с различными сценариями климата будущего



Иванов Дмитрий Анатольевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член корреспондент РАН, главный научный сотрудник, заведующий отделом мониторинга состояния и использования осушаемых земель Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель – филиала ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева» (ВНИИМЗ). Автор более 420 работ. Основным направлением его научных исследований является изучение характера изменчивости факторов агроландшафтной среды, влияния их на продуктивность растений и построения, на основе полученных данных, методологии создания адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Им разработана и обоснована методология ландшафтно-полевого опыта – новейшего направления полевого эксперимента, призванного изучать влияние на производственные процессы не только управляемых, но и неуправляемых факторов природной среды.

Мешик Олег Павлович – кандидат технических наук, доцент, декан факультета инженерных систем и экологии Брестского государственного технического университета. Автор более 300 научных и учебно-методических работ. Область научных интересов – природообустройство и водопользование, климатология, энерго- и ресурсосбережение.



Научное издание

ПОЛЕСЬЯ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ

*Под общей научной редакцией:
Мажайского Ю. А., Волчека А. А., Иванова Д. А., Мешика О. П.*

*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/>*

Печатается в авторской редакции
Ответственный за выпуск: Мешик О. П.
Компьютерная верстка: Тюшкевич П. Б.
Корректор: Ардашева С. А.
Фото обложки: Босак В. Н.

Издательство БрГТУ.
Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных
изданий № 1/235 от 24.03.2014, № 3/1569 от 16.10.2017.
Подписано в печать 24.12.2024. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Бумага «Performer». Гарнитура «Times New Roman».
Усл. печ. л. 12,56. Уч. изд. л. 13,5. Заказ № 978. Тираж 116 экз.
Печать цифровая. Отпечатано и изготовлено в типографии
учреждения образования «Брестский государственный
технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

ISBN 978-985-493-648-2



9 789854 936482

