

ТАДЖИКСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ДАВЛЯТОВА САИДА ДЖУРАБЕКОВНА
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕГИОНА
(на материалах Хатлонской области Республики Таджикистан)

Специальность: 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика
(региональная экономика)

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:
д.э.н., профессор Х.А. Одинаев

ДУШАНБЕ - 2026

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|-----------------------|---|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
|-----------------------|---|

ГЛАВА I. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

| | |
|---|----|
| 1.1. Теоретические основы повышения эффективности водопользования в сельском хозяйстве региона..... | 15 |
| 1.2. Основные принципы и условия регулирования эффективного использования водных ресурсов в сельском хозяйстве региона..... | 32 |
| 1.3. Зарубежный опыт регулирования использования водных ресурсов в сельском хозяйстве | 51 |

ГЛАВА II. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ХАТЛОНСКОЙ ОБЛАСТИ: ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

| | |
|---|-----|
| 2.1. Анализ современного состояния и тенденции использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Хатлонской области..... | 73 |
| 2.2. Оценка эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Хатлонской области..... | 94 |
| 2.3. Экологические аспекты эффективного использования водных ресурсов в сельском хозяйстве региона..... | 114 |

ГЛАВА III. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ХАТЛОНСКОЙ ОБЛАСТИ

| | |
|---|-----|
| 3.1. Институциональные аспекты повышения эффективности водопользования в сельском хозяйстве Хатлонской области..... | 133 |
| 3.2. Инвестиционные аспекты модернизации систем водопользования в сельском хозяйстве региона..... | 153 |
| 3.3. Государственно-частное партнерство в сфере водопользования и улучшения экологической среды..... | 171 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ | 188 |
|-----------------------------------|-----|

| | |
|---|-----|
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ | 193 |
|---|-----|

В В Е Д Е Н И Е

Актуальность темы исследования. Трансформация региональных экономических систем в условиях нарастающего климатического давления, структурных изменений в аграрном производстве и усиления конкуренции за природные ресурсы предопределяет необходимость глубокого научного анализа механизмов рационального использования водных ресурсов как ключевого фактора устойчивого развития сельского хозяйства. В современных условиях вода становится не просто элементом природной среды, но стратегическим ресурсом, от которого в значительной степени зависит динамика продуктивности аграрного сектора, экологическая стабильность территорий и социально-экономическая безопасность регионов. Рост вододефицитности, деградация ирригационной инфраструктуры, снижение качества водных экосистем, усиление техногенных и антропогенных нагрузок, а также изменения водного режима вследствие климатических флуктуаций формируют объективную потребность в разработке новых эколого-экономических механизмов регулирования водопользования, учитывающих специфику функционирования аграрной экономики региона.

В условиях быстро меняющихся климатических реалий и растущей потребности в продовольствии главным ориентиром становится способность системы сельского хозяйства эффективно использовать ограниченный водный ресурс, обеспечивая при этом сохранность природного фундамента и устойчивое функционирование производственного цикла. При этом повышение эффективности водопользования невозможно без научно-обоснованного переосмысления действующих моделей управления водными ресурсами, особенно в аридных регионах, где каждый кубометр оросительной воды обладает высокой экономической, экологической и социальной ценностью. Низкий уровень технологического оснащения ирригационных систем, значительные потери воды, недостаточная согласованность институциональных механизмов, ограниченность финансовых ресурсов, износ гидротехнических сооружений и слабая интеграция экологических требований в практику хозяйствования усиливают риски нерационального

использования водного потенциала и снижают устойчивость регионального развития.

Между тем, современная теория и практика водного управления демонстрируют возрастающую роль комплексного эколого-экономического подхода, предполагающего согласование интересов сельскохозяйственных производителей, институтов управления водными ресурсами, местных сообществ и природных экосистем. Формирование научно обоснованных механизмов регулирования водопользования приобретает особую значимость в связи с необходимостью модернизации ирригационной инфраструктуры, внедрения водосберегающих технологий, повышения институциональной эффективности ассоциаций водопользователей, усиления экологического контроля и управления водным качеством, а также улучшения системы распределения и мониторинга воды.

Вместе с тем, существующие механизмы регулирования водных ресурсов в аграрном секторе Хатлонской области Республики Таджикистан характеризуются фрагментарностью, недостаточной согласованностью и ограниченной адаптивностью к вызовам изменяющегося климата. Наблюдаются институциональные разрывы между хозяйствующими субъектами, регулирующими органами и природоохранными структурами; отсутствуют современные экономические стимулы водосбережения; экологические ограничения недостаточно интегрированы в процессы планирования и эксплуатации водных систем. Эти обстоятельства обуславливают необходимость научного осмысления и переоценки существующих подходов, а также разработки новых эколого-экономических инструментов, способных обеспечить устойчивый и сбалансированный режим водопотребления в сельском хозяйстве. Актуализируется задача разработки научно-практической модели регулирования водопользования, основанной на принципах устойчивости, комплексности, экономической мотивированности и экологической безопасности, позволяющей повысить результативность функционирования сельского хозяйства и обеспечить сохранность водных экосистем.

Таким образом, актуальность исследования определяется необходимостью научного обоснования эколого-экономических основ эффективного водопользо-

вания, разработки механизма его регулирования на уровнях хозяйства, района и региона, а также формированием инструментов, ориентированных на повышение устойчивости аграрного сектора в условиях растущего дефицита водных ресурсов и климатической неопределенности. Решение этих задач представляется значимым как для развития теории региональной экономики, так и для совершенствования практики водного управления в сельском хозяйстве региона.

Степень разработанности изучаемой проблемы. Проблемы устойчивого водопользования в сельском хозяйстве нашли широкое отражение в трудах таких известных исследователей, как М.Фалькенмарк, Й. Рокстрем, Д. Молден, Р. Майнзен-Дик, Э. Остром, Дж. Деллапенна, Джойс Гупта и др., в чьих работах заложены методологические основы современного понимания водной продуктивности, принципов интегрированного управления водными ресурсами, институциональных механизмов коллективного водного контроля и экологических ограничений аграрного водопотребления.

Значительный вклад в изучение проблем водопользования в сельском хозяйстве внесли российские и постсоветские ученые, в числе которых С.Н. Бобылев, В.Н. Краснощеков, Н.С. Быстрицкая, Г.В. Воропай, Л.Н. Медведева, А.Н. Крутов, А.М. Рыбальский, Д.О. Сиваков, К.С. Лосев и др. Научные труды этих авторов посвящены вопросам экономического механизма водопользования, совершенствованию управления мелиоративными системами, институциональным моделям оптимизации водного хозяйства, оценке эффективности водного потока, управлению качеством воды и формированию экологических ограничений в аграрном природопользовании. Их исследования формируют методологическую базу анализа водного хозяйства, раскрывают структуру водно-экономических взаимодействий и уточняют подходы к формированию устойчивой водохозяйственной политики.

В Таджикистане вопросы эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве получили развитие в трудах Х.А. Одинаева, Х.Р. Исайнова, Х.М. Мухаббатова, Т.Б. Ганиева, А.Д. Насруллоева, Х.Н. Назаралиева, К.А. Содикова, Я.Э. Пулатова, Р.Б. Латифзода, Ф.А. Абдурахмонова, Х.Г. Норова, С.С.

Саидова, М.И. Садриддинова, К.К. Давлатова, Ш.Т. Одинаева и других исследователей. Их работы посвящены проблемам модернизации ирригационной инфраструктуры, реформе водного сектора, экологическому состоянию оросительных систем, экономическим аспектам управления земельно-водными ресурсами, механизмам регулирования в условиях вододефицита, развитию ассоциаций водопользователей и внедрению адаптивных моделей водного менеджмента.

Научные разработки таджикских ученых обладают ярко выраженной прикладной направленностью, ориентированы на особенности аридного земледелия и учитывают региональную специфику водного хозяйства.

Между тем, проблемы комплексного эколого-экономического регулирования водопользования в сельском хозяйстве региона, включающего системную увязку экономических стимулов, институциональных механизмов, экологических ограничений и технологической модернизации, до настоящего времени разработаны фрагментарно. Недостаточно изучены вопросы формирования интегрированного механизма регулирования водных ресурсов, способного учитывать природно-климатические особенности аридных зон, специфику производственных циклов аграрного сектора, необходимость восстановления экологической устойчивости водных объектов и роль институциональных структур в обеспечении рационального водопотребления.

При этом остаются мало разработанными проблемы инвестиционной обеспеченности водохозяйственного комплекса, связанные с низкой привлекательностью отрасли для частного капитала, ограниченными возможностями бюджетного финансирования, отсутствием долгосрочных экономических стимулов для модернизации ирригационной инфраструктуры и внедрения водосберегающих технологий. Недостаточно изучены механизмы государственно-частного партнерства (ГЧП) в сфере водопользования, их институциональные конфигурации и потенциал применения в условиях регионов с хроническим вододефицитом, где участие частного инвестора требует особых гарантий, прозрачности, стабильных тарифных условий и надежной системы распределения рисков. Выявленные пробелы подтверждают необходимость проведения комплексного

научного исследования, направленного на разработку системного механизма регулирования водопользования, учитывающего специфику региональных условий и современные требования концепции устойчивого развития.

Цель и задачи исследования. Цель диссертационного исследования заключается в научном обосновании теоретических и методических положений по формированию эколого-экономического механизма регулирования водопользования в сельском хозяйстве региона, а также в разработке инструментов и практических рекомендаций по повышению эффективности использования водных ресурсов с учетом природно-климатических условий, экологических ограничений и тенденций модернизации аграрного производства.

Для достижения поставленной цели в работе были определены и решены следующие основные задачи:

- раскрыть теоретические основы и методологические подходы к повышению эффективности водопользования в сельском хозяйстве региона, уточнить принципы, условия и факторы эколого-экономического регулирования использования водных ресурсов;

- систематизировать зарубежный опыт управления водными ресурсами в аграрном секторе, выявить применимые для региональных условий модели рационального водопользования, водосбережения и экологического контроля;

- проанализировать современное состояние, тенденции и основные параметры использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Хатлонской области, определить ключевые производственные, технологические и институциональные ограничения водопользования в регионе;

- оценить эффективность использования водных ресурсов в сельском хозяйстве региона с учетом экономических, технологических и организационных факторов, определить систему индикаторов эффективности водопользования и ее динамику;

- исследовать экологические аспекты водопользования, выявить влияние существующих практик орошения на состояние почв, водных экосистем и устойчивость агроландшафтов региона;

- обосновать направления совершенствования институциональных механизмов регулирования водопользования, включая систему управления, координацию водопользователей, нормативно-правовые условия и цифровизацию процессов распределения воды;

- разработать рекомендации по повышению эффективности регулирования водопользования в сельском хозяйстве региона на основе привлечения инвестиций в ирригационную инфраструктуру и использования государственно-частного партнерства (ГЧП) в процессе обновления и развития водных экосистем.

Объектом диссертационного исследования выступает система эколого-экономических отношений, складывающихся в процессе использования и регулирования водных ресурсов в сельском хозяйстве региона, а также функционирующий водохозяйственный комплекс, обеспечивающий распределение, подачу и рациональное потребление оросительной воды.

Предметом диссертационного исследования является совокупность эколого-экономических, институциональных и организационно-управленческих механизмов регулирования эффективного использования водных ресурсов в сельском хозяйстве региона, определяющих принципы, условия и инструменты достижения устойчивого водопользования.

Теоретической и методологической основой диссертационного исследования послужили труды отечественных и зарубежных ученых-экономистов, раскрывающие закономерности эффективного использования водных ресурсов в аграрном секторе, принципы эколого-экономического регулирования природопользования, концепции устойчивого развития, институциональные подходы к управлению водохозяйственными системами, а также современные модели рационального водопотребления и механизмы оптимизации функционирования ирригационной инфраструктуры.

В процессе выполнения диссертационного исследования в зависимости от масштаба и сложности решаемых задач были использованы методы абстрактно-логического, монографического, экономико-статистического, сравнительного

анализа, а также расчетно-конструктивный, экспериментальный и другие методы исследования.

Информационную базу исследования составили нормативно-правовые акты Республики Таджикистан в сфере водных ресурсов и сельского хозяйства, международные документы по вопросам устойчивого водопользования, статистические данные Агентства по статистике при Президенте Республики Таджикистан, материалы Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан, Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан, Министерства сельского хозяйства Республики Таджикистан, региональных и бассейновых управлений водного хозяйства, данные ассоциаций водопользователей (АВП), материалы государственных программ и стратегий развития аграрного сектора. В качестве источников использованы отчеты научно-исследовательских институтов, аналитические доклады международных организаций (ФАО, ПРООН, Всемирный банк), результаты обследований водохозяйственных систем, публикации отечественных и зарубежных ученых, а также собственные наблюдения автора, собранные в ходе анализа функционирования оросительных и дренажных систем региона.

Научная новизна диссертационного исследования состоит в научном обосновании теоретических и методических положений формирования эколого-экономического механизма регулирования использования водных ресурсов в сельском хозяйстве региона и разработке практических рекомендаций по модернизации водохозяйственного комплекса и повышению эффективности и устойчивости водопользования в условиях аридной зоны. Наиболее значимыми результатами, обладающими элементами научной новизны, являются:

- развиты теоретические подходы к исследованию устойчивого водопользования, уточняющие фундаментальные положения эколого-экономического регулирования водных ресурсов в аграрном секторе. Уточнено содержание понятия «эффективное водопользование в сельском хозяйстве», обоснована его многослойная структура, включающая экономические стимулы, институциональные

механизмы, экологические ограничения и технологические параметры функционирования водохозяйственной инфраструктуры региона;

- обоснованы методические аспекты устойчивого водопользования в аграрном секторе региональной экономики, учитывающие специфику аридных территорий и современные требования к экологической и экономической результативности использования водных ресурсов, базирующиеся на принципах:

✓ многоуровневой институциональной координации, обеспечивающей согласованность действий государственных органов, бассейновых управлений, ассоциаций водопользователей и фермерских хозяйств при распределении и регулировании использования водных ресурсов;

✓ инвестиционно-инновационного обеспечения водопользования, отражающий необходимость стабильного привлечения инвестиций, модернизации оросительных систем, внедрения водосберегающих технологий и цифровизации мониторинга водоподачи;

✓ государственно-частного партнерства в управлении водными системами, определяющее новые формы распределения рисков, совместного управления водохозяйственными объектами и развития сервисных моделей эксплуатации инфраструктуры.

- обобщен зарубежный опыт устойчивого водопользования в сельском хозяйстве, отражающий существенные различия в стратегиях управления водными ресурсами между развитыми и развивающимися странами с учетом значимости адаптации успешных моделей к условиям аридных регионов на основе водосберегающих технологий и механизмов коллективного водоуправления;

- выделены причинно-следственные факторы, отрицательно влияющие на эффективность и устойчивость водопользования, отражающие противоречия между:

✓ необходимостью повышения производительности аграрного сектора и низкой обеспеченностью оросительных систем инвестиционными ресурсами;

✓ растущими требованиями к экологическому качеству агроландшафтов и степени изношенности оросительной инфраструктуры;

✓ потребностями фермерских хозяйств в стабильном водоснабжении и недостаточной координацией действий между водохозяйственными структурами, ассоциациями водопользователей и органами местного управления;

-обоснованы направления совершенствования институционального обеспечения устойчивого водопользования, учитывающие:

✓ преодоление организационных и социально-поведенческих барьеров во взаимодействии участников водопользования;

✓ оптимизацию схем сочетания прямых и косвенных механизмов регулирования водных ресурсов;

✓ усиление роли институтов водопользователей, развитие межхозяйственных форм координации, внедрение цифровых платформ водораспределения;

- разработаны инвестиционные модели модернизации водохозяйственного комплекса, учитывающие особенности функционирования регионального аграрного сектора, различный уровень готовности водопользователей к технологическому обновлению, необходимость укрепления финансовой устойчивости водохозяйственных организаций и применения принципов адаптивной экономики при выборе стратегии обновления ирригационных систем;

- обоснована роль государственно-частного партнерства (ГЧП) в модернизации систем водопользования, предложены модельные конфигурации распределения рисков водопользования, механизмов тарифного регулирования, привлечения частного капитала и институциональной поддержки, имеющие практическое значение для регионов с хроническим вододефицитом;

- предложен комплекс научно-обоснованных рекомендаций по совершенствованию эколого-экономического регулирования водопользования, основанный на синтезе современных концепций устойчивого развития, институциональной экономики и регионального управления, включая модернизацию нормативно-правовой базы регулирования водных ресурсов, совершенствование инвестиционной политики с использованием субсидирования процентных ставок, гарантийных инструментов, налоговых стимулов и внедрение цифровых си-

стем мониторинга и распределения воды и повышения уровня эффективности водопользования.

Новизна и результаты исследования соответствуют следующим пунктам Паспорта специальностей ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации по специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (региональная экономика): 1.2. Пространственная организация национальной экономики. Пространственное распределение экономических ресурсов; 1.3. Региональное экономическое развитие и его факторы; 1.6. Мониторинг социально-экономического развития регионов. Региональная экономическая динамика; 1.7. Факторы устойчивости региональных экономических систем; 1.16. Оценка и прогнозирование перспектив развития региональных экономических систем.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в расширении методологической базы исследования в области формирования эколого-экономического механизма регулирования водопользования в сельском хозяйстве аридных регионов, уточнении понятийно-категориального аппарата и развитии научных представлений о принципах, условиях и институциональных основах устойчивого использования водных ресурсов. В работе обоснована концептуальная структура механизма эколого-экономического регулирования водопользования, включающая интеграцию экономических, экологических, технологических и организационно-управленческих компонентов. Полученные результаты позволяют углубить теоретические подходы к анализу устойчивого водопользования, развивают научные представления о многоуровневой координации участников водного хозяйства, инвестиционно-инновационных факторах модернизации водных систем и возможностях применения моделей государственно-частного партнерства в управлении водными ресурсами.

Практическая значимость диссертации заключается в возможности использования разработанных теоретических положений, методических подходов и практических рекомендаций при совершенствовании системы регулирования водных ресурсов в сельском хозяйстве региона. Сформированный в исследовании эколого-экономический механизм устойчивого водопользования может слу-

жить основой для разработки региональных программ рационального использования водных ресурсов, оптимизации деятельности бассейновых управлений и ассоциаций водопользователей, а также для повышения эффективности функционирования оросительных систем. Материалы исследования могут быть также использованы в образовательном процессе вузов при преподавании дисциплин «Региональная экономика», «Экономика природопользования», «Государственное управление водными ресурсами», «Устойчивое развитие» и специальных курсов, посвященных устойчивому водопользованию и экологической политике.

Апробация и внедрение результатов диссертационного исследования. Основные научно-теоретические положения и практические результаты исследования докладывались и обсуждались в рамках республиканских, межвузовских и общеуниверситетских научно-практических конференций 2015-2025 годов в городах Бохтар и Душанбе.

Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в 12 научных работах общим объемом 4,41 п.л., из них 5 статей в научных журналах и изданиях, включенных в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Структура диссертационного исследования. Материалы исследования изложены на 211 страницах компьютерного текста и содержат введение, три главы, выводы и предложения, 1 рисунок, 26 таблиц, список использованной литературы, включающий 160 наименований.

Во введении обоснованы актуальность, цель и задачи исследования, научная новизна, предмет и объект исследования, методологическая и теоретическая основа, информационная база, а также выделены положения, характеризующие научную новизну и научно-практическую значимость, апробации полученных результатов.

В первой главе - «Теоретико-методологические основы регулирования эффективного использования водных ресурсов в сельском хозяйстве» рассмотрены теоретические основы повышения эффективности водопользования в

сельском хозяйстве региона, изучены основные принципы и условия регулирования эффективного использования водных ресурсов в сельском хозяйстве, исследован зарубежный опыт использования водных ресурсов в сельском хозяйстве.

Во второй главе - «Современное состояние и тенденции водопользования в сельском хозяйстве Хатлонской области: эколого-экономические аспекты» анализировано современное состояние и тенденции использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Хатлонской области, дана оценка эффективностью использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Хатлонской области, изучены экологические аспекты использования водных ресурсов в сельском хозяйстве региона.

В третьей главе - «Основные направления повышения эффективности регулирования использования водных ресурсов в сельском хозяйстве» рассмотрено институциональное обеспечение эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве, исследованы инвестиционные аспекты модернизации систем водопользования в сельском хозяйстве региона, изучены механизмы государственно-частного партнерства в сфере улучшения экологической среды в сельском хозяйстве.

В выводах и предложениях обобщены основные результаты диссертационного исследования.

ГЛАВА I. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

1.1. Теоретические основы повышения эффективности водопользования в сельском хозяйстве региона

Устойчивое развитие современной экономики невозможно без эффективно-го управления водными ресурсами, которые выступают одновременно стратегическим природным капиталом и ограничивающим фактором роста аграрного производства. В условиях нарастающего водного дефицита, изменения климата, повышения нагрузки на экосистемы и трансформации производственных технологий вода приобретает статус ключевого элемента устойчивости региональных социально-экономических систем. Именно от степени рациональности водопользования зависит способность сельского хозяйства адаптироваться к климатическим и рыночным изменениям, обеспечивать продовольственную безопасность и поддерживать экологическое равновесие. Последнее обуславливает необходимость углубленного анализа теоретических основ повышения эффективности водопользования и разработки научно обоснованных подходов к его регулированию в условиях региональной специфики.

Водные ресурсы выступают в качестве системообразующего фактора развития национальной экономики и ее отдельных отраслей. Эффективность их использования, обеспечиваемая оптимизацией процессов водопользования в таких ключевых сферах, как сельское хозяйство и промышленность, способствует устойчивому развитию всего хозяйственного комплекса страны. Вода применяется в промышленности, гидроэнергетике, рыболовстве, транспорте, сельскохозяйственном производстве и жилищно - коммунальном хозяйстве. В сельском хозяйстве для достижения эффективного водопользования необходимо внедрение современных технологий и механизмы регулирования, поскольку они ориентированы на повышение производительности, экономический рост и удовлетворение потребностей населения и хозяйствующих субъектов.

Основными задачами эффективного водопользования в аграрном секторе являются снижение потерь воды, улучшение состояния земельных ресурсов,

снижение загрязнения водных объектов, повышение урожайности, расширение ассортимента сельскохозяйственных культур и повышение уровня жизни населения.

Следует отметить, что проблемы эффективного водопользования за последние годы обострились. Несмотря на то, что во многих странах мира дефицит воды превращается в острейшую проблему развития экономики, вопросы регулирования эффективного использования водных ресурсов все еще остаются дискуссионными. Так, К.С. Лосев отмечает, что «... с ростом общественного производства интенсивно увеличивается потребность в воде, близится время, когда традиционные источники водных ресурсов - речные и подземные воды будут исчерпаны. Обычно о воде не задумываются тогда, когда ее достаточно...».¹

Важность водных ресурсов в обеспечение жизнедеятельности людей и других организмов обуславливает совершенствование механизмов оптимизации их эффективного использования. По мнению С.Н. Бобылева «... водные ресурсы необходимо исследовать через призму концепции устойчивого развития. Особый акцент важно делать на те модели, индикаторами которых считаются экономические показатели, оценивающие будущее состояние экономики на долгосрочную перспективу».²

Вода является базовым элементом функционирования природных и социально-экономических систем, обеспечивающим воспроизводство биологических процессов, развитие производительных сил и поддержание жизнедеятельности общества. В отличие от большинства природных ресурсов, вода одновременно выступает и объектом потребления, и средой, в которой протекают ключевые экосистемные процессы, определяющие устойчивость территорий. Универсальность воды проявляется в ее незаменимости в сельском хозяйстве, промышленности, энергетике, транспорте, коммунальном хозяйстве и быту, что делает ее одним из наиболее стратегически значимых ресурсов.

¹ См.: Лосев К.С. Вода. - Ленинград, 1989. - С.6.

²См.: Бобылев С.Н. Новые модели экономики и индикаторы устойчивого развития /С.Н. Бобылев //Экономика как объект междисциплинарных исследований: Сборник материалов IV международного конгресса (МПЭК-IV, г. Москва 01.01.2020 г.). - М., 2020. - С.13-23.

Системообразующий характер водных ресурсов проявляется в том, что именно вода определяет структуру землепользования, типы хозяйственных практик, размещение аграрного производства, специфику инфраструктуры и технологические возможности отраслей. Дефицит, неравномерность распределения и ухудшение качества водных ресурсов неизбежно приводят к снижению производительности, росту издержек, деградации экосистем и сокращению потенциала устойчивого развития. Поэтому эффективность водопользования становится ключевым условием экономической стабильности и экологической безопасности.

Концепция устойчивого развития предполагает сбалансированное взаимодействие экономических, социальных и экологических процессов, при котором удовлетворение потребностей настоящего поколения не ставит под угрозу возможности будущих поколений. Водные ресурсы занимают центральное место в этой концепции, поскольку они одновременно ограничены, уязвимы и крайне зависимы от антропогенного воздействия.

Рациональное водопользование является неотъемлемым компонентом устойчивого развития по нескольким направлениям. Во-первых, оно обеспечивает экономическую устойчивость аграрного производства, поскольку напрямую влияет на урожайность сельскохозяйственных культур, производительность труда и продовольственную безопасность в стране. Во-вторых, эффективное управление водными ресурсами снижает нагрузку на экосистемы, предотвращает деградацию земель, засоление, эрозию и потерю биоразнообразия. В-третьих, сбалансированное распределение воды между секторами экономики способствует социальной стабильности, снижению рисков конфликтов и повышению качества жизни населения.

Одним словом, устойчивое развитие невозможно без системы водопользования, основанной на принципах рациональности, воспроизводимости, экологической безопасности и технологической современности.

Между тем, рост значимости эффективного водопользования в современном сельском хозяйстве обусловлен совокупностью факторов, которые усили-

вают давление на водные ресурсы и формируют новые требования к их рациональному использованию. Эти факторы отражают как глобальные тенденции с учетом изменения климата, роста численности населения, интенсификации экономической деятельности, так и локальные особенности функционирования водохозяйственных систем. Анализ структурных причин позволяет систематизировать основные детерминанты, определяющие необходимость перехода к новой модели эколого-экономического регулирования водопользования. В целях системного представления они сведены в таблицу 1.1.1.

Таблица 1.1.1

Причины роста значимости эффективного водопользования

| ПРИЧИНА | СОДЕРЖАНИЕ И ВЛИЯНИЕ НА ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ |
|--|--|
| КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ | Повышение температуры, снижение осадков, усиление засушливости, учащение экстремальных явлений. Нестабильность водного баланса требует внедрения адаптивных и ресурсосберегающих систем орошения. |
| РОСТ НАСЕЛЕНИЯ И УВЕЛИЧЕНИЕ СПРОСА НА ПРОДОВОЛЬСТВИЕ | Расширение сельскохозяйственного производства увеличивает давление на водные ресурсы и усиливает межотраслевую конкуренцию за воду. Возрастает необходимость повышения водоотдачи каждого кубометра используемой воды. |
| ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ И ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ | Рост водопотребления промышленностью, энергетикой и городским хозяйством. Загрязнение водных объектов повышает нагрузку на системы очистки и снижает доступные объемы качественной воды. |
| ИЗНОС ИНФРАСТРУКТУРЫ И НИЗКАЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ | Значительные потери воды в каналах и системах орошения, низкая эффективность традиционных методов полива, недостаток автоматизации и цифрового мониторинга. Обуславливает необходимость модернизации инфраструктуры. |
| ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ И ДЕГРАДАЦИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ | Засоление, эрозия, деградация почв и экосистем приводят к снижению продуктивности земель и ухудшению экологической устойчивости агроландшафтов. |
| СОЦИАЛЬНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ | Вероятность конфликтов за воду, снижение устойчивости сельских территорий, риски для продовольственной безопасности, необходимость справедливого распределения водных ресурсов. |

Составлено по: Попова К. Ю. Технико-технологические аспекты водопользования в сельском хозяйстве России / К. Ю. Попова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. - М., 2023. - № 9(103). - С. 29-38; Данилов-Данильян, В. И. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования / В. И. Данилов-Данильян, И. Л. Хранович; В. И. Данилов-Данильян, И. Л. Хранович // Российская акад. наук, Ин-т водных проблем. - М.: «Научный мир», 2010. - 229 с.

Представленные факторы демонстрируют, что значимость эффективного водопользования формируется под воздействием взаимосвязанных климатических, экологических, технологических, социальных и экономических процессов.

Их совокупное влияние усиливает необходимость разработки комплексных механизмов управления водными ресурсами, основанных на принципах устойчивости, экономической эффективности и экологической безопасности. Эффективная реакция на вызовы, обозначенные в таблице, требует не только модернизации водохозяйственной инфраструктуры, но и применения инновационных технологий орошения, совершенствования нормативно-правовой базы и активизации институциональных инструментов регулирования. В результате повышение эффективности водопользования становится одним из ключевых условий устойчивого развития аграрного сектора и обеспечения долгосрочной продовольственной безопасности.

Формирование научных представлений о водопользовании прошло длительный путь, отражающий развитие человеческой цивилизации и усложнение хозяйственной деятельности. В ранних стадиях развития общество воспринимало воду как неисчерпаемый элемент природной среды, доступный в любом объеме и не требующий специальных механизмов регулирования. На этом этапе исследования имели преимущественно описательный характер и были связаны с наблюдениями за природными водными циклами, географическими условиями и природной динамикой рек, озер и подземных вод.

С усилением аграрного производства, ростом поселений и появлением первых ирригационных систем вода стала осознаваться как ограниченный ресурс, что привело к формированию первых теоретических представлений о необходимости рационального ее использования. В этот период начинают появляться первичные формы хозяйственного регулирования водных ресурсов, связанные с распределением воды для нужд земледелия и животноводства. Роль воды как фактора устойчивости земледельческих территорий постепенно становится объектом научного анализа.

В эпоху интенсивного индустриального развития произошло качественное обновление подходов к изучению водопользования. Ученые стали рассматривать воду не только как природный объект, но и как экономический ресурс, обладающий стоимостью, ограниченностью и возможностью воспроизводства. В

эту группу исследований вошли работы Э. Л. Исааковича, А. Б. Львовича, В. А. Скорнякова, Т.С. Нокелайнена, М.В. Кумани, Л. Брауна, Г. Джорджа, Г. Одума и других исследователей. Их труды сформировали научную основу для изучения круговорота воды, динамики водных экосистем, антропогенного воздействия на водные объекты и закономерностей развития систем водопользования.

На следующем этапе развития научной мысли возникло представление о воде как элементе эколого-экономической системы. Это понимание отражало необходимость интеграции природных законов с экономическими процессами, что привело к формированию эколого-экономического подхода. В его рамках водопользование рассматривается как сложный процесс, включающий природные, технологические, экономические и правовые аспекты. Существенный вклад в развитие этих идей внесли Х.А. Одинаев, Х.Р. Исайнов, Х.М. Мухаббатов, Я.Э. Пулатов, Х.Г. Норов и другие отечественные исследователи, подчеркнув значимость рационального использования воды в сельском хозяйстве и необходимость совершенствования механизмов регулирования¹.

Современный этап характеризуется переходом к комплексному пониманию водопользования. Вода рассматривается как стратегический ресурс, определяющий устойчивость аграрного, промышленного и социального развития. Научная мысль сосредоточена на разработке интегрированных моделей управления водными ресурсами, которые учитывают природные ограничения, технологические возможности, экологические риски и экономическую эффективность. Особое внимание уделяется цифровым технологиям, моделированию водных потоков, оценке водного баланса и применению водосберегающих систем в сельском хозяй-

¹ См.: Одинаев Х. А. Концепция устойчивого водопользования: от Стокгольма до Душанбе / Х. А. Одинаев // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, ТНУ, 2022. - № 1. - С. 5-11; Ис-айнов Х.Р. Водно-энергетический капитал Центральной Азии: эколого-экономические и инвестиционные аспекты. //Вестник Таджикского национального университета. Серия экономических наук. - Душанбе: «СИНО», 2017. - 2/5(1). - С.42-46; Мухаббатов Х.М. Центральная Азия: земельно-водные ресурсы и экология. //Вестник Таджикского национального университета. Серия экономических наук. - Душанбе: «СИНО», 2016. - 2/11(220). - С.77-86; Пулатов Я.Э. и др. Проблемы мелиоративного состояния орошаемых земель в Респубике Таджикистан // Мелиорация, рекультивация и охрана земель. Природообустройство. - Душанбе, 2015. - №3. - С.6-9; Норов, Х. Г. Развитие форм управления водохозяйственным комплексом / Х. Г. Норов, С. С. Саидзода // Вестник евразийской науки. - М., 2024. - Т. 16, № S6. - С.1-12.

йстве. Важным направлением стало изучение взаимосвязи между водопользованием и изменением климата, а также исследование механизмов адаптации аграрных систем к новым природным условиям.

В целом, эволюция научного понимания водопользования представляет собой переход от простого восприятия воды как свободного природного дара к глубокому осознанию ее стратегической ценности. Современная научная парадигма требует комплексного подхода, учитывающего природные, экономические, институциональные и экологические факторы. Это создает необходимость дальнейшего развития эколого-экономических моделей регулирования водопользования и обосновывает центральную роль эффективности в системе управления водными ресурсами.

Эффективное водопользование представляет собой системно организованный процесс обеспечения потребностей сельскохозяйственного производства в водных ресурсах при соблюдении экологических, экономических и технологических параметров рациональности. В отличие от простого потребления воды, эффективное водопользование предполагает достижение максимальной производственной отдачи при минимальном воздействии на водные объекты и окружающую среду.

Современная научная литература указывает, что эффективность водопользования имеет многокомпонентную структуру, которая включает экономическую, экологическую и технологическую составляющие. Экономическая составляющая связана с результативностью использования воды в процессе производства, выражающейся в росте урожайности и снижении затрат. Экологическая составляющая отражает степень сохранности водных экосистем, устойчивость водного баланса и предотвращение деграционных процессов. Технологическая составляющая определяется уровнем развития систем орошения, инфраструктуры водоснабжения, способами контроля расхода воды и внедрением инновационных решений, включая цифровые технологии управления.

Международные исследования показывают, что эффективное водопользование является ключевым элементом устойчивого развития сельского хозяйства,

особенно в условиях климатической изменчивости. Согласно аналитическому докладу Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, повышение эффективности использования воды рассматривается как одно из центральных условий обеспечения глобальной продовольственной безопасности¹. Эксперты Международного института управления водными ресурсами подчеркивают, что рациональное водопользование основывается на оптимизации водных потоков, совершенствовании ирригационных систем и повышении функциональности водохозяйственной инфраструктуры². Исследования Национальной лаборатории им. Лоуренса Беркли доказывают, что эффективность водопользования должна оцениваться с позиции производственной отдачи, уровня утечек и качества водной среды, а также способности систем водоснабжения адаптироваться к внешним изменениям³.

Содержание эффективного водопользования в сельском хозяйстве включает оптимизацию объемов подачи воды, адаптивное планирование ирригации с учетом сезонных факторов, минимизацию потерь, снижение негативного воздействия на водные объекты, применение экономических стимулов рационального водопотребления и использование технологий мониторинга и автоматизации. Важную роль играет развитие институциональных механизмов регулирования, включающих нормативно-правовую базу и систему водных организаций.

Можно отметить, что сущность эффективного водопользования определяется сочетанием экономической результативности, экологической устойчивости и технологической модернизации, что создает условия для повышения устойчивости агропродовольственного сектора и дальнейшего совершенствования механизмов эколого-экономического регулирования.

Понимание критериев эффективности водопользования формировалось на протяжении длительного времени, что привело к появлению различных научных

¹ AO. The State of Food and Agriculture: Water Challenges. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023. 212 p.

² Molden, D. (Ed.). Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. London: Earthscan; Colombo: International Water Management Institute (IWMI), 2021. 688 p.

³ Lawrence Berkeley National Laboratory. Water-Energy Nexus: Challenges and Opportunities. Berkeley Lab Report. Berkeley, 2020. 54 p.

подходов и трактовок. Это обусловило необходимость анализа и сопоставления научных позиций, отражающих разнообразие взглядов на сущность рационального использования водных ресурсов.

По мнению Н.В. Богуславской, эффективность водопользования должна рассматриваться, прежде всего, через экономический результат, поскольку именно производственная отдача воды определяет устойчивость аграрного сектора и его вклад в экономический рост. Автор делает акцент на том, что главной задачей является достижение максимальной продуктивности при ограниченности природных ресурсов¹. Однако такой подход подвергается критике, поскольку он недостаточно учитывает экологическую емкость территории и устойчивость водных экосистем.

В. Н. Краснощеков и С. В. Марьин предлагают более широкое понимание эффективности водопользования, подчеркивая, что экономические результаты не могут быть единственным критерием рациональности использования воды². Они связывают эффективность не только с хозяйственными результатами, но и с состоянием природной среды, уровнем деградации земель и долговременной устойчивостью аграрных ландшафтов. Названные авторы исходят из концепции экологического равновесия, согласно которой рациональное использование воды возможно только при условии сохранения природных функций водных объектов. Тем не менее, этот подход критикуется за недостаточное внимание к институциональной стороне регулирования, что ограничивает его практическую применимость.

По Х. А. Одинаеву, эффективность водопользования должна рассматриваться как комплексная категория, объединяющая экономические, экологические и институциональные аспекты. Он подчеркивает, что именно сочетание этих элементов позволяет обеспечивать устойчивое развитие аграрного производства.

¹ Богуславская, Н. В. Методы безопасного водопользования в сельском хозяйстве / Н. В. Богуславская // Экологическая безопасность в АПК // Реферативный журнал. - М., 2009. - № 1. - С. 18.

² Краснощеков, В. Н. Развитие экономического механизма водопользования и охраны водных ресурсов в сельском хозяйстве / В. Н. Краснощеков, С. В. Марьин // Чистая вода: проблемы и решения. М., - 2010. - № 1. - С. 36-38.

Х.А. Одинаев акцентирует внимание на значимости нормативно-правовой базы, управленческих институтов и организационных форм водопользования, которые определяют возможности рационального распределения и контроля водных ресурсов¹. Его мнение разделяют Х.А. Исайнов, Х.М. Мухаббатов, Ф.А. Абдурахмонов и др., подчеркивающие необходимость интеграции природных и социально-экономических факторов, а также системного подхода к регулированию водных отношений².

Можно исходит из того, что в научной литературе существует несколько направлений трактовки критериев эффективности: экономическое, экологическое и институционально-комплексное. Экономическая школа концентрируется на производственной отдаче воды, экологическая - на устойчивости экосистем, а институциональная - на качестве управления и координации водных процессов. Сравнение этих подходов демонстрирует, что ни один из них не исчерпывает сущность проблемы в полной мере. Наиболее обоснованным следует считать комплексный подход, который позволяет объединить экономическую результативность, экологическую устойчивость и институциональную согласованность в единую теоретическую систему. Такой дискурсивный анализ формирует фундамент для дальнейшего исследования механизмов эколого-экономического регулирования водопользования и усиливает теоретическое содержание категории «эффективность водопользования».

Эколого-экономическое регулирование водопользования является комплексной научной категорией, возникшей на пересечении экономической теории, экологии, институциональной экономики и концепции устойчивого развития. В его основе лежит стремление согласовать экономические интересы сельскохозяйственного производства с экологическими ограничениями водных экосистем.

¹ Одинаев, Х. А. Устойчивое развитие и водная безопасность: проблемы и приоритеты / Х. А. Одинаев // Водные ресурсы, энергетика и экология. - Душанбе, 2022. - Т. 2, № 4. - С. 100-104.

² См.: Абдурахмонов, Ф. А. Основные пути совершенствования экономического механизма управления региональным водопользованием / Ф. А. Абдурахмонов // Водные ресурсы, энергетика и экология. - Душанбе, 2022. - Т. 2, № 4. - С. 104-108.

Классические экономические подходы к регулированию природных ресурсов восходят к идеям А. Пигу, который обосновал необходимость государственного вмешательства для устранения отрицательных внешних эффектов, возникающих при чрезмерном использовании природных ресурсов. Водопользование рассматривалось как сфера, где индивидуальные решения производителей могут приводить к общественным потерям, что требует механизмов корректировки.

Экологическая теория дополняет этот подход представлением о природной ограниченности воды. Одним из наиболее влиятельных авторов является Мальин Фалькенмарк¹, разработавшая концепцию водного стресса и показатели водной обеспеченности населения. Она подчеркивает, что регулирование должно учитывать экологическую емкость территорий и пределы восстановления водных экосистем. Однако сторонники экономической школы отмечают, что экологические критерии без экономических стимулов не обеспечивают устойчивого поведения пользователей².

Современные международные исследования в сфере водопользования расширяют понимание регулирования. Т. Аллан, автор теории «виртуальной воды», показывает, что рациональное водопользование невозможно без учета экономических связей, структуры торговли, потребительских практик и трансграничных потоков ресурсов. По его мнению, регулирование должно опираться на экономическую рациональность и глобальную взаимосвязанность, а не только на локальные экологические ограничения. Тем не менее, его подход подвергается критике за недостаточное внимание к институциональным механизмам распределения воды на уровне хозяйств.

Значительный вклад в развитие интегрированного подхода внес Дэвид Молден, представивший концепцию «water productivity» как теоретическую основу для оценки эффективности водопользования. Он утверждает, что регулирование должно способствовать максимизации полезной отдачи воды при соблю-

¹ Falkenmark M., Rockström J. Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology. London: Earthscan, 2004. 247 p.

² См.: Molden D. (Ed.). Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. London: Earthscan; Colombo: International Water Management Institute (IWMI), 2007. 688 p.

дении экологических ограничений¹. Его точку зрения поддерживает Дж. Рокстрем, подчеркивающий необходимость учитывать «планетарные пределы», включая пределы пресноводных систем². Эти авторы формируют теоретическую основу наиболее современных комплексных моделей управления водными ресурсами.

В российской научной школе вопросы регулирования водных ресурсов рассматриваются в работах А. М. Рыбальского, В. Н. Локшина и Г. В. Воропая. Так, А. М. Рыбальский трактует эколого-экономическое регулирование «... как систему согласования интересов государства и хозяйствующих субъектов на основе принципов рационального природопользования»³. В. Н. Локшин делает акцент «... на институциональном характере водных отношений, где ключевую роль играют правила распределения и механизмы ответственности»⁴. Г. В. Воропай «... подчеркивает экологическую составляющую регулирования и необходимость учитывать состояние водных экосистем при определении экономических параметров водопользования»⁵.

Отечественные авторы, включая Х. А. Одинаева и М. Х. Мухаббатова, развивают комплексный подход, в котором регулирование рассматривается как взаимодействие экологических требований, экономических стимулов и институциональных механизмов, обеспечивающих устойчивость водохозяйственных систем.

В целом, теоретические основы эколого-экономического регулирования водопользования основаны на интеграции трех научных направлений:

¹ Molden D. (Ed.). Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. London: Earthscan; Colombo: International Water Management Institute (IWMI), 2007. 688 p.

² Rockström J., Falkenmark M., Karlberg L. et al. Future Water Availability for Global Food Production: The Potential for Sustaining Crop Yield Growth under Water Scarcity. Water Resources Research. 2009. Vol. 45, No. 7. 12 p.

³ См.: Рыбальский А. М. Управление водными ресурсами: теория и практика. - Москва: Наука, 2015. - 312 с.

⁴ См.: Локшин В. Н. Управление водным хозяйством в условиях рыночной экономики. Москва: Колос, 2013. - 284 с.

⁵ См.: Воропай Г. В. Экономика водного хозяйства: современные проблемы и направления развития. - Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2018. - 256 с.

- экономического, подчеркивающего необходимость оптимизации использования ограниченного ресурса;
- экологического, устанавливающего пределы допустимого воздействия на водные экосистемы;
- институционального, обеспечивающего согласованность действий субъектов водных отношений.

Именно объединение этих подходов формирует современную научную парадигму регулирования водопользования, ориентированную на устойчивое развитие.

Между тем, развитие научных представлений о водопользовании привело к формированию ряда теоретических моделей, которые объясняют закономерности функционирования водохозяйственных систем и механизмы их регулирования. Каждая модель опирается на собственные теоретико-методологические основания и отражает определенные аспекты эколого-экономического взаимодействия в процессе использования водных ресурсов.

Ресурсно-экономические модели. Ресурсно-экономический подход сформировался на основе теорий рационального использования природных ресурсов, где вода рассматривается как ограниченный экономический ресурс. В рамках этого подхода ключевое внимание уделяется оптимизации распределения воды между альтернативными направлениями использования. Ряд исследователей, включая М. Фалькенмарк и Д. Молдена, подчеркивают, что водные ресурсы должны использоваться таким образом, чтобы обеспечивать максимальную производственную отдачу при соблюдении экологических ограничений¹. А также в работах Д. Молдена дана расширенная трактовка водной продуктивности как теоретической основы оценки эффективности использования воды². Экономические модели объясняют водопользование как процесс выбора, в котором действуют принципы альтернативной стоимости, предельной полезности и эффек-

¹ Falkenmark, M., Rockström, J. Balancing Water for Humans and Nature. - London: Earthscan, 2004. - P. 44-46.

² Molden, D. Water for Food, Water for Life. - London: Earthscan; IWMI, 2007. - P. 26-29.

тивности распределения ресурсов. Эти модели заложили основу современных концепций водной продуктивности и экономической оценки воды.

Экологические модели водопользования. Экологические модели описывают воду, прежде всего, как компонент природной системы и объект экологических ограничений. Они основаны на представлении о круговороте воды, самоочищающей способности экосистем, экологической емкости территорий и принципах устойчивости природных процессов. Так, Дж. Рокстрем и М. Фалькенмарк разработали концепцию «планетарных границ», в которой пресноводные ресурсы рассматриваются как один из ключевых лимитирующих факторов развития.

В работах Х. А. Одинаева подчеркивается, что экологическая составляющая водопользования должна рассматриваться как фундаментальный ограничитель экономических решений. Отмечается, что устойчивое водопользование возможно лишь при условии сохранения воспроизводственного потенциала водных экосистем, а любое регулирование должно базироваться на принципе недопустимости превышения экологической емкости территории¹.

Эти модели утверждают, что регулирование водопользования должно опираться на экологические пределы и учитывать способность природных систем к восстановлению².

Институциональные модели регулирования воды. Институциональные модели формирования водной политики возникли под влиянием теории институтов и работ Д. Норта, Р. Майнзен-Дик и других исследователей. В этих моделях водопользование понимается как система отношений, основанных на нормах, правилах, соглашениях и механизмах координации участников. Так, по мнению Р. Майнзен-Дик, эффективность регулирования зависит не только от природных условий, но и от качества институтов, распределения прав собствен-

¹ Одинаев, Х. А. Водные ресурсы в системе факторов устойчивого развития региональной экономики // Вестник Таджикского национального университета. - Душанбе, ТНУ, 2019. - № 4. - С. 3-11.

² Rockström, J., Falkenmark, M. Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity // Ecology and Society. - Ottawa, 2009. - Vol. 14(2). - P. 32-35.

ности на воду, уровня доверия между участниками и степени вовлеченности пользователей в принятие решений¹.

Институциональные модели объясняют, почему одно и то же количество водных ресурсов может использоваться эффективно в одних странах и крайне неэффективно в других: различия определяются устройством институтов, а не природной обеспеченностью.

Социально-экологические модели. Социально-экологические модели рассматривают водные ресурсы как компонент социальной системы. Впервые эта парадигма была сформулирована в исследованиях Э. Остром, посвященных общим ресурсам. Она доказывает, что устойчивое водопользование возможно лишь при условии согласованных коллективных действий и установления справедливых правил распределения ресурса².

Следует отметить, что современная научная мысль движется в направлении интеграции перечисленных подходов. Наиболее известными являются модели интегрированного управления водными ресурсами (Integrated Water Resources Management), разработанные IWMI, FAO и Stockholm Resilience Centre. Эти модели объединяют:

- экономические требования рационального распределения ресурсов;
- экологические ограничения устойчивости;
- институциональные механизмы управления;
- социальные интересы и структуру взаимодействий;
- научно-технические возможности мониторинга и регулирования³.

Интегрированные модели демонстрируют, что водопользование-это не только природный или экономический процесс, а сложная система, где взаимодействуют экосистемы, хозяйствующие субъекты, институты, технологии и социальные факторы.

¹ Meinzen-Dick, R. Collective Action and Property Rights for Sustainable Development. - IFPRI, Washington, 2004. - P. 12-15.

² Ostrom, E. Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action. - Cambridge University Press, 1990. - P. 88-95.

³ Meinzen-Dick, R. Collective Action and Property Rights for Sustainable Development. - IFPRI, Washington, 2004. - P. 12-15.

В целом, между исследователями существуют значительные расхождения в оценке приоритетов регулирования. На наш взгляд, раздельное применение этих подходов не позволяет обеспечить полноценное регулирование водопользования. Наиболее обоснованной следует считать интегрированную модель, в которой водопользование рассматривается как эколого-экономическая система, управляемая на основе сочетания экологических ограничений, экономических стимулов и институциональных механизмов.

Разнообразие существующих подходов к оценке рациональности использования водных ресурсов, а также выявленные различия в трактовках экономических, экологических и институциональных критериев показывают, что категория «эффективное водопользование» до настоящего времени не имеет универсального и общепринятого определения. Анализ научных позиций М. Фалькенмарк, Д. Молдена, Т. Аллана, Р. Майнзен-Дик, Э. Остром, а также отечественных исследователей, включая Х. А. Одинаева и М. Мухаббатова, позволяет заключить, что каждый подход отражает лишь отдельные стороны содержания данной категории. Это обуславливает необходимость ее уточнения с позиций комплексного эколого-экономического подхода.

С учетом проведенного анализа эффективность водопользования следует рассматривать как интегральную характеристику, отражающую степень рациональности использования водных ресурсов в процессе сельскохозяйственного производства. При этом акцентируется сочетание экономической результативности (эффективности), экологической устойчивости, технологической обоснованности и институциональной согласованности процессов водопотребления.

Опираясь на указанные теоретические основания, целесообразно сформулировать следующее авторское определение: Эффективное водопользование в сельском хозяйстве - это такое состояние и организация использования водных ресурсов, при которых обеспечивается оптимальное сочетание экономической результативности (эффективности), экологической устойчивости и институционально-технологической согласованности, позволяющее достигать максимального производственного эффекта без нарушения пределов природной регенера-

ции водных экосистем и водного баланса. В этом определении объединены ключевые положения современных научных подходов. Оно отражает:

- экономическую сущность водопользования как процесса получения максимальной полезной отдачи от ограниченного ресурса;
- экологическую составляющую, связанную с соблюдением пределов устойчивости природных систем (водных экосистем);
- технологический уровень, определяющий возможности рационального использования воды;
- институциональную базу, задающую правила и механизмы координации водных отношений и др.

Таким образом, проведенный теоретический анализ позволяет утверждать, что водные ресурсы являются не только базовым природным компонентом, но и системообразующим фактором устойчивого развития сельского хозяйства. Изучение эволюции научных взглядов показало, что понимание водопользования прошло путь от трактовки воды как неограниченного природного дара до признания ее стратегически ограниченным эколого-экономическим ресурсом, требующим научно обоснованных механизмов использования и регулирования. Причины роста значимости эффективного водопользования обусловлены комплексом климатических, демографических, технологических, экологических и институциональных факторов, усиливающих давление на водохозяйственные системы и обостряющих проблему рационального распределения водных ресурсов. Анализ теоретических критериев эффективности водопользования выявил, что данная категория обладает многомерным характером и должна рассматриваться на пересечении экономического, экологического, технологического, институционального и социального подходов. Научная дискуссия между сторонниками ресурсно-экономических, экологических, институциональных и интегрированных моделей подтвердила, что ни одна из моделей не является исчерпывающей. Наиболее обоснованным является комплексное представление, сочетающее экономическую результативность водопользования с соблюдением эко-

логических пределов устойчивости и институциональной согласованностью процессов управления водными ресурсами.

1.2. Основные принципы и условия регулирования эффективного использования водных ресурсов в сельском хозяйстве региона

Решение проблемы эффективного использования водных ресурсов в условиях нарастающего антропогенного и климатического давления приобретает ключевое значение для достижений целей устойчивого развития сельского хозяйства. В современных условиях вода выступает не только природным ресурсом, но и стратегическим фактором производства, определяющим динамику экономического роста, продовольственную безопасность и экологическую стабильность аграрных территорий. Следует отметить, что трансформация водохозяйственных систем под влиянием роста населения, расширения ирригационных площадей, износа инфраструктуры и изменения природных режимов требует перехода от традиционных моделей водопользования к научно обоснованным механизмам его регулирования. При этом эффективность водопользования не может рассматриваться исключительно с позиции объема производственной отдачи, поскольку игнорирование экологических ограничений и институциональных факторов приводит к деградации водных экосистем, снижению устойчивости агроландшафтов и росту социально-экономических рисков. В научной литературе последних десятилетий подчеркивается тесная взаимосвязанность экономических, экологических, технологических и управленческих аспектов рационального водопользования, что объективно усложняет задачу формирования универсальных принципов регулирования. Последнее обуславливает необходимость системного анализа теоретико-методологических подходов к определению содержания эффективного водопользования, выявления фундаментальных принципов его регулирования и уточнения условий, обеспечивающих устойчивость водохозяйственных процессов в сельском хозяйстве.

Формирование принципов эколого-экономического регулирования водопользования опирается на широкий спектр научных подходов, объединивших идеи международного водного права, экономической теории природопользования, институциональной экономики и концепции устойчивого развития. Следует отметить, что развитие теоретических основ регулирования воды в XX-XXI вв. происходило неравномерно: сначала в правовой плоскости (регламентация распределения и предотвращение ущерба), затем - в экономической (рациональность и эффективность), и лишь позже - в экологической, связанной с ограничениями природной регенерации водных систем. При этом принципы в системе водопользования выступают как фундаментальные нормативно-методологические ориентиры, обеспечивающие согласование интересов государства, водопользователей и общества.

В трудах Х. А. Одинаева подчеркивается, что теоретическая база принципов водопользования формируется на стыке экологических требований и экономических механизмов рационального использования водных ресурсов. Ученый обосновывает, что регулирование водных отношений возможно лишь при наличии научно структурированной системы принципов, включающей принципы платности, приоритетности сохранения экосистем, справедливого распределения и институциональной ответственности¹.

Важно отметить, что развитие научных основ принципов регулирования водопользования тесно связано с международно-правовыми документами. В исследованиях J. Dellapenna и J. Gupta подчеркивается роль Хельсинкских правил (1966), Берлинских правил (2004) и Конвенции ООН о праве несудоходных видов использования международных водотоков 1997 года как ключевой научной платформы, определяющей принципы «справедливого и разумного использования», «непричинения значительного ущерба» и «международного сотрудниче-

¹ См.: Одинаев, Х. А. Пути улучшению использования трансграничных водных ресурсов в условиях Центральной Азии / Х. А. Одинаев // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе: «СИНО», 2012. - № 2/7(98). - С. 3-8.

ства»¹. Эти документы заложили основу принципов, которые затем были адаптированы в экономических и экологических теориях водопользования.

Можно отметить, что научно-теоретическая база принципов эколого-экономического регулирования водопользования представляет собой синтез международно-правовых норм, экономических концепций рационального природопользования, экологических ограничений устойчивости и институциональной логики управления. Последовательное развитие этих направлений формирует основу для последующей классификации и структурирования принципов, что обеспечивает переход к дальнейшей схеме регулирования водопользования, представленной в следующих подразделах.

Развитие принципов эколого-экономического регулирования водопользования в значительной степени опирается на международно-правовую практику, сформировавшую систему универсальных норм управления водными ресурсами. Следует отметить, что именно международное право стало тем фундаментом, на котором выстраиваются современные подходы к распределению, охране и совместному использованию водных ресурсов как между государствами, так и внутри национальных правовых систем. При этом международные принципы водопользования обладают высокой теоретической значимостью, поскольку определяют рамки рационального и устойчивого использования воды, задают стандарты ответственности и закрепляют базовые категории, используемые в экономических и экологических теориях.

Одним из ключевых документов является Конвенция ООН о праве несудоходных видов использования международных водотоков 1997 года, установившая два фундаментальных принципа:

- принцип «справедливого и разумного использования» (equitable and reasonable use);
- принцип «непричинения значительного ущерба» (no significant harm rule).

¹ См.: Dellapenna J., Gupta J. Toward Global Law on Water // Global Governance Vol. 14, 2008. P. 447.

Как подчеркивает Дж. Деллапенна, эти два принципа являются не просто правовыми нормами, но и методологическими ориентирами, задающими модель согласования интересов государств и устойчивости водных экосистем¹.

Существенное значение имеют и Берлинские правила по водным ресурсам (2004), разработанные Международной ассоциацией водного права. Они расширили содержание международных принципов, включив положения об экологической целостности водных систем, устойчивости, управлении по водосборному принципу и обязательности обмена информацией между участниками водных отношений. Этот же подход закреплен в более ранних Хельсинкских правилах 1966 года, определивших режим совместного использования трансграничных рек и ключевые параметры разумности распределения водных ресурсов.

Международно-правовая доктрина также выделяет принцип сотрудничества как обязательную категорию регулирования водных ресурсов. Он требует от государств обмена данными, уведомления о планируемых водохозяйственных мероприятиях и совместного рассмотрения рисков. Как отмечает Дж. Гупта, принцип сотрудничества выступает не только правовым, но и социально-экономическим механизмом минимизации конфликтов и обеспечения устойчивого водопользования².

При этом необходимо подчеркнуть, что становление международно-правовых принципов оказало влияние на формирование региональных и национальных систем водного законодательства, включая подходы, применяемые странами Центральной Азии. Так, в работах Х. А. Одинаева подчеркивается, что международные нормы служат ориентиром для разработки принципов распределения, защиты и совместного использования трансграничных водных объектов, особенно в условиях природной уязвимости региона³.

¹ См.: Dellapenna, J. Toward Global Law on Water / J. Dellapenna // Global Governance. - 2008. - Vol. 14. - P. 437-447

² См.: Gupta, J. The Water Policy Process / J. Gupta. - London: Earthscan, 2011. - 324 p.

³ См.: Одинаев, Х. А. Основные принципы национальной водной политики и экономический механизм трансграничного водопользования / Х. А. Одинаев // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. - М., 2005. - № 2. - С. 49-64.

Значимость международно-правовых принципов подтверждается и исследованиями Н. А. Урунбаевой, где подчеркивается, что принципы справедливости, предотвращения ущерба, рациональности и устойчивости должны адаптироваться в национальные системы водного регулирования с учетом региональных особенностей и экологических рисков¹.

Таким образом, международно-правовые принципы создают методологическую основу для регулирования водопользования, содержащую:

- нормы распределения и координации;
- требования предотвращения ущерба и сохранения экосистем;
- стандарты сотрудничества и обмена информацией;
- ориентиры перехода к управлению водными ресурсами на основе бассейнового и экосистемного подходов.

Экономические принципы регулирования водопользования формируются на основе теории рационального природопользования, концепции эффективности распределения ограниченных ресурсов и представлений о воде как факторе производства, обладающем высокой альтернативной стоимостью. Следует отметить, что экономический подход во многом определяет стратегию регулирования водных отношений, поскольку именно экономические принципы задают механизмы оптимизации использования ресурса, формирования стимулов и предотвращения чрезмерного потребления. При этом экономическая трактовка принципов тесно связана с международными нормами устойчивого управления водой, адаптированными к условиям аграрно ориентированных экономик.

Одним из ключевых экономических принципов является принцип эффективного распределения водных ресурсов, предполагающий согласование между объемом доступной воды и ее наилучшим использованием в сельском хозяйстве. Этот подход широко раскрыт в работах международных исследователей, прежде всего Д. Молдена, который обосновывает необходимость максимизации «водной

¹ См.: Урунбаева Н. А. Совершенствование механизма регионального управления устойчивого водопользования / Н. А. Урунбаева. - Душанбе: «Ирфон», 2019. - С. 38-41.

продуктивности» (water productivity) в условиях нарастающей дефицитности ресурса¹.

В экономической теории водопользования эффективность определяется соотношением полезного результата и затрат водного ресурса, что особенно важно для ирригационного земледелия. В отечественной литературе данный подход отражен в трудах Х.А. Одинаева, который подчеркивает, что рациональное распределение воды должно обеспечивать достижение максимального экономического эффекта при минимальных потерях, утечках и затратах, связанных с доставкой воды².

Вторым важнейшим принципом выступает принцип платности водопользования, закрепленный в экономической теории как инструмент предотвращения чрезмерного потребления и формирования стимулирующей среды для водосбережения. Этот принцип широко применяется в мировой практике, включая рекомендованные механизмы ОЭСР и FAO. В исследованиях А. Д. Никаноровой и С. А. Егорова показано, что платность водопользования формирует условия экономической ответственности субъектов и обеспечивает переход от административного регулирования к экономически мотивированному управлению³.

Третьим системообразующим принципом является принцип ресурсосбережения, требующий внедрения водосберегающих технологий, минимизации потерь воды и повышения ее технологической эффективности. В международной научной школе данный принцип связан с концепцией экологически эффективного земледелия. Так, М. Фалькенмарк и J. Rockström, отмечают, что водосбережение является ключевым условием адаптации сельского хозяйства к климатическим рискам⁴.

¹ См.: Molden, D. Water for Food, Water for Life / D. Molden. - London: Earthscan; IWMI, 2007. - 688 p

² См.: Одинаев, Х. А. Эколого-экономическое регулирование природопользования в сельском хозяйстве / Х. А. Одинаев; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Экон. фак.. - Москва: МАКС Пресс, 2004. - 220 с.

³ См.: Никанорова, А. Д.; Егоров, С. А. Становление принципов и норм в области использования и охраны трансграничных водных ресурсов государств - членов ЕАЭС / А. Д. Никанорова, С. А. Егоров // Журнал российского права. - М.: - 2019. - № 11. - С. 108-118.

⁴ См.: Falkenmark, M.; Rockström, J. Balancing Water for Humans and Nature. - London: Earthscan, 2004.

В контексте сельского хозяйства принцип ресурсосбережения приобретает особую значимость. Х.Р. Исайнов отмечает, что высокая водоемкость аграрного производства и растущая нагрузка на оросительные системы требуют формирования экономических стимулов модернизации инфраструктуры, внедрения технологий капельного и маловодного орошения, а также усиления экономической ответственности водопользователей¹.

Четвертым значимым экономическим принципом выступает принцип лимитирования водопотребления, основанный на необходимости установления научно обоснованных норм поливной воды, сезонных лимитов и межхозяйственного распределения ресурса. Этот принцип отражен также в научных трудах Х. Р. Исайнова, исследующего рациональность инвестиций в земельно-водные системы и роль лимитирования в оптимизации водохозяйственных процессов².

Наконец, особое место занимает принцип минимизации совокупных затрат водопользования, предполагающий использование экономических методов оценки затрат на подачу, транспортировку и использование воды. В работе Ю.М. Жукова показано, что сокращение затрат возможно за счет модернизации насосных станций, цифровизации водного мониторинга и совершенствования тарифной политики³.

В целом, экономические принципы регулирования водопользования представляют собой систему категорий и требований, направленных на повышение эффективности использования водных ресурсов, формирование экономической

¹ См.: Исайнов Х. Р. Водно-ирригационный потенциал аридного региона: экология, экономика и инвестиции / Х. Р. Исайнов // Национальные экономические системы в контексте формирования глобального экономического пространства: сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции, Симферополь, 24 марта 2017 года / Крымский инженерно-педагогический университет. - Симферополь: ИП Хотеева Л.В., 2017. - С. 246-248.

² См.: Исайнов Х. Р. Инвестиции в земельно-водные ресурсы Таджикистана как основа обеспечения продовольственной безопасности населения / Х. Р. Исайнов // Экономика и социум. - М., 2021. - № 11(90). - С.1-12.

³ См.: Жукова Ю. М. Критерии эффективности водопользования / Ю. М. Жукова // Реализация целей устойчивого развития ООН в сфере экологии на примере Калужской области // Материалы межрегиональных научно-практических конференций (г. Калуга, апреля 2019 года). - Калуга: АКФ «Политоп», 2020. - С. 81-89.

мотивации пользователей и обеспечение устойчивости аграрного производства. Их содержательная структура создает основу для перехода к анализу экологических принципов, рассматриваемых в следующем подразделе.

Экологические принципы занимают центральное место в системе эколого-экономического регулирования водопользования, поскольку именно они определяют пределы допустимого вмешательства в водные экосистемы и обеспечивают сохранение природной основы водных ресурсов. Следует отметить, что экологическое содержание принципов отражает фундаментальную идею устойчивого развития: хозяйственная деятельность может считаться рациональной лишь в той мере, в какой она не нарушает механизмов природной регенерации воды. При этом экологические принципы выполняют роль ограничителей экономической активности, задавая рамки, в пределах которых возможно эффективное использование водного ресурса.

В работах ряда исследователей подчеркивается, что устойчивое водопользование должно строиться на основе учета экологической емкости территории и способности природных систем восстанавливаться после антропогенного воздействия. Так, М. Фалькенмарк и Й. Рокстрем обосновывают необходимость определения «экологических пределов» водной системы, за пределами которых происходит деградация водных экосистем¹. Эта позиция нашла отражение и в их последующих работах в рамках концепции «планетарных границ», согласно которой пресноводные ресурсы являются одним из ключевых глобальных ограничителей устойчивого развития².

По мнению Х. А. Одинаева, экологические принципы должны рассматриваться как исходная точка при разработке механизмов регулирования водопользования, поскольку нарушение природной регенерации воды приводит к снижению производительности сельскохозяйственных земель и росту экологических

¹ См.: Falkenmark, M.; Rockström, J. Balancing Water for Humans and Nature / M. Falkenmark, J. Rockström. - London: Earthscan, 2004.

² См.: Rockström, J. Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space // Ecology and Society. - 2009.

рисков¹. Его точку зрения разделяют другие отечественные исследователи, подчеркивающие, что водные ресурсы выполняют экосистемные функции, которые невозможно восстановить административными или экономическими методами².

В исследованиях Х.М. Мухаббатова экологические принципы представлены как совокупность требований, направленных на предотвращение загрязнения водных объектов, сохранение качества водных ресурсов и обеспечение их естественного круговорота³. Автор обосновывает, что восстановление экологической функции водных систем является не просто экологической задачей, но и ключевым экономическим фактором, определяющим продуктивность аграрных территорий.

Как отмечает международная школа гидроэкологии, отраженная в документах UN-Water и IWMI, одним из базовых экологических принципов является принцип поддержания экосистемной целостности, требующий сохранения биоразнообразия, естественного гидрологического режима и качества водных ресурсов⁴. Этот принцип тесно связан с международно-правовыми нормами, закрепленными в Берлинских правилах (2004), где экологическая составляющая впервые была поставлена на один уровень с экономическими интересами государств.

Важнейшим экологическим принципом является также принцип предотвращения ухудшения состояния водных экосистем, предусматривающий минимизацию антропогенной нагрузки, регулирование сбросов и повышение уровня экологического контроля. Как показано в исследованиях российских специали-

¹ См.: Одинаев, Х. А. Пути улучшения использования трансграничных водных ресурсов в условиях Центральной Азии / Х. А. Одинаев // Вестник Таджикского национального университета. - Душанбе: «СИНО», 2012. - № 2/7(98). - С. 3-8.

² См.: Каландарзода, Н. Некоторые вопросы рационального использования водных ресурсов в республике Таджикистан / Н. Каландарзода // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, ТНУ, 2022. - № 3. - С. 94-99.

³ См.: Мухаббатов, Х. М. Проблемы рационального использования водных ресурсов в Таджикистане / Х. М. Мухаббатов // Индустриализация национальной экономики: современное состояние, проблемы и перспективы: Материалы международной научно-практической конференции, Душанбе, 02 мая 2023 года. - Душанбе: Таджикский национальный университет, 2023. - С. 343-345

⁴ См.: UN-Water. Integrated Water Resources Management Guidelines. - Geneva, 2012

тов по водному праву, любое водопользование должно рассматриваться через призму возможного ущерба и предотвращения негативных последствий для природных систем¹.

В целом, экологические принципы устойчивого водопользования представляют собой совокупность фундаментальных требований, обеспечивающих:

- соблюдение природных пределов устойчивости;
- поддержание экологической целостности водных систем;
- сохранение качества и самоочищающей способности водных ресурсов;
- предотвращение деградации экосистем и рисков экологического дисбаланса;
- интеграцию экосистемных требований в экономические и институциональные механизмы регулирования и др.

Эти принципы служат экологическим фундаментом системы регулирования водопользования и создают логическую основу для анализа институциональных принципов регулирования водопользования.

Институциональные принципы являются ключевым элементом системы регулирования водопользования, поскольку определяют устойчивость организационных структур цифровизации, распределение полномочий, механизмы ответственности и формы взаимодействия участников водных отношений. Следует отметить, что институциональная среда определяет возможность реализации экономических и экологических принципов, формирует условия соблюдения правовых норм и обеспечивает бесперебойность функционирования водохозяйственных систем.

В работах ряда исследователей подчеркивается, что институциональное регулирование невозможно без ясного распределения компетенций между государственными структурами, хозяйствующими субъектами и пользователями воды. Так, Х. Р. Исайнов и Ф. П. Арабов обосновывают необходимость формирования многоуровневой институциональной системы, в которой региональные и местные органы управления обладают четко определенными функциями и от-

¹ См.: Сиваков, Д. О. Водное право России и зарубежных государств. Монография / Д. О. Сиваков. - М.: Юстицинформ, 2010. - 368 с.

ветственностью¹. Эту точку зрения разделяют Н. М. Обиух и Р. Б. Латифзода, подчеркивающие, что устойчивость водопользования определяется эффективностью институционального обеспечения, включая систему норм доступа к водным объектам, регулирование питьевого водоснабжения и механизмы экономической мотивации².

Особое внимание в научной литературе уделяется принципу разграничения прав и обязанностей. Как справедливо отражено в работе Х.Г. Норова, отсутствие четких правил распределения ответственности приводит к утрате контроля над водными объектами, росту потерь и ослаблению водохозяйственных структур³.

В международной научной школе институциональные принципы связываются с механизмами интегрированного управления водными ресурсами (IWRM). По мнению, Дж. Деллапенна и Дж. Гупта, эффективное управление невозможно без формализации правил взаимодействия между институциональными уровнями, включая водные комитеты, местные сообщества и государство⁴

Важным институциональным принципом выступает принцип участия водопользователей, предполагающий вовлечение фермеров и ассоциаций водопользователей (ВОА) в принятие решений. Так, К. Ю. Попова подчеркивает, что

¹ См.: Исайнов Х. Р. Инвестиции в земельно-водных ресурсов Таджикистана: механизм управления их эколого-экономического использования / Х. Р. Исайнов, Ф. П. Арабов. - Душанбе: Таджикский государственный университет, 2021. - 194 с.

² См.: Обиух Н. М. Принципы правового обеспечения использования водных объектов источников питьевого водоснабжения. //Вестник Челябинского государственного университета. Серия экономических наук. - Челябинск, 2014. - №20(349). - Вып. 40. - С.44; Латифзода Р.Б. Некоторые вопросы совершенствования экономического механизма использования водных ресурсов в Таджикистане // Водные ресурсы, энергетика и экология. Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. - Душанбе, 2023. - №3(4). - С.71.

³ См.: Норов Х. Г. Водохозяйственный комплекс: состояние и перспективы развития / Х. Г. Норов // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, ТНУ, 2023. - № 10-1. - С. 23-29.

⁴ См.: Dellapenna J., Gupta J. Toward Global Law on Water // Global Governance Vol. 14, London 2008. P. 447.

включение пользователей в управление ирригацией способствует повышению дисциплины водопотребления и снижает несанкционированные изъятия воды¹.

Значимый вклад в развитие институциональных принципов внесли таджикские ученые. Так, Х. А. Одинаевым показано, что институциональная система водопользования должна учитывать экологические ограничения, экономическую мотивацию и социальную ответственность, формируя основы национальной водной политики². В другой работе автор акцентирует внимание на необходимости развития трансграничных механизмов координации, что особенно важно для стран Центральной Азии³.

Элементом институциональных принципов является также принцип адаптивности, предполагающий способность управляющих структур реагировать на изменения климата, водности рек, демографическое давление и техногенную нагрузку. Как показано в исследованиях С.С. Саидова и Д.М. Маджидзода, адаптивное управление позволяет минимизировать риски неравномерности водобеспеченности и повышает устойчивость региональных водных систем⁴.

Важным направлением институционального регулирования является обеспечение информационной открытости и прозрачности данных. Это отражено в международных исследованиях по трансграничным водным ресурсам, включая работу Ф. Захарии, где подчеркивается, что обмен информацией уменьшает конфликтность и повышает эффективность водного управления⁵. Институцио-

¹ См.: Попова, К. Ю. Техничко-технологические аспекты водопользования в сельском хозяйстве России / К. Ю. Попова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. - М., 2023. - № 9 (103). - С. 29-38. - DOI 10.33938/239-29

² См.: Одинаев, Х. А. Устойчивое развитие и водная безопасность: проблемы и приоритеты / Х. А. Одинаев // Водные ресурсы, энергетика и экология. - Душанбе, 2022. - Т. 2, № 4. - С. 100-104.

³ См.: Одинаев, Х. А. Цели и основные принципы управления трансграничными водными ресурсами: общий подход / Х. А. Одинаев // Индустриализация национальной экономики: современное состояние, проблемы и перспективы // Материалы международной научно-практической конференции, (г. Душанбе, мая 2023 года). - Душанбе, ТНУ, 2023. - С. 340-343.

⁴ См.: Саидов, С. С. Устойчивое управление водными ресурсами: региональные аспекты / С. С. Саидов, Д. М. Маджидзода // Вестник Таджикского государственного университета коммерции. - Душанбе, ТНУ, 2023. - № 2-1(46). - С. 35-42.

⁵ См.: Zaharia F. The Law of Transboundary Aquifers in Practice - the Mures Alluvial Fan Aquifer System (Romania / Hungary) // International Community Law Review Vol. 13, 2011. P. 304.

нальная устойчивость невозможна без координации между водным и энергетическим секторами, что особенно важно для горных стран. Данная проблема детально рассмотрена в работах Ф.А. Абдурахмонова, где обосновывается влияние водно-энергетических связей на стабильность водопользования¹.

В целом, анализ показал, что институциональные принципы регулирования водопользования охватывают широкий спектр организационных инструментов, включая:

- распределение компетенций;
- участие водопользователей;
- прозрачность и доступность информации;
- адаптивность и координацию межсекторальных взаимодействий;
- интеграцию международных и национальных норм;
- устойчивость организационных структур водного сектора и др.

Эта система принципов формирует фундамент управления водными ресурсами, определяя методологические ориентиры и организационные рамки функционирования водохозяйственного комплекса. Институциональные принципы служат связующим звеном между правовыми нормами, экономическими механизмами и экологическими требованиями, обеспечивая их согласованную реализацию в единой модели устойчивого водопользования. Благодаря этому создаются условия для рационального распределения ресурсов, повышения прозрачности и подотчетности управляющих структур, укрепления механизмов участия водопользователей и формирования адаптивных форм управления в условиях климатических, демографических и технологических изменений. В совокупности данные принципы обеспечивают не только устойчивость и предсказуемость водного регулирования, но и его способность отвечать на новые вызо-

¹ См.: Абдурахмонов, Ф. А. Механизмы управления водными ресурсами Центрально-азиатского региона в условиях изменения климата / Ф. А. Абдурахмонов // Финансово-экономический вестник. - Душанбе, 2024. - № 3(42). - С. 154-163; Абдурахмонов, Ф. А. Информационно-технологическое обеспечение управления водным хозяйством в условиях рыночной экономики / Ф. А. Абдурахмонов // Вестник БИСТ (Башкирского института социальных технологий). - Уфа, 2016. - № 1-2(30). - С. 80-85.

вы, сохраняя баланс между экономическими интересами, экологической безопасностью и социальными потребностями региона.

Переходя от анализа теоретических, международно-правовых, экономических, экологических и институциональных принципов водопользования, следует отметить, что существующие подходы образуют методологическую основу управления водными ресурсами, однако остаются недостаточными для объяснения особенностей регулирования в условиях современных вызовов. Эти вызовы включают рост климатической неопределенности, высокий износ ирригационной инфраструктуры, институциональную фрагментацию, ограниченность финансовых ресурсов и необходимость модернизации аграрного водопользования.

Последнее обуславливает необходимость разработки авторских принципов, отражающих специфику регионального контекста, современные тренды развития водного сектора и логику настоящего исследования. Учитывая результаты теоретического анализа и опираясь на положения международных и отечественных школ водного управления, предлагается система из четырех авторских принципов, формирующих основу новой модели эколого-экономического регулирования водопользования.

1. Принцип многоуровневой институциональной координации водопользования, отражающий необходимость согласования действий всех участников водного сектора - от дехкан/фермеров и Ассоциация водопользователей до районных служб ирригации, бассейновых управлений и государственных органов. В отличие от традиционных институциональных принципов, этот подход подчеркивает именно многоуровневую вертикаль координации, позволяющую уменьшить фрагментацию управления и обеспечить синхронность решений на всех уровнях. Координация охватывает распределение лимитов, эксплуатацию инфраструктуры, контроль за использованием воды, мониторинг и внедрение современных технологий.

2. Принцип инвестиционно-инновационного обеспечения эффективного водопользования. Этот принцип определяет необходимость стабильного привлечения инвестиций для модернизации ирригационных систем, внедрения во-

досберегающих технологий, цифровизации процессов мониторинга и повышения энергоэффективности водораспределительных сооружений. В отличие от классического экономического принципа платности или ресурсосбережения, авторский принцип делает акцент на комбинации инвестиционного и технологического факторов, предполагая, что модернизация инфраструктуры является ключевым условием повышения эффективности водопользования в сельском хозяйстве региона.

3. Принцип государственно-частного партнерства в управлении водными ресурсами. В рамках исследования данный принцип рассматривается как механизм распределения рисков, совместного финансирования и привлечения частного сектора к эксплуатации, обслуживанию и модернизации элементов водохозяйственной инфраструктуры. Авторский характер принципа заключается в расширении роли ГЧП: речь идет не только о финансировании отдельных объектов, но и о передаче функций по управлению и обслуживанию инфраструктуры, внедрению технологических решений, развитию сервисных контрактов и созданию партнерских моделей управления каналами и насосными станциями.

4. Принцип адаптивного управления водными ресурсами в условиях климатических рисков. Данный принцип вводится как реакция на новые вызовы - изменение водности рек, рост экстремальных погодных явлений, повышение испаряемости и сезонной нестабильности орошения. Адаптивное управление предполагает гибкость лимитов, оперативное перераспределение ресурсов, применение прогнозно-аналитических моделей, внедрение устойчивых агротехнологий и использование систем гидрометеорологического мониторинга. Этот принцип расширяет классическую концепцию экосистемного подхода, дополняя ее элементами прогнозирования и климатической устойчивости.

Эффективная реализация эколого-экономического регулирования водопользования требует соблюдения комплекса институциональных, правовых, экономических, экологических и организационных условий, которые обеспечивают согласованность действий всех участников водных отношений. Следует отметить, что сами по себе принципы регулирования обладают лишь норматив-

но-методологическим значением; возможность их практического применения определяется наличием благоприятной среды, включающей управленческие, финансовые, технические и социальные элементы.

Одним из ключевых условий является наличие устойчивой нормативно-правовой базы, обеспечивающей единые правила доступа, распределения, использования и мониторинга водных ресурсов. Так, В. А. Арустамова подчеркивает, что успешная водная политика формируется при условии нормативной согласованности экологического, водного, земельного и энергетического законодательства¹. Эта позиция созвучна выводам Х. Арифова, который указывает, что отсутствие актуализированной нормативной базы приводит к институциональной фрагментации и снижает потенциал устойчивого водопользования²

Не менее значимым условием выступает наличие эффективных организационно-управленческих структур, способных реализовать установленные правила. Так, К. Ю. Поповой отмечается, что модернизация органов управления ирригацией, развитие водопользовательских ассоциаций и цифровизация процессов распределения воды являются определяющими факторами повышения качества водохозяйственного регулирования³. Эту точку зрения разделяют Х.Г. Норов и С.С. Саидзода, отмечающие необходимость институциональной перестройки водных организаций и внедрения современных стандартов управления⁴.

Важным условием является и финансовая обеспеченность водохозяйственного комплекса, включая наличие механизмов тарифного стимулирования, инвестиционных программ и инструментов модернизации инфраструктуры. В работе Х. Р. Исайнова и Ф.П. Арабова показано, что ограниченность финансо-

¹ Арустамов Э.А., Пястолов О.А. Совершенствование системы хозяйствования в области добычи и использования подземных вод // Вестник Евразийской науки. - М., 2020. - №2. - Т.12.- С.4.

² См.: Арифов, Х. Водные ресурсы для ускоренной индустриализации Таджикистана / Х. Арифов // Наука и инновация. Серия геологических и технических наук. - Душанбе, 2020. - № 2. - С. 102-109.

³ См.: Попова, К. Ю. Техничко-технологические аспекты водопользования в сельском хозяйстве России / К. Ю. Попова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. - М., 2023. - № 9 (103). - С. 29-38. - DOI 10.33938/239-29.

⁴ См.: Норов, Х. Г. Развитие форм управления водохозяйственным комплексом / Х. Г. Норов, С. С. Саидзода // Вестник евразийской науки. - М., 2024. - Т. 16, № S6.

вых ресурсов является одним из ключевых барьеров для повышения эффективности использования земельно-водных систем¹. При этом, как подчеркивает Х.А. Одинаев, формирование тарифной политики должно учитывать не только экономические, но и социальные аспекты, обеспечивая доступность водных услуг для сельского населения².

К числу фундаментальных условий относится современное техническое состояние водохозяйственной инфраструктуры. Многие исследователи указывают, что высокий уровень износа каналов и оросительных сооружений, отсутствие мониторинговых систем и потери воды при транспортировке являются структурными ограничителями устойчивого водопользования. Важнейшее значение имеет система экологического мониторинга, позволяющая своевременно выявлять изменения в состоянии водных экосистем. Устойчивое управление невозможно без регулярного наблюдения за качеством воды, динамикой стока и уровнем антропогенной нагрузки на водные объекты³.

Существенным условием является и учет климатических факторов, влияющих на водность рек, испаряемость и режимы орошения. Как подчеркивает М. И. Садриддинов и его коллеги, изменение климата требует адаптивных механизмов управления водой, включая корректировку лимитов, внедрение мало-водных технологий и оценку рисков водного дефицита⁴.

Следует также выделить условие межсекторальной координации, особенно важное для стран, где водные ресурсы тесно связаны с энергетикой и сельским хозяйством. Несогласованность между водным и энергетическим секторами

¹ См.: Исайнов, Х. Р. Инвестиции в земельно-водных ресурсов Таджикистана: механизм управления их эколого-экономического использования / Х. Р. Исайнов, Ф. П. Арабов. - Душанбе, ТНУ, 2021. - 194 с.

² См.: Одинаев, Х. А. Развитие механизма эколого-экономического регулирования землепользования аридного региона: монография / Х.А. Одинаев, М.С. Джоналоев; ТНУ. - Душанбе: «ЭР-граф», 2024. - 176 с.

³ См.: Исайнов, Х. Р. Улучшение механизма использования и устойчивость водных ресурсов региона (на примере юго-восточного Таджикистана) / Х. Р. Исайнов, Б. М. Махмудов. - Куляб: Кулябский государственный университет им. А. Рудаки, 2022. - 180 с.

⁴ См.: Садриддинов, М. И. Оценка значимости водных ресурсов Республики Таджикистан / М. И. Садриддинов, Ю. С. Ершов, В. Ю. Малов; Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук. - Новосибирск: Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, 2017. - 138 с.

приводит к дисбалансу сезонного водопотребления и снижению устойчивости региональных систем управления. Неотъемлемой частью комплекса условий является учет трансграничного характера водных ресурсов, что особенно актуально для Таджикистана. Важное значение имеет социальная вовлеченность водопользователей, включая повышение водной культуры, развитие участковых инициатив и укрепление общественного контроля. Вовлеченность пользователей повышает ответственность, снижает риски несанкционированного отбора воды и способствует принятию согласованных решений.

Реализация эффективного эколого-экономического регулирования водопользования возможна только при наличии благоприятных правовых, институциональных, финансовых, технических, экологических и социальных условий. Их комплексное функционирование обеспечивает устойчивость водного хозяйства, адаптивность к природным и экономическим изменениям и способность системы управления поддерживать баланс между хозяйственными интересами и экологическими ограничениями (рис. 1.2.1).

Таким образом, проведенный анализ показал, что система принципов эколого-экономического регулирования водопользования представляет собой комплексную методологическую конструкцию, сформированную на стыке международно-правовых норм, экономических концепций рационального природопользования, экологических ограничений устойчивости и институциональных требований современного управления. Международные документы обеспечивают универсальные нормативные основания, определяя рамки справедливого распределения, предотвращения ущерба и межгосударственного сотрудничества. Экономические принципы раскрывают логику согласования ограниченного ресурса с производственными задачами аграрного сектора, тогда как экологические принципы фиксируют пределы естественной регенерации водных систем и необходимость интеграции экосистемных требований в хозяйственные решения. Институциональные принципы, в свою очередь, обеспечивают организационно-правовую основу реализации всех элементов регулирования, формируя условия для устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса.

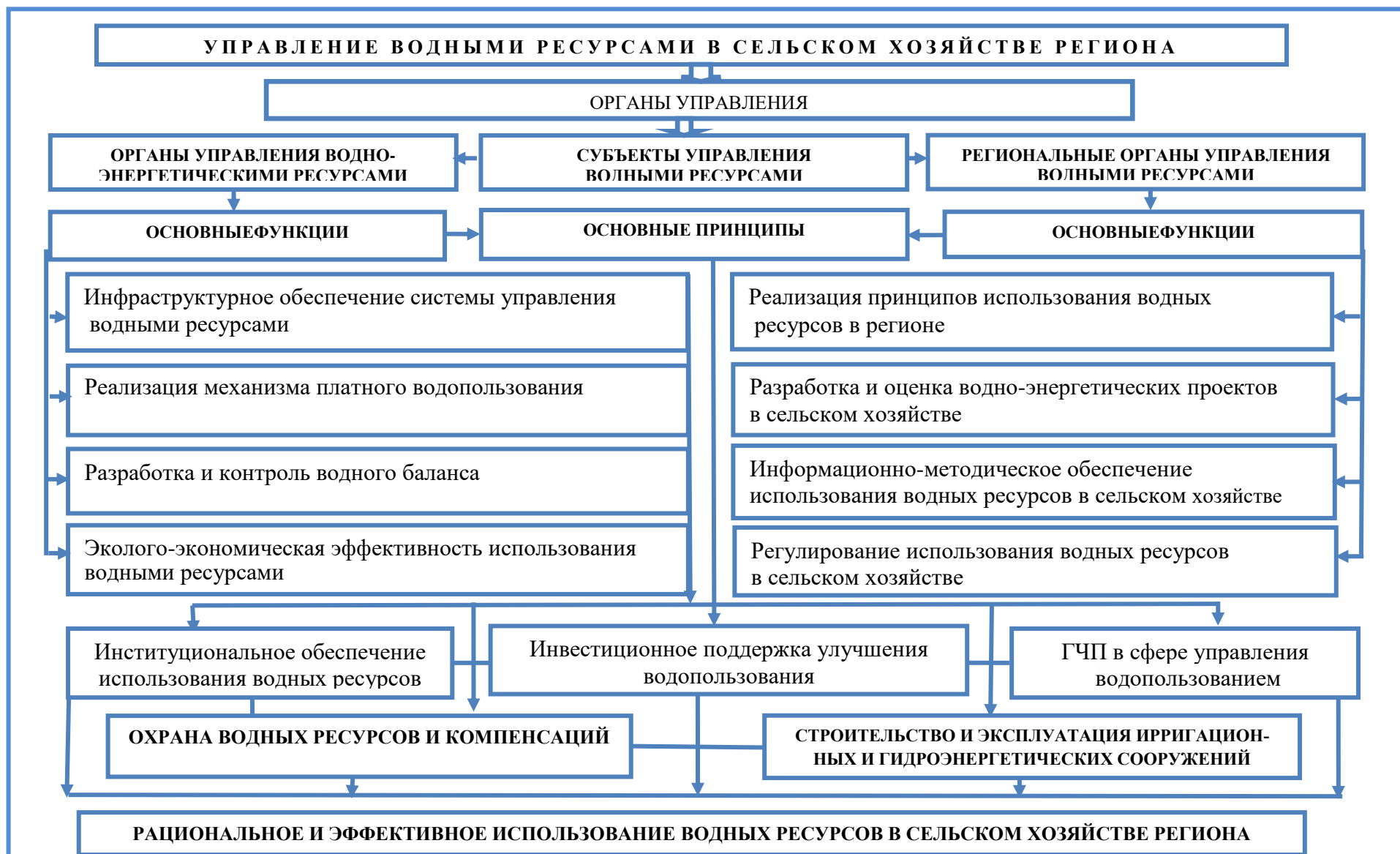


Рис. 1.2.1. Структурная схема управления использованием водных ресурсов в сельском хозяйстве региона

В условиях стран с развивающейся экономикой, особенно с учетом аридности региона, ограниченности возобновляемого стока и высокой вариативности водности рек, роль принципов эколого-экономического регулирования существенно возрастает. Аридный климат формирует специфическую структуру водопользования, связанную с повышенной испаряемостью, нестабильностью аграрного водоснабжения и большей чувствительностью сельского хозяйства к колебаниям водных ресурсов. Это требует более жесткого соблюдения экологических ограничений, повышенной точности распределения воды, развития институциональных механизмов координации и совершенствования нормативно-правовой базы, отражающей особенности региона. В то же время, климата аридности усиливает потребность в адаптивных методах управления, предусматривающих оперативное реагирование на климатические и гидрологические изменения, внедрение маловодных технологий, модернизацию инфраструктуры и повышение инвестиционной активности. Таким образом, специфика региона задает дополнительные требования к системе принципов, расширяя их содержание и демонстрируя необходимость перехода от традиционных подходов к комплексным моделям регулирования водопользования, способным учитывать природно-климатическую уязвимость, институциональные ограничения и стратегическую важность водных ресурсов для устойчивого развития аграрного сектора.

1.3. Зарубежный опыт регулирования использования водных ресурсов в сельском хозяйстве

Развитие зарубежных систем регулирования использования водных ресурсов в сельском хозяйстве представляет собой важнейший источник методологического и практического опыта, необходимого для совершенствования национальных подходов к управлению водным сектором. В условиях глобального роста водного дефицита, климатической нестабильности, расширения сельскохозяйственного производства и усложнения систем водного обеспечения государства вынуждены выработать новые модели управления, которые позволяют согласовывать экономические интересы, экологические требования и социаль-

ную устойчивость аграрных территорий. При этом в последние десятилетия сформировалась обширная международная практика, включающая широкий спектр механизмов, от правового регулирования и институциональных моделей до экономических стимулов, инновационных технологий и рыночных инструментов распределения воды.

Следует отметить, что зарубежный опыт регулирования водопользования отличается значительной вариативностью, обусловленной природно-климатическими особенностями государств, структурой их экономик, уровнем развития аграрного сектора и институциональными традициями. В развитых странах (США, государства ЕС, Израиль, Австралия) сформированы высокоэффективные модели водного менеджмента, основанные на интегрированном управлении водными ресурсами, цифровых технологиях мониторинга, жестких экологических нормативах и экономике полного водного цикла. В странах с аридным климатом (Израиль, Иордания, Марокко, Египет) акцент сделан на жестком контроле потребления воды, развитии маловодных технологий и многоуровневой системе квотирования. Азиатские аграрно-ориентированные экономики (Китай, Индия, Вьетнам) демонстрируют разнообразные отраслевые модели, сочетающие государственное регулирование, рыночные механизмы и активное участие ассоциаций водопользователей в управлении оросительными системами.

При этом анализ зарубежного опыта имеет не только теоретическое, но и методологическое значение, поскольку позволяет выявить универсальные принципы, применимые для стран с развивающейся экономикой, где водное хозяйство сталкивается с вызовами низкой инфраструктурной обеспеченности, высоким технологическим износом, ограниченностью финансовых ресурсов и институциональной фрагментацией. Примеры международных реформ показывают, что устойчивое сельскохозяйственное водопользование возможно только при сочетании государственных механизмов регулирования, экономических стимулов, инновационных технологий и вовлечения пользователей в управление.

Современная зарубежная практика регулирования водных ресурсов в сельском хозяйстве базируется на концепции интегрированного управления водными

ресурсами (IWRM), предусматривающей согласование экологических, экономических и институциональных аспектов водопользования. В странах с развитой системой аграрного водного хозяйства интегрированные модели стали базовым инструментом формирования водной политики, обеспечивая координацию между секторами и устойчивость водопользования¹.

Широкое распространение получили бассейновые модели управления, опирающиеся на регулирование водопользования в пределах естественных гидрографических границ. Данный подход лежит в основе национальных водных стратегий США, стран ЕС и Австралии, где он применяется для балансировки интересов различных групп водопользователей и экологической защиты водосборов².

В странах с аридным климатом водная политика строится на принципах жесткого ресурсного контроля, строгих экологических нормативов и экономических стимулов водосбережения. Методологические подходы к регулированию в вододефицитных регионах предполагают оценку экологической емкости, управление водным балансом и использование комбинированных ограничительных инструментов.

Зарубежные модели включают также экономико-правовые механизмы управления спросом на воду, основанные на платности водопользования, тарифных системах и элементах водных рынков. Эти инструменты применяются для стимулирования рационального потребления, распределения ограниченного ресурса и финансирования модернизации ирригационной инфраструктуры³.

Кроме того, в зарубежных подходах все большую роль играют инновационные инструменты управления - цифровые платформы мониторинга, дистан-

¹ См.: Расулзода К., Пулатов, Я. Э. Интегрированное управление водными ресурсами: проблемы и перспектива // Водные ресурсы и экология: сб. науч. тр. - Душанбе, 2012. - Вып. 3. - С. 5-21.

² См.: Крутов А. Н. Международная практика совершенствования институциональных структур водного сектора // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. - М., 2020. - № 3. - С. 19-38.

³ См.: Назаралиев Х. Н. Эффективное использование водных ресурсов: проблемы и пути их решения / Х. Н. Назаралиев // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, ТНУ, 2020. - № 8. - С. 36-41.

ционное зондирование земель, автоматизированные системы подачи воды и технологии повторного использования очищенных сточных вод. Современные методы рециклинга становятся неотъемлемой частью водохозяйственной политики, снижая зависимость стран от природных источников и расширяя водный потенциал сельского хозяйства.

Государственные модели регулирования водных ресурсов в развитых странах отличаются высокой степенью институциональной сформированности, нормативной проработанности и технологической оснащенности. В США основной водной политики является сочетание федерального регулирования и компетенций отдельных штатов, где используются механизмы распределения водных прав, детализированные системы учета водопотребления и развитые инструменты тарифного регулирования. Практика западных штатов демонстрирует значительную эффективность сочетания рыночно ориентированных механизмов распределения воды с государственной координацией на бассейновом уровне¹.

В странах Европейского союза базовый контур государственного регулирования сформирован в рамках Водной рамочной директивы ЕС, предусматривающей управление ресурсами в пределах речных бассейнов, введение экологических нормативов состояния водных объектов и обязательность восстановления водных экосистем. Государственные органы обеспечивают комплексное регулирование через стратегические планы управления, экономические инструменты воздействия и систему мониторинга качества воды²

Отдельное место в мировой практике занимает модель Израиля, где государственный сектор отвечает за полный цикл регулирования водных ресурсов, включая распределение, мониторинг, рециркуляцию, опреснение и поддержку аграрного водопользования. Высокая степень детализации государственных ме-

¹ См.: Воротников И. Л. Анализ зарубежных научных исследований влияния ресурсосберегающих технологий обработки почвы на продуктивность сельскохозяйственных культур и показатели почвенного плодородия / И. Л. Воротников, К. Е. Денисов, А. А. Гераскина // Научная жизнь. - М., 2020. - Т. 15, № 12 (112). - С. 1641-1654.

² См.: Домашенко Ю. Д., Суровикина, А. П., Ляшков, М. А. Оценка токсичности очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод с целью их использования для орошения // Природообустройство. - Воронеж, 2022. - № 4. - С. 31-36. - DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-31-36.

ханизмов обеспечивает контроль водного баланса, минимизацию потерь и устойчивость сельского хозяйства в условиях аридного климата¹.

Механизма государственного регулирования водопользования в развитых странах включают не только нормативные и организационные инструменты, но и специализированные программы модернизации ирригационной инфраструктуры, направленные на повышение эффективности аграрного водопользования. В исследованиях по опытам Канады, Австралии и Новой Зеландии отмечается применение государственных инвестиционных программ, ориентированных на реконструкцию каналов, внедрение систем точного полива и совершенствование методов учета водных ресурсов².

Таким образом, государственное регулирование водопользования в развитых странах основано на сочетании нормативной полноты, институциональной стабильности, технологического развития и высокой степени управленческой координации. Эти элементы формируют фундамент для достижения устойчивого водопользования в аграрном секторе и обеспечивают возможность адаптации подобных подходов для стран с иными природно-климатическими и экономическими условиями.

Страны с хроническим водным дефицитом формируют особые модели регулирования использования водных ресурсов в сельском хозяйстве. Эти модели характеризуются повышенной жесткостью норм, развитой системой ограничений и высокой степенью государственного контроля, поскольку аграрный сектор функционирует в условиях ограниченного водного потенциала и высокой климатической уязвимости. В Иордании и Марокко регулирование водопользования базируется на строгом квотировании, детализированных планах распределения и

¹ См.: Ляшков М. А., Арискина Ю. Ю. Зарубежный опыт применения хозяйственно-бытовых сточных вод для целей орошения // Экология и водное хозяйство. - М., 2022. - Т. 4, № 2. - С. 15-31. - DOI: 10.31774/2658-7890-2022-4-2-15-31.

² См.: Зонн И. С., Семенов А. В., Жила А. В. Водная политика Афганистана в Центральной Азии // Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. - М., 2018. - № 4(27). - С. 48-61.

комплексном учете водоснабжения, что позволяет обеспечить минимальную устойчивость аграрного сектора в условиях дефицита влаги¹.

В странах Ближнего Востока применяется модель жесткого ресурсного контроля, предусматривающая ограничение объемов водоотбора из поверхностных и подземных источников, регулирование использования традиционных ирригационных систем и обязательное внедрение технологий водосбережения. В Египте осуществляется государственное регулирование по линии центральных водных органов, которые определяют допустимые уровни потребления, контролируют техническое состояние каналов и обеспечивают пересмотр лимитов с учетом сезонных колебаний стока².

Значительное внимание в международной практике уделяется обеспечению экологической устойчивости в условиях водного дефицита. В странах Северной Африки принята методология «водного баланса», предполагающая оценку всех поступлений и расходов воды, а также определение максимально допустимых объемов водопотребления в аграрном секторе. Такой подход позволяет согласовывать производство сельскохозяйственной продукции с природными ограничениями и снижать риск деградации водных экосистем³.

Точное регулирование аграрного водопользования в странах с водным дефицитом опирается на развитие инфраструктуры накопления и повторного использования воды, включая строительство малых накопительных водоемов, очистку сточных вод и их вторичное применение в сельском хозяйстве. Эти меры рассматриваются как стратегический резерв для поддержания устойчивости

¹ См.: Кибенко Е. А. Зарубежный опыт развития органического (экологического) сельского хозяйства / Е. А. Кибенко // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства: Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, Феодосия, 10-14 мая 2023 года. - Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2023. - С. 545-549.

² См.: Лебедев К. А. Зарубежный опыт государственного регулирования продовольственного рынка / К. А. Лебедев, Д. Р. Андреев // Управленческий учет. М., - 2024. - № 3. - С. 352-366

³ См.: Ляшков М. А. Зарубежный опыт применения хозяйственно-бытовых сточных вод для целей орошения / М. А. Ляшков, Ю. Ю. Арискина // Экология и водное хозяйство. - М., 2022. - Т. 4, № 2. - С. 15-31. - DOI 10.31774/2658-7890-2022-4-2-15-31.

аграрного производства и снижения зависимости от природных источников воды¹.

Следует отметить, что регулирование водопользования в странах с водным дефицитом строится на жестких управленческих режимах, развитых системах лимитирования, комплексной оценке водного баланса, внедрении водосберегающих технологий и обязательной рециркуляции водных ресурсов. Эти элементы формируют ядро моделей устойчивого аграрного производства в условиях аридного и полуаридного климата, что позволяет таким государствам обеспечивать минимально необходимую водную безопасность и адаптацию к климатическим рискам.

Развитие моделей регулирования водопользования в странах Азии отражает многомерную комбинацию природно-климатических ограничений, институциональных подходов и технологических решений, которые формировались в условиях повышенной нагрузки на водные ресурсы, интенсивного использования орошаемых земель и стремительного роста аграрного производства. В крупных аграрных экономиках Азии регулирование водопользования включает государственный контроль, многоуровневую координацию, экономические механизмы управления спросом, развитие ассоциаций водопользователей и активное внедрение инновационных технологий. Эти элементы формируют сложный комплекс водного менеджмента, который признан одним из наиболее результативных среди развивающихся экономик.

В Китае модель водного регулирования базируется на сочетании государственного контроля и поэтапной либерализации водных услуг. В стране действует система «красных линий» использования водных ресурсов, устанавливающая предельные объемы водопотребления на национальном, провинциальном и локальном уровнях. Регулирование опирается на бассейновый подход, который реализуется через деятельность водных комиссий крупных рек. Существен-

¹ См.: Шохужаева З. С. Зарубежный опыт в сельском хозяйстве по использованию водных ресурсов / З. С. Шохужаева // Economics. - М., 2020. - № 1 (44). - С. 19-22.

ное значение имеет система лицензирования водопользования, обязательный учет и квотирование забора воды для сельского хозяйства и промышленности.

В Китае активно внедряются методы водного баланса, дистанционного мониторинга и цифровизации ирригационных систем. Государственные программы предусматривают модернизацию магистральных и распределительных каналов, внедрение технологий точного орошения и развитие локальных систем мониторинга покрытия оросительных площадей. В международных исследованиях отмечается высокая результативность китайской модели благодаря сочетанию институционального контроля, системного планирования и экономических стимулов модернизации¹.

Китай также развивает элементы рыночного распределения воды. Пилотные проекты по созданию водных рынков реализуются в провинциях Нинся и Хэбэй, где фермерские хозяйства могут обменивать неиспользованные квоты водопотребления. Эти меры снижают нагрузку на подземные горизонты, уменьшают сверхзабор воды и стимулируют водосохранение. В научных обзорах отмечается, что китайская модель постепенно движется от административного регулирования к смешанной системе управления водными ресурсами в сельском хозяйстве².

Индия характеризуется одной из крупнейших в мире систем аграрного водопользования, основанной на комбинации поверхностной и подземной добычи воды. Основной особенностью индийской модели является высокая зависимость сельского хозяйства от подземных вод, добываемых с использованием энергозатратных насосных систем. Рост водозабора приводит к деградации водоносных горизонтов, что отражено в отчетах международных организаций³.

Государство использует систему ограничений на использование подземных вод, включая лицензирование, контроль глубины бурения и энергетические

¹ См.: FAO. Review of irrigation modernization in China. Rome. 2017. P. 15-28; World Bank. China: Water Resources Assistance Strategy. - Washington DC. 2002. P. 33-39.

² См.: OECD. Water Governance in OECD Countries. Paris. 2016. P. 62-64; Грановская, Л. Н. Развитие водохозяйственной деятельности. - Одесса. 2019. № 3. С. 143-147

³ См.: FAO. AQUASTAT India Profile. - Rome. 2020. P. 42-51; IWMI. Groundwater governance in India. - Colombo. 2015. P. 12-23.

лимиты. В ряде штатов изменена тарифная политика на электроэнергию для полива, что направлено на ограничение чрезмерного подъема воды. Параллельно реализуются программы модернизации оросительных каналов, создания водосберегающих технологий и повышения роли местных общин в распределении воды между сельскохозяйственными хозяйствами¹.

Индийская модель также основана на развитии ассоциаций водопользователей, которые получили широкое распространение после реформ ирригационного сектора в 1990-2000-х гг. Эти организации отвечают за локальное распределение воды, совершенствование систем полива и контроль дисциплины водопотребления. В научных источниках отмечается, что активизация WUA обеспечивает снижение потерь воды и способствует более устойчивому функционированию оросительных сетей².

Вьетнамская модель водного регулирования формировалась в контексте специфики крупных дельтовых систем, включая дельту Меконга и Красной реки. Эти регионы отличаются высокой плотностью населения, интенсивным рисоводством и зависимостью от сезонных колебаний водности. Основой регулирования выступает бассейновый принцип управления, реализуемый через систему речных администраций. Государственные программы предусматривают оценку гидрологической динамики, планирование распределения воды между рисоводством, аквакультурой и бытовым сектором, а также управление рисками засоления, наводнений и засух³.

Важным направлением является внедрение технологий маловодного земледелия, включая переход на сорта риса с сокращенным водопотреблением, использование регулируемого затопления, лазерную планировку полей и системы точного полива для культур, не требующих постоянного затопления. В отчетах

¹ См.: World Bank. India: Strengthening Water Resource Management. Dehli, 2018. P. 17-29; Asian Development Bank. Water Resource Management in India. - Manila. 2019. P. 44-51.

² См.: S. Meinzen-Dick. Community-Based Irrigation Management. IWMI. 2002. P. 3-11.

³ См.: World Bank. Vietnam Irrigation Modernization Project. - Washington DC. 2016. P. 51-59; FAO. Water productivity in the Lower Mekong Basin. - Rome. 2021. P. 22-34.

международных организаций отмечается, что эти меры обеспечили снижение потерь воды и облегчили адаптацию к изменению климата¹.

Вьетнам также развивает локальные системы участия фермеров в управлении ирригацией. Ассоциации пользователей воды участвуют в техническом обслуживании малых каналов, согласовании графиков водоподачи и предотвращении конфликтов между сельскохозяйственными хозяйствами. Это усиливает устойчивость распределительных систем в условиях высокого гидрологического давления².

Модели регулирования водопользования в Китае, Индии и Вьетнаме демонстрируют широкий спектр механизмов управления, включающих государственный контроль, участие сельских общин, экономические инструменты, инновационные технологии и интегрированное планирование. Они формируют комплексный подход, способный обеспечить устойчивость аграрного производства в условиях ускоряющегося водного дефицита и климатических изменений.

Отдельного внимания заслуживает опыт Российской Федерации, где регулирование использования водных ресурсов в сельском хозяйстве осуществляется в рамках комплексной системы государственного управления водохозяйственным комплексом. В отличие от ряда стран с преобладанием рыночных механизмов, российская модель характеризуется значительной ролью государства в регулировании водопользования, модернизации ирригационной инфраструктуры и финансировании водохозяйственных мероприятий.

Правовые основы регулирования водных ресурсов закреплены в Водном кодексе Российской Федерации, который устанавливает принципы бассейнового управления, лицензирования водопользования и государственного контроля за состоянием водных объектов. Управление водными ресурсами осуществляется через систему федеральных и региональных органов, включая Федеральное агентство водных ресурсов и бассейновые водные управления, что позволяет ко-

¹ См.: UNESCO. Water Development Report. - Paris. 2020. - P. 92-101.

² См.: Asian Development Bank. Water Sector Assessment, Strategy and Road Map: Vietnam. - Manila, 2022. - P. 33-42.

ординировать распределение водных ресурсов между различными секторами экономики.

Особое значение в российской практике имеет государственная поддержка мелиорации сельскохозяйственных земель. Реализация федеральных программ развития мелиоративного комплекса предусматривает реконструкцию оросительных систем, модернизацию насосных станций, восстановление каналов и внедрение водосберегающих технологий. Государственное финансирование данных мероприятий направлено на повышение эффективности использования воды и обеспечение устойчивого функционирования сельскохозяйственного производства в условиях климатической изменчивости¹.

Важным элементом регулирования водопользования является развитие системы платности водопользования и учета водных ресурсов. В аграрном секторе широко используются водохозяйственные тарифы, позволяющие стимулировать рациональное потребление воды и покрывать часть затрат на эксплуатацию ирригационной инфраструктуры. При этом государство сохраняет ключевую роль в регулировании тарифной политики и инвестиционной поддержке модернизации водохозяйственных систем.

Следует отметить, что российская модель водного регулирования сочетает элементы централизованного государственного управления с постепенным внедрением экономических механизмов стимулирования водосбережения. Такая комбинация позволяет обеспечивать устойчивость аграрного водопользования на территориях с различной природно-климатической обеспеченностью водными ресурсами.

Отдельное направление международной практики регулирования водных ресурсов связано с управлением трансграничными водными бассейнами, которые формируются в пределах территорий нескольких государств и требуют согласованных механизмов межгосударственного взаимодействия. По данным международных организаций, в мире насчитывается более 260 трансграничных

¹ См.: Попова К.Ю. Значение водных ресурсов и систем водопользования в сельском хозяйстве России / К.Ю. Попова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. - М., 2023. - № 2(96). - С. 131-140. - DOI 10.33938/232-131.

речных бассейнов, охватывающих около 40 процентов населения планеты¹. Это обстоятельство обуславливает необходимость формирования специальных институциональных механизмов регулирования, обеспечивающих баланс интересов государств, совместное управление водными ресурсами и предотвращение конфликтов водопользования.

В международной практике сложились различные модели управления трансграничными водами. В странах Европы одним из наиболее успешных примеров является управление бассейном реки Рейн, где действует многоуровневая система межгосударственной координации, включающая совместные комиссии, единые экологические стандарты и согласованные программы мониторинга водных ресурсов. Аналогичные механизмы применяются в бассейне реки Дунай, где деятельность Международной комиссии по защите Дуная обеспечивает координацию водной политики между государствами региона.

В Северной Америке эффективным примером институционального сотрудничества является Международная совместная комиссия США и Канады, регулирующая использование водных ресурсов в бассейнах Великих озер и ряда трансграничных рек. Данная система предусматривает совместное планирование водохозяйственных мероприятий, мониторинг качества воды и согласование решений по распределению водных ресурсов.

Для стран с высокой зависимостью сельского хозяйства от орошаемого земледелия особое значение имеет регулирование трансграничных водных систем в условиях ограниченности водных ресурсов. В бассейнах рек Нил, Инд и Меконг формируются многосторонние механизмы распределения водных ресурсов, включающие международные соглашения, совместные исследовательские программы и координацию гидротехнических проектов.

Следует отметить, что для государств Центральной Азии проблема трансграничного водопользования имеет стратегическое значение, поскольку основные водные ресурсы региона формируются в верховьях трансграничных речных систем Амударьи и Сырдарьи. В этих условиях развитие устойчивых механиз-

¹ См.: UNESCO. The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change. - Paris: UNESCO, 2020. - P. 27.

мов межгосударственного сотрудничества, совместного управления водными ресурсами и согласования интересов энергетического и аграрного секторов является важнейшим фактором обеспечения водной и продовольственной безопасности региона.

Развитие ассоциаций водопользователей является одним из ключевых направлений модернизации водного менеджмента в странах с развитым и развивающимся сельским хозяйством. Ассоциации водопользователей представляют собой институциональные структуры, объединяющие фермеров и других участников для управления локальными оросительными сетями, распределением воды, контролем технического состояния инфраструктуры и поддержанием дисциплины водопотребления. В международной практике такие организации рассматриваются как важный инструмент децентрализации управления, повышения эффективности водораспределения и снижения нагрузки на государственные органы¹.

В Центральной Азии создание ассоциаций водопользователей стало результатом реформирования ирригационного сектора, направленного на повышение эффективности эксплуатации вторичных и третичных каналов. В Узбекистане и Кыргызстане WUA получили юридический статус самостоятельных организаций, отвечающих за эксплуатацию локальных оросительных систем и внутрисистемное распределение воды. Исследования показывают, что вовлечение фермеров в процесс управления способствует снижению потерь воды, улучшению технического обслуживания каналов и повышению прозрачности водораспределения².

¹ См.: Усенова Б. Ж. Экономические аспекты международного опыта по улучшению использования водных ресурсов для орошения сельскохозяйственных земель Кыргызстана / Б. Ж. Усенова, С. С. Бердибеков, Ж. Ж. Осмонов, А. М. Токтосунова // Вестник Ошского государственного университета. Экономика. - Ош, 2024. - № 1 (4). - С. 64-72.

² См.: Фозилов Р. Ш. Водно-ирригационный капитал аридного региона в условиях глобальных вызовов и региональных экологических ограничений. - Душанбе: «Ирфон», 2019. - 240 с.; Урунбаева, Н. А. Развитие устойчивого механизма управления водопользованием в условиях орошаемого земледелия в зарубежных странах / Н. А. Урунбаева, Д. Б. Халифазода // Финансово-экономический вестник. - Душанбе, 2021. - № 4.2 (29). - С. 75-85.

В Турции реформирование системы орошения привело к передаче значительной части функций по управлению ирригационной инфраструктурой от государственных органов к ассоциациям водопользователей. В рамках программы децентрализации эксплуатационные обязанности были переданы сельским объединениям, которые обеспечивают контроль водоподачи, сбор платежей за водные услуги и поддержание каналов в рабочем состоянии. Международные исследования указывают на значительное снижение эксплуатационных затрат и повышение результативности функционирования оросительных систем благодаря расширению полномочий WUA¹.

В странах Южной Азии ассоциации водопользователей также играют важную роль в управлении ирригационными системами. В Индии WUA функционируют в рамках программ модернизации оросительных проектов, ориентированных на повышение самостоятельности местных общин и оптимизацию распределения воды. В Пакистане подобные организации участвуют в поддержании каналов, разработке графиков водоподачи и предотвращении конфликтов водопользования. Ряд международных исследовательских центров подчеркивает высокую значимость децентрализованных форм участия фермеров в условиях высокой плотности населения и сезонной нестабильности водоснабжения².

В целом зарубежный опыт показывает, что ассоциации водопользователей являются эффективным инструментом децентрализации, обеспечивающим оптимизацию водораспределения, снижение технических потерь, развитие локальных механизмов самоуправления и повышение устойчивости ирригационных систем. Эти структуры позволяют встраивать экономические стимулы в процессы управления, обеспечивают более гибкое реагирование на изменения гидрологической ситуации и формируют устойчивые модели коллективной ответственности за водные ресурсы. В странах с развивающейся экономикой, где водный сектор характеризуется высокой нагрузкой и ограниченностью ресурсов, роль

¹ См.: Asian Development Bank. Irrigation Management Transfer in Turkey. - Manila. 2016. P. 22-29; OECD. Water Governance in OECD Countries. - Paris. 2016. P. 73-79.

² См.: Meinzen-Dick, R. Community Management of Irrigation Systems. IWMI. Colombo. 2002. P. 5-14; FAO. Farmer Participation in Irrigation Management. - Rome. 2019. P. 44-52.

ассоциаций водопользователей особенно значима, так как они обеспечивают сбалансированное взаимодействие государственных органов, местных общин и аграрных хозяйств.

Экономические механизмы стимулирования рационального использования водных ресурсов являются важнейшей составляющей современных моделей водного регулирования. Эти механизмы обеспечивают согласование интересов государства, водопользователей и аграрного сектора, формируя систему экономических стимулов, направленных на повышение эффективности водопотребления и снижение потерь. В международной практике экономические методы включают водные тарифы, дифференцированные платежи, рынок водных прав, субсидирование внедрения водосберегающих технологий, инвестиционные гранты, систему водного учета и комплекс водно-экологических нормативов¹.

В странах Европейского союза экономическое регулирование водопользования основано на принципе возмещения затрат, закрепленном в Водной рамочной директиве ЕС. Тарифы на водопользование формируются с учетом затрат на содержание инфраструктуры, модернизацию систем водоснабжения и охрану водных объектов. Экономический подход предусматривает также дифференциацию стоимости воды по категориям пользователей, что позволяет стимулировать переход к более эффективным технологиям орошения. В ряде стран внедрена система стимулирующих платежей, направленных на снижение водоемкости аграрного производства².

В вододефицитных государствах Ближнего Востока и Северной Африки широко применяются механизмы жесткого тарифного регулирования, направ-

¹ См.: Хайдаров А. Р. Международный опыт эффективного использования водных ресурсов: сравнительный анализ Канады, Израиля и Узбекистана // Достижения науки и образования. - М., 2020. - № 14(68). - С. 29-38.

² См.: Смагулова Ж. Б. Анализ мирового опыта перехода к зеленой экономике: предпосылки и направления / Ж. Б. Смагулова, А. Е. Муханова, Г. И. Мусаева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - М., 2015. - № 1-1. - С. 92-96; Содиков, К. А. Зарубежный опыт управления водно-мелиоративным потенциалом на основе применения экономического механизма / К. А. Содиков // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, 2018. - № 10. - С. 79-86.

ленные на снижение потребления и предотвращение избыточного забора воды. В Израиле структура тарифов включает базовую и повышающую ставки, что стимулирует фермеров к оптимизации полива, переходу на маловодные культуры и повторному использованию очищенной воды. Исследования показывают, что сочетание экономических ограничителей и технологических инноваций обеспечивает высокую результативность аграрного водопользования в условиях хронического дефицита водных ресурсов¹.

В странах Азии экономические инструменты стимулирования применяются в сочетании с государственными программами модернизации ирригационной инфраструктуры. В Китае используются водные квоты, платежи за водопользование, механизмы оплаты за экологические услуги в водных бассейнах и субсидии на внедрение технологий точного полива. В Индии реализуется программная поддержка перехода к капельному орошению через систему субсидий, покрывающих значительную часть стоимости оборудования, что обеспечивает снижение водоемкости и повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Международные отчеты указывают на значительную эффективность таких мер для экономии воды в условиях нестабильности осадков и высокого давления на подземные горизонты².

Экономические механизмы стимулирования развиваются и в странах Центральной Азии, где традиционно преобладала административная модель водного управления. В Казахстане и Узбекистане внедряются дифференцированные тарифы, учитывающие сезонность, потребление по культурам и типы ирригационных систем. Поддержка внедрения водосберегающих технологий осуществляется через льготное финансирование и инвестиционные программы. В научных исследованиях отмечается, что применение экономических стимулов способ-

¹ См.: Иванкова Т. В. Опыт эффективного управления водными ресурсами в условиях дефицита (на примере Израиля) // Астраханский вестник экологического образования. - Астрахан, 2018. - № 1(43). - С. 78-88.

² См.: World Bank. Irrigation Modernization in Asia. - Washington DC. 2020. P. 51-62; Asian Development Bank. Water Sector Assessment in India. - Manila. 2020. P. 30-39.

ствуется сокращению водопотерь, улучшению технического состояния каналов и росту дисциплины водопотребления¹.

Важно отметить, что зарубежный опыт свидетельствует о том, что экономические инструменты регулирования являются не только механизмом покрытия затрат водного хозяйства, но и мощным стимулом перехода аграрного сектора к ресурсосберегающим методам водопользования. Комплексная система тарифов, субсидий, водных квот, платежей за экологические услуги и механизмов распределения прав на водные ресурсы обеспечивает устойчивость водных систем, снижает нагрузку на природные источники и способствует модернизации сельскохозяйственного производства.

Между тем, инновационные технологии становятся ключевым направлением модернизации систем сельскохозяйственного водопользования. Быстрый рост климатических рисков, увеличение нагрузки на водные ресурсы, расширение орошаемых территорий и необходимость повышения эффективности производства привели к активному внедрению современных технологических решений. В международной практике инновации включают автоматизированные системы управления подачей воды, цифровые платформы мониторинга, дистанционное зондирование, системы точного полива, рециклинг очищенной воды, а также интеграцию геоинформационных технологий в процессы управления водными ресурсами².

В странах с интенсивным использованием орошаемых земель широкое распространение получили системы дистанционного мониторинга, основанные на спутниковых данных и геоинформационных технологиях. Эти системы позволяют оценивать состояние почвы, определять уровень влажности, контролировать фактическую водоподачу и оптимизировать режимы полива. В международных исследованиях отмечается, что сочетание дистанционного мониторинга

¹ См.: Сапарова, Д. А. Инвестирование в АПК Республики Казахстан в контексте передовых технологий "зеленой" экономики / Д. А. Сапарова // Проблемы агрорынка. - Алматы, 2023. - № 4. - С. 220-232.

² См.: Озиранский, Ю., Кольмакова, Е. Г., Марголина, И. Л. Интегрированное управление ограниченными водными ресурсами в целях устойчивого водообеспечения аридных регионов (опыт государства Израиль) // Аридные экосистемы. - М., 2014. - С.23-35.

с автоматизированными платформами управления обеспечивает значительную экономию воды и устойчивый рост производительности сельского хозяйства¹.

Отдельным направлением инновационного развития является внедрение технологий точного земледелия. Системы точного полива включают датчики влажности почвы, автоматические клапаны регулирования подачи воды, программируемые оросительные установки и модули контроля с использованием мобильных приложений. В ряде стран реализуются государственные программы поддержки такого оборудования, поскольку точное орошение обеспечивает снижение потерь воды, повышение урожайности и сокращение затрат на эксплуатацию ирригационной инфраструктуры².

Особое значение в международной практике имеет развитие технологий повторного использования очищенной воды, которые рассматриваются как стратегический ресурс в условиях водного дефицита. В Израиле применяется многоступенчатая система очистки и повторного использования сточных вод, обеспечивающая высокий уровень водной безопасности и стабильность аграрного производства. По данным международных исследований, использование рециклинга позволяет обеспечить до 80 процентов потребностей сельского хозяйства в оросительной воде в условиях ограниченности природных источников³.

Инновационные решения в водном секторе активно внедряются в странах Юго-Восточной Азии, где интенсивность аграрного производства требует высокой технологической оснащенности систем водопользования. Во Вьетнаме и Таиланде используются автоматизированные платформы управления насосными

¹ См.: World Bank. Digital Agriculture for Irrigation Management. Washington DC. 2021. P. 34-47; OECD. Digital Opportunities for Water Management. - Paris. 2020. P. 38-44.

² См.: Турсунова Э. А. Мировой опыт водосбережения в условиях дефицита водных ресурсов / Э. А. Турсунова // Инновационные технологии в водном, коммунальном хозяйстве и водном транспорте // Материалы II республиканской научно-технической конференции (г. Минск, 28-29 апреля 2022 года). - Минск, Белорусский национальный технический университет, 2022. - С. 361-368; Усенова, Б. Ж. Экономические аспекты международного опыта по улучшению использования водных ресурсов для орошения сельскохозяйственных земель Кыргызстана / Б. Ж. Усенова, С. С. Бердибеков, Ж. Ж. Осмонов, А. М. Токтосунова // Вестник Ошского государственного университета. Экономика. - Ош, 2024. - № 1 (4). - С. 64-72.

³ См.: Israel Water Authority. Annual Report. Jerusalem. 2020. P. 55-63; FAO. Wastewater Reuse for Agriculture. - Rome. 2022. P. 14-21.

станциями, системы мониторинга затопления и засоления почв, а также цифровые карты водных ресурсов, позволяющие оптимизировать распределение воды между различными секторами. Эти технологии уменьшают риск переувлажнения, обеспечивают стабильность циклов выращивания и предупреждают деградацию почвенно-водных экосистем.

В странах Центральной Азии внедрение инноваций происходит поэтапно и включает развитие систем автоматизированного учета воды, цифровизацию управления оросительными каналами, внедрение лазерной планировки полей и модернизацию распределительных сетей. Исследования показывают, что применение технологий точного земледелия и цифрового мониторинга водных потоков способствует значительному снижению потерь воды и повышению устойчивости аграрного производства.

Сравнительный анализ зарубежных моделей регулирования водных ресурсов позволяет выявить ключевые различия в институциональной организации, экономических механизмах и технологическом обеспечении систем водопользования (табл.1.3.1). Мировая практика показывает, что эффективность водного менеджмента определяется сочетанием государственной координации, уровня участия водопользователей, структуры экономических стимулов и степени внедрения инновационных технологий.

Различия в климатических условиях, водной обеспеченности и аграрной специализации оказывают существенное влияние на выбор конкретных инструментов регулирования, что позволяет выделить несколько устойчивых моделей: развитые страны, страны аридного пояса и крупные аграрные экономики Азии.

Модель развитых стран отличается высокой институциональной стабильностью, нормативной полнотой и технологическим развитием. Государство обеспечивает стратегическое планирование, мониторинг, контроль качества водных объектов и внедрение экономических инструментов полного возмещения затрат. Инновационная инфраструктура способствует повышению эффективности водопользования и снижению давления на природные источники.

Таблица 1.3.1

Сравнительная характеристика зарубежных моделей регулирования водных ресурсов в сельском хозяйстве

| Критерии сравнения | Развитые страны (США, ЕС, Израиль) | Страны с водным дефицитом (Ближний Восток, Северная Африка) | Азиатские модели (Китай, Индия, Вьетнам) |
|--|---|---|--|
| ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА | Развитая система водных агентств; бассейновые комиссии; многоуровневое регулирование; стабильное правовое поле | Жесткая централизация; ключевые решения принимают госорганы; высокая роль национальных министерств; | Многоуровневая система; провинциальные и центральные министерства; активное участие местных общин; WUA как элемент децентрализации |
| ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ | Экономическое регулирование; тарифное возмещение затрат; нормативы качества; рыночные механизмы распределения, стратегические планы | Квотирование, лимиты, сезонные ограничения забора воды; строгий контроль подземных вод; распределение в рамках национальных планов | Смешанные механизмы: квоты, тарифы, лицензирование, государственные программы модернизации; управление по бассейнам; регулярные пересмотры лимитов |
| УЧАСТИЕ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ | Высокий уровень; irrigation districts, фермерские объединения, муниципальные структуры; | Ограниченное участие; фермеры чаще являются получателями решений; | Высокое участие; сильные ассоциации водопользователей; фермеры участвуют в распределении, контроле |
| ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ | Полное возмещение затрат; прогрессивные тарифы; экологические платежи; субсидии на инновации; водные рынки в отдельных регионах | Тарифы, направленные на снижение потребления; повышающие ставки при превышении лимитов; стимулирование маловодных технологий | Широкое субсидирование капельного полива; льготное кредитование модернизации; поддержка точного земледелия; дифференцированные тарифы |
| ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ | Дистанционное зондирование; цифровые платформы управления; автоматизация подачи воды; системы точного полива; рециклинг сточных вод | Рециклинг очищенной воды как база устойчивости (Израиль, Иордания); маловодные технологии; мониторинг засоления; опреснение в отдельных странах | Спутниковый мониторинг; системы учета; датчики влажности; точное земледелие; лазерная планировка; цифровые карты водных ресурсов |
| УСТОЙЧИВОСТЬ К КЛИМАТИЧЕСКИМ РИСКАМ | Высокая устойчивость благодаря инновациям и сильной институциональной базе | Средняя или низкая устойчивость; высокая климатическая уязвимость; завышенная нагрузка на подземные воды | Средняя устойчивость; компенсируется крупными государственными программами модернизации и регулирования |
| ПРОБЛЕМНЫЕ ЗОНЫ | Высокая стоимость модернизации; социальная чувствительность к тарифам; растущие требования к качеству водных экосистем | Деградация подземных вод; риска истощения аквиферов; рост засоления; зависимость от климатических циклов | Изношенность ирригационной инфраструктуры; быстрый рост спроса; неравномерность развития регионов |
| ПОТЕНЦИАЛ АДАПТАЦИИ | Очень высокий: имеются технологии, инвестиции, сильные институты; возможность трансфера практик | Ограниченный потенциал: дефицит капитала, медленные институциональные реформы | Высокий потенциал: интенсивная модернизация, быстрое внедрение технологий, широкие государственные реформы |

Составлено автором

В странах с хроническим водным дефицитом доминируют жесткие регулирующие механизмы, опирающиеся на квотирование, лимитирование и нормативное распределение воды. Эти модели направлены на предотвращение деградации водных ресурсов, управление рисками засух и обеспечение минимальной устойчивости аграрного сектора. Здесь широко применяются методы повторного использования очищенной воды, маловодные технологии и строгий контроль подземных горизонтов.

Азиатские модели характеризуются многоуровневой структурой и высокой нагрузкой на водохозяйственную инфраструктуру. Для Китая, Индии и Вьетнама характерно сочетание государственного регулирования с активным участием фермерских объединений и ассоциаций водопользователей. В этих странах реализуются программы модернизации оросительных систем, внедряются механизмы учета водных ресурсов, поддерживается переход к точному земледелию и формируется инновационная архитектура водного менеджмента.

Таким образом, проведенный анализ зарубежных моделей регулирования водопользования позволяет сформировать целостное представление о спектре инструментов, применяемых в различных институциональных и природно-климатических условиях. Международная практика демонстрирует, что устойчивость водного менеджмента достигается за счет согласованного применения экономических, правовых, институциональных и технологических механизмов, обеспечивающих рациональное распределение ресурсов и повышение эффективности сельскохозяйственного производства. Несмотря на значительную вариативность моделей, их объединяет системная направленность на ограничение потерь воды, совершенствование инфраструктуры, укрепление механизмов управления и повышение адаптивных возможностей водных систем. Опыт развитых стран подтверждает значимость комплексного подхода, основанного на цифровизации, модернизации ирригационных сетей и широком использовании экономических стимулов. Модели государств с хроническим водным дефицитом подчеркивают роль строгих механизмов регулирования, рециркуляции очищенных вод и маловодных технологий, которые позволяют поддерживать сельское

хозяйство в условиях ограниченных природных ресурсов. Азиатские практики показывают эффективность сочетания государственного контроля с участием фермерских объединений, что обеспечивает гибкость распределения и устойчивость функционирования оросительных систем при высокой нагрузке на водный сектор. Полученные результаты позволяют сделать вывод о значительном прикладном потенциале зарубежного опыта для регионов Таджикистана, где водохозяйственная система формируется в условиях аридности, высокой зависимости сельского хозяйства от ирригации и необходимости модернизации инфраструктуры. Международные модели могут быть использованы в качестве методологической базы для разработки программ повышения эффективности водопользования, совершенствования тарифных механизмов, развития ассоциаций водопользователей, внедрения технологий точного земледелия и цифровых систем мониторинга. При этом адаптация зарубежных подходов требует учета региональной специфики, уровня институционального развития и социально-экономических особенностей аграрных территорий. Зарубежная практика позволяет формировать важную концептуальную платформу, на основе которой возможно обоснование направлений совершенствования эколого-экономического регулирования водопользования в условиях регионов Таджикистана, что придает дальнейшим исследованиям необходимую теоретическую и методологическую завершенность.

ГЛАВА II. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ХАТЛОНСКОЙ ОБЛАСТИ: ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

2.1. Анализ современного состояния и тенденции использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Хатлонской области

Устойчивое развитие региональной экономики в современных условиях непосредственно зависит от состояния водных ресурсов, их рационального использования и способности водохозяйственного комплекса обеспечивать стабильность аграрного производства. Для Хатлонской области, одной из крупнейших аграрных территорий страны, водные ресурсы выступают не только главным природным фактором формирования сельскохозяйственного потенциала, но и фундаментальным элементом социально-экономической устойчивости. Высокая зависимость растениеводства от орошения, ограниченность естественного увлажнения и аридность климата определяют критическую роль воды в обеспечении продовольственной безопасности, доходности фермерских хозяйств и занятости сельского населения. Современные тенденции развития сельского хозяйства региона показывают, что потребность в воде остается устойчиво высокой, несмотря на отдельные попытки оптимизации структуры посевов и внедрения водосберегающих технологий. Рост численности населения, расширение внутреннего спроса на продукты питания, необходимость повышения сельскохозяйственной продуктивности и климатические колебания приводят к увеличению нагрузки на поверхностные и подземные водные источники. Последнее обуславливает необходимость системного исследования водных ресурсов Хатлонской области с акцентом на выявление структурных особенностей водопотребления, анализ территории по уровню водообеспеченности, оценку состояния ирригационной инфраструктуры, изучение социально-экономических и экологических последствий действующей модели и определение факторов, формирующих тенденции развития водного сектора.

Хатлонская область расположена в юго-западной части Республики Таджикистан и является одним из крупнейших административно-территориальных регионов страны. Территория области граничит с Согдийской областью на севе-

ре, районами республиканского подчинения на северо-востоке, Горно-Бадахшанской автономной областью на востоке, а также с Республикой Узбекистан и Исламской Республикой Афганистан на западе и юге. Административным центром региона является город Бохтар.

Площадь области составляет около 24,6 тыс. км², что формирует значительную часть сельскохозяйственного потенциала страны. Географическая структура территории характеризуется сочетанием горных, предгорных и равнинных ландшафтов. Значительную часть региона занимают долины рек Вахш, Пяндж и Кафирниган, которые формируют основные орошаемые сельскохозяйственные зоны области.

Климат региона преимущественно аридный и континентальный, с жарким и продолжительным летом и относительно мягкой зимой. Среднегодовое количество осадков варьируется в пределах 200-400 мм, что обуславливает высокую зависимость сельского хозяйства от ирригационных систем и регулируемого водоснабжения. В этих условиях водные ресурсы играют ключевую роль в обеспечении устойчивого развития аграрного сектора региона.

Гидрографическая сеть области формируется бассейнами крупных трансграничных рек Пяндж и Вахш, которые относятся к системе реки Амударья и обеспечивают основную часть водоснабжения сельского хозяйства, энергетики и коммунальной инфраструктуры региона.

Хатлонская область занимает ключевое место в социально-экономическом пространстве Республики Таджикистан и относится к числу наиболее крупных и динамично развивающихся регионов страны. Региональная социально-экономическая динамика Хатлонской области отражает устойчивое расширение производственных и демографических параметров при возрастании нагрузки на природно-ресурсную базу. За период 2019-2024 гг. наблюдается последовательный рост численности населения, увеличение валового регионального продукта, расширение кредитной активности и стабильное участие сельского хозяйства в формировании и росте экономического потенциала. Эти процессы сопровождаются повышением требований к инфраструктуре, водообеспеченности и каче-

ству управления ресурсами, особенно в условиях аридного климата и высокой концентрации орошаемых земель. Одновременно возрастает значимость анализа тенденций, выявления структурных факторов роста и определения тех аспектов экономического развития, которые напрямую влияют на рост эффективности водопользования. Динамика ключевых социально-экономических показателей свидетельствует о том, что регион продолжает развиваться ускоренными темпами, но это развитие сопровождается усилением ресурсного давления и требует постоянного совершенствования систем водохозяйственного управления (табл.2.1.1).

Анализ представленных в таблице данных позволяют выявить ряд устойчивых макроэкономических тенденций, определяющих специфику социально-экономического развития региона и его водохозяйственного комплекса. В целом динамика показателей свидетельствует о постепенном расширении производственного и демографического потенциала, что, с одной стороны, создает дополнительные возможности для интенсификации аграрного сектора, а с другой, усиливает нагрузку на водные ресурсы и ирригационную инфраструктуру.

Прирост численности населения на 6,6%, сопровождающийся увеличением численности занятых в экономике, отражает расширение внутреннего спроса на продовольственные товары и услуги, что непосредственно влияет на структуру сельскохозяйственного производства и объем водопотребления. Существенный рост ВРП более чем на 32% за рассматриваемый период указывает на ускорение экономических процессов, однако сохраняет высокую зависимость региона от сельского хозяйства, доля которого остается значительной. Динамика валовой продукции аграрного сектора, увеличившейся в 1,32 раза, подтверждает повышение роли орошаемого земледелия и предопределяет системное влияние водных ресурсов на экономическую устойчивость территории.

Рост объема промышленной продукции на 42% также формирует новые потребности в воде для технологических процессов и способствует расширению конкурентной среды в отношении водных ресурсов между различными категориями водопользователей.

Таблица 2.1.1.

**Динамика макроэкономических показателей развития
Хатлонской области за 2019-2024 гг., млн. сомони**

| Показатели | 2019 | 2020 | 2022 | 2023 | 2024 | 2024/2019, % |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------|
| Территория, тыс. км ² | 24,7 | 24,7 | 24,7 | 24,7 | 24,7 | 100,0 |
| Численность населения, тыс. чел. | 3467,4 | 3530,2 | 3650,1 | 3680,4 | 3697,8 | 106,6 |
| ВРП | 27284,3 | 29170,5 | 33872,5 | 35120,7 | 36064,7 | 132,2 |
| ВРП на душу населения (ед. изм.) | 815 | 860 | 950 | 967 | 975 | 119,6 |
| ВРП сельского хозяйства | 16370,6 | 17502,3 | 20323,5 | 21072,4 | 21638,8 | 132,1 |
| Промышленная продукция | 2623,1 | 2894,7 | 3365,7 | 3587,9 | 3722,4 | 142,0 |
| Средняя заработная плата, сомони | 1052,4 | 1180,3 | 1445,6 | 1503,2 | 1557,7 | 148,0 |
| Орошаемые земли, тыс. га | 266,1 | 268,7 | 271,9 | 272,8 | 273,4 | 102,7 |
| Занятые в экономике, тыс. чел. | 482,0 | 489,3 | 501,6 | 504,8 | 506,9 | 105,1 |
| Объем кредитов | 3826,5 | 4172,4 | 4894,6 | 5132,7 | 5191,2 | 135,7 |
| Доля сельского хозяйства в кредитах, % | 32,3 | 30,8 | 27,1 | 24,6 | 23,8 | 73,6 |

Составлено по: Статистический ежегодник Хатлонской области // Статистический сборник. - Бохтар, Главное управление АСПРТ в Хатлонской области, 2025. - С. 54, 62, 96, 118.

Одновременно наблюдается увеличение среднего уровня оплаты труда, что может свидетельствовать о постепенном росте доходов населения, улучшении качества жизни и, следовательно, расширении потребления продукции аграрного сектора. Незначительное увеличение площадей орошаемых земель при росте сельскохозяйственного производства отражает процесс экстенсивно-интенсивного развития, при котором продуктивность повышается быстрее, чем расширяются площади, что, в свою очередь, требует более эффективного использования имеющихся водных ресурсов.

Особое внимание привлекает динамика кредитования: общий объем кредитов увеличился на 35,7%, тогда как доля сельского хозяйства сократилась с 32,3 до 23,8%. Это указывает на перераспределение финансовых потоков в пользу других отраслей, что может ограничивать инвестиционные возможности аграрных хозяйств в части модернизации оросительных систем и внедрения водо-

сберегающих технологий. Все это формирует комплекс условий, в которых водный фактор становится не просто ограничителем развития, но и критическим элементом экономической устойчивости.

Соотношение представленных тенденций показывает, что рост производственного потенциала региона сопровождается структурным усилением нагрузки на водные ресурсы, что требует более глубокого анализа состояния водопользования, эффективности ирригационной инфраструктуры и факторов, определяющих устойчивость функционирования водохозяйственного комплекса.

Природно-ресурсный и гидрологический потенциал Хатлонской области формируется за счет стока крупнейших водных артерий бассейнов Вахша, Кофарнигона и Панджа, которые обеспечивают основу водоснабжения аграрного сектора региона. Согласно данным официальной статистики, совокупные объемы поверхностных вод, формируемых в пределах указанных бассейнов, позволяют обеспечивать стабильную работу оросительных систем в пиковые периоды вегетации, однако их фактическая доступность определяется сезонным распределением стока и пропускной способностью инфраструктуры. Так, по данным гидрометеорологических наблюдений, в отдельные годы до 80-85% годового стока приходится на весенне-летний период, что формирует выраженную зависимость водопользователей от природной динамики таяния снегов и ледников.

Сезонная структура речного стока оказывает прямое влияние на аграрный цикл. Минимальные уровни водности наблюдаются в осенне-зимний период, когда расход воды в бассейнах Вахша и Кофарнигона может снижаться более, чем в два раза по сравнению с летними месяцами. В условиях аридного климата это приводит к необходимости строго синхронизировать подачу воды с биологическими фазами возделываемых культур, а также увеличивает нагрузку на регулирующие водохранилища и магистральные каналы¹.

¹ См.: Сравнительная оценка использования водно-земельных ресурсов плато: Хатлонской области (Таджикистан) и штата Небраски (США) / О. Х. Амирзода, Н. Б. Курбонов, З. В. Кобули, Х. М. Асоев // Водные ресурсы, энергетика и экология. - Душанбе, 2021. - Т. 1, № 1. - С. 8-19.

Гидрологические особенности бассейнов определяют возможности и ограничения развития ирригации. Вахшский и Кофарнигонский бассейны характеризуются сложным рельефом и высокой межгодовой изменчивостью стока, что обуславливает значительные колебания доступных объемов воды: в маловодные годы объем весеннего стока может сокращаться на 15-20% по сравнению со средними многолетними значениями. Дополнительные трудности создает повышенная мутность воды в период интенсивного снеготаяния, которая увеличивает засоряемость каналов и снижает их фактическую пропускную способность.

Вклад таяния ледников и сезонных осадков является ключевым фактором формирования водности. Согласно региональным данным, доля снегово-ледникового питания в формировании годового стока составляет до 65-70%, тогда как прямой вклад осадков остается ограниченным из-за их незначительных объемов (в среднем менее 300-350 мм в год). Наблюдаемые климатические тенденции - рост температур и смещение сроков таяния - усиливают неустойчивость водного режима и увеличивают риск формирования маловодных периодов в начале вегетации.

Зоны водообеспеченности внутри области различаются по степени доступности водных ресурсов. Верхние звенья оросительных систем находятся ближе к основным источникам стока и испытывают меньшие потери воды при транспортировке, тогда как средние и нижние зоны сталкиваются с потерями, которые в отдельных каналах могут достигать 35-40% от объема подачи. В итоге в наиболее удаленных районах отмечается систематический риск недополучения воды, особенно в годы, когда совокупный сток бассейнов снижен под влиянием природных факторов¹.

В целом, гидрологический потенциал Хатлонской области сочетает значительные природные возможности с высокой чувствительностью к сезонным и климатическим колебаниям, что требует адаптивных подходов к управлению

¹ См.: Особенности эксплуатации оросительных систем бассейна реки Вахш / М. Абдусаматов, Р. Б. Латифзода, А. Акрамов, А. А. Рахимов // Земледелец. - Душанбе, ТАУ, 2021. - № 4(93). - С. 165-172.

стоком, повышению эффективности распределительных систем и минимизации потерь в магистральных и внутрихозяйственных каналах.

Структура и масштабы сельскохозяйственного водопотребления в Хатлонской области определяются отраслевой специализацией региона и особенностями распределения площадей по основным культурам. Общий объем воды, забираемой из всех источников для орошения в среднем, составляет 8,0-10,0 км³/в год. Более 90% общего объема водозабора из природных источников используется для нужд орошаемого земледелия, что предопределяет высокую чувствительность водного баланса к изменениям аграрной структуры. Именно поэтому анализ распределения воды между культурами и территориями имеет ключевое значение для понимания общего уровня нагрузки на водохозяйственную систему области.

Распределение оросительной воды по культурам формирует характер сезонного водного спроса: существенная часть ресурсов направляется на хлопчатник, доля которого в общем объеме водопотребления достигает около 40%. Эта культура требует в среднем 6-7 тыс. м³ воды на гектар, и при сохранении крупных площадей ее влияние на нагрузку магистральных каналов остается определяющим. На втором месте по водоемкости находятся овощебахчевые культуры, которые потребляют 8-10 тыс. м³/га и формируют до четверти общего объема водопотребления. Зерновые культуры используют меньше воды - около 3-4 тыс. м³/га, но их доля в структуре посевов подвержена колебаниям, что влияет на межгодовую динамику потребления воды. В то же время площади садов и виноградников растут, а эти культуры требуют стабильного и равномерного водоснабжения, что усиливает нагрузку в летние месяцы¹.

Различия в водопотреблении между северной и южной зонами области также имеют системный характер. В северной части региона, где преобладают хлопководство и интенсивное овощеводство, водопотребление достигает 60-62% общего объема, тогда как инфраструктурные потери здесь составляют до 30-35%

¹ См.: Насруллоев, А. Д. Водные ресурсы и проблемы их использования в сельском хозяйстве / А. Д. Насруллоев // Вестник ПИТТУ имени академика М.С. Осими. - Душанбе, 2017. - № 3(4). - С. 44-52.

из-за высокой нагрузки на распределительные каналы. Южная зона отличается большей долей зерновых и плодово-ягодных культур, что делает ее водопотребление более равномерным и менее пиковым, однако постепенное расширение садов увеличивает зависимости от летней подачи воды. В итоге различия между двумя зонами формируют неодинаковую степень риска водного дефицита: север сталкивается с перегрузкой летом, тогда как юг с дефицитом воды в начале вегетации при позднем таянии.

Динамика водопотребления за последние пять лет показывает устойчивую тенденцию роста спроса на оросительные ресурсы. По данным региональной статистики, совокупное водопотребление увеличилось на 8-12%, что объясняется как расширением площадей высоководоемких культур, так и ростом урожайности за счет более интенсивных технологий. Площадь садов и виноградников за этот период выросла на 15-18%, что усилило годовую стабильную потребность в воде. Параллельно нагрузка на магистральные каналы в пиковые месяцы выросла почти в 1,5 раза, что указывает на необходимость модернизации инфраструктуры¹.

Факторы, формирующие спрос на воду, имеют комплексный характер. Наибольшее влияние оказывают расширение высокодоходных культур, повышение температуры и испаряемости, а также изношенность гидромелиоративной инфраструктуры, приводящая к потерям воды на уровне 30-40%. С другой стороны, внедрение отдельных элементов водосберегающих технологий постепенно снижает удельное водопотребление, хотя масштабы этих мер пока недостаточны, чтобы изменить общую тенденцию роста спроса.

Структура и динамика сельскохозяйственного водопотребления показывают, что нагрузка на водные ресурсы региона усиливается под воздействием комбинации отраслевых, климатических и инфраструктурных факторов. Стабильный рост площадей водоемких культур, высокая доля сельского хозяйства в

¹ См.: Азизов, С. А. Перспективы развития зеленого кредитования в сельском хозяйстве Республики Таджикистан / С. А. Азизов, Ш. Т. Одиназода, М. Ш. Одинаева // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук. - Душанбе, 2025. - № 3(85). - С. 243-252.

общем водопотреблении, выраженная сезонность водного спроса и различия между северной и южной зонами области формируют устойчивые вызовы для водохозяйственной системы и требуют совершенствования механизмов распределения, повышения эффективности инфраструктуры и внедрения современных методов водосбережения.

Таблица 2.1.2

Динамика сельскохозяйственного водопотребления по основным сельскохозяйственным культурам в Хатлонской области, 2019-2024 гг., млн. м³

| Культура | | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2024/2019, % |
|---|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Хлопчатник | I | 630 | 650 | 665 | 690 | 705 | 720 | 114,3 |
| | II | 400 | 415 | 423 | 435 | 447 | 460 | 115,0 |
| Овощебахчевые | I | 520 | 545 | 575 | 600 | 635 | 670 | 128,8 |
| | II | 260 | 270 | 285 | 305 | 315 | 340 | 130,8 |
| Зерновые | I | 300 | 290 | 285 | 288 | 292 | 298 | 99,3 |
| | II | 240 | 235 | 225 | 227 | 228 | 232 | 96,7 |
| Сады и виноградники | I | 210 | 225 | 250 | 275 | 300 | 330 | 157,1 |
| | II | 250 | 270 | 290 | 310 | 325 | 350 | 140,0 |
| Кормовые культуры | I | 220 | 228 | 232 | 240 | 248 | 255 | 115,9 |
| | II | 170 | 177 | 183 | 190 | 202 | 215 | 126,5 |
| Тепличные комплексы | I | 45 | 49 | 54 | 58 | 62 | 70 | 155,6 |
| | II | 30 | 33 | 36 | 40 | 48 | 55 | 183,3 |
| Итого | I | 1925 | 1987 | 2061 | 2151 | 2242 | 2343 | 121,7 |
| | II | 1350 | 1400 | 1442 | 1507 | 1565 | 1652 | 122,4 |
| Всего | | 3275 | 3387 | 3503 | 3658 | 3807 | 3995 | 122,0 |
| <i>Примечание: I - Бохтарская зона; II - Кулябская зона</i> | | | | | | | | |

Рассчитано по: Отчет регионального отделения АПК Хатлонской области; аналитические материалы ИМОГЭ НАНТ, 2024 г.

Анализ приведенных в табл. 2.1.2 данные позволяют выявить ряд структурных и динамических особенностей водопотребления в сельском хозяйстве Хатлонской области, отражающих как аграрную специализацию региона, так и влияние природно-климатических и инфраструктурных факторов. Совокупная динамика показывает, что за 2019-2024 гг. объемы использования воды в аграрном секторе увеличились примерно на 22 %, что согласуется с общими тенденциями роста площадей интенсивных культур, расширением садоводства и повышением потребностей в орошении на фоне климатических изменений.

Особое значение имеет распределение водопотребления между двумя крупными зонами региона - Бохтарской и Кулябской. Бохтарская зона, характеризующаяся доминированием хлопководства и высокими масштабами овощебахчевого производства, формирует свыше 58-60 % общего водопотребления области. Это объясняется концентрацией крупных орошаемых массивов, высокой водоемкостью возделываемых культур и значительной сезонной нагрузкой на магистральные каналы. Наблюдаемый прирост водопотребления в этой зоне составляет около 21,7 %, что отражает постепенный рост посевных площадей, интенсификацию технологических процессов и влияние климатических факторов, увеличивающих объем необходимой воды для поддержания урожайности.

Кулябская зона демонстрирует близкую по масштабу, но структурно отличающуюся картину: здесь водопотребление растет более быстрыми темпами (на 22,4 %), что обусловлено активным развитием садоводства, увеличением числа тепличных хозяйств и расширением площади многолетних насаждений. При этом доля хлопководства в структуре водопотребления южной части региона ниже, чем в Бохтарской, а доля садов выше, что делает водный спрос более стабильным и менее подверженным годовым колебаниям. Значительный рост потребления воды тепличным сектором (почти на 83 %), особенно показателен, поскольку отражает переход части хозяйств к круглогодичным моделям сельскохозяйственного производства.

Анализ динамических рядов по культурам показывает, что наиболее высокие темпы роста характерны для садов и виноградников (40-57 %) и тепличных комплексов, тогда как водопотребление зерновых культур остается практически стабильным. Это подтверждает структурную трансформацию сельского хозяйства области в пользу высокодоходных, но водоемких культур, что усиливает давление на водные ресурсы и требует повышения эффективности существующих оросительных систем. Прирост водопотребления по хлопчатнику и овощебахчевым культурам в пределах 14-30 % отражает расширение их площади и рост объемов производства, соответствующий демографическому и экономическому росту региона.

В целом, данные таблицы демонстрируют, что текущая модель водопользования в сельском хозяйстве Хатлонской области развивается в условиях устойчивого увеличения суммарного спроса на воду, дифференцированного по зонам и группам культур. Усиление водной нагрузки, особенно в северной части региона, обуславливает необходимость модернизации магистральных и внутрихозяйственных каналов, внедрения точного водоучета и адаптации графиков подачи воды к сезонным и климатическим изменениям. Дальнейшее повышение эффективности водопользования становится ключевым условием устойчивого развития аграрного сектора области и минимизации рисков водного дефицита в среднесрочной перспективе.

Ирригационная инфраструктура Хатлонской области представляет собой ключевое звено обеспечения устойчивого водопользования, от состояния которого напрямую зависит производительность сельского хозяйства региона. Проведенный анализ показывает, что эффективность водоподдачи ограничивается совокупностью технических, организационных и экономических факторов, формирующих устойчивый высокий уровень потерь воды и снижающих стабильность водообеспеченности аграрного сектора.

Техническое состояние магистральных каналов в большинстве районов остается неудовлетворительным. Значительная часть каналов эксплуатируется более тридцати лет, степень изношенности составляет 30-60 %, а отсутствие бетонного покрытия приводит к фильтрационным потерям. Фактическая пропускная способность во многих участках ниже проектной на 20-25 %. Заиление, зарастание русел, повреждения стенок и недостаток регулярной очистки существенно снижают скорость и равномерность подачи воды к орошаемым массивам¹.

Потери воды представляют собой один из наиболее критичных факторов неэффективности инфраструктуры. Фильтрационные потери в открытых каналах достигают 18-25 %, испарение в условиях высоких температур составляет до

¹См.: Норов Х. Г. Экономико-организационные аспекты оптимизации аграрного водопользования в условиях Таджикистана / Х. Г. Норов // Финансовая экономика. - М., 2022. - № 6. - С. 125-129.

полнительно 3-5 %, а переливы и перетоки из-за нерегулируемой подачи воды - до 10 %. В совокупности это приводит к потерям до 30-35 % на магистральных звеньях, тогда как на нижних участках оросительных систем суммарные потери могут превышать 40 %.

Состояние распределительных и внутрихозяйственных сетей также остается слабым звеном системы водопользования. Малые оросительные каналы в значительной мере остаются земляными, что увеличивает фильтрацию и снижает эффективность подачи воды. В отдельных хозяйствах потери воды на уровне внутрисетевого распределения превышают 40-45 %. Отсутствие механизации и автоматизации, изношенные регуляторы и слабая техническая оснащенность приводят к неравномерности водоснабжения и затрудняют своевременную подачу воды на поля.

Гидротехнические сооружения региона характеризуются высоким уровнем недоремонта. Засоры, заиление, механические повреждения и обветшалость оборудования приводят к частым авариям и перебоям в работе насосных станций. Степень изношенности насосных агрегатов составляет 50-70 %, что ведет к снижению эффективности перекачки воды и увеличению энергозатрат. Нехватка запасных частей, отсутствие модернизации и неритмичное финансирование усугубляют проблему.

Важно отметить, что уровень водоучета в регионе остается низким. На магистральных каналах приборы учета установлены лишь частично, а погрешность измерений достигает 10-15 %. На межхозяйственном уровне приборы учета отсутствуют в 50-60 % распределителей, а на внутрихозяйственном уровне водоучет практически не осуществляется - до 80 % участков функционируют без каких-либо измерительных устройств. Использование устаревших методов измерения, включая визуальную оценку уровня воды, снижает качество планирования и контроля водоподачи.

Экономические последствия неэффективности ирригационной инфраструктуры проявляются в росте себестоимости сельскохозяйственной продукции, снижении урожайности и падении инвестиционной привлекательности аграрно-

го сектора. Потери воды приводят к увеличению затрат на ее подачу, а задержки в водоснабжении могут снижать урожайность хлопка и овощебахчевых культур на 10-20 %. Кроме того, инфраструктурные ограничения сдерживают расширение посадок водоемких культур, таких как сады и тепличные хозяйства (табл.2.1.3).

Таблица 2.1.3

Динамика потерь оросительной воды по уровням ирригационной сети Хатлонской области, 2010-2024 гг., %

| Тип сети | | 2010 | 2015 | 2020 | 2024 | 2024-2010, п.п. |
|---|----|------|------|------|------|--------------------|
| Магистральные | I | 27 | 25 | 23 | 21 | - 6 |
| | II | 25 | 23 | 21 | 19 | - 6 |
| Межхозяйственные | I | 30 | 28 | 26 | 24 | - 6 |
| | II | 28 | 26 | 24 | 22 | - 6 |
| Внутрихозяйственные | I | 45 | 43 | 41 | 39 | - 6 |
| | II | 42 | 40 | 38 | 35 | - 7 |
| Итого | I | 60 | 58 | 55 | 52 | - 8 |
| | II | 54 | 50 | 48 | 46 | - 8 |
| <i>Примечание: I - Бохтарская зона; II - Кулябская зона</i> | | | | | | |

Источник: данные Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан

Представленные в таблице данные позволяют выявить ключевые тенденции изменения уровня потерь оросительной воды в ирригационной системе Хатлонской области в разрезе двух крупных зон - Бохтарской (северной) и Кулябской (южной). Динамика за 2010-2024 гг. демонстрирует постепенное, но устойчивое снижение потерь воды по всем уровням сети, что отражает сочетание нескольких факторов: частичной модернизации отдельных участков магистральных каналов, локальной бетонизации межхозяйственных участков, а также внедрения отдельных водосберегающих мероприятий в хозяйствах.

В северной части области, где эксплуатационная нагрузка на магистральные и межхозяйственные каналы традиционно выше, наблюдается сокращение потерь воды на магистральных каналах с 27 % в 2010 г. до 21 % в 2024 г. Несмотря на положительную динамику, величина потерь остается значительной, что связано с высокой протяженностью открытых каналов, изношенностью облицовки и нерегулярностью ремонтно-профилактических работ. На уровне ме-

жхозяйственных сетей потери также сократились (с 30 до 24 %), однако превышают аналогичные показатели по южной зоне, что обусловлено более высокой концентрацией водоемких культур и интенсивностью водозабора в пиковые месяцы вегетации. Наиболее критичными остаются потери на внутривладельческом уровне: снижение с 45% до 39% не меняет общего характера проблемы - земляные каналы, отсутствие автоматизированных затворов и низкий уровень контроля продолжают определять низкую эффективность распределения воды внутри хозяйств¹.

Южная зона демонстрирует более стабильные и менее высокие потери, что объясняется иным характером культурных посевов, более равномерным водным спросом и меньшей сезонной перегрузкой каналов. Потери на магистральных участках снизились с 25 % до 19 %, на межхозяйственных - с 28 % до 22 %, а на внутривладельческих - с 42 % до 35 %. Несмотря на положительную динамику, высокие значения потерь подтверждают системные инфраструктурные проблемы и ограниченную пропускную способность отдельных сегментов сети, особенно при увеличении площади садов и тепличных хозяйств.

Суммарные потери по региону, постепенно снизившись с 60 % в 2010 г. до 52 % в 2024 г. в Бохтарской зоне и с 54 % до 46 % в Кулябской, остаются критически высокими для аридного региона. В условиях ограниченности поверхностного стока и высокой зависимости аграрного сектора от ирригации даже относительно небольшое снижение потерь имеет существенное экономическое значение. Однако текущие уровни потерь подтверждают, что действующая инфраструктура функционирует с низким коэффициентом полезного действия, и значительная часть подаваемой воды не достигает конечного пользователя.

Анализ динамики потерь свидетельствует о медленном, но устойчивом улучшении эксплуатационного состояния ирригационной системы, однако подтверждает необходимость комплексной модернизации, бетонирования ключевых

¹ См.: Структура территориального мониторинга и базы данных для оценки техногенной нагрузки бассейна реки Вахш (Республика Таджикистан) / И. А. Куватов, И. А. Шишкин, И. В. Антонов, Н. Рабизода // Гидрометеорология и экология. - СПб, 2022. - № 67. - С. 267-282.

участков, внедрения приборов учета, повышения уровня автоматизации распределительных сооружений и совершенствования системы технического обслуживания каналов. Без решения инфраструктурных проблем дальнейшее наращивание аграрного производства, расширение садов или внедрение ресурсосберегающих технологий будет затруднено из-за высокой степени утечки водных ресурсов и неравномерности их поступления на поля¹.

В целом, состояние ирригационной инфраструктуры Хатлонской области характеризуется высокой степенью изношенности, значительными потерями воды и недостаточным уровнем автоматизации процессов водораспределения. Эти факторы оказывают прямое влияние на устойчивость водоснабжения аграрного сектора, снижая эффективность водопользования и ограничивая возможности расширения высокопродуктивных культур. Улучшение ситуации требует модернизации магистральных и внутрихозяйственных сетей, повышения точности водочета, обновления насосного оборудования и внедрения современных водосберегающих технологий.

Территориальная неоднородность водообеспеченности является устойчивой особенностью водно-ирригационной системы Хатлонской области и существенно определяет различия в производственном потенциале хозяйств. Пространственные различия формируются под воздействием нескольких факторов: удаленности районов от основных водных артерий (Вахш, Кофарнигон, Пандж), технического состояния магистральных и распределительных каналов, уровня гидравлических потерь и давления на водные ресурсы в пиковые периоды. В результате внутри области четко выделяются территории с высокой водной обеспеченностью и зоны со стабильным дефицитом воды, что подтверждается как полевыми наблюдениями, так и многолетними статистическими данными².

¹ См.: Исайнов Х. Р. Водно-ирригационный комплекс аридного региона: проблемы и пути решения / Х. Р. Исайнов, К. А. Содиков // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, ТНУ, 2019. - № 4-2. - С. 40-45.

² См.: Содиков К. А. Роль инвестиций в совершенствовании управления мелиорацией и водными ресурсами аридного региона / К. А. Содиков, А. Р. Исраилова // Вестник университета (Российско-Таджикский (Славянский) университет). - Душанбе, 2021. - № 1(73). - С. 73-80.

Наиболее благополучными по уровню водообеспеченности остаются районы, расположенные в верхних и средних звеньях оросительных систем бассейна Вахша. Это, прежде всего, города и районы Бохтар, Леваканд, Кубодиен, Вахш, Джайхун (восточная часть) и Дусти, находящиеся в непосредственной близости к магистральным каналам «Вахш», «Шураб», «Дусти» и «Бохтар». Здесь суммарные потери воды в среднем составляют 40-45%, что по региональным меркам является сравнительно низким показателем. В этих районах подача воды более равномерна, особенно в период основной вегетации (май-август), когда сохраняется высокая пропускная способность гидросооружений. Именно здесь расширяются площади садов и виноградников, а урожайность хлопчатника на 10-12% выше средней областной¹.

В более сложном положении находятся территории, расположенные в нижних звеньях оросительной системы. К зоне хронического водного дефицита относятся Кушониен (западная часть), Шахритус, Абдурахмони Джоми (южная часть), Балх, Хуросон, а также отдельные дехканские общества в Фархоре и Хамадони, удаленные от основных распределительных узлов. Здесь совокупные потери воды достигают 50-60%, а задержки подачи в пиковый период составляют в среднем 3-5 дней, что приводит к снижению урожайности хлопка до 22-24 ц/га, тогда как в верхних зонах урожайность достигает 28-30 ц/га². В некоторых хозяйствах наблюдается вынужденное сокращение поливов, особенно в июле-августе, что провоцирует преждевременное созревание растений и снижение качества продукции.

Территориальные различия в обеспеченности оросительной водой наиболее отчетливо проявляются при анализе динамики использования поливных земель через насосные станции. Значительная часть орошаемых массивов Хат-

¹ См.: Вопросы водопользования и мелиоративное состояние орошаемых земель в бассейне реки Вахш / М. Абдусаматов, Р. Б. Латифзода, А. Акрамов, Х. У. Хасанзода // Водные ресурсы, энергетика и экология. - Душанбе, 2021. - Т. 1, № 3. - С. 57-64.

² Состояние мелиоративных и ирригационных систем в Республике Таджикистан // Информационный бюллетень. - Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан (ALRI). - Душанбе, 2024. - URL: <https://www.alri.tj/ru/news/agency-news> (дата обращения: 23.04.2025 г.).

лонской области зависит от бесперебойной работы насосных систем, от состояния которых напрямую зависят как объемы доступной воды, так и устойчивость аграрного производства. Для части районов насосные станции выступают единственным источником подачи воды, что делает их уязвимыми к техническим сбоям, заиливанию каналов, перепадам уровня воды и неритмичному финансированию эксплуатационных расходов.

Анализ данных официального мониторинга позволяет не только оценить общие объемы орошаемых земель, но и выявить ключевые проблемные зоны: участки, вышедшие из оборота, площади с высоким уровнем опустошения почв, а также территории, которые фактически не поливаются из-за неработающего насосного оборудования. В динамике 2019-2024 гг. эти различия приобретают системный характер, формируя устойчивую территориальную картину водообеспеченности внутри области.

В частности, заметна асимметрия между районами, расположенными в верхних частях ирригационной сети (где доля устойчиво подаваемой воды выше), и районами, зависящими от насосов на нижних участках (где наблюдаются максимально высокие потери, перебои подачи и значительные площади неиспользуемых земель). Для уточнения масштабов этих различий ниже представлена обобщающая таблица, отражающая динамику площадей по пяти ключевым категориям: общая орошаемая площадь, площадь, обслуживаемая насосными станциями, опустошенные земли, земли, вышедшие из оборота, и площади, не поливаемые из-за неисправности насосных станций (табл. 2.1.4). Представленные данные демонстрируют, что за период 2019-2024 гг. в Хатлонской области наблюдаются значительные территориальные различия в использовании поливных земель.

Несмотря на общее увеличение общей площади орошаемых земель по области (с 216,6 тыс. га до 310,7 тыс. га), структура водообеспеченности остается крайне неравномерной.

Таблица 2.1.4

**Динамика использование полевых земель насосными станциями
по Хатлонской области за 2019-2024 гг., га**

| Район | Год | I | II | III | IV | V |
|-----------|--------------|-------|-------|------|------|------|
| Н. Хусрав | 2019 | 6736 | 6424 | 3210 | 3637 | 159 |
| | 2024 | 12407 | 6424 | 3117 | 28 | – |
| | 2024/2019, % | 184 | 100 | 97 | 1 | – |
| Кушониен | 2019 | 17103 | 217 | 382 | 435 | – |
| | 2024 | 24392 | 217 | 366 | – | – |
| | 2024/2019, % | 143 | 100 | 96 | – | – |
| Вахш | 2019 | 15778 | 3063 | 853 | 853 | – |
| | 2024 | 22920 | 3063 | 853 | 13 | – |
| | 2024/2019, % | 145 | 100 | 100 | 2 | – |
| Кабодиен | 2019 | 13812 | 9991 | 3261 | 3311 | 739 |
| | 2024 | 24001 | 9991 | 3258 | 641 | 1949 |
| | 2024/2019, % | 174 | 100 | 100 | 19 | 264 |
| Дж. Балхи | 2019 | 16784 | 6317 | 155 | 232 | 27 |
| | 2024 | 24697 | 6317 | 135 | – | – |
| | 2024/2019, % | 147 | 100 | 87 | – | – |
| Пяндж | 2019 | 11268 | 5552 | 197 | 197 | 29 |
| | 2024 | 15061 | 5552 | 197 | – | – |
| | 2024/2019, % | 134 | 100 | 100 | – | – |
| А. Джами | 2019 | 14275 | 4579 | – | – | 308 |
| | 2024 | 19564 | 4579 | – | 443 | 31 |
| | 2024/2019, % | 137 | 100 | – | – | 10 |
| Шахритус | 2019 | 9124 | 4436 | 2317 | 3112 | 20 |
| | 2024 | 18516 | 4436 | 2317 | – | 912 |
| | 2024/2019, % | 203 | 100 | 100 | – | 4560 |
| Хуросон | 2019 | 7160 | 2681 | – | – | 42 |
| | 2024 | 10632 | 2681 | – | – | 116 |
| | 2024/2019, % | 148 | 100 | – | – | 276 |
| Дусти | 2019 | 14780 | 9891 | 1050 | 1447 | – |
| | 2024 | 22261 | 9891 | 1050 | – | 103 |
| | 2024/2019, % | 151 | 100 | 100 | – | – |
| Восе | 2019 | 14540 | 12544 | 185 | 225 | – |
| | 2024 | 19526 | 12544 | 185 | 96 | 601 |
| | 2024/2019, % | 134 | 100 | 100 | 43 | – |
| Дангара | 2019 | 8570 | 1614 | – | 18 | – |
| | 2024 | 12006 | 1614 | – | – | – |
| | 2024/2019, % | 140 | 100 | – | – | – |
| Ховалинг | 2019 | 2465 | 1304 | – | – | – |
| | 2024 | 12006 | 1614 | – | – | – |
| | 2024/2019, % | 487 | 124 | – | – | – |
| Куляб | 2019 | 6486 | 1333 | – | – | – |
| | 2024 | 8175 | 1333 | – | 20 | 75 |
| | 2024/2019, % | 126 | 100 | – | – | – |
| Фархор | 2019 | 19654 | 10088 | 1128 | 1159 | 85 |
| | 2024 | 24644 | 10088 | 1128 | 73 | – |
| | 2024/2019, % | 125 | 100 | 100 | 6 | – |
| Джайхун | 2019 | 13853 | 8498 | 2069 | 3747 | – |
| | 2024 | 28202 | 8498 | 2069 | – | 250 |
| | 2024/2019, % | 204 | 100 | 100 | – | – |
| Леваконт | 2019 | 1765 | 933 | 6 | 6 | – |
| | 2024 | 2448 | 933 | 6 | – | – |

| | | | | | | |
|--|--------------|--------|--------|-------|-------|------|
| | 2024/2019, % | 139 | 100 | 100 | – | – |
| Яван | 2019 | 21805 | 14147 | 11 | 11 | – |
| | 2024 | 26824 | 14147 | 11 | – | 395 |
| | 2024/2019, % | 123 | 100 | 100 | – | – |
| Всего | 2019 | 216578 | 103612 | 14824 | 18440 | 1409 |
| | 2024 | 310735 | 103612 | 14692 | 1314 | 5237 |
| | 2024/2019, % | 143 | 100 | 99 | 7 | 372 |
| <i>Примечание:</i> I - общая площадь орошаемых земель; II – орошаемые земли через насосные станции; III - опустошенные земли; IV - орошаемые земли вышедший из оборота; V - не поливаются из-за нерабочего состояния насосных станций. | | | | | | |

Источник: Государственный комитет по земельному управлению и геодезии Республики Таджикистан. – Душанбе, 2025. - С.10-115.

Наиболее обеспеченными выглядят районы, в которых доля земель, обслуживаемых насосными станциями, стабильна и относительно высока: Кубодиён, Вахш, Джайхун, Васеъ, Пяндж. Эти территории отличаются устойчивой подачей воды и меньшей зависимостью от аварийных факторов.

В то же время ряд районов демонстрирует выраженные признаки водного дефицита. Так, в Шахритусе в 2019 году 3112 га земель не поливались из-за неработающих насосных станций, а в 2024 году, несмотря на частичное восстановление сети, по-прежнему остались 912 га неполиваемых земель. В Кабадияне площадь земель, вышедших из оборота или оказавшихся непригодными из-за технических неисправностей насосов, достигла 1949 га, что является одним из самых высоких показателей в регионе.

Аналогичная ситуация наблюдается в районах Балхи, А. Джоми, Дусти и Фархор, где существенные массивы земель оказались либо опустошенными, либо временно исключенными из поливного оборота.

Показатели по категории «опустошенные земли» (III) также выявляют тревожную тенденцию: в ряде районов этот показатель не только не сокращается, но и увеличивается. Так, в районе Н. Хусрав площадь опустошенных земель выросла более, чем вдвое (с 3210 до 3117 га), в Джайхуне - с 2069 до неизменных, но устойчиво высоких величин по верхнему уровню оросительной нагрузки. Эти данные свидетельствуют о том, что в условиях растущей нагрузки на насосные станции и ограниченных возможностей технического обслуживания часть земель фактически утрачивает производственный потенциал.

На уровне области суммарная площадь земель, не поливаемых из-за нерабочих насосных станций (категория V), выросла более чем в 3,5 раза - с 1409 га в 2019 году до 5237 га в 2024 году, что отражает обострение проблем в управлении насосными мощностями и гидротехническим оборудованием. Данная динамика формирует серьезные риски для устойчивости аграрного производства, поскольку хронический дефицит воды становится ограничивающим фактором для обслуживания значительных орошаемых массивов.

В целом, анализ данных таблицы показывает, что территориальная дифференциация водообеспеченности в Хатлонской области не только сохраняется, но и усиливается. Рост зависимости от насосных станций, увеличение площадей, вышедших из оборота и расширение зоны неполиваемых земель подчеркивают необходимость модернизации насосных агрегатов, восстановления пропускной способности каналов, снижения потерь и внедрения инструментов точного водочета. Без устранения указанных проблем регион сталкивается с угрозой дальнейшего снижения эффективности водопользования и потери части земельного фонда.

Особенно выражены различия между верхними, средними и нижними звеньями системы. Верхние звенья - территории вдоль первых 5-10 км магистральных каналов - характеризуются минимальными потерями воды (15-20%) и стабильной подачей. Средние звенья испытывают умеренную нерегулярность из-за локальных заилений и узких участков каналов; потери здесь составляют 30-35%. В нижних же звеньях ситуация наиболее сложна: совокупные потери достигают до 60%, и хозяйства вынуждены корректировать структуру посевов, увеличивая долю зерновых и кормовых культур, менее чувствительных к водному стрессу.

Структура посевов отчетливо отражает территориальную дифференциацию. В северо-западной части области (Кубодиен, Вахш, Джайхун) преобладают овощебахчевые и садовые культуры. В зонах устойчивого дефицита воды (Шахритус, Кушониен, Балх) доля многолетних насаждений не превышает 3-5%, тогда как в благополучных районах она достигает 12-15%. Урожайность зерно-

вых также различается: в обеспеченных водой районах она составляет 3,4-3,7 т/га, тогда как в зонах дефицита - 2,8-3,0 т/га¹.

Причины территориальных различий носят системный характер. К числу ключевых относятся изношенность каналов и их недостаточная пропускная способность, особенно на участках протяженностью более 20 км от магистрали; высокая зависимость ряда районов от насосных станций, подверженных аварийности; физико - географические различия между северной и южной частями области; различия в плотности водопотребления и интенсивности поливов; слабый уровень водоучета, приводящий к неритмичному распределению воды и невозможности точной корректировки графиков подачи. Усиление климатических рисков - повышение температуры воздуха на 0,3-0,5 °С за последние десять лет - дополнительно увеличивает объем испарения, особенно в Шахритусском и Абдурахмони Джоми районах.

Условная классификация территорий по уровню водообеспеченности обобщает пространственную структуру различий и позволяет оценить, каким образом вода распределяется между хозяйствами. Она представлена в таблице 2.1.5, где выделены районы со стабильным, умеренным и хроническим уровнем обеспечения, что соответствует реальным условиям функционирования ирригационной системы региона.

Таблица 2.1.5

**Территориальная дифференциация водообеспеченности
в Хатлонской области (условная классификация)**

| Группа районов | Характеристика водообеспеченности | Преобладающие культуры | Основные проблемы |
|-----------------------------------|---|-------------------------------|---|
| Стабильное водоснабжение | Верхние и средние звенья, регулярная подача | Хлопок, сады, бахчевые, овощи | Износ каналов, потребность в автоматизации |
| Умеренная обеспеченность | Средние звенья, периодические сбои | Смешанная структура посевов | Неритмичность подачи, потери воды |
| Зоны хронического дефицита | Нижние звенья, высокая зависимость от насосов | Зерновые, кормовые | Высокие потери, конфликты, снижение урожайности |

Составлено автором по материалам исследования

¹ По данным Государственного комитета по земельному управлению и геодезии Республики Таджикистан, 2024 г.

Таким образом, проведенный анализ современного состояния и тенденций использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Хатлонской области показывает, что водный фактор остается ключевым определяющим элементом устойчивости регионального аграрного развития. Макроэкономическая динамика региона в 2019-2024 гг., отражающая рост численности населения, расширение производственного потенциала и увеличение нагрузки на природно-ресурсную базу, формирует устойчивый рост спроса на оросительные ресурсы. Усиление структурных преобразований в сельском хозяйстве, переход к более водоемким, но высокодоходным культурам и увеличение площади садоводства приводят к постепенному росту водопотребления и повышенной чувствительности производства к сезонным и климатическим колебаниям. Характеристика состояния магистральных, межхозяйственных и внутрихозяйственных каналов свидетельствует о хронической изношенности сети, значительных потерях воды на всех звеньях и недостаточном уровне технической модернизации, что в совокупности ограничивает фактическую доступность воды для сельхозпроизводителей. Анализ динамики потерь воды подтверждает, что, несмотря на отдельные меры по улучшению инфраструктуры, фактический коэффициент полезного действия ирригационной системы остается низким, а различия между северной и южной зонами приобретают устойчивый характер. Повышение эффективности регулирования оросительных сетей, внедрение точного водоучета, расширение водосберегающих технологий и оптимизация структуры посевов становятся критическими условиями обеспечения устойчивости сельского хозяйства Хатлонской области в средне- и долгосрочной перспективе.

2.2. Оценка эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Хатлонской области

Современное развитие аграрного сектора Хатлонской области происходит в условиях усложнения водно-ресурсной ситуации, что требует комплексной оценки состояния, эффективности и устойчивости водопользования в сельском хозяйстве региона. В отличие от предыдущего параграфа, где акцент был сделан

на анализе гидрологических условий, структуры водопотребления и территориальной дифференциации водообеспеченности, дальнейшее исследование должно перейти к оценке функциональных параметров действующей водохозяйственной системы и ее способности обеспечивать стабильность аграрного производства в средне- и долгосрочной перспективе.

При этом, долговременная эксплуатация ирригационной инфраструктуры, рост антропогенной нагрузки, расширение водоемких культур и воздействие климатических факторов формируют новые требования к управлению водными ресурсами, что делает оценку устойчивости и эффективности водопользования ключевым этапом анализа регионального водохозяйственного комплекса. Тенденции последних лет показывают, что структурный рост сельского хозяйства сопровождается ростом спроса на воду, усилением сезонного дефицита и ухудшением состояния отдельных компонентов ирригационной сети.

Оценка эффективности водопользования в сельском хозяйстве базируется на совокупности экономических, технических и институциональных методик, где вода рассматривается как ограниченный производственный ресурс, определяющий структуру затрат, урожайность и общую устойчивость аграрного производства. В современной научной литературе сформировались несколько ключевых направлений методического анализа, каждое из которых опирается на собственную систему показателей и принципов.

Прежде всего, важное место занимает подход, основанный на производственных функциях водообеспечения, рассматривающий воду как фактор производства, определяющий объем и структуру сельскохозяйственного производства. Такие модели позволяют оценивать предельную отдачу воды, соотношение между дополнительным расходом и приростом урожайности, а также оптимальные уровни орошения при различных ценовых и климатических условиях. В ряде исследований подчеркивается важность адаптивно-ландшафтного

подхода, включающего учет специфики почв, влагоемкости и агротехнических режимов, что особенно актуально для регионов с водным дефицитом¹.

Следующее направление связано с разработкой экономических показателей эффективности, которые включают коэффициент водоотдачи, рентабельность орошаемого земледелия, стоимость подачи воды, удельные затраты на единицу продукции, а также соотношение между расходом воды и валовой добавленной стоимостью. Эти индикаторы позволяют формировать интегральные оценки водопользования, охватывающие одновременно производственный, ресурсный и стоимостной аспекты. Научные исследования подтверждают, что применение экономико-ресурсных коэффициентов позволяет более объективно оценить рациональность использования воды в разных природно-климатических условиях².

Третье направление включает технические и технологические параметры, определяющие эффективность функционирования ирригационных систем: коэффициент полезного действия насосных агрегатов, удельные потери по участкам каналов, фактический коэффициент использования поданной воды, показатели фильтрации, испарения и равномерности полива. В профессиональной литературе неоднократно подчеркивается, что техническое состояние инфраструктуры непосредственно влияет на экономические результаты водопользования, поскольку потери воды формируют скрытые издержки, уменьшая эффективность аграрного производства³.

С растущим влиянием климатических изменений усиливается значимость экологических параметров оценки, включая водосберегающие режимы, уровень деградации почв, степень засоления и качество дренажа. В научных работах отмечается необходимость интеграции эколого-ресурсных индикаторов в базовые

¹ См.: Краснощеков В.Н. Теория и практика эколого-экономического обоснования комплексных мелиораций в системе адаптивно-ландшафтного земледелия. // Монография. - М.: МГУП, 2001. - 293 с.

² См.: Попова К.Ю. Значение водных ресурсов и систем водопользования в сельском хозяйстве России / К.Ю. Попова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. - М., 2023. - № 2(96). - С. 131-140.

³ См.: Быстрицкая Н.С. Методические основы расчета платы за подачу воды сельскохозяйственным предприятиям в зоне неустойчивого увлажнения / Н.С. Быстрицкая, Е. В. Овчинникова, И. В. Куприянов // Природообустройство.-Воронеж, 2013. - № 2.-С. 110-114.

методики, поскольку устойчивость водопользования тесно связана с адаптационной способностью аграрных систем¹.

Дополнительный пласт методик связан с институционально-экономическими аспектами, включая оценку эффективности тарифных механизмов, форм водной оплаты, распределения прав на воду и управления мелиоративными системами. В ряде работ предлагаются интегральные показатели, позволяющие оценивать результативность функционирования водохозяйственных комплексов, включая надежность снабжения, качество предоставляемых услуг и уровень инвестиционной активности².

Международная практика (ФАО, IWMI, World Bank) дополнительно подчеркивает значение индекса водной продуктивности (Water Productivity Index), индикаторов «стоимость-эффективность» (cost-effectiveness) и методик оценки эффектов водосберегающих технологий. Эти подходы особенно применимы для регионов с аридным климатом, где наблюдается напряженность между ростом сельскохозяйственного производства и ограниченностью водных ресурсов³.

Таким образом, обобщение теоретико-методических источников показывает, что для условий Хатлонской области наиболее релевантны методики, сочетающие:

- показатели экономической отдачи воды;
- уровни технических потерь и коэффициент полезного действия системы (КПД) ирригационной инфраструктуры;
- адаптивно-ландшафтные производственные функции;
- элементы экологической устойчивости;

¹ См.: Медведева Л.Н. Методологический подход в обосновании рационального использования водных ресурсов в сельском хозяйстве / Л.Н. Медведева, П.Д. Ванеева, А.В. Медведев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. - М., 2019. - № 2(74). - С. 115-124.

² См.: Быстрицкая Н.С. Организационно-экономический механизм управления водохозяйственным комплексом России / Н.С. Быстрицкая // Мелиорация и водное хозяйство. - М., 2009. - № 5. - С. 32-34.

³ См.: Popova K.Y. Management of the quality of water resources for sustainable development based on industrial and manufacturing engineering / A.G. Paptsov, 224 K.Y. Popova // International Journal for Quality Research. - 2022. - Vol. 16. - № 2. - Pp. 311-328.

- институциональные индикаторы управления и тарифного регулирования и др.

Эта совокупность параметров позволяет сформировать комплексную модель оценки эффективности водопользования, отвечающую природным, экономическим и инфраструктурным особенностям региона.

Техническая эффективность водопользования в сельском хозяйстве Хатлонской области определяется состоянием гидромелиоративной инфраструктуры, уровнем потерь воды при транспортировке, коэффициентом полезного действия насосных станций и фактическим соответствием параметров подачи потребностям аграрного производства. Данные, полученные в ходе анализа эксплуатационных характеристик ирригационных сетей, свидетельствуют о том, что значительная часть ограничений носит инфраструктурный характер и связана с высокой степенью изношенности каналов, нерегулярным ремонтом и недостаточной автоматизацией распределительных узлов.

Потери воды в магистральных каналах остаются одной из наиболее существенных проблем: в среднем по области они составляют 21-23 %, а в северной части региона достигают 25 % вследствие высокой нагрузки и значительной протяженности открытых каналов. На межхозяйственном уровне потери остаются на уровне 22-26 %, что отражает недостаточную бетонизацию русел, повышенную фильтрацию и частую засоренность распределительных участков. Наибольшие потери формируются во внутрихозяйственных сетях, где в ряде хозяйств утечки и фильтрация приводят к потерям 35-40 % подаваемой воды¹. При общей аридности климата и высокой потребности растений в стабильном увлажнении такие показатели существенно снижают эффективность всего водохозяйственного комплекса.

Состояние гидротехнических сооружений также оказывает непосредственное влияние на техническую результативность водоподачи. Насосные стан-

¹ О состоянии использования водных ресурсов в сельском хозяйстве. Аналитический отчет. - Министерство сельского хозяйства Республики Таджикистан. - Душанбе, 2024. - URL: <https://egov.tj/site/selhoz?lang=ru> (дата обращения: 14.01.2025).

ции, обеспечивающие водоснабжение для значительной части районов южной и западной зоны области, функционируют со сниженным коэффициентом полезного действия. По данным Агентства мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан, фактический КПД большинства насосных агрегатов составляет 0,55-0,60 при нормативных значениях 0,70-0,75.¹ Снижение КПД объясняется изношенностью оборудования, превышающей 50-70%, а также низкой энергоэффективностью двигателей и отсутствием модернизации в последние годы. В отдельных районах, включая Шахритус, Дж. Балхи и Кушониен, аварийность насосных станций приводит к неритмичности подачи воды и снижению фактического объема поливов.

Бетонирование каналов остается ограниченным и преимущественно охватывает магистральные участки, тогда как межхозяйственные и внутрихозяйственные каналы зачастую сохраняют земляное русло. Отсутствие облицовки увеличивает фильтрацию, способствует заилению и снижает фактическую пропускную способность. Заиление особенно выражено в летние месяцы, когда высокая мутность воды из бассейнов Вахша и Кофарнигона приводит к ускоренному накоплению ила на стенках каналов и снижению скорости движения воды. Сезонная зависимость проявляется также в колебаниях уровня потребления: в июне-августе нагрузка на магистральные каналы возрастает в 1,4-1,6 раза, что вызывает дополнительные потери и снижает регулярность подачи воды на поля.

Суммарный коэффициент полезного действия оросительной системы (инфраструктурный КПД), включающий совокупные потери на всех уровнях - магистральном, межхозяйственном и внутрихозяйственном, - в 2024 году оценивается на уровне 0,48-0,54. Это означает, что до конечного потребителя доходит лишь около половины подаваемой воды, тогда как остальная ее часть теряется в результате фильтрации, испарения и неэффективного распределения. Различия между зонами остаются значительными: в северной части области КПД составляет в среднем 0,46-0,50, тогда как в южной - 0,52-0,56, что объясняется лучшим

¹ О состоянии использования водных ресурсов в сельском хозяйстве. Аналитический отчет. - Министерство сельского хозяйства Республики Таджикистан. - Душанбе, 2024. - URL: <https://egov.tj/site/selhoz?lang=ru> (дата обращения: 14.01.2025).

состоянием отдельных насосных станций, меньшей протяженностью каналов и сравнительно большим объемом проведенных ремонтных работ.

Для комплексной оценки уровня технической эффективности водопользования целесообразно учитывать совокупность индикаторов - степень потерь воды, фактический КПД насосов, долю бетонизированных участков, частоту аварий, нагрузку на распределительные каналы, а также соответствие графиков водоподдачи биологическим фазам культур. Сопоставление ключевых параметров по двум крупным зонам - Бохтарской и Кулябской - позволяет выявить структурные различия, оказывающие определяющее влияние на производительность сельского хозяйства (табл.2.2.1).

Таблица 2.2.1

**Показатели технической эффективности водопользования
в Хатлонской области, 2024 г.**

| ПОКАЗАТЕЛИ | СЕВЕРНАЯ ЗОНА | ЮЖНАЯ ЗОНА | Интерпретация технической эффективности |
|--|--------------------------|-----------------------|--|
| Потери воды в магистральных каналах, % | 25 | 19 | Высокая изношенность русел и слабая облицовка в северной зоне |
| Потери в межхозяйственных каналах, % | 26 | 22 | Север характеризуется большей протяженностью и заилением вторичных каналов |
| Потери во внутрихозяйственных сетях, % | 40 | 35 | Отсутствие бетонирования и неритмичная подача воды увеличивают потери |
| Суммарный КПД оросительной системы | 0,46-0,50 | 0,52-0,56 | Юг имеет более компактную сеть и меньшие фильтрационные утечки |
| Средний КПД насосных станций | 0,55 | 0,60 | Различия обусловлены возрастом насосов и частотой ремонтов |
| Доля бетонизированных каналов, % | 38 | 47 | Низкая доля бетонных каналов вызывает высокие фильтрационные потери |
| Уровень аварийности насосных станций (случаев/год) | 14-18 | 7-9 | Северная зона эксплуатирует более старое оборудование |
| Средний срок службы оборудования, лет | 25-30 | 20-25 | Большой возраст оборудования снижает эффективность |
| Фактическая подача воды от проектной, % | 62-68 | 71-75 | Юг ближе к источникам воды и имеет меньшие совокупные потери |

Составлено по аналитическим данным Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан, 2024г.

Представленные в табл. 2.2. данные подтверждают, что техническая эффективность водоподачи в Хатлонской области имеет выраженную территориальную дифференциацию. Северная зона характеризуется более высоким уровнем потерь и меньшим КПД насосных станций, что связано с изношенностью инфраструктуры, доминированием земляных каналов и высокой нагрузкой, обусловленной структурой посевов. Южная зона демонстрирует относительно высокую эффективность системы - влияние оказывают более высокий уровень бетонирования каналов, обновленные распределительные сооружения и меньшая плотность водопотребления в пиковый период.

Суммарный КПД оросительной системы, не превышающий 0,46-0,56 в разных частях региона, указывает на то, что лишь половина подаваемой воды доходит до конечного потребителя. Это фундаментально ограничивает возможности повышения эффективности сельского хозяйства и снижает экономическую отдачу от использования водных ресурсов. В этих условиях повышение технической эффективности оросительной системы становится ключевым направлением совершенствования механизма водопользования - модернизация насосных станций, бетонирование каналов, уменьшение заиления и внедрение автоматизированных систем регулирования способны обеспечить снижение потерь на 10-15 % и повысить устойчивость водоснабжения аграрного сектора. Иными словами, техническая составляющая водопользования является определяющим фактором эффективности водообеспечения Хатлонской области. Значительные инфраструктурные ограничения требуют комплексного обновления элементов гидромелиоративной сети, усиления технического мониторинга и внедрения современных инженерных решений, что создает основу для дальнейшего повышения продуктивности и устойчивости сельского хозяйства региона.

Следует отметить, что экономическая эффективность водопользования в сельском хозяйстве Хатлонской области определяется сочетанием трех ключевых групп факторов: удельных затрат воды на возделываемые культуры, стоимости получения и доставки оросительной воды, а также величины экономического эффекта, приходящегося на один кубический метр потребленной воды. В

условиях высокой водоемкости аграрного сектора и значительной зависимости хозяйств от орошения показатель эффективности воды становится критериальным элементом устойчивости производства и его рентабельности.

При анализе структуры водопотребления выявляется, что наиболее высокие удельные затраты воды характерны для овощебахчевых культур и многолетних насаждений, в то время как зерновые демонстрируют наиболее низкую водоемкость. Однако экономический эффект от использования 1 м³ воды существенно различается между культурами: низкая водоемкость не всегда означает высокую отдачу, так как стоимость продукции и ее рентабельность различаются в разы.

Существенное влияние на экономическую эффективность оказывает стоимость подачи воды. В Хатлонской области в значительной части территорий используются насосные станции, работа которых формирует высокие энергозатраты. По данным Агентства мелиорации и ирригации, удельные энергозатраты на подачу 1 м³ воды через насосы составляют в среднем 0,21-0,26 сомони/м³ в Бохтарской зоне и 0,18-0,22 сомони/м³ в Кулябской зоне, что объясняется большим возрастом насосного оборудования и более высокой аварийностью в северной части региона. Дополнительные затраты формируются амортизацией, ремонтами, очисткой каналов и устранением засоров, что особенно характерно для хозяйств с изношенной гидротехнической инфраструктурой.

Различия между зонами проявляются достаточно ярко. Бохтарская зона, характеризующаяся большей площадью хлопчатника и овощебахчевых культур, потребляет больше воды и демонстрирует более высокие затраты на ее подачу. Кулябская зона, напротив, имеет более низкий уровень потерь, более компактную сеть и меньшее количество насосных станций, что делает ее технически и экономически более эффективной. Однако структура культур здесь более диверсифицирована, что делает отдачу воды более стабильной, но менее пиково доходной.

Влияние структуры культур на экономическую эффективность также существенно. Высокодоходные культуры, включая овощебахчевые, тепличная

продукция, виноградники показывают максимальную отдачу на единицу воды, тогда как хлопчатник и зерновые дают минимальный эффект, несмотря на их значительные площади. Это создает объективную необходимость перехода от экстенсивной модели водопользования к экономически ориентированной: распределение воды должно учитывать маржинальность культур, а не только их площадь.

Системный анализ всех перечисленных факторов позволяет сформировать комплексную картину экономической эффективности водопользования. Она отражена в таблице 2.2.2, где представлены основные показатели по ключевым культурам региона.

Анализ данных табл.2.2.2 показал, что экономическая эффективность водопользования в разрезе культур значительно различается. Наиболее высокий экономический эффект - в тепличном секторе, где стоимость продукции, приходящаяся на 1 м³ воды, превышает аналогичный показатель для хлопчатника более чем в четыре раза. Значительно выше среднерегионального уровня отдача воды в садоводстве и виноградарстве, где высокая урожайность и стабильная рыночная цена формируют высокую экономическую маржинальность каждого кубического метра.

В то же время хлопчатник, оставаясь ключевой сельскохозяйственной культурой в регионе, демонстрирует один из самых низких показателей рентабельности водных ресурсов, что объясняется не только высокой водоемкостью, но и низкой ценой сырца и высокой чувствительностью урожая к перебоям водоснабжения. Зерновые культуры обеспечивают минимальный экономический эффект и фактически выполняют преимущественно продовольственную функцию.

При этом, сравнительный анализ зон показывает, что в Кулябской зоне экономическая эффективность водопользования в целом выше: меньшие потери в сети, более высокий КПД насосов и большая доля многолетних культур создают условия для более рационального использования каждого кубического метра воды. Бохтарская зона, напротив, сталкивается с высокой водоемкостью

культур и изношенной инфраструктурой, что снижает общую экономическую эффективность.

Таблица 2.2.2

Динамика экономических показателей водопользования по основным культурам в Хатлонской области, 2019-2024 гг.

| ПОКАЗАТЕЛИ | | 2019 | 2022 | 2024 | 2024/2019, % | КОМЕНТАРИИ |
|--|-----|-------|-------|-------|-----------------|---|
| Удельные затраты воды, м ³ /га | I | 6200 | 6500 | 6800 | 109,6 | Рост связан с увеличением испаряемости |
| | II | 8000 | 8500 | 9000 | 112,5 | Интенсификация производства |
| | III | 3500 | 3400 | 3300 | 94,2 | Повышение эффективности поливов |
| | IV | 6000 | 6300 | 6700 | 101,6 | Рост площадей многолетних насаждений |
| | V | 12000 | 13500 | 15000 | 125,0 | Круглогодичное водопотребление |
| Стоимость подачи 1 м ³ воды, сомони | I | 0,18 | 0,21 | 0,23 | 127,7 | Рост затрат энергии и ремонтов |
| | II | 0,20 | 0,23 | 0,25 | 125,0 | Высокая энергоёмкость |
| | III | 0,15 | 0,17 | 0,19 | 126,6 | Умеренный рост |
| | IV | 0,22 | 0,25 | 0,28 | 127,2 | Рост насосной нагрузки. |
| | V | 0,30 | 0,34 | 0,38 | 126,6 | Повышенная себестоимость |
| Условная стоимость продукции на 1 м ³ воды, сомони | I | 0,32 | 0,34 | 0,36 | 112,5 | Постепенный рост эффективности |
| | II | 0,45 | 0,48 | 0,52 | 115,5 | Высокая доходность |
| | III | 0,25 | 0,27 | 0,29 | 116,0 | Стабильность показателя. |
| | IV | 0,60 | 0,64 | 0,70 | 116,6 | Рост цен на фрукты |
| | V | 0,95 | 1,05 | 1,15 | 121,0 | Высокая маржинальность |
| Рентабельность водопользования, % | I | 12 | 13 | 14 | 116,6 | Зависит от цен и затрат |
| | II | 18 | 19 | 21 | 116,6 | Стабильный спрос |
| | III | 8 | 9 | 10 | 125,0 | Умеренное повышение |
| | IV | 25 | 27 | 30 | 120,0 | Рост экспортного потенциала |
| | V | 40 | 42 | 45 | 112,5 | Наиболее высокая отдача |
| Энергоёмкость подачи воды, квт·ч/м ³ (при насосной подаче) | I | 0,42 | 0,45 | 0,48 | 114,2 | Насосы старше, глубина забора |
| | II | 0,50 | 0,53 | 0,56 | 112,0 | Частая подача малых объемов расход энергии |
| | III | 0,36 | 0,38 | 0,41 | 113,8 | Выше доля гравитационного орошения |
| | IV | 0,60 | 0,63 | 0,66 | 110,0 | Стабильные суточные подачи |
| | V | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 111,7 | Круглогодичные насосы + фильтры капельной системы |
| <i>Примечание: I - хлопчатник; II - овощебахчевые; III - зерновые; IV - сады и виноградники; V - тепличные хозяйства</i> | | | | | | |

Составлено по аналитическим материалам Агентства мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан; расчеты автора

Представляется, что экономическая модель водопользования Хатлонской области нуждается в совершенствовании по трем основным направлениям: оп-

тимизации структуры культур в пользу высокоэффективных, снижении затрат на подачу воды через модернизацию насосных станций и активной поддержке внедрения водосберегающих технологий.

Анализ экологической результативности водопользования в сельском хозяйстве Хатлонской области показывает, что в настоящее время воздействие ирригационных практик на состояние водных экосистем остается неоднозначным и характеризуется рядом устойчивых тенденций, требующих комплексной оценки. При этом экологическая составляющая водопользования проявляется как через прямое влияние на почвенно-мелиоративные условия, так и через изменение гидрологического режима, состояние водных экосистем и др.

В районах с хроническим дефицитом воды, особенно в верхних и средних звеньях оросительных систем, наблюдается устойчивое снижение уровня грунтовых вод. Этот процесс обусловлен увеличением водозабора и уменьшением естественного питания, что, в свою очередь, отражается на влагообеспеченности почв и приводит к росту их засухоустойчивости, но снижает биопродуктивность на неорошаемых и слабозасушиваемых землях. В южных районах области тенденция снижения уровня грунтовых вод выражена слабее, что связано с близостью к основным рекам и более стабильным водоснабжением, однако сезонные колебания остаются значительными.

Наряду с этим, значимым фактором является распространение процессов засоления почв, связанных с продолжительным использованием неэффективных методов полива и недостаточным уровнем дренажа. Вторичное засоление фиксируется преимущественно в зонах с переувлажнением, где избыточная подача воды приводит к подъему солевых горизонтов и ухудшению структуры почвы. В ряде хозяйств южного Хатлона отмечается также локальное переувлажнение вследствие неравномерного распределения воды, что способствует снижению воздухообмена, развитию анаэробных процессов и ухудшению агрофизических свойств почв.

Для характеристики экологической результативности (эффективности) водопользования целесообразно учитывать систему интегральных индикаторов.

Одним из ключевых является коэффициент экологической нагрузки, отражающий соотношение фактического водопотребления и способности природных систем к регенерации. В условиях Хатлонской области этот коэффициент в большинстве случаев превышает экологически безопасные уровни, особенно в культурах с высокой водоемкостью - хлопчатнике, бахчевых и овощных культурах. Рост водоемкости аграрного производства усиливается вследствие расширения площадей в южных районах и погодных условий последних лет, характеризующихся повышенной температурой и увеличением испаряемости.

Значимым элементом оценки является также влияние системы водопользования на состояние водных экосистем. В отдельных участках крупных каналов и малых рек фиксируется уменьшение расхода воды в периоды интенсивного водозабора, что приводит к деградации русловых участков, усилению заиления и сокращению биологического разнообразия. По данным территориальных подразделений Агентства мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан, в периоды пикового водопотребления снижается пропускная способность некоторых каналов вследствие накопления наносов, что дополнительно ухудшает экологическое состояние прилегающих земель.

Таким образом, экологическая результативность водопользования в Хатлонской области характеризуется сочетанием снижающейся устойчивости почвенного слоя, возрастающей нагрузки на водные ресурсы и изменением природных режимов. Эти тенденции пока носят преимущественно оценочный характер и требуют дальнейшего углубления анализа.

Оценка экологической результативности водопользования в сельском хозяйстве Хатлонской области показывает, что наряду с экономическими и техническими аспектами водохозяйственная деятельность имеет выраженные экологические последствия, напрямую влияющие на устойчивость агроландшафтов. Наблюдаемое в последние годы снижение водообеспеченности в ряде районов усиливает нагрузку на почвенно-мелиоративное состояние, что проявляется в изменениях уровня грунтовых вод, росте засоления и деградации отдельных участков оросительных систем. При этом территориальная неоднородность вод-

ного баланса усиливает различия между северными и южными районами области.

Наиболее заметные изменения фиксируются в районах с хроническим дефицитом воды, где длительные периоды недостаточного увлажнения приводят к понижению уровня грунтовых вод, повышению концентрации солей и ухудшению структуры почвы. В южных районах, напротив, периодическое переувлажнение отдельных массивов, связанное с нерегулярной подачей воды и низким уровнем водоучета, провоцирует процессы вторичного засоления. На экологическую устойчивость агроландшафтов также влияет растущая водоемкость культур: увеличение доли овощебахчевых и садовых культур требует значительных объемов воды, что усиливает нагрузку на оросительные каналы и природные экосистемы.

Для количественной оценки экологической результативности использованы ключевые индикаторы, отражающие изменения уровня грунтовых вод, степень засоления, водоемкость сельскохозяйственных культур и коэффициент экологической нагрузки. Они позволяют сопоставить состояние территорий и выявить зоны экологического риска (табл. 2.2.3).

Анализ данных табл. 2.2.3 подтверждает наличие устойчивой экологической напряженности в системе водопользования региона. Наиболее выраженные негативные изменения фиксируются в северной части Хатлонской области, где совокупность факторов с учетом дефицита водных ресурсов, высокой водоемкости культур, низкой степени модернизации оросительных сетей приводит к превышению допустимой экологической нагрузки. Южные районы демонстрируют более стабильное состояние, однако проблема вторичного засоления и деградации отдельных участков сохраняет свою актуальность, особенно в зонах интенсивного садоводства и тепличного хозяйства.

Следует отметить, что водопользование в регионе действует в условиях сужающегося экологического коридора: диапазон безопасного использования воды постепенно сокращается, что требует более точного контроля объемов водозабора, стабилизации режима подачи воды и мониторинга состояния почв. На

данном этапе экологическая результативность водопользования в целом оценивается как недостаточная, поскольку негативные изменения происходят быстрее, чем осуществляется их компенсация естественными или хозяйственными механизмами.

Таблица 2.2.3

**Экологические индикаторы водопользования в сельском хозяйстве
Хатлонской области (оценка по состоянию на 2024 г.)**

| Индикаторы | Северная зона | Южная зона | Экологическая интерпретация |
|---|---------------|--------------|--|
| Изменение уровня грунтовых вод за 5 лет, м | - 0,8...- 1,2 | -0,3...- 0,6 | Снижение сильнее в зонах дефицита и интенсивной эксплуатации водозаборов |
| Степень засоленности почв, % площади | 18-20% | 10-12% | Север уязвим из-за слабого дренажа и больших потерь воды в каналах |
| Доля земель с вторичным засолением, % | 7-9% | 4-5% | Переувлажнение и недостаточная пропускная способность коллекторов |
| Водоемкость культур (м ³ /ц) - хлопок | 850-900 | 780-830 | Разница отражает неоднородность инфраструктуры и потерь |
| Водоемкость культур (м ³ /ц) - овощебахчевые | 450-510 | 420-460 | Южная зона более эффективна |
| Коэффициент экологической нагрузки оросительных систем | 0,62-0,68 | 0,55-0,60 | Учитывает потери, засоление, нарушенность почв |
| Участки деградации русел малых рек, % длины | 12-14% | 6-8% | Больше эпизодов антропогенной трансформации в северной части |
| Плотность коллекторно-дренажной сети (км/1000 га) | 7,5 | 9,2 | Более плотная сеть повышает стабильность экологического режима |
| Доля орошаемых земель с нарушенной фильтрационной способностью, % | 22-25% | 14-16% | Результат засоренности каналов и структуры почв |

Составлено по аналитическим данным Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана, 2024 г.

Эффективность использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Хатлонской области определяется не только техническими, экономическими или экологическими параметрами. На практике значительная часть итоговой результативности также формируется под воздействием социальных и институциональных факторов, которые определяют доступность воды для фермеров, организацию распределительных процессов, качество коллективного управления и устойчивость водохозяйственных отношений. Анализ показывает, что именно

социально-институциональная среда во многом предопределяет способность региона обеспечить стабильный режим водоснабжения и поддерживать производственную активность аграрного сектора.

Одной из ключевых характеристик выступает своевременность подачи воды, которая остается неоднородной между зонами области и отдельными группами хозяйств. В ряде районов южного Хатлона подача воды более ритмична благодаря компактности сетей и меньшему числу промежуточных гидротехнических узлов, тогда как в северной части области задержки достигают нескольких суток. Нарушение графиков подачи ведет к снижению урожайности влаголюбивых культур, перерасходу воды вследствие попыток компенсировать ее дефицит интенсивными поливами и, соответственно, к повышению издержек фермеров.

Серьезное влияние оказывает и доступность водных ресурсов для фермерских хозяйств, которая зависит как от технического состояния инфраструктуры, так и от институциональных механизмов управления распределением. В условиях дефицита воды социально уязвимые группы хозяйств зачастую получают меньший объем ресурса или сталкиваются с необходимостью приобретать воду через неформальные каналы. Наличие подобных практик подрывает доверие пользователей к системе управления и создает предпосылки для неэффективного распределения.

Значительным ограничением остается недостаточный уровень водоучета, который в большинстве хозяйств ведется вручную, эпизодически и без применения измерительных приборов. Отсутствие точных данных о подаче и фактическом использовании воды делает невозможным объективный контроль за потерями, затрудняет экономическое планирование и препятствует внедрению современных моделей тарификации. Кроме того, слабый водоучет способствует конфликтам между пользователями, поскольку распределение воды не подтверждается документально и нередко основывается на субъективных оценках.

Важным элементом институциональной среды является также стоимость воды и платежная дисциплина. Так, действующие тарифы часто не отражают ре-

альной себестоимости подачи, особенно на насосных участках, где расходы на электроэнергию и обслуживание оборудования составляют существенную долю затрат. Низкая платежная дисциплина в некоторых хозяйствах формирует дефицит средств для проведения ремонтов, профилактики оборудования и улучшения инфраструктуры, создавая замкнутый круг хронического недофинансирования.

Особое внимание заслуживает роль Ассоциаций водопользователей, которые в последние годы становятся ключевыми посредниками между государством и сельскохозяйственными производителями. Ассоциации водопользователей обеспечивают организацию подачи воды, регулируют локальные конфликты, ведут учет потребления, формируют графики поливов и выступают институтом коллективного управления. Однако потенциал ассоциаций в Хатлонской области используется не в полной мере, поскольку многие из них испытывают нехватку технических специалистов, слабую материальную базу и ограниченные финансовые ресурсы. В то же время опыт наиболее успешных Ассоциаций в Согдийской области показывает, что при достаточной институциональной поддержке они могут существенно повысить эффективность распределения и использования воды, снизить потери и улучшить обслуживание пользователей.

В целом, социальные и институциональные факторы представляют собой фундаментальный элемент системы водопользования, определяющий стабильность технологических процессов и степень адаптации аграрного сектора к водным рискам. Их учет в комплексной оценке эффективности позволяет выявить скрытые ограничения, не связанные напрямую с техническим или экономическим потенциалом, но оказывающие существенное влияние на конечные результаты водопользования. Именно поэтому совершенствование институциональных механизмов управления, развитие ВОА, повышение прозрачности водоучета и улучшение коммуникации между государственными структурами и фермерами становятся стратегически важным направлением повышения эффективности использования водных ресурсов в Хатлонской области.

Комплексная оценка эффективности водопользования предполагает одновременное рассмотрение технических, экономических, экологических, социаль-

ных и институциональных параметров. При этом важно учитывать, что каждая группа показателей отражает лишь один из фрагментов общей картины, тогда как реальная результативность функционирования водохозяйственной системы формируется под влиянием их совокупного взаимодействия. Материалы полевых обследований, анализ отчетных документов Агентства мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан, а также результаты выборочных опросов фермерских хозяйств Хатлонской области показывают значимую территориальную неоднородность эффективности водопользования между северной и южной зонами региона.

При этом техническая эффективность демонстрирует прямую связь с состоянием оросительной инфраструктуры, плотностью сети и возрастом оборудования; экономическая эффективность определяется структурой выращиваемых культур и уровнем затрат на подачу воды; экологическая результативность зависит от рисков засоления, глубины грунтовых вод и устойчивости агроландшафтов; социальные параметры показывают степень удовлетворенности фермеров режимом подачи воды; институциональные отражают способность Ассоциаций водопользователей и местных водохозяйственных структур обеспечивать стабильное функционирование системы. В целях систематизации полученных данных и выявления межзональных различий целесообразно свести ключевые индикаторы в интегральную таблицу, позволяющую сопоставить сильные и слабые стороны водопользования в Северном и Южном Хатлоне (табл.2.2.4).

Приведенная интегральная оценка демонстрирует, что Южная зона Хатлонской области в целом характеризуется более высоким уровнем технической, экономической и институциональной эффективности водопользования. Это объясняется сравнительно меньшей протяженностью оросительных сетей, лучшей обеспеченностью насосными системами, более развитой структурой овощебахчевого и садоводческого производства, а также большей функциональностью Водных ассоциаций, участвующих в распределении и контроле воды.

Таблица 2.2.4

Интегральная оценка эффективности водопользования по зонам Хатлонской области, 2024 г.

| Группа показателей | Показатель | Бохтарская зона | Кулябская зона | Краткая характеристика | База данных |
|--------------------------------|---|--------------------|-------------------------|---|--|
| Техническая эффективность | Суммарный КПД системы | 0,48 | 0,55 | Юг имеет меньшие фильтрационные потери и более новые насосы | Агентство мелиорации и ирригации РТ, 2024 |
| | Средние потери воды, % | 34-38 | 28-31 | Север - длинные и заиленные каналы | Агентство мелиорации и ирригации РТ, 2024 |
| Экономическая эффективность | Условная стоимость продукции на 1 м ³ воды, сомони | 0,32-0,38 | 0,40-0,52 | Юг специализируется на более доходных культурах | Расчеты автора на основе отчетов АПК области |
| | Рентабельность водопользования, % | 10-14 | 18-25 | Юг - интенсивные овощебахчевые и сады | Аналитический обзор, 2024 |
| Экологическая результативность | Степень засоления почв | Средняя-высокая | Низкая-средняя | Север - зоны вторичного засоления | Данные почвенных станций |
| | Экологическая нагрузка | 0,75-0,82 | 0,60-0,68 | Север - ниже обеспеченность водой | Экологический мониторинг, 2023 |
| Социальные аспекты | Своевременность подачи воды | Низкая-средняя | Средняя-высокая | Север - перебои и очередность | Опрос дехкан/фермеров, 2024 |
| | Доступность воды для мелких фермеров | Ограниченная | Относительно стабильная | Север - доминирование крупных хозяйств | Оценки ЕС ИМОГЭ |
| Институциональные аспекты | Функциональность ВОА | Слабая-несистемная | Средняя | Юг - лучшее взаимодействие с ассоциациями | АМИ РТ, 2024 |
| | Наличие водоучета | Фрагментарное | Частично внедрено | Юг - больше пилотных проектов | Водный аудит, 2023 |

Составлено автором

В то же время, Северный Хатлон остается зоной повышенных инфраструктурных и экологических рисков. Обширная разветвленная сеть магистральных и межхозяйственных каналов, значительная доля небетонизированных участков, высокая аварийность насосных станций и наличие территорий с вторичным засолением создают серьезные ограничения как для технической, так и для экологической результативности водопользования. Социальные и институциональные показатели также демонстрируют более низкие значения: фермеры вынуждены сталкиваться с очередностью подачи воды, неравномерностью режима полива и недостаточно прозрачным водоучетом. В целом, сопоставление зон подтверждает необходимость дифференцированного подхода к управлению водными ресурсами на уровне области.

Южная зона требует дальнейшей модернизации и внедрения высокоэффективных технологий, тогда как Северная зона нуждается в первоочередном укреплении инфраструктуры, снижении потерь воды, повышении роли ВОА и введении полноценного водоучета. Тем самым, интегральная оценка становится не только инструментом анализа, но и основой для разработки дальнейших мер, направленных на совершенствование механизма управления водопользованием регионе.

Таким образом, проведенная комплексная оценка эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Хатлонской области показала, что результативность водопользования формируется на пересечении технических, экономических, экологических, социальных и институциональных факторов. Технические параметры выявили устойчивые ограничения, связанные с высоким уровнем потерь воды, изношенностью гидромелиоративной инфраструктуры и ограниченной модернизацией насосных станций, что снижает совокупный КПД оросительных систем и усиливает территориальную дифференциацию водообеспеченности. Экономические расчеты продемонстрируют значительную неоднородность водной отдачи различных культур и подтверждают необходимость оптимизации структуры посевов и снижения энергозатрат на подачу воды. Экологические индикаторы указывают на рост нагрузки на агроландшафты,

проявляющийся в снижении уровня грунтовых вод, засолении почв и деградации отдельных участков оросительных сетей. Социально-институциональная среда также оказывает существенное влияние на итоговые параметры эффективности: доступность воды для хозяйств, ритмичность подачи, качество водоучета и уровень развития Ассоциации водопользователей определяют не только условия хозяйствования, но и возможности адаптации аграрного сектора к водным рискам. Общий анализ подтверждает необходимость дифференцированных подходов к регулированию водопользования в северной и южной зонах области, учитывающих их природные, инфраструктурные и социальные особенности.

2.3. Экологические аспекты эффективного использования водных ресурсов в сельском хозяйстве региона

Вода является фундаментальным ресурсом, определяющим не только возможность ведения сельского хозяйства, но и устойчивость всей экосистемы. В современных условиях растущего антропогенного давления и климатических изменений вопросы рационального и экологически безопасного использования водных ресурсов приобретают критическую важность. Сельское хозяйство традиционно выступает одним из крупнейших потребителей воды, и его водохозяйственная деятельность оказывает комплексное и зачастую негативное воздействие на окружающую среду. Особую значимость эта проблема имеет на региональном уровне, где взаимосвязь между агропромышленным комплексом и состоянием водных объектов проявляется наиболее отчетливо. Интенсивная мелиорация, нерациональный полив, применение агрохимикатов и сброс дренажных вод приводят к целому ряду экологических последствий. Среди них - истощение и загрязнение поверхностных и подземных вод, засоление и деградация почв, нарушение гидрологического режима водотоков и утрата биоразнообразия водных экосистем и др.

Анализ эффективности водопользования в сельском хозяйстве проведенный в предыдущем параграфе, показывает, что в условиях аридного климата и высокой водозависимости аграрного сектора устойчивость сельского хозяйства

определяется не только техническими, экономическими и социально-институциональными параметрами, но и качеством экологического состояния водно-земельных ресурсов. Современные тенденции свидетельствуют о том, что экологические ограничения все более активно формируют рамки функционирования аграрного производства, а деградационные процессы в почвенно-мелиоративной и водной среде становятся фактором стратегического риска для развития территории. При этом экологическое измерение водопользования не является самостоятельным или внешним элементом системы; напротив, оно интегрирует в себе результаты всех процессов, связанных с использованием воды, формируя объективную оценку состояния агроландшафтов и их способности обеспечивать устойчивую продуктивность¹.

В условиях региона, где орошаемое земледелие играет ключевую роль в воспроизводстве валовой продукции сельского хозяйства, экологические аспекты водопользования приобретают особую значимость. Дисбалансы водного баланса, нарушение норм водооборотности, изменение уровня грунтовых вод, процессы засоления и вторичного заболачивания, рост антропогенной нагрузки на водные экосистемы - все эти явления прямо отражаются на состоянии плодородия почв, урожайности основных культур и экономическом результате хозяйствующих субъектов. При этом экологические эффекты проявляются с временным лагом: сегодняшние нарушения технологических режимов полива, недостаточная мелиоративная подготовка или нерациональная структура водопотребления создают долгосрочные ограничения, которые невозможно устранить экономическими или организационными мерами в краткосрочном периоде.

Гидрологические параметры региона формируют фундамент экологических рисков, с которыми сталкивается современное сельское хозяйство. Изменения водного баланса, сезонность речного стока, климатические колебания и высокая аридность территории становятся ключевыми факторами, определяющими пределы устойчивости развития аграрного производства. Для региона характер-

¹ См.: Обидов, К. Р. «Зеленая» экономика: концептуальные основы и перспективы развития в Республике Таджикистан / К. Р. Обидов. - Душанбе: Институт экономики и демографии Национальной Академии наук Таджикистана, 2024. - 211 с.

на выраженная неравномерность распределения водных ресурсов во времени: весенне-летние пики стока и осенне-зимние периоды дефицита создают существенные нагрузки на ирригационные системы, обуславливая необходимость накопления и перераспределения воды между сезонами.

При этом тенденции последних десятилетий указывают на устойчивый рост температуры и испаряемости, что приводит к увеличению водоемкости сельскохозяйственных культур и росту потребности в воде даже при неизменной структуре посевов. Повышение испаряемости изменяет водный режим почв, усиливает нагрузку на оросительные сети, увеличивает риски вторичного засоления и деградации земельных массивов. Таким образом, климатические факторы формируют долгосрочную экологическую уязвимость территории, влияя как на водный баланс, так и на способность земель поддерживать продуктивность.

Особое значение для формирования экологических рисков имеет режим функционирования бассейнов основных рек - Вахшского и Кофарнигонского. Эти бассейны обеспечивают основной объем водоснабжения сельского хозяйства, и любые изменения их водного режима (сезонные колебания, колебания стока, сокращение ледниковых запасов) приводят к росту давления на оросительную инфраструктуру. Водный режим рек все сильнее зависит от таяния ледников и снежных запасов, что делает регион уязвимым к изменениям температуры и снижению аккумуляции снега в зимние месяцы.

Загрязнение источников водоснабжения металлами, нефтепродуктами, пестицидами, соединениями азота, высокая жесткость и минерализация воды требует разработки и использования новых, более совершенных технологий очистки природных вод.

Следует отметить, что производство сельскохозяйственной продукции в регионе часто ведется без учета экологических требований. Использование различных агрохимикатов, нерегулируемый выпас скота (без учета кормовой емкости пастбищ), отсутствие должной защиты земель от водной эрозии, неэффективный уход за сельскохозяйственными культурами привели к загрязнению почв и снижению плодородия земель. Особую опасность представляет загрязне-

ние агрохимикатами стоков коллекторных вод орошаемых полях районов области. При этом, борьба с водной эрозией ведется за счет уменьшения проникновения воды в почву, а уменьшение подповерхностного слоя почвы за счет уменьшения верхнего слоя почвы. Достигается это агрохимическими, лесотехническими и гидротехническими методами. Возделывание почвы и сельскохозяйственных культур осуществляется агрохимическими методами на склонах. Мелиоративная способность орошаемых земель будет увеличена за счет размягчения, обработки и вспашки. Более того, на эродированных пахотных землях используется севооборот многолетних почвозащитных культур. При этом ежегодно пашня заменяется землями, засеянными многолетними культурами. Состояние централизованных водотоков не возникает при движении под уклон. По мнению некоторых специалистов, необходимо сажать однолетние травы на высоких склонах пахотных земель, поскольку в этом случае эрозия протекает медленно. На возвышенных и горных территориях эффективным способом борьбы с эрозией почв является террасирование склонов. В этом случае на крутых склонах создается каскад плоских поверхностей в виде ступеней, на которых размещаются поля, сады и виноградники.

Для борьбы с эрозией почвы лесхозами высаживают саженцы на склонах, возле оврагов, чтобы земля не подвергалась эрозии. С помощью этих растений большая часть поверхностных вод уходит в землю. Поэтому водная эрозия на земной поверхности встречается редко, и тем не менее гасится водная эрозия. Водная эрозия на наклонных землях вызывается поверхностными водами, то есть дождем или неограниченным орошением, которое смывает плодородную часть почвы, образуя клонированные ручьи или овраги, и делает пахотные земли неограниченными для сельскохозяйственного использования. Эрозия почвы наносит наибольший урон земельным ресурсам, что снижает плодородие почвы, и постепенно сокращаются площади пашни.

Гидротехнические методы применяются в основном для борьбы с линейной эрозией. В этих районах используют различные гидротехнические сооружения, предназначенные для распыления концентрированного поверхностного стока. С

этой целью создают на поверхности пашни различные насыпные валики, канавы и т.п. Не менее важен вопрос соблюдения экологических требований к воде, под которыми подразумеваются требования природного комплекса, как основы устойчивости его растительного и животного мира и его эстетических качеств. Важно, чтобы малые и большие реки сохраняли возможность поддержания естественной флоры и фауны и одновременно оставались субъектами.

Нерациональное использование и несправедливое распределение воды в сельском хозяйстве в течение сезона являются основными причинами конфликтов между фермерскими хозяйствами, что приводит к дефициту воды. Кроме того, низкий уровень технической оснащенности ирригационных систем, высокие нормы полива для орошения, неочищенный дренаж и повторное использование сточных вод, а также чрезмерное использование удобрений и пестицидов, несовершенные экономические механизмы водопользования, а также износ экологических условий, приводят к увеличению потерь водных ресурсов. В результате текущее состояние водных ресурсов становится фактором, сдерживающим темпы социально-экономического развития регионов и страны в целом.

Сложность заключается в том, что «... невыполнение работ по очистке дренажей и каналов приводит к ухудшению экологического состояния, спаду сельскохозяйственного производства, в результате чего пахотные земли страдают от эрозии, засоления почв, заболачивания, загрязнения подземных вод снижения уровня грунтовых вод и ухудшения ситуация с рекультивацией...»¹.

Ресурсная ограниченность также выступает самостоятельным экологическим фактором. Даже при сохранении общего объема стока его распределение по территории отличается значительной асимметрией, а высокая плотность орошаемых земель усиливает конкуренцию за воду в периоды межсезонья. В условиях растущего водного дефицита экологическая устойчивость земельных массивов

¹ Одинаев Х.А. Сохранение экосистем и обеспечение экологической безопасности: проблемы и перспективы. //Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе: «СИНО», 2018. - С.5.

становится напрямую связанной с возможностью регулирования подачи воды и поддержания минимального уровня влагозарядки почв¹.

Дополнительным источником экологических рисков являются экстремальные гидрометеорологические явления, включая длительные засухи, сокращение объемов паводковых вод и, напротив, эпизоды резких паводковых пиков. Засухи ведут к ускоренной деградации почв, снижению содержания гумуса, нарушению естественного водно-солевого режима и ускорению процессов опустынивания. Пиковые паводки, напротив, создают риск размыва русел, повреждения ирригационных сооружений, подъема уровня грунтовых вод и локального заболачивания земель. В условиях климатической нестабильности частота подобных явлений имеет тенденцию к росту, что усиливает нагрузку на природно-экологическую систему региона².

Систематизация основных природных и гидрологических факторов экологических рисков представлена в укрупненном виде в таблице 2.3.1.

Почвенно-мелиоративное состояние орошаемых земель в аграрных регионах с аридным климатом формируется под воздействием сочетания природных, техногенных и хозяйственных факторов, среди которых ключевую роль играет режим водопользования. В условиях Хатлонской области, где более 80 процентов сельскохозяйственных территорий зависят от искусственного орошения, любые изменения в структуре подачи воды, качестве ирригационной инфраструктуры, состоянии коллекторно-дренажной сети и уровнях грунтовых вод имеют прямые последствия для эволюции почвенных процессов. При этом изменения носят накопительный характер и отражаются в долговременных тенденциях засоления, переувлажнения, деградации структуры почв и ухудшения фильтрационной способности.

¹ См.: Исайнов, Х. Р. Водно-ирригационные ресурсы Центральной Азии: современное состояние и тенденции развития/ Х. Р. Исайнов, Р. Ш. Фозилов // Наука и технология XXI века. - Душанбе, 2022. - №. 1(7). - С. 204-221.

² См.: Одинаев Х.А. Пути повышения эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве / Х. А. Одинаев, С. Д. Давлатова // Водные ресурсы, энергетика и экология. - Душанбе, 2023. - Т. 3, № 4. - С. 75-80.

Первичное засоление является природно-обусловленным явлением и связано с минерализацией материнских пород, особенностями бассейнов Пянджа, Вахша и Кофарнигона, а также естественной аридностью региона. Однако именно вторичное засоление выступает основным экологическим результатом водохозяйственной деятельности.

Таблица 2.3.1

Природно-гидрологические факторы формирования экологических рисков в сельском хозяйстве региона

| Группа факторов | Содержание фактора | Потенциальный экологический риск |
|--|--|--|
| Изменение водного баланса | Снижение доли устойчивого стока, усиление сезонности | Рост дефицита, истощение почвенной влаги |
| Рост испаряемости | Повышение температур, увеличение водоемкости культур | Усиление засушливости, деградация земель |
| Сезонные колебания стока рек | Пики весной, дефицит осенью | Нарушение режима полива, риск вторичного засоления |
| Сокращение ледниковых запасов | Уменьшение доли талых вод в стоке | Долгосрочное снижение водной обеспеченности |
| Экстремальные гидрометеоявления | Засухи, резкие паводки | Размыв русла, заболачивание, деградация экосистем |
| Ресурсная ограниченность | Недостаточный приток в нижние звенья системы | Экологическая нестабильность и деградация почв |

Составлено по: Одинаев Х.А. Региональная водная стратегия и эколого-экономические аспекты улучшения межгосударственного водного сотрудничества // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, 2014. - № 2/1(127). - С. 3-10; Елдашова Х. Экологическая устойчивость аграрной гидрологии: управление водоемами и контроль загрязнения / Х. Елдашова // Символ науки // Международный научный журнал. - Уфа, 2025. - Т. 2, № 11-1. - С. 29-30.

По оценкам Института почвоведения и агрохимии Таджикской Академии сельскохозяйственных наук, вторичное засоление усиливается в районах с неэффективной системой дренажа, избыточными оросительными нормами и высокой минерализацией возвратной воды. В отдельных нижних звеньях оросительных систем наблюдается рост площадей засоленных земель на 3-5 процентов за пятилетний период, что указывает на ускорение деградационных процессов¹.

Недостаточная пропускная способность коллекторно-дренажных сетей, а также превышение оптимальных норм полива приводят к длительному застою воды в верхних горизонтах почвы. Это вызывает разрушение почвенной структуры, переуплотнение, снижение аэрации и ухудшение водопроницаемости. По-

¹ <http://www.khokshinos.tj/ru/content/>

левые наблюдения Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАН Таджикистана фиксируют рост площадей с застойными водами в низинных территориях Бохтарской зоны и отдельных массивах Кулябской долины, где переувлажнение приводит к нарушению корнеобитаемого слоя и снижению биологической активности почв¹.

Изменения уровней грунтовых вод являются ключевым индикатором экологической устойчивости системы орошения. В районах с недостаточным дренажом фиксируется длительный тренд подъема горизонтов грунтовых вод, что усиливает риск вторичного засоления и заболачивания территорий. Напротив, в районах с хроническим дефицитом воды наблюдается обратная тенденция - понижение уровней грунтовых вод на 0,3-0,6 метра в год, что приводит к истощению водоемких горизонтов, ускоренному иссушению почв и ослаблению их естественного восстановительного потенциала. Оба вектора изменения оказывают негативное влияние, поскольку нарушают оптимальный водно-солевой режим пахотного слоя.

По данным Агентства по мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан, степень заиления внутренних и межхозяйственных дренажей в ряде районов достигает 40-60 % проектной глубины. Недостаточный объем профилактических работ приводит к сокращению пропускной способности дренажных каналов, снижению скорости оттока воды и ухудшению способности системы удалять избыток влаги и соли. Как следствие, в нижних частях оросительных систем формируются крупные очаги вторичного засоления и застойных вод².

Отклонение фактических норм полива от оптимальных агрономических параметров усиливает негативное воздействие на почвенно-мелиоративное состояние. Избыточные поливы накапливают соли в верхнем горизонте и увеличивают нагрузку на дренаж, тогда как недостаточные поливы приводят к дегидра-

¹ См.: Водные ресурсы, инновация, ресурсо - и энергосбережения // Материалы международной научно-практической конференции. - (г. Душанбе, 6-7 октября 2023 года). - Душанбе, 2023. - 288 с.

² https://unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2014/WAT/05May_23_Dushanbe/TJ_SC6_Gafarov_RU.pdf.

тации почв и ускоренному разрушению их структуры. Наиболее уязвимыми оказываются территории, где полив осуществляется неритмично, с большими интервалами времени, что особенно характерно для насосных зон (табл. 2.3.2).

Таблица 2.3.2

**Динамика почвенно-мелиоративных изменений
в зонах Хатлонской области, 2019-2024 гг.**

| Показатели | Северная зона | Южная зона | Интерпретация |
|---|----------------------------------|-------------|--|
| Рост площадей вторичного засоления, за 5 лет, % | 4-6 | 2-3 | В северной зоне наблюдается более высокая скорость вторичного засоления вследствие сочетания трех факторов: высокой плотности орошения, изношенной дренажной сети и частых перерывов в подаче воды, что провоцирует чередование переувлажнения и высушивания почв. Южная зона демонстрирует более низкие темпы из-за лучшей естественной фильтрации и большей доли гравитационного полива. |
| Площадь земель с переувлажнением, тыс. га | 7,5-8,0 | 3,0-3,5 | Переувлажнение в северном Хатлоне обусловлено низкой пропускной способностью дренажных коллекторов и уклонами рельефа, создающими застойные зоны. В южной зоне масштабы меньше благодаря более развернутой системе естественного стока и меньшему удельному объему насосного полива. |
| Степень заиления дренажной сети, % | 40-60 | 30-45 | Север характеризуется высокими показателями заиления, поскольку на этой территории проходит основная масса старых коллекторно-дренажных линий, введенных в эксплуатацию еще в советский период. Недостаточная механическая очистка и высокая мутность воды из верхнего течения Вахша повышают скорость заиления. |
| Изменение уровня грунтовых вод, м/год | +0,3...+0,6 (вниз по системе) | -0,1...-0,3 | Подъем грунтовых вод в северной зоне указывает на критическую нагрузку на почвенно-мелиоративную систему и недостаточный дренаж. Напротив, южная зона демонстрирует снижение уровня ГВ, что свидетельствует о дефиците поступления воды, более легких почвах и высокой фильтрационной способности. |
| Доля территорий с деградацией структуры почв, % | 15-20 | 10-12 | В северной части деградация выражена сильнее вследствие частых нарушений режима полива, значительной нагрузки от механизированной обработки и активного вторичного засоления. Южная зона демонстрирует более стабильное состояние структуры почв, что связано с лучшей дренируемостью и меньшими колебаниями влажности. |

Составлено по аналитическим материалам Агентства по мелиорации и ирригации при правительстве Республик Таджикистан, 2024; Института водных проблем Национальной академии наук Таджикистана; Института почвоведения и агрохимии Таджикской Академии сельскохозяйственных наук

Анализ данных таблицы 2.3.2 подтверждают, что почвенно-мелиоративные процессы в регионе носят выраженный территориальный харак-

тер. Северная часть области испытывает более высокую нагрузку, что проявляется в ускоренном росте вторичного засоления, значительной площади переувлажненных участков и более глубокой деградации коллекторно-дренажных сетей.

Южная зона выглядит относительно устойчивой, однако и здесь наблюдаются системные признаки нарушения водно-солевого баланса, связанные с расширением многолетних насаждений, увеличением оросительных норм и ростом водоемкости отдельных культур.

Можно исходить из того, что трансформация почвенно-мелиоративного состояния проявляется как накопительный эффект функционирования существующей модели водопользования, где технологические, климатические и институциональные факторы усиливают риск деградации земель. Эти процессы формируют фундамент экологических рисков, которые определяют устойчивость аграрного производства и требуют дальнейшего анализа в последующих подразделах главы.

Известно, что сельскохозяйственное водопользование оказывает многоаспектное влияние на состояние водных экосистем региона, формируя комплекс изменений, которые проявляются как на уровне поверхностных водотоков, так и на уровне искусственных оросительных систем. В условиях аридного климата Хатлонской области даже умеренное увеличение водозабора приводит к чувствительным изменениям гидрологического режима, биохимических характеристик воды и структуры природных сообществ. При этом воздействие носит системный и накопительный характер, что усиливает долговременные экологические риски¹.

Изменение естественного стока малых и средних рек связано с высоким уровнем изъятия воды на ирригационные нужды в период вегетации. Наиболее заметные отклонения фиксируются в нижних частях бассейнов Пянджа, Вахша и Кофарнигона, где летом наблюдается существенное уменьшение расхода воды,

¹ См.: Одинаев Х. А. Развитие эколого-экономического регулирования землепользования аридного региона / Х. А. Одинаев, М. С. Джоналоев. (Монография) - Душанбе, ТНУ, 2023. - 175 с.

сокращение нереста рыб и деградация прибрежной растительности. На ряде малых рек (Кызыл-Су, Яхсу, Обикиик) фиксируется уменьшение биологического разнообразия вследствие снижения скорости потока, перегрева воды и обмеления русел.

Деградация русел проявляется в увеличении заиления, нестабильности берегов и сокращении глубинных участков. Это связано не только с уменьшением стока, но и с характером ирригационной нагрузки: возвратные воды, несущие взвешенные частицы и соли, увеличивают мутность и ускоряют накопление наносов в руслах. Нагрузка на оросительные каналы как на искусственные экосистемы отражается в том, что каналы частично заменяют естественные водотоки по своей функции, но при этом не обладают механизмами саморегуляции. В результате ухудшается качество воды, теряется биоразнообразие, а каналы становятся переносчиками биогенов и агрохимикатов.

Загрязнение возвратными водами усиливает экологическую нагрузку на водные экосистемы региона. Возвратные воды содержат повышенные концентрации нитратов, хлоридов, сульфатов, остаточных пестицидов и растворенного органического вещества. Формируется локальная эвтрофикация, что приводит к ускоренному росту водорослей и ухудшению кислородного режима. На отдельных участках регистрируются случаи гибели гидробионтов и исчезновения чувствительных видов¹.

Опасность эрозионных процессов усиливается при интенсивных поливах по неукрепленным склонам, в верхних и средних частях оросительных массивов. Поверхностный сток, насыщенный мелкодисперсными частицами и агрохимикатами, поступает в реки и каналы, ухудшая их экологическое состояние и создавая дополнительную нагрузку на коллекторно-дренажную сеть.

Для систематизации основных воздействий и рисков разработана укрупненная оценочная таблица по бассейнам и оросительным системам региона (табл.2.3.3). Представленная оценка показывает, что воздействие сельскохозяйственного водопользования на водные экосистемы носит системный и нараста-

¹ Реформа водного сектора Таджикистана: аналитический доклад. - Душанбе: Всемирный банк, 2024. URL: https://www.wis.tj/wp-_RUS_orig.pdf (дата обращения: 17.03.2025).

ющий характер. Оно формирует комплекс рисков, связанных как с изменением гидрологического режима, так и с ухудшением биохимических свойств водных объектов. Особую уязвимость демонстрируют нижние участки бассейнов Пянджа и Вахша, где снижение стока и загрязнение возвратными водами усиливают негативные процессы.

Таблица 2.3.3

Экосистемные риски по бассейнам и основным оросительным системам региона

| Бассейн / система | Характер экологического риска | Проявления | Потенциальные последствия |
|--|--|--|---|
| Бассейн Пянджа (нижние участки) | Снижение естественного стока | Обмеление, потеря нерестовых участков | Уменьшение биоразнообразия, локальная деградация пойм |
| Бассейн Вахша (средние и нижние звенья) | Повышенная мутность и заиление | Накопление взвесей, рост биогенов | Эвтрофикация, ухудшение кислородного режима |
| Бассейн Кофарнигона | Высокая нагрузка возвратных вод | Хлориды, сульфаты, нитраты, агрохимикаты | Деградация русел, снижение качества воды |
| Система Сурхоб | Колебания стока и термическое загрязнение | Перегрев воды, низкая скорость потока | Гибель чувствительных видов гидробионтов |
| Система Яхсу | Переувлажнение + эрозионный сток | Рост мутности, загрязнение каналов | Нагрузка на КДС, ускоренное заиление |
| Каналы Вахшской долины | Искусственные экосистемы без саморегуляции | Потери биоразнообразия, цветение воды | Ухудшение качества ирригационной воды |
| Коллекторно-дренажная сеть Хатлона | Вторичное засоление и возврат солей | Накопление солевых растворов | Усиление деградации почв |

Составлено по: Состояние и эксплуатация гидросооружений в Республике Таджикистан. Информационный материал // Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. - Душанбе, 2024. - URL: <https://www.mewr.tj/?lang=ru> (дата обращения: 22.11.2025).

Сопоставление бассейнов и ирригационных систем свидетельствует, что экологические риски неравномерно распределены по территории и зависят от лимитирующих природных условий, конфигурации оросительной сети, интенсивности поливов и особенностей возвратного стока. В условиях усиливающегося климатического давления и роста водопотребления экологическая устойчивость водных экосистем становится ключевым фактором долгосрочной сохранности природно-ресурсного потенциала региона.

Формирование экологически устойчивой системы водопользования в сельском хозяйстве региона требует применения экономико-математических инструментов, позволяющих количественно оценить влияние водного фактора на производственные, экологические и мелиоративные параметры. На основании данных Агентства по мелиорации и ирригации, Института почвоведения и агрохимии, Института водных проблем и материалов официальной статистики возможно построение интегральной модели, отражающей связь между использованием воды, состоянием почвенно-мелиоративного комплекса и экономическими результатами аграрного производства.

В модели исходным элементом выступает производственно-экологическая зависимость, предполагающая, что увеличение объемов водопользования приносит положительный эффект только до определенного предела, после которого усиливаются процессы засоления, ухудшается фильтрационная способность почв и возрастает экологическая нагрузка на водные экосистемы. С другой стороны, повышение технической эффективности водоподачи и точности режимов орошения снижает воздействие на ресурсную базу и повышает устойчивость аграрного производства.

Сформированная производственно-экологическая функция позволяет оценить вклад каждого фактора в итоговый выпуск продукции и определить вероятные последствия изменения водного баланса региона. На ее основе разработан блок прогнозирования дефицита воды до 2030 года, включающий расчет будущей водоемкости культур, динамики потерь воды и доступного природного стока. Дополнительно введен экологический индекс риска (ERSI), позволяющий агрегировать почвенно-мелиоративные параметры в единую систему количественной оценки.

Интегральный индекс экологически устойчивого водопользования (ESI), в свою очередь, объединяет технические, экономические и эколого-мелиоративные компоненты. Это создает инструмент, позволяющий не только оценивать текущее состояние водопользования, но и формировать прогнозы развития аг-

рарного сектора в зависимости от выбранной стратегии управления водными ресурсами.

Цель разрабатываемой модели заключается в том, чтобы оценить, как изменение параметров водопользования (интенсивность поливов, структура культур, объем мелиоративных мероприятий) будет влиять на динамику экологического состояния сельскохозяйственных угодий Хатлонской области в среднесрочной перспективе. При этом особое внимание уделяется таким показателям, как доля засоленных земель, степень переувлажнения и интегральный экологический индекс устойчивости земледелия.

Постановка задачи и выбор показателей. В качестве результирующего показателя вводится интегральный индекс экологического состояния агроландшафтов региона Et , который агрегирует частные показатели, характеризующие качество земель и степень экологического напряжения. Для практических целей индекс можно формировать по шкале от 0 до 1, где 1 отражает условно благоприятное состояние, а значения ниже 0,6 свидетельствуют о нарастающих экологических рисках.

На значение Et оказывают влияние следующие факторы:

W_t - средний объем поливной воды на 1 гектар орошаемых земель (тыс. м³ на га);

S_t - доля засоленных и переувлажненных площадей в структуре орошаемых земель (проценты);

P_t - доля высоко водоемких культур (овощебахчевые, рис, многократные посевы) в структуре посевов;

M_t - удельный объем мелиоративных мероприятий, выраженный, например, через расходы на мелиорацию и дренаж в расчете на 1 гектар орошаемых земель;

D_t - показатель состояния дренажно-коллекторной сети (от 0 до 1, где 1 соответствует удовлетворительному состоянию и регулярному обслуживанию).

Связь между этими параметрами и интегральным экологическим индексом предлагается описать с помощью линейной моделирующей зависимости вида

$$E_t = \alpha_0 + \alpha_1 W_t + \alpha_2 S_t + \alpha_3 P_t + \alpha_4 M_t + \alpha_5 D_t ,$$

где α_i - коэффициенты, отражающие направленность и силу влияния факторов. При этом ожидается, что $\alpha_2 < 0$ и $\alpha_3 < 0$, поскольку рост доли засоленных земель и высоко водоемких культур ухудшает экологическое состояние, в то время как $\alpha_4 > 0$ и $\alpha_5 > 0$, поскольку увеличение мелиоративных мероприятий и улучшение состояния дренажа способствует восстановлению устойчивости агроландшафтов. Знак α_1 зависит от режима водопользования: при рациональном использовании воды умеренный рост W_t может стабилизировать урожайность и снизить нагрузку на почвы, однако при экстенсивном наращивании поливов без дренажного сопровождения увеличение W_t усиливает риск засоления¹.

Для углубления анализа вводится дополнительно динамическая зависимость, описывающая изменение доли засоленных земель S_t под влиянием водохозяйственных и мелиоративных решений. В упрощенном виде такую зависимость можно представить как:

$$S_{t+1} = S_t + \beta_1 (W_t - W^*) + \beta_2 R_t - \beta_3 M_t,$$

где: W^* - нормативный уровень водоподдачи для данного типа почв и культур, R_t - показатель недостаточности или нерегулярности дренажа и отвода минерализованных вод, $\beta_1 > 0$, $\beta_2 > 0$, $\beta_3 > 0$. Если фактические объемы поливной воды существенно превышают норматив W^* и отсутствует достаточное мелиоративное сопровождение, доля засоленных земель возрастает, что отражается в росте S_{t+1} ².

Сценарные условия и исходные данные. Для Хатлонской области модель целесообразно калибровать по данным официальной статистики сельского хозяйства за 2015-2024 годы, а также по оценкам профильных научных и отраслевых институтов. Базовой точкой моделирования выбирается 2024 год, для которого на основе статсборников и аналитических отчетов можно принять следующие укрупненные параметры (в среднем по области):

¹ См.: FAO. AquaCrop: Model and Guidelines for Agricultural Water Productivity. FAO, Rome, 2017.

² См: Molden, D. (2007). Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Earthscan & IWMI. London-Colombo.

- доля засоленных и переувлажненных земель в структуре орошаемых угодий составляет 18-20 %, по отдельным районам северной части области достигает 22-24 %;

- доля высоко водоемких культур в структуре посевов оценивается в 32-35 %, при более высокой концентрации овощебахчевых и риса в южных районах;

- удельные расходы на мелиорацию и дренаж остаются ограниченными и в расчете на 1 гектар орошаемых земель пока ниже уровня, необходимого для компенсации накопленных экологических проблем.¹

Построение прогнозных оценок экологического состояния агроландшафтов требует использования не только фактических данных, но и модельных допущений, которые позволяют рассмотреть несколько сценариев развития водопользования. Такая постановка задачи обусловлена высокой чувствительностью сельскохозяйственных систем Хатлонской области к изменениям в водном балансе, технологическим параметрам поливов и состоянию почвенно-мелиоративных характеристик.

При моделировании использованы данные официальных статистических сборников, а также экспертные оценки и материалы отраслевых учреждений, включая Институт почвоведения и агрохимии Таджикской академии сельскохозяйственных наук (ТАСХН), Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана и Агентство по мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан.

Прогноз осуществлен на основе трех сценариев:

- инерционный - сохранение текущих тенденций водопотребления и состояния инфраструктуры;

- умеренно-адаптивный-частичная модернизация оросительной сети, улучшение водоучета, снижение потерь воды на 10-12 %;

- интенсивно-экологический - внедрение ресурсосберегающих технологий, капельного орошения на новых площадях, восстановление дренажной сети, снижение засоления.

¹ См.: World Bank (2020). Water in Agriculture: Towards Sustainable Water Management. Washington, DC.

Для каждого сценария рассчитаны прогнозные значения ключевых экологических показателей: уровень вторичного засоления, площадь переувлажненных земель, степень заиления дренажей, изменение уровня грунтовых вод, доля деградированных территорий. Эти индикаторы отражают экологическую результативность водопользования и позволяют оценить долгосрочные риски устойчивости сельского хозяйства. Ниже представлена сводная таблица прогнозных значений до 2035 года (табл.2.3.4).

Таблица 2.3.4

Прогнозные значения экологических показателей при различных сценариях водопользования в сельском хозяйстве Хатлонской области до 2035 года

| Показатели | I | II | III | IV |
|---|-------------|-------------|-------------|-----------|
| Уровень вторичного засоления земель, % | 9-12 | 12-16 | 8-10 | 5-7 |
| Переувлажненные земли, тыс. га | 11,0-11,5 | 13,0-14,0 | 10,0-10,5 | 7,5-8,0 |
| Степень заиления коллекторно-дренажной сети, % | 40-60 | 55-70 | 35-45 | 20-30 |
| Изменение уровня грунтовых вод, м/год | +0,3...+0,6 | +0,5...+0,8 | +0,1...+0,3 | -0,1...0 |
| Доля территорий с деградацией структуры почв, % | 15-20 | 18-24 | 14-17 | 10-13 |
| Экологическая нагрузка (коэффициент), ед. | 0,70-0,82 | 0,80-0,90 | 0,65-0,72 | 0,52-0,60 |
| <i>Примечание: I - базовое значение (2024 г.); II - инерционный сценарий, 2035 г.; III - умеренно адаптивный сценарий, 2035 г.; IV - интенсивно экологический сценарий, 2035 г.</i> | | | | |

Рассчитано на основе данных: Агентства по статистике при Президенте Республики Таджикистан, Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан, Института почвоведения и агрохимии Таджикской Академии сельскохозяйственных наук и материалов Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана

Прогнозные оценки демонстрируют, что динамика экологических показателей существенно различается в зависимости от выбранной траектории развития системы водопользования. В условиях инерционного сценария экологическая ситуация к 2035 году продолжает ухудшаться: возрастает уровень вторичного засоления, увеличивается площадь переувлажненных земель, усиливается заиление дренажной сети, а подъем уровня грунтовых вод становится одним из наиболее значимых факторов деградации агроландшафтов. Такой сценарий ха-

рактируется высокой рисковостью и снижением экологической устойчивости сельскохозяйственного производства.

Умеренно адаптивный сценарий демонстрирует стабилизацию ключевых параметров и умеренное улучшение отдельных индикаторов. Сокращение потерь воды, восстановление части дренажной системы, а также повышение эффективности водоучета позволяют сдерживать рост засоления и уменьшать экологическую нагрузку на почвенно-водные системы. Однако остаточный риск остается значительным, особенно в районах нижних звеньев оросительной системы.

Интенсивно-экологический сценарий показывает наиболее благоприятную траекторию: переход на ресурсосберегающие методы полива, расширение площадей капельного орошения, восстановление дренажной сети и усиление экологического контроля позволяют существенно снизить масштаб деградационных процессов. Показатели засоления, переувлажнения и экологической нагрузки имеют тенденцию к устойчивому снижению, что создает основу для формирования экологически устойчивой модели аграрного производства в долгосрочной перспективе.

Таким образом, экологическое измерение водопользования в сельском хозяйстве региона формируется как результат совокупного воздействия природно-климатических факторов, техногенной нагрузки и особенностей существующей модели ирригации. Проведенный анализ показывает, что экологические процессы развиваются нелинейно и обладают выраженной территориальной дифференциацией, что определяет неравномерность экологических рисков внутри области. Наиболее уязвимыми оказываются зоны с ослабленным дренажем, неустойчивыми режимами полива и высокой концентрацией водоемких культур. Водные экосистемы демонстрируют признаки растущего напряжения, что проявляется в изменении гидрологического режима, ухудшении биохимических параметров и снижении биоразнообразия. Почвенно-мелиоративные процессы также свидетельствуют о накоплении деградационных тенденций: трансформация структуры и фильтрационной способности почв, колебания уровней грунто-

вых вод, усиление вторичного засоления и переувлажнения. Прогнозные оценки подтверждают, что траектория экологического состояния агроландшафтов в ближайшие десятилетия будет определяться направленностью водохозяйственной политики и качеством управления оросительными системами. Сохранение инерционной модели водопользования усиливает деграционные процессы, в то время как переход к адаптивным и экологически ориентированным сценариям способен стабилизировать и постепенно восстановить экологические функции земельных и водных ресурсов.

ГЛАВА III. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ХАТЛОНСКОЙ ОБЛАСТИ

3.1. Институциональные аспекты повышения эффективности водопользования в сельском хозяйстве Хатлонской области

Повышение эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве невозможно без формирования современного институционального механизма регулирования, который обеспечивает согласованность интересов государства, водопользователей, местных сообществ и хозяйствующих субъектов. При этом институциональная среда выступает не только организационным каркасом функционирования водохозяйственного комплекса, но и ключевым фактором устойчивости системы в условиях нарастающего дефицита воды, климатических колебаний и роста спроса со стороны аграрного сектора.

В современных условиях традиционные подходы к управлению водными ресурсами, основанные преимущественно на административном распределении, уже не обеспечивают требуемой адаптивности, прозрачности и экономической эффективности. Развитие сельского хозяйства региона требует системы институтов, которая способна поддерживать баланс между производственными потребностями и экологическими ограничениями, формировать стимулы рационального водопользования, обеспечивать качественный мониторинг, водоучет и поддержку инфраструктуры.

Особое значение приобретает институциональная координация между уровнями управления, от национальных органов, определяющих стратегию водной политики, до местных структур, непосредственно участвующих в распределении и подаче воды. Эффективность этих институтов предопределяет устойчивость оросительных систем, минимизацию потерь, оптимизацию затрат и снижение экологических рисков. Недостаточная согласованность между органами управления, слабая материально-техническая база водных ассоциаций, отсутствие современных стандартов и механизмов водоучета, а также низкая вовлеченность фермеров в процессы управления создают институциональные ограничения, препятствующие достижению устойчивого развития аграрной сферы.

Между тем, международная практика показывает, что повышение эффективности водопользования достигается, прежде всего, за счет совершенствования институциональной структуры: укрепления водных ассоциаций, развития механизмов участия пользователей, внедрения цифровых инструментов управления, расширения функций местных органов, совершенствования нормативных стандартов и систем мониторинга. Данные подходы постепенно находят отражение в национальной водной политике, однако требуют углубления, адаптации и комплексного внедрения. Институциональный аспект управления водными ресурсами становится центральным элементом повышения эффективности водопользования в сельском хозяйстве. При этом, важное значение имеет анализ действующей институциональной системы, выявление ее сильных и слабых сторон, а также определение ключевых направлений ее совершенствования с учетом международного опыта и специфики сельского хозяйства региона.

Современная система управления водными ресурсами в сельском хозяйстве представляет собой многоуровневую институциональную конструкцию, сформированную под влиянием исторических особенностей развития ирригации, процессов децентрализации управления и перехода к бассейновым принципам регулирования. При этом институциональная структура сочетает элементы централизованного государственного руководства и локальных механизмов участия водопользователей. Такое сочетание обусловлено тем, что вода одновременно является объектом государственной собственности, элементом критической инфраструктуры и ключевым производственным ресурсом для аграрного сектора.

На национальном уровне ключевую роль выполняет Министерство энергетики и водных ресурсов, которое отвечает за разработку государственной водной политики, нормирование водопользования, согласование лимитов, внедрение международных норм и реализацию стратегических документов, включая Национальную стратегию развития до 2030 года. Его деятельность координируется Национальным водным советом, который обеспечивает межотраслевое согласование решений в сфере энергетики, сельского хозяйства и охраны окружа-

ющей среды. Центральное место в институциональной архитектуре занимает Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан, отвечающее за эксплуатацию ирригационных и коллекторно-дренажных систем, распределение воды и техническое состояние инфраструктуры.

Региональный уровень управления водопользованием представлен бассейновыми водными управлениями, которые функционируют по принципам интегрированного управления водными ресурсами (IWRM) и охватывают основные бассейны страны - Вахшский, Кофарнигонский и Панжский. Эти структуры обеспечивают баланс водных ресурсов, координируют распределение воды между районами, осуществляют экологический мониторинг и выступают связующим звеном между национальными регуляторами и районными операторами.

На районном уровне управление водными ресурсами осуществляется через районные водные отделы и эксплуатационные участки, которые отвечают за распределение воды между хозяйствами, контроль соблюдения лимитов и графиков подачи, функционирование гидротехнических сооружений и межхозяйственных каналов. На этом уровне формируются основные практические решения, определяющие эффективность водопользования, поскольку именно здесь возникают основные потери, конфликты и несогласованности.

На локальном уровне действуют ассоциации водопользователей, фермерские и дехканские хозяйства, которые обеспечивают распределение воды внутри орошаемых массивов, ремонт внутрисетевых каналов, водоучет и организацию коллективного управления. Институты ВОА занимают центральное место в современном процессе децентрализации управления водными ресурсами, однако их потенциал ограничивается недостаточной финансовой устойчивостью, слабым правовым статусом и неравномерностью развития по территориям (табл. 3.1.1).

Представленная таблица отражает многоуровневую систему институтов, участвующих в регулировании использования водных ресурсов в сельском хозяйстве.

Таблица 3.1.1

Уровневая структура институтов управления водными ресурсами

| УРОВЕНЬ УПРАВЛЕНИЯ | КЛЮЧЕВЫЕ ИНСТИТУТЫ | ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ |
|--|---|--|
| НАЦИОНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ | Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан (МЭВР) Национальный водный совет | <ul style="list-style-type: none"> - формирование государственной водной политики; - межотраслевое регулирование водопользования; - утверждение национальных стратегий и программ; - разработка и внедрение нормативных актов и др. |
| БАСЕЙНОВЫЙ УРОВЕНЬ | Бассейновые водные Управления (Вахш, Кофарнигон, Пяндж) | <ul style="list-style-type: none"> - управление лимитами водопотребления; - мониторинг водности и сезонности стока; - распределение воды между административными районами; - контроль соблюдения водных нормативов и др. |
| РЕГИОНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ | ОБЛАСТНЫЕ управления мелиорации и ирригации; региональные службы водного учета | <ul style="list-style-type: none"> - планирование водоподачи внутри области; - эксплуатация крупных насосных станций; - контроль состояния оросительной инфраструктуры; - ведение регионального водного баланса и др. |
| РАЙОННЫЙ УРОВЕНЬ | Районные отделы АВП, местные водохозяйственные эксплуатационные организации | <ul style="list-style-type: none"> - операционное распределение воды между хозяйствами; - техническое обслуживание межхозяйственных каналов; - контроль потерь воды и качества инфраструктуры; - сбор данных и отчетность и др. |
| МЕСТНЫЙ (ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ) УРОВЕНЬ | Ассоциации водопользователей (АВП), дехканские и фермерские хозяйства | <ul style="list-style-type: none"> - эксплуатация внутриводных оросительных сетей - распределение воды между фермерскими участками - обратная связь и координация с районными службами - местный мониторинг состояния инфраструктуры и др. |

Составлено автором

При этом важно отметить, что институциональная архитектура управления водой в Таджикистане носит иерархический, но одновременно многоцентровой характер, поскольку отдельные функции распределены между национальными, бассейновыми, региональными и местными структурами, а также ассоциациями водопользователей, являющимися ключевыми элементами хозяйственного уровня управления. Такое распределение полномочий формирует сложную вертикально-горизонтальную систему координации, в которой нормативно-правовые механизмы национального уровня сочетаются с оперативными процедурами регулирования, реализуемыми на бассейновом и районном уровнях.

В целом, наблюдается, что наиболее существенные управленческие решения - лимитирование водных ресурсов, формирование политики распределения, утверждение стратегий - концентрируются на национальном и бассейновом уровнях. Тогда как вопросы практической эксплуатации инфраструктуры, оперативного регулирования подачи воды и взаимодействия с конечными пользователями сосредоточены на региональном и районном уровнях. Особую роль при этом играют АВП, которые, хотя и располагают ограниченными полномочиями, фактически обеспечивают функционирование значительной части внутрихозяйственных сетей.

На практике такая конфигурация институтов создает как преимущества, так и ограничения. С одной стороны, многоуровневая структура позволяет учитывать природно-климатические особенности бассейнов, различия между зонами Хатлонской области и потребности отдельных хозяйств. С другой стороны, фрагментарность компетенций, неодинаковая техническая оснащенность институтов и недостаточная согласованность межуровневых взаимодействий приводят к формированию институциональных разрывов. Эти разрывы проявляются в несогласованности водных лимитов и фактической подачи воды, слабом мониторинге состояния инфраструктуры, ограниченности полномочий АВП и недостаточной вовлеченности дехканских/фермерских хозяйств в процессы принятия решений.

В целом, институциональная архитектура управления водными ресурсами формирует основу регулирования водопользования в сельском хозяйстве, однако ее эффективность в значительной степени зависит от согласованности механизмов взаимодействия между уровнями, качества информационных потоков и устойчивости организационных структур, ответственных за эксплуатацию оросительных систем.

Анализ институциональной эффективности показывает, что действующая система управления водными ресурсами в сельском хозяйстве региона характеризуется выраженной неоднородностью по уровням, а также наличием функциональных разрывов, ограничивающих результативность регулирования.

Распределение водных лимитов между районами и хозяйствами осуществляется бассейновыми управлениями и районными подразделениями АВП, однако фактический уровень исполнения планов водоподдачи редко превышает 78-82 % в сезон пикового водопользования. В отдельных районах Бохтарской зоны этот показатель снижается до 65-70 %, что связано с потерями воды, недостаточной пропускной способностью каналов и неритмичностью подачи. При этом в Кулябской зоне, ближе расположенной к головным источникам, исполнение водоподдачи более стабильное (85-90 %), что создает межрайонные диспропорции¹.

Плановые показатели подачи воды по оросительным системам формируются областными управлениями, однако их соблюдение осложняют три ключевых фактора:

- техническое состояние насосных станций, порядка 40-45 % агрегатов эксплуатируются свыше нормативного срока службы;
- недостаточная точность прогнозов водности рек, что неоднократно отмечалось в замечаниях эксперта;
- высокая зависимость графиков водоподдачи от электроснабжения и др.

¹ См.: Технический паспорт оросительных систем Хатлонской области. Том I // Магистральные и межхозяйственные каналы // Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан. - Душанбе, 2024. - 178 с.

В среднем по области до 20-25 % хозяйств сталкиваются с временным дефицитом воды в наиболее критичный период вегетации (июнь-июль). При этом, взаимодействие между уровнями управления носит фрагментарный характер. Так, АВП часто не обладают реальным доступом к оперативной информации о водоподаче, Районные отделы АВП редко используют механизмы обратной связи с хозяйствами, а конфликты интересов (например, распределение воды в засушливые годы) регулируются преимущественно административно, а не на основании водохозяйственных планов. В результате до 30% спорных ситуаций решаются с задержками, что снижает доверие фермеров к системе управления¹.

Отдельно следует отметить, что низкая эффективность институциональных механизмов во многом связана с недостаточностью систем водоучета. Между тем, как показывает анализ, около 50 % работников районных водохозяйственных организаций не имеют профильного инженерного образования, а средний возраст оборудования - 25-30 лет, что превышает нормативы. В таких условиях не хватает мобильных ремонтных бригад - в северной зоне в среднем 1 бригада на 3-4 канала, что значительно ниже потребности. Недостаточная кадровая обеспеченность приводит к низкой скорости реагирования на аварийные ситуации и слабому контролю за состоянием оросительных сетей.

Наиболее существенные проблемы проявляются в следующих аспектах:

- между национальным и бассейновым уровнями - недостаточная адаптация государственных стратегий к реальным условиям регионов;
- между бассейновыми и районными подразделениями - слабая система мониторинга исполнения распоряжений;
- между АВП и фермерскими хозяйствами - слабая правовая грамотность и низкая вовлеченность пользователей воды в принятие решений и др.

Эти институциональные «разрывы» приводят к снижению эффективности всей вертикали управления водопользованием (табл.3.1.2).

¹ См.: Экологический мониторинг почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель Хатлонской области // Институт почвоведения и агрохимии Академии сельскохозяйственных наук Таджикистана. - Душанбе, 2025. - 96 с.

Таблица 3.1.2

Структура функциональной эффективности уровней управления водными ресурсами

| Уровень управления | Ключевые функции | Фактическое выполнение | Основные проблемы | Оценка эффективности |
|---------------------|---|--|---|----------------------|
| Национальный | <ul style="list-style-type: none"> - формирование политики; - стратегическое планирование; - нормативно-правовое регулирование; - международная координация | <p>Стратегические документы утверждаются;</p> <p>Общая координация обеспечивается, но неполно</p> | <ul style="list-style-type: none"> - недостаточная глубина мониторинга; - слабая вертикальная согласованность с региональными структурами | Средняя |
| Бассейновый | <ul style="list-style-type: none"> - распределение лимитов; - контроль водности; - межрайонная координация; - ведение водного баланса | <p>Лимиты доводятся вовремя;</p> <p>Контроль частично систематизирован</p> | <ul style="list-style-type: none"> - отсутствие цифровых систем водочета; - конфликты между районами в период острого дефицита | Ниже средней |
| Региональный | <ul style="list-style-type: none"> - планирование подачи воды; - эксплуатация насосных станций; - ремонт каналов; - распределение ресурсов по районам | <p>Технические планы выполняются на 60-70 %;</p> <p>Мониторинг инфраструктуры проводится слабо</p> | <ul style="list-style-type: none"> - устаревшее оборудование; - недостаток специалистов; - низкий уровень финансирования | Ниже средней |
| Районный | <ul style="list-style-type: none"> - оперативная подача воды; - первичный водоучет; - взаимодействие с ВОА; - организация распределения | <p>Управление реактивное, а не плановое;</p> <p>Водоучет минимален</p> | <ul style="list-style-type: none"> - прозрачность данных низкая; - плохая координация с фермерами; - нехватка технических ресурсов | Низкая |
| Местный | <ul style="list-style-type: none"> - эксплуатация внутрихозяйственных сетей; - распределение воды по полям; - обратная связь с АВП | <p>Сети изношены;</p> <p>Распределение неравномерное;</p> <p>Учет отсутствует</p> | <ul style="list-style-type: none"> - недостаток компетенций; - нехватка инструментов; - высокий уровень потерь | Низкая |

Составлено автором

Институциональная среда управления водными ресурсами в сельском хозяйстве остается ключевым фактором устойчивости всей системы водопользования, однако ее функционирование сопровождается рядом значимых рисков и ограничений. При существующей многоуровневой структуре управления сохраняется проблема неполной интеграции непосредственных водопользователей в процесс принятия решений. Несмотря на развитие Ассоциаций водопользователей, степень участия фермеров и дехканских хозяйств в выработке управленческих решений остается ограниченной, что затрудняет формирование обратной связи и ослабляет механизмы совместного управления ресурсами.

Важным источником рисков выступают политико-экономические противоречия, возникающие внутри бассейновых систем, где интересы различных районов и хозяйств часто не совпадают. В условиях межсезонных колебаний водности такие противоречия усиливаются, что повышает вероятность конфликтов при распределении лимитов воды. Наиболее уязвимыми оказываются зоны, расположенные в нижнем звене оросительных систем, которые подвержены рискам систематической нехватки воды.

Одновременно сохраняются институциональные риски, связанные с неравномерностью межрайонного распределения водных ресурсов. Эта проблема усиливается из-за недостаточного развития механизмов горизонтальной координации между районными структурами управления водохозяйственного комплекса. Функции отдельных подразделений нередко дублируют друг друга или, напротив, остаются нераспределенными, что снижает оперативность управления и способствует институциональной фрагментации.

Слабая вовлеченность местных водопользователей в вопросах эксплуатации и обслуживания оросительных сетей также формирует дополнительные ограничения. Отсутствие устойчивых практик коллективной ответственности за состояние внутрихозяйственных каналов приводит к росту потерь воды, деградации инфраструктуры и снижению эффективности распределения ресурса. Данное обстоятельство усугубляется недостаточной правовой защищенностью Ассоциаций водопользователей, многие из которых функционируют на основе

устаревших уставных документов, не обеспечивающих им достаточной автономии и финансовой устойчивости.

Отдельного внимания требует проблема несоответствия тарифов фактическим затратам на подачу воды. Текущая тарифная политика не отражает реальные издержки, связанные с энергопотреблением насосных станций, ремонтом инфраструктуры и ведением учета, что снижает мотивацию хозяйствующих субъектов к рациональному использованию воды и усиливает финансовое давление на Ассоциаций водопользователей.

Совокупность обозначенных факторов формирует институциональный риск-фрейм, в котором усиливается неопределенность, возрастает вероятность конфликтов между уровнями управления и усложняется реализация стратегических задач модернизации водного сектора. В этих условиях институциональные ограничения становятся одним из главных барьеров повышения эффективности водопользования и требуют учета при разработке моделей управления и механизмов дальнейшего развития отрасли.

Создание и функционирование Ассоциаций водопользователей занимает особое место в современной системе управления водными ресурсами, поскольку именно на этом уровне осуществляется непосредственное взаимодействие между системой распределения воды и конечными пользователями. Ассоциаций водопользователей представляют собой локальные институты, которые обеспечивают эксплуатацию внутрихозяйственных сетей, организацию подачи воды и согласование интересов фермеров в условиях ограниченности ресурсов. Благодаря этому они становятся ключевым звеном между районными подразделениями водного хозяйства и сельскими хозяйствами, что придает им значимость в общей архитектуре институционального регулирования.

Фактически выполняемые функции Ассоциаций включают обслуживание внутрихозяйственных оросительных сетей, оперативное распределение воды между хозяйствами, ведение элементарного учета поступающей воды, участие в согласовании графиков подачи и контроль за состоянием отдельных участков каналов. Несмотря на наличие этих полномочий, их реализация сталкивается с

многочисленными ограничениями. Одной из наиболее существенных проблем остается ограниченность технических ресурсов: значительная часть АВП не располагает специализированным оборудованием, средствами мониторинга и достаточной материальной базой для обеспечения стабильной работы сети. Кроме того, кадровый потенциал Ассоциаций водопользователей ограничен, что проявляется в недостатке инженерных компетенций, умений проводить элементарную диагностику инфраструктуры и применять современные методы управления.

Особое значение имеет взаимодействие Ассоциаций с фермерскими хозяйствами и операторами водного хозяйства. Практика показывает, что коммуникация между этими участниками нередко носит эпизодический характер и зависит от личных договоренностей. В результате графики подачи воды не всегда согласуются с агротехнологическими требованиями, а информационная обратная связь оказывается фрагментарной. Ситуацию осложняет отсутствие прозрачных процедур водоучета, что снижает эффективность регулирования и создает предпосылки для конфликтов. Вследствие этого фактическая роль Ассоциаций водопользователей ограничивается оперативным реагированием, тогда как стратегическая функция управления остается нереализованной¹.

Финансовая устойчивость Ассоциаций также представляет собой важный фактор влияния на эффективность управления водными ресурсами. В большинстве случаев бюджеты АВП формируются за счет членских взносов фермеров, которые, как правило, не покрывают реальные расходы по содержанию сетей. Недостаточность финансовой базы приводит к невозможности проведения профилактических работ, обновления материалов, устранения мелких аварий, что в долгосрочной перспективе оборачивается ростом потерь воды и падением общей эффективности системы. Кроме того, отсутствие доступа к долгосрочным фи-

¹ См.: Водный баланс и гидрологическая устойчивость бассейнов Вахша и Кофарнигана // Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. - Душанбе, 2023. - 134 с.

нансовым инструментам ограничивает их возможности в модернизации сетей и внедрении современных технологий водоучета.

Отдельного внимания требуют вопросам технологической совместимости. Деятельность Ассоциаций водопользователей сопровождается использованием изношенной инфраструктуры, неоднородных материалов и различного уровня каналов, что затрудняет внедрение современных систем мониторинга и автоматизации подачи воды. В этих условиях Ассоциации оказываются неспособными интегрировать цифровые решения, необходимые для повышения прозрачности и оптимизации распределения водных ресурсов. Технологическая разнородность, отсутствие единой базы данных и несовместимость оборудования приводят к тому, что АВП не могут выполнять функцию институционального посредника на уровне, соответствующем современным требованиям устойчивого водопользования.

В целом анализ показывает, что Ассоциации водопользователей обладают значительным потенциалом влияния на рост эффективности водопользования, однако их фактическая роль существенно ограничена финансовыми, техническими, организационными и кадровыми барьерами. Укрепление их институционального статуса, повышение технической оснащенности и совершенствование механизмов взаимодействия с другими уровнями управления способны сформировать надвинутую основу для устойчивого функционирования системы распределения водных ресурсов в сельском хозяйстве региона.

В деятельности Ассоциаций водопользователей Хатлонской области наблюдается совокупность институциональных ограничений, которые формируют устойчивые барьеры для повышения эффективности водораспределения и эксплуатации внутрихозяйственных оросительных сетей. Эти ограничения проявляются одновременно на нормативном, организационном, техническом, финансовом и социальном уровнях, что приводит к усложнению процессов управления водными ресурсами и снижает способность АВП выполнять функции, предусмотренные законодательством. Особое значение приобретает проблема институциональной фрагментации, выраженная в пересечении полномочий различных

государственных и негосударственных структур, что усиливает разрывы в вертикальной и горизонтальной координации (табл.3.1.3).

Таблица 3.1.3

**Ключевые институциональные ограничения
деятельности АВП Хатлонской области**

| Категория ограничения | Содержание ограничения | Проявление в практике АВП |
|---|--|--|
| Правовые и нормативные | Недостаточная правовая определенность статуса АВП, пробелы в регламентации полномочий и ответственности | Трудности в заключении договоров; ограниченная возможность защиты прав в конфликтных ситуациях; зависимость от решений районных структур |
| Финансовые | Низкий уровень поступлений от членских взносов и услуг; отсутствие устойчивых источников финансирования | Хроническая нехватка средств на ремонт, обслуживание сетей, водоучет; зависимость от бюджетных субсидий и донорских проектов |
| Организационные | Недостаточная институциональная зрелость, слабая кадровая обеспеченность, отсутствие современных управленческих инструментов | Сложности с планированием подачи воды; низкое качество технического учета; слабая система внутреннего контроля |
| Технические | Изношенная внутрихозяйственная инфраструктура, отсутствие оборудования для учета и регулирования воды | Невозможность обеспечить равномерную подачу, рост потерь, неэффективное распределение внутри хозяйств |
| Информационные и цифровые | Недостаток прозрачных данных, отсутствие цифровых систем мониторинга | Разночтения в данных об объемах поданной воды; споры между пользователями; ограниченная аналитическая база |
| Социальные | Низкая вовлеченность водопользователей; ограниченное понимание функций АВП среди фермеров | Отсутствие доверия, слабая дисциплина оплаты; ограниченное участие фермеров в обсуждении распределения воды |
| Институциональная фрагментация | Дублирование функций с районными отделами и бассейновыми управлениями; отсутствие четкой вертикали ответственности | Конфликты при распределении лимитов; параллельные решения разных органов; сложности в координации |
| Экономические | Несоответствие тарифов реальным затратам на подачу и обслуживание воды | Неустойчивость финансовых потоков, невозможность обновления инфраструктуры; усиление долговой нагрузки на хозяйства |

Составлено автором

Совокупность перечисленных ограничений свидетельствует о том, что институциональная среда, внутри которой функционируют АВП, остается неод-

нородной и недостаточно адаптированной к требованиям современного водохозяйственного управления. При этом устойчивость деятельности ассоциаций определяется не только техническим состоянием оросительных сетей, но и качеством нормативного регулирования, доступностью финансовых ресурсов, степенью вовлеченности водопользователей и готовностью государственных структур к координации действий. Анализ выявленных ограничений позволяет в последующих подразделах более точно определить направления совершенствования институционального механизма управления водными ресурсами в сельском хозяйстве региона.

Институциональная система регулирования водных ресурсов в сельском хозяйстве региона функционирует в условиях сложного сочетания управленческих, технических, экономических и экологических факторов. При всей формальной стройности нормативно-правовой и организационной структуры, внутри нее сохраняются противоречия, которые затрудняют реализацию стратегических ориентиров, обозначенных в государственных программах развития аграрного сектора. Эти противоречия проявляются как на уровне вертикальной координации между государственными органами, так и на уровне взаимодействия бассейновых управлений, районных служб и Ассоциаций водопользователей.

Одним из наиболее существенных разрывов является несоответствие между функциями государственного управления и фактическими механизмами распределения воды. Формально лимиты доводятся сверху через бассейновые управления, однако их реализация на уровне районов зависит от технического состояния каналов, доступности насосного оборудования и фактических объемов стока. В результате плановые показатели не всегда совпадают с объемами воды, которые реально могут быть поданы сельхозпроизводителям в нужные периоды вегетации. Несоответствие между нормативным порядком распределения и практическими возможностями инфраструктуры усиливает дефицит воды в пиковые месяцы и порождает необходимость оперативных, неформальных решений, что снижает прозрачность всей системы. Дополнительное противоречие возникает между потребностями сельского хозяйства и реальными возможно-

стями оросительной инфраструктуры. Увеличение площади интенсивных культур с высокой водоемкостью сопровождается устареванием магистральных и внутрихозяйственных сетей, что создает дисбаланс между растущим спросом и снижающейся пропускной способностью. Ситуация осложняется различиями между северными и южными районами области. Южная часть региона располагает более компактными сетями, тогда как в северных районах из-за протяженности каналов и их заиленности потери воды существенно выше. Это приводит к институциональным разрывам в обеспеченности хозяйств и неоднородности условий производства.

Напряженность ситуации усиливается противоречием между экономическими интересами АВП и платежеспособностью фермеров. АВП нуждаются в стабильных платежах для ремонта каналов, модернизации оборудования и покрытия эксплуатационных расходов, однако многие мелкие хозяйства не могут обеспечить регулярные выплаты в условиях непредсказуемости водоснабжения и рыночных колебаний. Это делает финансовую базу АВП нестабильной и снижает их институциональную устойчивость. Фактическая зависимость от внешнего финансирования и донорских проектов приводит к тому, что АВП часто не способны выполнять часть своих функций, формально закрепленных в уставных документах.

Серьезным ограничением остается противоречие между экологической устойчивостью и производственной ориентацией хозяйств. Повышение водоемкости культур и расширение орошаемых площадей увеличивают нагрузку на почвы и водные экосистемы, тогда как институциональные механизмы экологического контроля пока развиты недостаточно. Отсутствие полноценного мониторинга засоления, уровня грунтовых вод и качества возвратных стоков, а также слабое включение экологических нормативов в планирование водоподачи создает риск долгосрочного ухудшения природных условий производства.

Наконец, институциональная система сталкивается с проблемой фрагментации: компетенции органов управления, АВП, коммунальных структур, мелиоративных служб и операторов распределены таким образом, что их границы не-

редко пересекаются. Это приводит к дублированию функций, снижению ответственности и усложнению координации действий. В условиях дефицита воды такая фрагментация превращается в фактор, тормозящий реакцию системы на быстро меняющиеся гидрологические условия водопользования.

Развитие системы управления водными ресурсами в сельском хозяйстве региона требует перехода от фрагментированной, преимущественно административно-ориентированной структуры к целостной институциональной модели, которая объединяет элементы управления на разных уровнях и обеспечивает согласованность действий всех участников водохозяйственного процесса. Анализ существующей практики, представленный в предыдущих подразделах, позволяет заключить, что ключевые ограничения связаны не только с техническими параметрами водоподачи, но, прежде всего, с дисфункциями институционального характера.

Институциональная модель управления водопользования строится на принципах многоуровневого управления, предполагающего распределение полномочий и ответственности между национальными органами, бассейновыми структурами, районными службами и Ассоциациями водопользователей. Национальный уровень формирует стратегические ориентиры, обеспечивает нормативное регулирование и координацию межотраслевых интересов. Бассейновый уровень отвечает за управление лимитами, балансировку потребления и фактический контроль водности. Районный уровень обеспечивает оперативное распределение воды и взаимодействие с АВП, тогда как местный уровень, представленный Ассоциациями водопользователей и фермерскими хозяйствами, реализует распределительные решения непосредственно в хозяйственной деятельности. Предлагаемая институциональная модель предполагает усиление горизонтальных и вертикальных взаимосвязей между уровнями управления водопользованием. Итоговая логика модели основана на формировании устойчивой институциональной архитектуры, где каждый уровень управления выполняет свою функцию, но действует в рамках единой информационной, организационной и правовой системы (табл. 3.1.4).

Таблица 3.1.4

**Матрица институционального обеспечения эффективности использования
водных ресурсов в сельском хозяйстве региона**

| УРОВЕНЬ / СВЯЗЬ | ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ | ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ | ОСНОВНЫЕ РАЗРЫВЫ | НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ |
|---------------------|---|-------------------------|---|---|
| НАЦИОНАЛЬНЫЙ | Политика, лимиты, регламенты | - | <ul style="list-style-type: none"> -фрагментарность данных о фактическом водопотреблении и водности бассейнов; -отсутствие единого цифрового национального водного кадастра; -слабая увязка национальных программ с ресурсными возможностями регионов; | <ul style="list-style-type: none"> -создание национальной системы цифрового мониторинга и кадастра водных ресурсов; -интеграция данных МЭВР, агентства по мелиорации; -разработка нормативов по совместному планированию экологических лимитов; |
| БАСЕЙНОВЫЙ | Распределение лимитов; контроль водности | Координация районов | <ul style="list-style-type: none"> -несоответствие между плановыми лимитами и фактической водностью; -недостаточный контроль возвратных вод и качества сбросов; -конфликты между районами в пиковые месяцы вегетации; -ограниченная возможность прогнозирования водности (нет сценарной аналитики); | <ul style="list-style-type: none"> -создание бассейновых платформ обмена данными “в реальном времени”; -внедрение бассейновых алгоритмов распределения воды на основе сценариев; -институционализация механизмов межрайонного урегулирования спорных ситуаций; |
| РЕГИОНАЛЬНЫЙ | Управление инфраструктурой | Взаимодействие служб | <ul style="list-style-type: none"> -высокий износ инфраструктуры, что снижает эффективность исполнения планов; -недостаток средств на профилактический ремонт и модернизацию насосных станций; -ограниченная кадровая подготовка персонала; -несоответствие между прогнозными нормами водопотребления и фактическими расходами. | <ul style="list-style-type: none"> -программы модернизации инфраструктуры (насосы, каналы, ГТС); -переход к среднесрочному планированию расходов воды с учетом климатических трендов; -введение единых стандартов технического мониторинга; -создание региональных центров компетенций по водным технологиям. |

| | | | | |
|--|------------------------------|--------------------|---|--|
| РАЙОННЫЙ | Распределение воды; учет | Координация АВП | <ul style="list-style-type: none"> – непрозрачность данных о фактических подачах и потерях; – «реактивный», а не прогнозный характер управления; – слабая связь с АВП и нехватка обратной связи от фермеров; – отсутствие единых механизмов оперативного перераспределения воды. | <ul style="list-style-type: none"> – внедрение приборов учета и цифровых журналов подачи воды; – переход к диспетчерскому управлению на основе графиков и датчиков уровня; – создание районных координационных советов; – повышение квалификации сотрудников районных служб. |
| АВП | Эксплуатация сетей | Взаимодействие АВП | <ul style="list-style-type: none"> – слабая финансовая самостоятельность; – невозможность обеспечивать техническое обслуживание сетей; – ограниченный доступ к информации о лимитах и прогнозах подачи; – недостаточное участие в планировании на районном и бассейновом уровнях. | <ul style="list-style-type: none"> – укрепление финансовой устойчивости (реформа тарифов, прозрачность платежей); – передача части технических функций (внутрихозяйственные сети) с поддержкой государства; – обучение АВП методам учета, распределения и мониторинга. |
| ДЕХКАНСКИЕ/ФЕРМЕРСКИЕ ХОЗЯЙСТВА | Рациональное водопользование | Обмен информацией | <ul style="list-style-type: none"> – недостаток информации о рациональных режимах полива; – слабая согласованность между соседними хозяйствами; – низкий уровень водосберегающих технологий; – ограниченность участия в институциональном диалоге. | <ul style="list-style-type: none"> – обучение фермеров технологиям эффективного полива и водосбережения; – создание микрогрупп водопользователей для согласованного распределения; – применение недорогих технологий мониторинга влажности (сенсоры, мобильные приложения). |

Разработка автора

Горизонтальные связи также представляют собой уязвимое звено. Межрайонное взаимодействие в пределах одного бассейна сохраняет преимущественно административный характер и недостаточно опирается на объективные данные мониторинга. Это объясняет высокую вероятность возникновения конфликтов в периоды пикового водопотребления, о чем свидетельствуют зафиксированные противоречия между отдельными районами в бассейнах Вахша и Пянджа. Отдельной проблемой является слабая интеграция Ассоциаций водопользователей в процессы оперативного планирования. Формально являясь звеном «ближнего» уровня, АВП часто не включены в процессы распределения воды и не обладают достаточными полномочиями для влияния на принятие решений.

Матрица также показывает, что институциональные звенья существенно различаются по уровню функциональной зрелости. Национальный уровень сохраняет высокий потенциал регулирования, однако его эффективность сдерживается слабой обратной связью. Бассейновый уровень имеет ключевое значение для балансировки интересов, но ограничен отсутствием современных инструментов аналитики и сценарного прогнозирования. Региональный уровень сталкивается с основным техническим бременем - износом каналов, насосных станций и недостаточной оснащенностью служб. Районный уровень испытывает дефицит данных и квалифицированных кадров, что формирует реактивный, а не проактивный характер управления. На уровне АВП и фермеров проявляются институциональные ограничения, связанные с финансовой несостоятельностью, неполным доступом к информации и низкой степенью участия в принятии решений.

Обобщая выявленные закономерности, следует заключить, что институциональная архитектура управления водными ресурсами функционирует в условиях высокой фрагментации. Отдельные элементы системы выполняют свои функции, но недостаточно связаны между собой, что снижает общую управленческую результативность и увеличивает вероятность системных сбоев. Именно это состояние институциональной разорванности формирует основу для даль-

нейшего анализа противоречий и разработки новой институциональной модели в последующих подразделах.

Ключевой идеей является необходимость сквозной цифровизации и интеграции данных, которые свяжут воедино все уровни. Параллельно с этим критически важны инвестиции в модернизацию физической инфраструктуры и, что не менее значимо в процессе развития человеческого капитала - от подготовки сотрудников районных служб до обучения фермеров водосберегающим технологиям. Синхронная работа по этим направлениям позволит плавно трансформировать существующую систему, сделав ее не только более технологически оснащенной, но и более гибкой, прозрачной и устойчивой к климатическим и экономическим вызовам.

Таким образом, институциональная среда регулирования водных ресурсов в сельском хозяйстве региона демонстрирует сочетание структурной многоуровневости и функциональной неоднородности, что определяет ее ключевые особенности и ограничения. В ходе анализа выявлено, что институциональная архитектура обладает базовыми организационными контурами, позволяющими формировать водную политику, распределять лимиты, обеспечивать эксплуатацию инфраструктуры и взаимодействовать с конечными пользователями. Однако фактическая эффективность этих контуров в значительной степени зависит от качества вертикальных и горизонтальных связей, уровня информационной согласованности, технической обеспеченности и реальной вовлеченности водопользователей. Наблюдаемая фрагментация ответственности, недостаточный уровень цифровизации, слабая интеграция водоучета и ограниченная функциональная зрелость отдельных звеньев приводят к тому, что институциональная система не в полной мере способна обеспечивать устойчивость и адаптивность водохозяйственного комплекса. Наиболее уязвимыми выступают районный и местный уровни, где проявляются дефицит кадров, нехватка технических ресурсов, недостаточная обратная связь и ограниченная способность к прогнозному управлению. В результате усиливаются риски несогласованности решений, нарастают потери воды и усложняются условия распределения ресурса между

хозяйствами. В совокупности выявленные особенности институциональной системы позволяют сформировать вывод о том, что повышение эффективности водопользования невозможно без комплексной трансформации управленческих механизмов. Требуется укрепление институциональной цельности, повышение прозрачности управленческих процедур, развитие цифровых инструментов мониторинга и водоучета, расширение участия водопользователей и модернизация инфраструктурной базы сельского и водного хозяйства.

3.2. Инвестиционные аспекты модернизации систем водопользования в сельском хозяйстве региона

Решение проблем устойчивого водопользования в сельском хозяйстве невозможно без системных инвестиционных вложений, охватывающих как модернизацию оросительной инфраструктуры, так и внедрение ресурсосберегающих технологий. Необходимо отметить, что текущий уровень износа магистральных и внутрихозяйственных сетей, ограниченность насосного оборудования, недостаточная автоматизация процессов подачи воды и слабая цифровизация управления формируют значительные барьеры для повышения эффективности аграрного сектора. При этом состояние водохозяйственного комплекса определяет не только стабильность сельскохозяйственного производства, но и его экологическую устойчивость, что делает инвестиционную составляющую ключевым элементом региональной водной политики.

В современных условиях возрастает потребность в новых формах финансирования, включая государственные инвестиционные программы, частные вложения и механизмы международной поддержки, которые способны обеспечить модернизацию инфраструктуры на технологически продвинутом уровне. Последнее особенно важно в связи с климатическими изменениями, увеличением водоемкости культур и ростом нагрузки на оросительные системы, что объективно требует перехода к капиталоемким и инновационным решениям. Таким образом, инвестиционная модернизация становится стратегическим направлением

ем развития водного хозяйства региона, определяя долгосрочные траектории экономической эффективности и устойчивости сельского хозяйства.

Развитие современного сельского хозяйства в условиях усиливающихся климатических колебаний, роста вододефицита и износа ирригационной инфраструктуры требует переосмысления принципов организации капитальных вложений в водохозяйственный комплекс. Решение проблем водопользования невозможно без формирования устойчивой инвестиционной базы, поскольку именно инвестиции определяют возможность обновления материально-технических элементов системы, внедрения инновационных технологий подачи воды и укрепления институциональных механизмов управления ресурсами. Следует отметить, что инвестиционная модернизация имеет комплексный характер и воздействует не только на технические параметры системы водоснабжения, но и на производственную динамику аграрного сектора, структуру затрат, устойчивость землепользования и экологическую стабильность. При этом результаты модернизации проявляются в длительной перспективе и требуют системного подхода к организации финансовых потоков, планированию ремонтно-восстановительных мероприятий и оценке их социально-экономической отдачи. При этом методические подходы к инвестициям в водохозяйственную инфраструктуру формируются на пересечении трех научных направлений: теории воспроизводства основных фондов, концепции природно-ресурсной экономики и институциональных моделей развития коммунальных и инфраструктурных систем¹. Последнее предопределяет необходимость более глубокого теоретико-экономического анализа роли капитальных вложений в формировании эффективных систем водопользования.

В научной традиции инвестиции в водную инфраструктуру рассматриваются как капиталобразующий актив, обеспечивающий рост производительности оросительных систем и увеличение отдачи от единицы воды. Нам представ-

¹ См.: Эффективные инвестиционные решения // Монография / М. С. Санталова, И. П. Гладилина, М. Ю. Погудаева [и др.]. - М.: Издательско-торговая корпорация Дашков и К, 2025. - 218 с.; Раевский, С. В. Региональные инвестиционные проекты в экономике региона / С.В. Раевский, А.В. Чешин.-М.: Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, 2023. - 264 с.

ляется, что такой подход особенно важен для регионов с высокой долей орошаемого земледелия, поскольку инвестиции в физическую инфраструктуру напрямую определяют уровень коэффициента полезного действия (КПД) оросительной сети, величину потерь, устойчивость подачи и стабильность аграрного цикла. Вместе с тем, экономическая теория подчеркивает мультипликативный эффект капитальных вложений. Обновление насосных станций, реконструкция магистральных и внутрихозяйственных каналов, бетонирование русел и внедрение систем дистанционного мониторинга создают условия для снижения эксплуатационных затрат, оптимизации энергетических расходов и повышения экономии воды на гектар орошаемой площади.

Международная практика, отраженная в исследованиях FAO, IWMI и World Bank, подтверждает, что инвестиции в ирригационные системы обладают высоким эффектом возврата в странах с аналогичными агроклиматическими условиями.¹ В работах этих организаций подчеркивается значимость следующих экономических механизмов: повышение маржинальности аграрного производства через сокращение потерь воды, повышение интенсивности землепользования, рост производительности культур за счет стабильности водообеспечения и оптимизация затрат благодаря модернизации энергетической инфраструктуры насосных станций. При этом инвестиции в водохозяйственный сектор рассматриваются как инструмент адаптации сельского хозяйства к изменению климата, поскольку они обеспечивают устойчивость водоподачи в условиях неравномерного стока и роста потребления воды.

На наш взгляд, теоретико-экономическую основу инвестиционной модернизации следует связывать также с концепцией институциональной эффективности. Инвестиции оказываются полноценным фактором развития системы только в том случае, если они сопровождаются изменениями в институциональной архитектуре управления водными ресурсами, включая улучшение координации между уровнями управления, повышение прозрачности водоучета, внед-

¹ См.: Food and Agriculture Organization. Modernization of Irrigation Systems. - Rome: FAO, 2017; International Water Management Institute. Water Productivity Framework. - Colombo: IWMI, 2018; World Bank. Water Security for Agriculture. - Washington, 2020.

рение современных систем планирования подачи воды и укрепление финансовой устойчивости АВП. Экономическая логика модернизации предполагает, что даже крупные капиталовложения не дадут эффекта при отсутствии институциональной согласованности и системного мониторинга эксплуатационных параметров.

Существует несколько типов инвестиций в водохозяйственные системы, что определяет разнообразие механизмов их реализации. Государственные инвестиции направлены преимущественно на реконструкцию стратегической инфраструктуры и модернизацию крупных гидротехнических сооружений. Частные инвестиции, как правило, ориентируются на внутриводохозяйственные сети, совершенствование методов полива и установку водосберегающего оборудования. Смешанные инвестиции формируются в рамках партнерских проектов государства, АВП и фермерских хозяйств. Отдельную роль играют институциональные проекты международных организаций, которые финансируют реконструкцию инфраструктуры, внедрение систем мониторинга и повышение компетентности региональных специалистов. Следовательно, инвестиционная модернизация водохозяйственного комплекса должна рассматриваться как ключевой элемент формирования устойчивой модели регионального сельского хозяйства.

Современное состояние водохозяйственной инфраструктуры региона формировалось под воздействием длительного недоинвестирования, фрагментарной модернизации и высокой нагрузки на существующие мощности. В результате фактический уровень инвестиционного обеспечения систем водопользования остается недостаточным для достижения устойчивого функционирования оросительных сетей, насосных станций и коллекторно-дренажных сооружений. По данным «Отчета о водопользовании в сельском хозяйстве Хатлонской области» (Агентство мелиорации и ирригации Республики Таджикистан, 2024), общий объем капитальных вложений в водохозяйственный комплекс в последние годы демонстрирует умеренный рост, однако их структура остается несбалансирован-

ной и не позволяет обеспечить устранение накопившихся технико-эксплуатационных проблем¹.

Финансирование водохозяйственной отрасли формируется за счет республиканского бюджета, донорских программ и целевых расходов Ассоциаций водопользователей. По оценкам институционального мониторинга, бюджетные ассигнования составляют порядка 55-60% всех инвестиций, тогда как международные проекты - около 30-35%, а вложения АВП - не более 8-10% ежегодных расходов. Такая пропорция показывает доминирование государства и внешних доноров при крайне ограниченной роли самих водопользователей, что сдерживает формирование устойчивой инвестиционной модели.

Степень физического износа инфраструктуры остается высокой: по данным Агентства, в 2024 году износ магистральных каналов превышает 55%, межхозяйственных - около 48%, насосных станций - более 60%, что приводит к потерям воды, увеличению энергозатрат и росту эксплуатационных рисков. Несмотря на ежегодные работы по восстановлению и ремонту, доля модернизированных участков остается низкой: лишь 12-14% магистральной сети и около 18-22% насосных станций прошли полноценную реконструкцию за последние десять лет. Это свидетельствует о структурном инвестиционном дефиците, который по расчетам специалистов Института экономики и демографии Национальной Академии наук Таджикистана составляет порядка 35-40% от необходимого объема капитальных вложений². Данные о динамике инвестиционной активности, охватывающая период 2015-2024 гг. и отражающая уровни расходов на мелиорацию и ирригацию приведены в табл. 3.2.1.

¹ Отчет о водопользовании в сельском хозяйстве Хатлонской области // Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан. - Душанбе, 2024. - URL: <https://www.alri.tj/ru/news/agency-news> (дата обращения: 15.03.2025).

² См.: Исследование вопросов инновационного развития экономики Республики Таджикистан / Я. П. Довгялло, М. Т. Каримова, Д. Т. Назаров [и др.]. - Душанбе // Институт экономики и демографии НАНТ, 2024. - 629 с.

Таблица 3.2.1

**Динамика инвестиционных расходов на мелиорацию и ирригацию
в Хатлонской области за 2015-2024 гг., млн. сомони**

| Год | I | II | III | IV | V |
|---|-----|----|-----|-----|---|
| 2015 | 68 | 22 | 6 | 96 | Начальный этап активизации внешней поддержки системы мелиорации; запуск подготовительных работ по оценке состояния насосных станций и каналов, основные инвестиции направлялись на устранение хронических дефектов в распределительных сетях. |
| 2016 | 71 | 24 | 7 | 102 | Рост доли государственного бюджета вследствие принятия комплекса программ по реконструкции гидромелиоративных сооружений; расширение проектной документации для модернизации насосных станций в северной части области. |
| 2017 | 75 | 28 | 7 | 110 | Усиление инфраструктурных проектов в бассейнах Вахша и Кофарнигона; донорские средства направлялись на очистку магистральных и межхозяйственных каналов; начало пилотного внедрения водоучетных приборов на отдельных участках. |
| 2018 | 82 | 31 | 8 | 121 | Расширение работ по восстановлению насосных станций, модернизация электрооборудования, укрепление русел и ремонт бетонных лотков, увеличение инвестиций связано с ростом нагрузки на оросительные системы из-за изменения структуры посевов |
| 2019 | 90 | 34 | 8 | 132 | Интенсивное развитие проектов АБР и Всемирного банка по улучшению оросительных систем; значительное внимание уделялось проектам по снижению потерь воды, частичной автоматизации подачи и повышению эффективности насосных станций. |
| 2020 | 93 | 36 | 9 | 138 | Сдержанный рост инвестиций в условиях пандемии; значительная часть средств направлялась на аварийно-восстановительные работы, увеличились расходы АВП из-за роста стоимости электроэнергии и ремонтных материалов. |
| 2021 | 96 | 38 | 9 | 143 | Возобновление модернизационных программ после пандемии; обновление насосных агрегатов на ряде станций, внедрение новых методик водоучета в некоторых районах, однако общая эффективность еще оставалась низкой |
| 2022 | 100 | 40 | 10 | 150 | Начало модернизации отдельных участков магистральных каналов, включая бетонирование проблемных зон, расширение донорской поддержки в рамках климатических проектов; инвестиции стали более целевыми и ориентированными на снижение потерь. |
| 2023 | 108 | 42 | 10 | 160 | Рост затрат, обусловленный увеличением цен на электроэнергию и материал для ремонта; акцент на техническое обслуживание насосного оборудования; усиление работ по предотвращению засоления в южной части региона |
| 2024 | 112 | 45 | 11 | 168 | Максимальный уровень инвестиций за весь десятилетний период; рост финансирования модернизации магистральных и межхозяйственных каналов; сохраняется системный инвестиционный дефицит, отражающий высокий износ инфраструктуры и недостаточный уровень частных вложений. |
| Примечание: I - государственный бюджет; II - донорские проекты; III - расходы АВП; IV - всего инвестиций; V - комментарии. | | | | | |

Составлено по: Строительство в Республике Таджикистан // Статистический сборник. - Душанбе, АСПРТ, 2025. - 66 с.; Отчет о водопользовании в сельском хозяйстве Хатлонской области. - Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан. - Душанбе, 2024. - URL: <https://www.alri.tj/ru/news/agency-news> (дата обращения: 15.03.2025).

Представленные данные позволяют сделать вывод о том, что инвестиционная динамика в водохозяйственный сектор Хатлонской области характеризуется постепенным, но недостаточным ростом. Несмотря на увеличение суммарного объема финансовых вложений в 2015-2024 гг., их распределение остается несбалансированным: доминирование государственных средств и донорских программ указывает на ограниченную способность институциональных и частных субъектов участвовать в модернизации инфраструктуры. Это формирует зависимость отрасли от внешних источников финансирования и снижает устойчивость инвестиционного процесса. Анализ показывает, что на протяжении всего периода сохраняется существенный разрыв между потребностями инфраструктуры и фактическими вложениями. Рост доли донорских проектов свидетельствует о повышении внимания международных организаций к проблемам водопользования, однако реализация таких проектов зачастую ограничена рамками пилотных территорий, что не позволяет в полной мере устранить системные проблемы износа. При этом расходы АВП остаются минимальными, что отражает недостаточную финансовую самостоятельность водопользовательских структур и ограниченный масштаб их участия в инвестиционных процессах.

Эффективность инвестиционной политики в водохозяйственном комплексе определяется тем, насколько рационально выбираются направления вложений и насколько они коррелируют с текущими техническими ограничениями, экономическими потерями и экологическими рисками. В современных условиях, когда оросительная инфраструктура Хатлонской области функционирует при высоком износе, возрастающей нагрузке и выраженной пространственной дифференциации обеспеченности водой, инвестиционные приоритеты должны отражать не только техническую целесообразность, но и фактическую структуру ограничений, выявленную в предшествующих подразделах.

Представляется, что ключевым направлением модернизации остается обновление насосных станций, поскольку именно их состояние определяет устойчивость водоподдачи на значительной части территории. Большинство насосных агрегатов работают на предельных нагрузках, их КПД остается низким, а энер-

гозатраты - высокими. При этом модернизация насосов не только снижает эксплуатационные издержки, но и повышает стабильность водоснабжения, что оказывает прямое влияние на производительность сельского хозяйства.

Не менее значимым направлением выступает бетонирование и реконструкция магистральных и межхозяйственных каналов. Вследствие заиления, фильтрационных потерь и разрушения откосов значительная часть подаваемой воды теряется по пути к конечным потребителям. На отдельных участках эти потери достигают 25-35%, что делает работу системы крайне неэффективной. Модернизация каналов обеспечивает сокращение потерь, улучшает качество распределения воды и позволяет снизить нагрузку на насосные станции.

Особое место в структуре инвестиционных приоритетов занимает развитие систем водоучета. В условиях отсутствия точных данных о подаче, распределении и фактическом потреблении воды любые решения относительно тарифов, восстановительных работ, лимитов подачи или модернизации остаются приблизительными. Введение современных приборов учета, цифровых журналов, дистанционных датчиков и интегральных платформ мониторинга позволяет значительно повысить прозрачность управления водопользованием, уменьшить потери и оптимизировать эксплуатационные расходы.

Важным направлением является реконструкция коллекторно-дренажной сети, поскольку ее неудовлетворительное состояние усиливает процессы вторичного засоления, увеличивает уровень грунтовых вод и приводит к деградации пахотных земель. Восстановление дренажных систем имеет долгосрочный эффект и способствует сохранению почвенного потенциала региона.

Для систематизации инвестиционных направлений разработана матрица инвестиционных приоритетов и ожидаемой экономической отдачи, отражающая влияние каждого направления на ключевые параметры эффективности (табл. 3.2.2). Как видно, наиболее значимый эффект достигается за счет модернизации насосных станций и реконструкции магистральных и межхозяйственных каналов.

Таблица 3.2.2

Матрица инвестиционных приоритетов и ожидаемая экономическая отдача

| Инвестиционный приоритет | Техническая эффективность | Экономическая эффективность | Ожидаемая экономическая отдача | Комментарий |
|---|---|--|---|---|
| Модернизация насосных станций | - повышение КПД на 12-18%; - снижение аварийности; - стабильность подачи воды в пиковые периоды. | - снижение энергозатрат на 18-25%; - сокращение расходов авп; - снижение стоимости подачи 1 м ³ воды. | - рост стабильности орошения; - повышение урожайности за счет своевременных поливов. | - ключевой элемент модернизации; - особенно значим для низинных районов. |
| Бетонирование и реконструкция каналов | - снижение фильтрационных потерь на 20-30%; - повышение коэффициента доставки воды. | - повышение эффективности распределения; - снижение повторных подач. | - увеличение полезного отпуса воды конечным пользователям; - рост доходности фермеров. | - критично для северной зоны хатлона, где высокая степень заиливания; - формирует долгосрочный технический эффект. |
| Системы водоучета и цифровизация | - сокращение неучтенных потерь на 10-15%; - повышение точности подачи воды. | - оптимизация тарифов; - снижение межхозяйственных конфликтов; - улучшение финансовой дисциплины. | - экономия до 8-12% воды; - повышение управляемости и прозрачности системы. | - стратегический элемент; - без цифрового учета невозможно устойчивое управление. |
| Реконструкция коллекторно-дренажной сети | - снижение уровня грунтовых вод; - устранение застойных зон. | - снижение затрат на восстановление почв; - стабилизация урожайности. | - среднесрочный эффект: укрепление агроландшафтов; - улучшение качества почв. | - требует высокой координации и крупных вложений; - влияет на устойчивость земледелия в горизонте 5-10 лет. |
| Водосберегающие технологии полива | - снижение водопотребления на 25-45%; - повышение равномерности поливов; - снижение переувлажнения. | - рост урожайности на 15-25%; - экономия энергии; - сокращение затрат на обслуживание. | - высокая окупаемость - быстрая, особенно в садах и овощебахчевых. | - требует субсидий; - особенно перспективно для южной зоны с острым дефицитом воды. |

Составлено автором

Эти направления обеспечивают максимальное сокращение потерь воды, повышение коэффициента полезного действия системы и снижение затрат на ее эксплуатацию. Вместе с тем, цифровизация водоучета и внедрение автоматизированных систем распределения воды формируют основу для прозрачного, управляемого и экономически оправданного водопользования, создавая новые институциональные условия устойчивости аграрного сектора. Также внимание следует обратить на реконструкцию коллекторно-дренажной сети, которая, при меньшей краткосрочной экономической отдаче, обеспечивает ключевые экологические эффекты, связанные с предотвращением засоления и стабилизацией уровня грунтовых вод.

В целом матрица свидетельствует о том, что повышение эффективности водопользования в регионе требует сочетания капиталоемких проектов (насосные станции, каналы) и институционально-технологических мер (водоучет, цифровизация, водосберегающие технологии). При этом только комплексная структура инвестиций позволяет обеспечить устойчивую модернизацию водохозяйственной инфраструктуры и улучшить качество водообеспечения сельского хозяйства на долгосрочной основе.

Следует отметить, что современные процессы модернизации водохозяйственной инфраструктуры региона протекают в условиях сложной совокупности финансовых, институциональных, технологических и правовых ограничений, существенно замедляющих реализацию инвестиционных программ. Наиболее существенным препятствием остается недостаточность долгосрочных источников финансирования. Так, по данным Министерства энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан, доля капитальных вложений, направляемых непосредственно на обновление насосных станций и реконструкцию оросительных сетей, в среднем не превышает 35-40% от потребности¹, тогда как расчеты Агентства мелиорации и ирригации Республики Таджикистан свидетельствуют о необходимости увеличения этого объема как минимум в 2,0-2,5 раза для дости-

¹ См.: Состояние и эксплуатация гидросооружений в Республике Таджикистан. Информационный материал. - Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. - Душанбе, 2024. - URL: <https://www.mewr.tj/?lang=ru> (дата обращения: 22.06.2025).

жения минимальных технических стандартов¹. Ситуация осложняется тем, что текущие механизмы бюджетного финансирования преимущественно ориентированы на краткосрочные затраты - аварийные ремонты, сезонную подготовку и поддержание функционирования существующих объектов, - что не позволяет формировать устойчивую инвестиционную траекторию.

На институциональном уровне значимым ограничителем выступает фрагментация управленческих функций между национальными, бассейновыми, региональными и районными структурами. Исследование Я.Э. Пулатова и его коллег показывает, что отсутствие устойчивых вертикальных и горизонтальных механизмов координации приводит к несогласованности инвестиционных приоритетов и неравномерности распределения ресурсов между территориями². Между бассейновыми управлениями и районными операторами нередко возникает несоответствие между плановыми объемами водоподачи и техническими возможностями инфраструктуры, что усиливает неопределенность для потенциальных инвесторов.

С экономической точки зрения положение усугубляется низкой платежеспособностью значительной части фермерских хозяйств. По данным Министерства сельского хозяйства Республики Таджикистан, около 45-50% хозяйств ежегодно сталкиваются с трудностями выполнения обязательных платежей, что ограничивает возможности внедрения капиталоемких технологий - капельного полива, модернизированных насосных агрегатов или реконструированных дренажных систем³. Это создает эффект «инвестиционного замыкания», при котором низкая финансовая устойчивость препятствует переходу к более эффективным моделям водопользования.

¹ Отчет о водопользовании в сельском хозяйстве Хатлонской области // Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан. - Душанбе, 2024. - URL: <https://www.alri.tj/ru/news/agency-news> (дата обращения: 15.03.2025).

² См.: Пулатов, Я. Э. Интегрированное управление водными ресурсами Таджикистана / Я. Э. Пулатов, Я. П. Барбара, Ш. Я. Пулатов // Водные ресурсы, энергетика и экология. - 2023. - Т. 3, № 1. - С. 14-24.

³ О состоянии использования водных ресурсов в сельском хозяйстве // Аналитический отчет. - Министерство сельского хозяйства Республики Таджикистан. - Душанбе, 2024. - URL: <https://egov.tj/site/selxoz?lang=ru> (дата обращения: 14.01.2025).

Технологические барьеры выражаются в значительном износе оборудования: по оценкам Агентства по мелиорации и ирригации Республики Таджикистан, средний возраст насосных станций в ряде районов превышает 28-30 лет, что приводит к низкому коэффициенту полезного действия и увеличению эксплуатационных расходов¹. Одновременно ощущается дефицит квалифицированных кадров - операторов насосных систем, инженеров-энергетиков, специалистов по автоматизированным системам учета воды. Это существенно ограничивает способность региона к освоению и адаптации современных технологий, что неоднократно отмечено в аналитических отчетах Института экономики и системного анализа сельского хозяйства ТАСХН.

Наконец, правовые и тарифные ограничения создают дополнительный институциональный риск. Действующие тарифы на подачу воды лишь частично покрывают фактические расходы на эксплуатацию и ремонт инфраструктуры, что приводит к нарастающему финансовому дисбалансу. Недостаток нормативно закреплённых стимулов для частных инвесторов и слабая защита долгосрочных инвестиционных обязательств ограничивают приток внебюджетного капитала, несмотря на объективную необходимость диверсификации источников финансирования².

В совокупности указанные барьеры формируют устойчивую систему ограничений, препятствующих модернизационной трансформации водохозяйственного комплекса региона. Их воздействие носит взаимосвязанный характер: финансовые ограничения усиливают технологическое отставание, институциональная фрагментация снижает эффективность планирования, а слабая тарифная политика подрывает инвестиционную привлекательность сектора.

¹ Состояние мелиоративных и ирригационных систем в Республике Таджикистан. Информационный бюллетень. - Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан (ALRI). - Душанбе, 2024. - URL: <https://www.alri.tj/ru/news/agency-news> (дата обращения: 23.04.2025).

² См.: Оценка площадей развития капельного орошения и обводнения пастбищ с применением солнечных систем водоснабжения в Таджикистане / Р. Рахматиллоев, Д. Х. Домуллоджанов, Ф. М. Рахматиллоев, Х. Д. Солехбоев // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук. - Душанбе, 2024. - № 3(81). - С. 127-134.

В целом, современное состояние водохозяйственных систем региона показывает, что устойчивое развитие сельского хозяйства невозможно без системной модернизации инфраструктуры и институциональных механизмов регулирования. При этом фрагментарные меры, ограниченные рамками отдельных проектов или локальных ремонтов, практически не приводят к устойчивому снижению потерь воды, улучшению технико-экономических коэффициентов и повышению экологической стабильности агроландшафтов. Возникает необходимость комплексной инвестиционной модели, которая объединяет технические, управленческие, институциональные и финансовые аспекты в единую систему.

Анализ динамики инвестиционной обеспеченности и степени износа инфраструктуры в Хатлонской области показывает, что ключевым препятствием является дисбаланс между уровнями управления: стратегические решения формируются на национальном уровне, но фактическая эксплуатация инфраструктуры осуществляется районными службами и Ассоциациями водопользователей. Между этими уровнями отсутствует устойчивая вертикальная связность, а горизонтальное взаимодействие между районами и бассейнами ограничено. В таких условиях инвестиционные ресурсы распределяются неравномерно, что приводит к усилению локальных дефицитов воды, непредсказуемости подачи и росту затрат на 1 м³ воды.

Решение этой проблемы связано с формированием четырехуровневой архитектуры управления инвестициями, где каждый уровень получает четкие функции, критерии отбора проектов и систему обратной связи. Национальный уровень выполняет стратегическую и ресурсную функцию; бассейновый - балансирующую и координационную; районный - технико-исполнительскую; уровень АВП - эксплуатационно-оперативную. Такая структуризация позволяет увязать инвестиционные решения с реальным состоянием водных объектов, показателями технической эффективности, износом оборудования, засолением и актуальными потребностями фермерских хозяйств (табл.3.2.3).

Таблица 3.2.3

Дорожная карта инвестиционной модернизации систем водопользования в сельском хозяйстве региона

| УРОВЕНЬ УПРАВЛЕНИЯ | Инвестиционные механизмы | Критерии распределения инвестиций | Ключевые индикаторы состояния водохозяйственных систем | Ожидаемые институциональные и экономические эффекты |
|----------------------|--|--|---|--|
| НАЦИОНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ | <ul style="list-style-type: none"> - государственный бюджет; целевые госпрограммы; - финансирование ifad, adb, wb, fao; - государственные гарантии; - налогово- таможенные стимулы | <ul style="list-style-type: none"> - стратегическая значимость объекта; - потенциал сокращения системных потерь; - соответствие стратегиям развития; - масштаб репликации технологий; - влияние на водную и энергетическую безопасность | <ul style="list-style-type: none"> - степень износа насосных станций; - потери в магистральных каналах; - доля объектов, требующих реконструкции; - уровень цифрового водоучета; - количество критических участков | <ul style="list-style-type: none"> - снижение системных потерь; - повышение энергетической и водной эффективности; - унификация стандартов; - улучшение вертикальной координации; - рост инвестиционной привлекательности |
| БАСЕЙНОВЫЙ УРОВЕНЬ | <ul style="list-style-type: none"> - проектное финансирование; - бассейновые фонды; - грантовые программы; - межрайонные инициативы; - исследовательские партнерства | <ul style="list-style-type: none"> - приоритетность бассейна; - риск деградации инфраструктуры; - межрайонное значение объекта; - водный дефицит; - экологическая нагрузка | <ul style="list-style-type: none"> - коэффициент водообеспеченности; - эффективность межрайонного распределения; - доля аварийных участков; - уровень засоренности дренажа; - потери между магистралью и распределителем | <ul style="list-style-type: none"> - снижение межрайонных потерь; - улучшение баланса распределения воды; - повышение эффективности бассейнового управления; - трансфер инноваций; - снижение конфликтности |
| РАЙОННЫЙ УРОВЕНЬ | <ul style="list-style-type: none"> - местные бюджеты; - кооперативные фонды; - микрофинансирование; - районные гчп- проекты; - лизинг оборудования | <ul style="list-style-type: none"> - экономическая отдача; - влияние на продуктивность угодий; - состояние вторичных каналов; - наличие обслуживающей компетенции; - индекс эксплуатационной надежности | <ul style="list-style-type: none"> - степень износа вторичных каналов; - засоренность дренажа; - доля водосберегающих технологий; - внутрисетевые потери; - частота аварийных ремонтов | <ul style="list-style-type: none"> - рост урожайности; - сокращение эксплуатационных затрат; - стабильность водоснабжения; - повышение локальной ответственности; - улучшение управляемости ресурсами |
| УРОВЕНЬ АВП | <ul style="list-style-type: none"> - взносы водопользователей; - малые гранты; - тарифные стимулы; - кооперация фермеров; - самофинансирование текущего обслуживания | <ul style="list-style-type: none"> - эффективность работы авп; - самоорганизация фермеров; - цифровизация водоучета; - дисциплина распределения воды; - потенциал снижения внутрисетевых потерь | <ul style="list-style-type: none"> - утечки в распределительных каналах; - своевременность обслуживания; - охват водоучетными приборами; - уровень конфликтности. | <ul style="list-style-type: none"> - улучшение дисциплины водопользования; - уменьшение конфликтов; - снижение расходов на воду; - рост прозрачности; - повышение эффективности распределения |

Составлено автором

Концептуальная новизна данного подхода (дорожной карты) заключается в том, что инвестиционный поток распределяется не по административному принципу, а по критериям функциональной деградации систем водопользования, включая: уровень фильтрационных потерь, коэффициент полезного действия насосных станций, водоемкость культур, степень засоления почв и частоту аварий. Это создает единый интегральный алгоритм приоритизации, в рамках которого наиболее ресурсозатратные и неэффективные звенья системы получают приоритетное финансирование.

Важное место занимает блок инвестиционных механизмов, включающий как традиционные бюджетные источники, так и гибкие финансовые инструменты - проекты донорских организаций, механизмы государственно-частного партнерства, кооперативные инициативы АВП и фермеров. Такая диверсификация снижает зависимость от единственного источника и создает многоуровневую финансовую устойчивость модернизационных процессов.

Институциональная логика дорожной карты основана на комбинированном использовании вертикальных и горизонтальных связей. Вертикальные связи обеспечивают стратегическое единство решений, а горизонтальные - позволяют бассейновым управлениям и районным подразделениям обмениваться информацией о водном балансе, нагрузке на насосы, технических потерях и состоянии каналов. Это создает предпосылки для перехода от реактивного к предиктивному управлению водными ресурсами.

Таким образом, данный подход представляет собой комплексную архитектуру, в которой инвестиционные решения основаны на объективных индикаторах технического состояния инфраструктуры, водных и экологических рисках, а также платежеспособности и организационном потенциале водопользователей. Она формирует технологически и экономически обоснованный контур модернизации, обеспечивающий повышение эффективности водоподачи, снижение инфраструктурных рисков и укрепление институциональной устойчивости сектора.

Прогнозирование результатов модернизации водохозяйственных систем представляет собой важный элемент оценки эффективности предлагаемых инвестиционных решений. В условиях сохраняющегося высокого уровня физического износа инфраструктуры, значительных потерь воды и ограниченных возможностей текущего финансирования возникает необходимость сопоставить возможные траектории развития системы при различных масштабах инвестиций. Для этого целесообразно использовать сценарный подход, позволяющий оценить чувствительность ключевых технических и экономических индикаторов к изменениям объема капиталовложений.

В рамках прогнозных расчетов рассматриваются три возможные траектории развития до 2035 года:

- инерционный вариант, основанный на сохранении уровня инвестиций, характерного для 2024 года;

- сценарий умеренного роста, предусматривающий расширение финансирования реконструкции насосных станций, каналов и внедрение водосберегающих технологий;

- сценарий ускоренной модернизации, предполагающий масштабное обновление оборудования, цифровизацию водоучета и полноценный переход к современным системам управления водными потоками.

Каждый из сценариев по-разному влияет на КПД подачи воды, себестоимость водоподачи, уровень потерь и водоемкость сельскохозяйственного производства.

Прогнозные значения рассчитаны с использованием индикаторной модели, основанной на зависимости эффективности инфраструктуры от уровня инвестиций. В соответствии с общими принципами ресурсосберегающих моделей международных программ IFAD и ADB, изменения КПД, себестоимости и потери воды представлены как функции, пропорциональные инвестиционному индексу, отражающему темпы модернизации. Такой подход позволяет определить, в какой степени прирост капиталовложений трансформируется в снижение тех-

нических потерь, уменьшение эксплуатационных затрат и рост эффективности использования воды в сельском хозяйстве региона.

Полученные результаты показывают, что при сохранении существующего уровня инвестиций улучшения в параметрах системы водопользования будут носить ограниченный характер: КПД подачи возрастает минимально, потери воды сокращаются лишь незначительно, а себестоимость остается практически неизменной. В то же время умеренное наращивание инвестиций обеспечивает более существенный эффект: возрастает доля реконструированных каналов и насосных станций, что приводит к заметному сокращению потерь воды, снижению себестоимости подаваемого объема и улучшению водоемкости основных культур. Наиболее выраженные положительные изменения достигаются при реализации сценария ускоренной модернизации. В этом случае прогнозируется увеличение КПД до уровня выше 80%, двукратное уменьшение потерь воды по сравнению с исходным состоянием, а также значительное снижение себестоимости водоподачи вследствие энергосбережения и обновления оборудования. Дополнительным результатом становится расширение применения цифровых инструментов мониторинга, что обеспечивает повышение прозрачности водораспределения и снижение конфликтности между водопользователями. Обобщающие данные, отражающие динамику ключевых технико-экономических параметров до 2035 года, приведены в табл. 3.2.4.

Сравнение сценариев убедительно показывает, что при ускоренном варианте модернизации водохозяйственной инфраструктуры достигаются существенно более высокие технико-экономические параметры, что подтверждает необходимость активизации инвестиционной политики в данном секторе и последовательного перехода от локальных ремонтных мероприятий к системному обновлению всей водоподающей сети региона.

В целом, проведенные расчеты демонстрируют, что умеренный сценарий инвестирования обеспечивает значимые улучшения в технических и экономических параметрах системы водопользования, однако только ускоренная модернизация позволяет добиться системных эффектов: двукратного сокращения потерь,

снижения себестоимости подачи воды почти на треть и существенного роста КПД. Кроме того, ускоренный сценарий создает условия для широкого внедрения цифровых технологий и повышения водной продуктивности сельского хозяйства. Прогнозные оценки подтверждают необходимость последовательной реализации модернизационных проектов и активизации инвестиционной политики в водохозяйственном секторе региона.

Таблица 3.2.4

Прогноз изменения технических и экономических показателей водопользования в сельском хозяйстве при различных сценариях инвестирования до 2035 г.

| Показатель | 2024 (база) | Базовый сценарий, 2035 | Умеренный рост, 2035 | Ускоренная модернизация, 2035 |
|--|-------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|
| КПД подачи воды, % | 62 | 65 | 72 | 81 |
| Себестоимость 1 м ³ , сомони | 0,87 | 0,84 | 0,72 | 0,58 |
| Потери воды в сети, % | 38 | 34 | 26 | 17 |
| Водоемкость основных культур, м ³ /га | 8 900 | 8 300 | 7 200 | 6 200 |
| Энергоемкость подачи, кВт·ч/м ³ | 0,46 | 0,43 | 0,37 | 0,31 |
| Доля цифрового учета, % от площадей | 14 | 22 | 47 | 78 |

Расчеты автора

Таким образом, инвестиционная составляющая выступает определяющим условием модернизации водохозяйственной инфраструктуры и повышения эффективности водопользования в аграрном секторе региона. При этом выявлены серьезные ограничения текущей модели финансирования, которые препятствуют переходу от частичных ремонтных мероприятий к последовательной реконструкции всей системы подачи и распределения воды. Совокупность технических, организационных и финансовых узких мест образует ситуацию, при которой даже при наличии стратегических программ развитие инфраструктуры остается фрагментарным и недостаточно синхронизированным с реальными потребностями сельскохозяйственных производителей. Вместе с тем, анализ демонстрирует, что расширение и оптимизация инвестиционных потоков способны

обеспечить качественно иную динамику инфраструктурного обновления. Даже умеренное наращивание вложений создает эффект ускоренного восстановления утраченных функций системы, снижает потери воды, укрепляет эксплуатационную надежность и повышает эффективность использования природных ресурсов. Однако для устойчивого и долгосрочного эффекта необходим не столько количественный рост инвестиций, сколько изменение их институциональной конфигурации. Существующая архитектура управления водохозяйственным комплексом не обеспечивает достаточной согласованности между уровнями принятия решений, не формирует экономических стимулов к рациональному водопользованию и не позволяет привлекать более диверсифицированные источники финансирования. Результаты анализа подтверждают необходимость формирования новой институционально-финансовой модели, ориентированной на стратегическую модернизацию инфраструктуры и повышение водной продуктивности сельского хозяйства. Такая модель должна опираться на многоуровневое планирование, объективные критерии инвестиционного отбора, усиление роли водопользователей и расширение механизмов партнерства с частным сектором и международными организациями. В этом случае инвестиции смогут выполнять не только компенсаторную функцию, замещая изношенные элементы системы, но и трансформирующую, обеспечивая инновационный сценарий развития водохозяйственного комплекса и укрепляя экономическую устойчивость региона.

3.3. Государственно-частное партнерство в сфере водопользования и улучшения экологической среды

Эффективное водопользование в сельском хозяйстве аридных регионов определяется не только уровнем технической оснащенности ирригационной инфраструктуры, но и наличием устойчивых механизмов финансирования, эксплуатации и модернизации водохозяйственных систем. В условиях ограниченности бюджетных ресурсов, высокой степени износа оросительных сетей, нехватки современных технологий и возрастающих климатических рисков государственно-частное партнерство (ГЧП) приобретает статус стратегического инструмента

обеспечения экологической и экономической устойчивости водопользования. В мировой практике ГЧП рассматривается как эффективный механизм объединения институциональных возможностей государства и инвестиционного потенциала частного сектора, позволяющий ускорить модернизацию водохозяйственной инфраструктуры, повысить качество услуг и обеспечить экологическую безопасность аграрного производства.

Актуальность использования ГЧП в водном хозяйстве Хатлонской области обусловлена несколькими объективными факторами. Во-первых, более 60-70% потерь воды в регионе связано с физическим износом каналов, отсутствием гидроизоляции, недостаточной механизацией и низким уровнем учета распределения воды. Во-вторых, растущая водоемкость аграрного сектора и высокая зависимость урожайности от надежности ирригационных систем формируют необходимость привлечения долгосрочных инвестиций, недоступных в рамках только бюджетного финансирования. В-третьих, усиливающееся воздействие климатических изменений, включая рост засушливости и увеличение вариативности стока, требует внедрения инновационных подходов - цифровизации мониторинга, энергосбережения, модернизации насосных станций и переработки дренажных вод - которые в мировой практике успешно реализуются через механизмы ГЧП.

Мировая практика показывает, что государственно-частное партнерство широко применяется в водохозяйственных системах как инструмент привлечения долгосрочных инвестиций. Развитые страны ориентируются на цифровизацию, автоматизацию, энергоэффективность и стандартизацию сервисных услуг, тогда как развивающиеся государства используют ГЧП, прежде всего, для привлечения капитала, восстановления каналов, оптимизации потерь и повышения доступности водных услуг в сельских районах. Систематизация международного опыта позволяет выделить восемь основных моделей, каждая из которых обладает собственными преимуществами, экологическими эффектами и различной степенью применимости к региону исследования. Обобщение данных моделей представлено в таблице 3.3.1.

Таблица 3.3.1.

Мировые модели ГЧП в водном хозяйстве и их применимость к условиям региона

| Модель ГЧП | Характеристика модели | Примеры стран | Экологический и технологический эффект | Степень применимости к Хатлонской области |
|--|--|--------------------------------|--|--|
| СЕРВИСНЫЙ КОНТРАКТ | Частная компания выполняет отдельные функции: эксплуатация насосных станций, технический мониторинг, ремонт оборудования. | Испания, Франция, Австралия | Повышение качества обслуживания, снижение потерь воды, внедрение технических стандартов | Высокая. Актуально для обслуживания насосных станций, мониторинга каналов, цифровых датчиков |
| АРЕНДА И УПРАВЛЕНИЕ | Частный оператор управляет инфраструктурой, собирает тарифы, отвечает за снижение потерь воды. Инвестиции остаются на государстве. | Франция, Италия, Южная Корея | Снижение операционных потерь, повышение прозрачности распределения воды, улучшение учета | Средняя-высокая. Эффективно для управления распределительными сетями и ВОА |
| ВОТ (BUILD-OPERATE-TRANSFER) «СТРОЙ - ЭКСПЛУАТИРУЙ - ПЕРЕДАЙ» | Частный инвестор строит объект, эксплуатирует в течение срока, затем передает государству. Используется для крупных проектов. | Израиль, Сингапур, Австралия | Строительство очистных сооружений, переработка сточных и дренажных вод, опреснение | Высокая. Перспективно для модернизации крупных каналов и очистных систем |
| МОДЕЛЬ «ИНФРАСТРУКТУРА В ОБМЕН НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПРАВА» | Частный сектор осуществляет модернизацию за свой счет, получая право управлять объектом. | Китай, Вьетнам | Быстрое обновление каналов, сокращение утечек, повышение энергоэффективности | Высокая. Подходит для реконструкции магистральных каналов и насосных агрегатов |
| ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ МОДЕЛЬ ГЧП (ЛОКАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ) | Частные компании обслуживают локальные оросительные системы, капельное орошение. | Индия, Египет, Марокко | Улучшение водного баланса, снижение засоления, точное орошение | Очень высокая. Подходит для фермерских хозяйств и ВОА |
| ESCO-МОДЕЛЬ (ЭНЕРГОСЕРВИСНЫЙ КОНТРАКТ) | Частный сектор модернизирует энергозатратные насосные станции и получает часть экономии энергии как доход. | США, Турция, Китай | Снижение энергозатрат 20-40 %, уменьшение выбросов, повышение надежности | Высокая. Особенно важно для Хатлона, где насосы потребляют до 35-45 % затрат |
| ГЧП В ЦИФРОВИЗАЦИИ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА | Частные компании внедряют цифровые платформы (система «умной ирригации»). | Израиль, Австралия, Нидерланды | Прозрачность водного баланса, снижение несанкционированного отбора воды | Очень высокая. Наиболее перспективная модель для региона |
| ЛОКАЛЬНЫЕ ГЧП С УЧАСТИЕМ АВП | Ассоциации водопользователей участвуют в эксплуатации, обслуживании объектов совместно с частным сектором. | Индия, Пакистан, Вьетнам | Рост дисциплины водопотребления, уменьшение конфликтов за воду | Высокая. Прямая адаптация для сельских джамоатов Хатлона |

Составлено автором

Представленные в таблице модели демонстрируют, что государственно-частное партнерство в водохозяйственном секторе может принимать как минимальные формы участия частного оператора (сервисные контракты), так и комплексные инвестиционно-строительные схемы (BOT: Build-Operate-Transfer (Строй - эксплуатируй - передай), BOOT: Build-Own-Operate-Transfer (Строй - владей - эксплуатируй - передай), DBFO: Design-Build-Finance-Operate (Проектируй - строй - финансируй - эксплуатируй)), предусматривающие значительный перенос рисков на частный сектор и последующую передачу инфраструктуры государству.

Особого внимания заслуживают модели цифровизации водопользования и энергосервисные контракты, которые во многих странах стали ключевыми элементами перехода к более экологически устойчивому и технологически оснащенному управлению водными ресурсами.

Анализ показывает, что для Хатлонской области наибольший потенциал имеют модели, обеспечивающие одновременно снижение потерь воды, повышение точности распределения, энергоэффективность насосных станций и улучшение экологического состояния оросительных систем. Это, прежде всего, сервисные контракты, децентрализованные формы ГЧП на уровне ассоциаций водопользователей, цифровые модели партнерства, а также концессионные механизмы, применимые к крупным гидротехническим объектам и очистным сооружениям. Для условий Хатлонской области сочетание нескольких моделей, от локальных сервисных контрактов до крупных концессионных соглашений, может обеспечить комплексную модернизацию водохозяйственных систем и устойчивое улучшение экологической среды в сельском хозяйстве.

Следует отметить, что потенциал применения ГЧП в модернизации водопользования региона формируется под воздействием целого ряда экономических, институциональных и технологических факторов. На первый взгляд, может показаться, что масштабы инвестиционной потребности в водохозяйственной инфраструктуре слишком велики для частного сектора, однако именно значительный износ каналов, высокая энергоемкость насосных станций и потребность

в цифровизации создают объективный спрос на механизмы ГЧП. Вода остается ключевым производственным ресурсом для сельского хозяйства, и потому любая форма повышения эффективности водоподачи автоматически повышает инвестиционную привлекательность соответствующих проектов.

Немаловажное значение имеет тот факт, что в регионе существует очевидная заинтересованность фермерских хозяйств в снижении потерь воды, стабилизации подачи и переходе к более водосберегающим методам орошения. Это формирует определенную основу для сервисных контрактов и локальных форм партнерства, особенно там, где объекты небольшие и не требуют крупных первоначальных вложений. Вместе с тем, растущая нагрузка на насосные станции делает особенно перспективными энергосервисные модели, позволяющие частным операторам модернизировать оборудование за счет будущей экономии электроэнергии. Международный опыт показывает, что такая форма ГЧП снижает энергопотребление в среднем на 20-40 %, что для условий Хатлонской области имеет значительный экономический эффект.

Тем не менее, возможности применения ГЧП не ограничиваются только эксплуатационными услугами. Другой формой участия частного сектора становится создание цифровых систем мониторинга, включая установку датчиков расхода воды, автоматизированных гидростов и интеллектуальных счетчиков. В мировой практике подобные проекты реализуются как отдельные сервисные контракты или как элементы более крупных концессионных соглашений. Для региона с недостаточным уровнем учета воды и значительной фрагментацией данных такие решения представляют стратегический интерес. Между тем, именно цифровизация является драйвером повышения экологической устойчивости, поскольку прозрачность распределения воды способствует сокращению потерь и контролю за несанкционированным водоотбором.

Следует подчеркнуть, что наличие поддержки международных организаций также открывает дополнительные возможности для ГЧП. Так, ФАО, АБР, Всемирный банк и ИФАД активно финансируют проекты, связанные с восстановлением ирригационной инфраструктуры, внедрением водосберегающих тех-

нологий и цифровых систем управления. Это снижает финансовые риски частного сектора и позволяет государству масштабировать модернизацию. Однако привлечение инвесторов возможно только при наличии четко определенной ответственности сторон, методики распределения рисков и стабильной нормативной базы. Именно институциональная неопределенность остается одним из ключевых ограничений развития ГЧП в регионе.

При этом фрагментированность системы управления водными ресурсами, включающей, бассейновые управления, районные службы и ассоциации водопользователей, создает определенные сложности в определении границ ответственности и принятии решений. Наличие большого числа участников водохозяйственной системы усложняет структурирование проектов и уменьшает предсказуемость операционных результатов. Однако даже в этих условиях локальные проекты - особенно на уровне ВОА - демонстрируют высокую адаптивность к формам партнерства и готовность участвовать в эксплуатации модернизированных объектов.

Тем не менее, нельзя не учитывать и финансовые ограничения. Тарифы за водные услуги остаются низкими, и уровень платежной дисциплины водопользователей не всегда обеспечивает покрытие эксплуатационных расходов. В таких условиях крупные инвестиционно-строительные модели, включая BOT/BOOT/DBFO, требуют государственной поддержки и механизмов компенсации. Отсутствие современных схем тарификации и экономических стимулов замедляет внедрение ГЧП, особенно на уровне магистральных каналов и крупных насосных станций. На наш взгляд, постепенное повышение прозрачности тарифной политики и усиление экономической мотивации водопользователей могут расширить возможности для частного участия.

Однако ключевым барьером остается недостаток достоверных данных о фактическом состоянии инфраструктуры. Значительная часть каналов не имеет точных техпаспортов, а гидросты функционируют частично или отсутствуют. Без объективной оценки потерь воды, прогнозов потребления и расчетов окупаемости сложно формировать долгосрочные инвестиционные соглашения. Вместе

с тем, отдельные пилотные проекты показывают, что частные операторы готовы участвовать в реконструкции и эксплуатации объектов при условии получения доступа к информации и определения стабильных правил взаимодействия.

В целом следует заключить, что в регионе сформирован целый комплекс условий, позволяющих использовать ГЧП для модернизации водохозяйственной инфраструктуры и улучшения экологической устойчивости агроландшафтов. Тем не менее, успешность подобных проектов зависит от устранения институциональных ограничений, совершенствования нормативной базы, укрепления компетенций районных служб и расширения экономических стимулов для частного сектора. Вместе с тем, имеющиеся возможности позволяют утверждать, что ГЧП может стать неотъемлемым элементом стратегии развития водопользования региона в среднесрочной перспективе, особенно при интеграции сервисных, цифровых и концессионных моделей.

Следует отметить, что практическая применимость механизмов государственно-частного партнерства в водохозяйственном комплексе региона определяется не только общими тенденциями модернизации, но и типологией самих моделей взаимодействия государства и частного сектора. На наш взгляд, систематизация этих моделей с учетом особенностей сельского хозяйства региона позволяет выработать авторскую классификацию, которая отражает реальную структуру водных систем, ресурсную обеспеченность и характер технологических проблем.

Вместе с тем, водохозяйственная инфраструктура региона состоит из разноуровневых элементов - магистральных каналов, распределительных сетей, насосных станций, внутриводохозяйственных оросительных линий и локальных объектов водоподачи. Именно поэтому модели ГЧП должны быть дифференцированы по масштабу объектов и по характеру участия частного партнера. Такая дифференциация становится ключевым критерием предлагаемой авторской классификации.

Первая модель, которую можно выделить, связана с реконструкцией магистральных и крупнокалиберных распределительных каналов. Здесь частный

оператор берет на себя функции строительства или модернизации с последующей эксплуатацией в течение установленного срока. Такая форма, по сути, воспроизводит логику концессионных соглашений, однако адаптируется к сельскохозяйственным условиям тем, что включает элементы экологического мониторинга, обязательства по снижению потерь воды и требования по качеству гидротехнических работ. Однако для внутрихозяйственных сетей подобная модель не всегда оптимальна - в них задействованы другие механизмы.

Вторая модель относится к локальным водораспределительным системам, где на первый план выходит эксплуатационная составляющая. Здесь другой формой участия частного сектора становится сервисная эксплуатация - обслуживание оборудования, текущий ремонт, восстановление мелких каналов и организация водораспределения на уровне джамоатов или ВОА. При этом подобная модель не требует крупных инвестиций, но обеспечивает существенный эффект за счет повышения управляемости и дисциплины водопользования.

Следует подчеркнуть, что отдельное место занимает модель ГЧП, основанная на внедрении цифровых технологий. Она включает установку интеллектуальных счетчиков, автоматизированных гидростов, датчиков уровня воды и систем дистанционного мониторинга. Между тем, цифровая модель отличается тем, что частный оператор предоставляет не инфраструктуру, а услугу - обработку данных, контроль распределения, программное сопровождение. В этом и состоит ее ключевое преимущество для региона, где прозрачность водного баланса является одним из слабых звеньев.

Еще одной моделью становится энергосервисный формат ГЧП, ориентированный на модернизацию насосных станций. Здесь частный партнер инвестирует в замену насосов, установку частотных преобразователей и модернизацию электротехнической части, а его доход формируется из достигнутой экономии энергоресурсов. Такая модель особенно важна в условиях рельефного разнообразия и высокой зависимости региона от насосного водоподъема.

Другой моделью, имеющей стратегическое значение, является ГЧП в сфере очистки и повторного использования дренажных вод. Она отличается тем, что

направлена не только на повышение технологической эффективности, но и на улучшение экологической устойчивости. Частный оператор получает плату за переработку или регенерацию воды, а государственный сектор - снижение антропогенной нагрузки на почвы и водные источники.

Важно также отметить, модель локального партнерства, основанного на взаимодействии частного инвестора с ассоциациями водопользователей. Такая модель является наиболее адаптированной к условиям сельских районов, поскольку предполагает участие фермерских хозяйств в распределении обязанностей по эксплуатации и контролю водных объектов. Она позволяет компенсировать недостаток государственного финансирования и укрепляет коллективную ответственность за состояние инфраструктуры.

Таким образом, авторская классификация объединяет несколько уровней моделей ГЧП: капиталоемкие концессионные проекты для крупных объектов; сервисные модели - для локальных сетей; цифровые модели - для мониторинга и контроля; энергосервисные - для насосных станций; экологические - для обработки и повторного использования воды; а также модели локального партнерства на основе участия АВП. На наш взгляд, комбинированное использование этих моделей создает устойчивую платформу для модернизации водного хозяйства региона и позволяет адаптировать механизмы ГЧП к реальным возможностям сельскохозяйственных производственных систем.

Следует отметить, что внедрение механизмов государственно-частного партнерства в водохозяйственный комплекс региона оказывает многостороннее воздействие как на экологическое состояние агроландшафтов, так и на социально-экономическое развитие сельского хозяйства. Эти эффекты проявляются уже на ранних этапах реализации проектов, поскольку модернизация инфраструктуры и повышение качества управления водными ресурсами немедленно отражаются на производственных процессах, структуре расходов, устойчивости почв и уровне водообеспеченности сельскохозяйственных территорий.

Вместе с тем, экологические результаты ГЧП становятся особенно значимыми в условиях аридного климата и высокой уязвимости почв к деградации.

Однако ключевым эффектом остается сокращение потерь воды в каналах и распределительных сетях, что достигается за счет гидроизоляции, реконструкции гидротехнических сооружений и внедрения автоматизированных систем распределения. Снижение потерь в верхних звеньях системы приводит к уменьшению объемов избыточного полива и снижает риск вторичного засоления, которое является одним из главных факторов деградации земель в южных районах региона. Между тем, цифровые решения, реализуемые в рамках ГЧП, позволяют обеспечить точность подачи воды и снижение человеческого фактора, что существенно уменьшает уровень несанкционированного отбора и неэффективного использования ресурсов.

На наш взгляд, немаловажное значение имеет и влияние ГЧП на стабилизацию водного режима сельскохозяйственных угодий. Модернизированные насосные станции и распределительные узлы обеспечивают равномерность подачи воды в вегетационный период, что позволяет уменьшить стресс растений от перебоев водообеспечения и увеличить устойчивость посевов к климатическим колебаниям. Более того, улучшение состояния дренажных систем, особенно в рамках моделей ГЧП, ориентированных на очистку и повторное использование дренажных вод, снижает уровень подтопления земель и способствует сохранению качества почвенного покрова.

Однако экологические эффекты не исчерпываются только восстановлением физических характеристик инфраструктуры. Другой важной формой влияния становится снижение антропогенной нагрузки на водные ресурсы благодаря внедрению технологий точного орошения, операторское сопровождение которых часто осуществляется частным партнером. Более оптимальное распределение воды ведет к уменьшению объемов стока, снижению концентрации загрязняющих веществ и повышению устойчивости локальных экосистем. При этом в районах с высоким уровнем засоления модернизация каналов и уменьшение фильтрационных потерь позволяют существенно снизить поступление солей в грунтовые воды.

Социально-экономические эффекты внедрения ГЧП проявляются не менее интенсивно. Следует отметить, что повышение эффективности водопользования ведет к росту урожайности сельскохозяйственных культур и снижению себестоимости продукции за счет оптимизации расходов на воду, электроэнергию и обслуживание инфраструктуры. Частные операторы, внедряя новые технологии, привносят в сельскую экономику управленческие и технические компетенции, что способствует распространению современных подходов к водному менеджменту. Между тем, стабильность подачи воды и прогнозируемость графиков орошения позволяют фермерам более точно планировать структуру посевов и переходить к более прибыльным культурам, что усиливает диверсификацию экономики сельских районов.

Важно учесть, что ГЧП влияет не только на производственные показатели, но и на социальную структуру сельских сообществ. Создание новых рабочих мест в сфере эксплуатации модернизированных объектов, обслуживание цифровых систем, развитие сервисных компаний и подрядных организаций способствует увеличению занятости населения. Кроме того, участие ассоциаций водопользователей в партнерских проектах усиливает коллективную ответственность за состояние инфраструктуры и способствует формированию культуры рационального водопользования, что в долгосрочной перспективе повышает устойчивость сельской экономики.

Вместе с тем, один из наиболее значимых эффектов ГЧП заключается в повышении устойчивости региона к климатическим рискам. Современные модели управления, использующие цифровые платформы и прогнозные алгоритмы, позволяют более точно распределять лимиты воды, оперативно реагировать на изменения стока и предотвращать конфликтные ситуации между водопользователями. Таким образом, ГЧП становится инструментом адаптации сельского хозяйства к долгосрочным изменениям климатических условий.

Таким образом, экологические и социально-экономические эффекты внедрения ГЧП формируются как результат взаимодействия технологических инноваций, институциональных улучшений и экономических стимулов. На наш

взгляд, именно сочетание этих факторов объясняет устойчивый интерес к партнерским моделям в странах с ограниченными водными ресурсами. В условиях региона ГЧП обеспечивает не только модернизацию инфраструктуры, но и создание механизма, способного поддерживать экологическое равновесие, повышать производительность сельского хозяйства и укреплять социальную устойчивость сельских территорий.

Следует отметить, что современная система водопользования региона функционирует в условиях сочетания высоких технологических рисков, возрастающего дефицита водных ресурсов и необходимости перехода к экологически ориентированным методам управления. В таких условиях традиционные административные механизмы регулирования оказываются недостаточными для обеспечения комплексной модернизации водохозяйственной инфраструктуры. На наш взгляд, именно государственно-частное партнерство способно сформировать новую модель взаимодействия участников водного сектора, в рамках которой инвестиции, инновации и экологические стандарты объединяются в единую систему управления.

Вместе с тем, анализ предыдущих подразделов показывает, что применимость отдельных моделей ГЧП зависит от множества факторов - от масштабов объекта и его технического состояния до характера водного дефицита и организационной готовности местных структур. Однако эти различия не исключают возможности формирования единой концептуальной структуры, способной объединить различные формы партнерства и обеспечить их взаимодополняемость. Именно такую структуру представляет предлагаемая авторская концепция ГЧП в сфере модернизации водопользования региона (табл.3.3.2).

Ключевой идеей данной концепции является переход от фрагментарной модернизации водохозяйственных объектов к системному управлению водным циклом на основе принципов эффективности и партнерства.

Таблица 3.3.2

**Концепция государственно-частного партнерства в сфере модернизации
водопользования региона**

| Уровень водохозяйственной системы | Форма ГЧП | Степень участия государства | Степень участия частного сектора | Степень участия АВП | Ключевые механизмы | Ожидаемые эффекты |
|--|---------------------------------------|---|---|---|--|--|
| Магистральные каналы и крупная инфраструктура | Концессия ВОТ/ВООТ/DBFO | - стратегический контроль | - инвестиции, модернизация, эксплуатация | - участие в мониторинге подачи воды; - контроль | - долгосрочные концессии, инвестиционные соглашения | - снижение потерь воды; - уменьшение фильтрации; - улучшение экологического состояния земель |
| Насосные станции и затратные объекты | Энерго-сервисная модель (ЕСКО) | - установление тарифов; - обеспечение доступа к объекту; | - замена насосов; - автоматизация; - снижение энергопотребления | - контроль качества подачи воды; | - контракты на основе экономии; - платежи по результатам | - снижение энергозатрат; - повышение устойчивости подачи воды; - снижение выбросов CO ₂ |
| Распределительные сети среднего уровня | Сервисная эксплуатация | - закрепление обязательств; - нормативное сопровождение | - ремонт, обслуживание, оптимизация водораспределения | - соучастие в эксплуатации; - дисциплина водопользования | - контракты на обслуживание, крї по снижению потерь | - уменьшение избыточного полива; - стабилизация водного режима |
| Внутрихозяйственные каналы | Локальные ГЧП | - поддержка воа; - правовое сопровождение | - локальная модернизация; | - сбор платежей; - контроль распределения; | - публичные договоры; | - повышение эффективности внутрихозяйственного водопользования; |
| Цифровые системы мониторинга | IT-партнерство | - обеспечение доступа к объектам | - установка датчиков; - создание цифровых платформ; | - использование информационных сервисов; | - цифровые платформы; | - прозрачность водообеспечения; - снижение конфликтов |
| Дренажные и экологические объекты | Экологическое ГЧП | - экологический контроль; - нормативы качества воды | - проектирование и эксплуатация станций очистки | - контроль состояния почв; - участие в эксплуатации | - контракты за экологический результат; - «зеленые» инструменты | - снижение засоления; - улучшение качества почв; - сокращение негативного воздействия |

Разработка автора

При этом инфраструктура рассматривается не как набор разрозненных каналов, насосных станций и распределительных узлов, а как единая многоуровневая система, в которой каждый элемент требует специфической формы ГЧП. Между тем, такая системность предполагает установление взаимосвязей между капиталоемкими проектами, операционными услугами, цифровыми решениями и экологическими компонентами, что позволяет обеспечивать адаптивность и устойчивость всей водохозяйственной сети.

Другой центральной составляющей концепции является распределение функций между государством, частным сектором и ассоциациями водопользователей. Государство сохраняет стратегический контроль, задает экологические стандарты, обеспечивает правовую поддержку и контроль выполнения обязательств. Частный сектор, однако, берет на себя ответственность за внедрение технологических решений, эксплуатацию оборудования, модернизацию инфраструктуры и цифровую обработку данных. При этом ВОА выступают как структурный компонент партнерства, обеспечивая обратную связь, мониторинг воды на локальном уровне и дисциплину водопользования. Такая трехзвенная структура позволяет сбалансировать интересы всех участников и минимизировать управленческие риски.

Представленная модель демонстрирует, что механизмы ГЧП могут быть адаптированы к каждому уровню водохозяйственной системы, обеспечивая многоуровневую интеграцию технологий, финансовых инструментов и институциональных решений. Следует отметить, что ее ключевое преимущество заключается в сочетании различных форм партнерства - от капиталоемких концессионных соглашений до цифровых сервисных моделей, - что позволяет обеспечить комплексную модернизацию водопользования в регионе. Вместе с тем многоуровневость обеспечивает баланс интересов государства, частного сектора и ассоциаций водопользователей, формируя устойчивую основу для повышения эффективности использования водных ресурсов и улучшения экологической среды в регионе.

Следует отметить, что успешность внедрения государственно-частного партнерства в сфере модернизации водопользования региона определяется комплексом институциональных, экономических, технологических и социальных условий, каждое из которых оказывает влияние на реализацию проектов ГЧП. Ключевым фактором становится наличие устойчивой нормативно-правовой базы, обеспечивающей предсказуемость обязательств сторон, прозрачность процедур и стабильность условий инвестирования. Без этого, механизмы партнерства теряют привлекательность для частного сектора, поскольку риски нормативных изменений становятся чрезмерно высокими.

Немаловажное значение имеет институциональная координация между государственными структурами, ассоциациями водопользователей, местными органами власти и частными операторами. Успешность ГЧП предполагает также сочетание частных инвестиций, бюджетных механизмов поддержки и международных финансовых инструментов. Важно, чтобы финансовые схемы были адаптированы к специфике сельского хозяйства: низкой платежной способности большинства водопользователей, сезонности доходов и высокой чувствительности к климатическим колебаниям. На наш взгляд, именно гибкая система тарифов, механизмов компенсаций и субсидирования позволяет поддерживать привлекательность ГЧП для инвесторов при сохранении доступности услуг для фермеров.

Важно учитывать и технологический уровень готовности инфраструктуры к модернизации. На многих водохозяйственных объектах отсутствуют техпаспорта, данные о фактических потерях воды и показатели состояния каналов, что существенно затрудняет формирование инвестиционных моделей. Тем не менее, именно наличие достоверной информации является основой для расчета окупаемости, прогнозирования расходов и определения оптимального распределения рисков. В таких условиях обязательным элементом успешности ГЧП становится предварительная техническая инвентаризация объектов, осуществляемая либо государством, либо в рамках подготовки к проекту частным оператором.

Не менее важным условием выступает готовность региона к внедрению цифровых технологий. Эффективное ГЧП предполагает использование автоматизированных систем мониторинга, интеллектуальных счетчиков и цифровых платформ для планирования и контроля водораспределения. При этом цифровизация не только повышает прозрачность водного баланса, но и создает условия для объективной оценки результатов работы частного партнера. На наш взгляд, цифровые критерии становятся основой для перехода к принципам оплаты за результат (payment for performance), что усиливает мотивацию частного сектора повышать качество услуг. На наш взгляд, только сочетание этих условий создает потенциал для формирования эффективной, устойчивой и адаптивной системы водопользования, способной отвечать на вызовы климатических изменений и обеспечивать долгосрочное развитие сельского хозяйства региона.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что государственно-частное партнерство в сфере модернизации водопользования региона является ключевым инструментом перехода от фрагментарной реконструкции водохозяйственных объектов к системному управлению водными ресурсами на принципах эффективности, экологичности и технологической адаптивности. Детальный анализ возможностей и ограничений ГЧП в регионе показал, что частный сектор способен эффективно участвовать как в реконструкции крупных объектов, так и в модернизации локальных систем, если обеспечены прозрачность тарифной политики, стабильность нормативных требований и экономическая мотивация. Вместе с тем применение различных моделей ГЧП дает неодинаковые результаты: капиталоемкие концессионные проекты способствуют снижению потерь воды, энергосервисные решения - повышению энергоэффективности насосных станций, цифровые модели - улучшению контроля распределения воды, а экологические проекты - снижению антропогенной нагрузки на почвы и водные источники. Эти различия подтверждают необходимость перехода к многоуровневой системе партнерства. Новая концепция ГЧП представляет собой интегрированную модель многоуровневого взаимодействия государства, частного сектора

и ассоциаций водопользователей. На наш взгляд, эта модель отражает не только технологическую структуру водохозяйственного комплекса, но и институциональные особенности управления водными ресурсами. Она позволяет объединить капитальные проекты, цифровые решения, сервисные функции и экологические регуляторы в единую архитектуру модернизации, обеспечивающую баланс интересов всех участников и устойчивость водопользования. Разработанная концепция ГЧП является не только механизмом привлечения инвестиций, но и инструментом формирования современной, экологически ориентированной системы водопользования. В сочетании с цифровыми и организационными инновациями предложенная концепция создает основу для устойчивой модернизации водохозяйственного комплекса региона и способствует переходу к более рациональному и эффективному использованию водных ресурсов в регионе.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Проведенные исследования позволили сформулировать следующие основные выводы и предложения.

1. Устойчивое водопользование в сельском хозяйстве региона предполагает необходимость формирования экономически и экологически обоснованной системы управления водными ресурсами, способной обеспечивать стабильность аграрного производства в условиях аридного климата, ограниченного стока и усиливающейся нагрузки на ирригационно-мелиоративный комплекс. Структурные особенности водохозяйственного сектора, включая высокий уровень износа инфраструктуры, фрагментарность институциональной среды, неэффективность существующих механизмов распределения и контроля, а также нарастающая климатическая вариативность обуславливают необходимость модернизации действующей системы регулирования, ориентированной на повышение результативности использования каждого кубометра воды. При этом выявленные тенденции указывают на то, что достижение устойчивого водопользования невозможно без синхронизации экономических стимулов, технологических решений, экологических ограничений и организационно-управленческих механизмов, обеспечивающих согласованность действий всех участников водных отношений на уровне хозяйств, районов и бассейновых систем.

2. Рассмотрение теоретических основ повышения эффективности водопользования в сельском хозяйстве региона позволяет отметить, что вода утрачивает статус неограниченного ресурса и становится ключевым эколого-экономическим фактором устойчивого развития аграрного сектора. Обосновано, что климатические изменения, рост антропогенной нагрузки и усиление конкуренции за водные ресурсы формируют новую парадигму водопользования, где рациональное использование воды выступает необходимым условием поддержания экологического равновесия и требует комплексного регулирования.

3. Анализ принципов и условий регулирования водопользования в сельском хозяйстве аридного региона показывает, что система управления формиру-

ется на стыке международно-правовых норм, экономических и экологических ограничений, а также институциональных требований координации. Принципы водопользования выступают методологическими ориентирами распределения и охраны ресурсов в условиях климатической уязвимости. Экологические принципы определяют пределы вмешательства, а институциональные обеспечивают адаптивность управления и согласование интересов.

4. Существенный вклад в развитие комплексного подхода вносят авторские принципы, ориентированные на многоуровневую координацию, инвестиционно-инновационное обеспечение, государственно-частное партнерство и адаптивное управление рисками. Эффективность регулирования в аридных регионах в целом определяется не отдельными мерами, а системной интеграцией правовых, экономических, экологических и институциональных принципов, а также наличием условий, обеспечивающих их практическую реализуемость.

5. Анализ зарубежных моделей регулирования использования водных ресурсов в сельском хозяйстве показал, что мировая практика сформировала комплексный набор инструментов, обеспечивающих устойчивость водного менеджмента в условиях нарастающего дефицита воды, климатической нестабильности и увеличения нагрузки на аграрные экосистемы. При этом устойчивость аграрного водопользования достигается за счет комбинации правового регулирования, экономической мотивации, технологической модернизации и децентрализации управления, при которой фермерские объединения становятся активным элементом и использования распределения водных ресурсов.

6. Анализ современного состояния водных ресурсов и водного хозяйства региона показывает, что водно-ресурсная база остается одним из ключевых определяющих факторов функционирования аграрного сектора, однако ее текущий потенциал существенно ограничен совокупностью структурных, технологических и климатических вызовов. Динамика водообеспеченности свидетельствует о возрастающем давлении на водные источники в условиях расширения орошаемых площадей. Между тем, технический износ ирригационной инфра-

структуры формирует устойчивый дефицит управляемой воды и увеличивают уязвимость аграрного производства. Институциональная разрозненность управления усиливает диспропорции между спросом и предложением воды в сельском хозяйстве.

7. Комплексная оценка эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Хатлонской области показывает, что итоговая результативность водопользования формируется под воздействием взаимосвязанных технических, экономических, экологических, социальных и институциональных факторов, каждая группа которых выявляет собственные ограничения и структурные особенности региональной водохозяйственной системы. Экономическая эффективность характеризуется выраженной дифференциацией: отдача воды в тепличном секторе, садоводстве и виноградарстве значительно превосходит показатели хлопчатника и зерновых культур, что указывает на необходимость корректировки структуры посевов в пользу более маржинальных направлений.

8. Анализ экологических аспектов использования водных ресурсов в сельском хозяйстве региона показали, что экологическая устойчивость агроэкосистем формируется под воздействием совокупности природных, техногенных и институциональных факторов, усиливающих уязвимость водно-земельных систем в условиях аридного климата и высокой водозависимости аграрного производства. Современная модель водопользования характеризуется высокой нагрузкой на экосистемы: значительные водозаборы в пик вегетации, загрязнение возвратными и дренажными водами, нерегулярность поливов, нарушение норм водооборотности, истощение поверхностных стоков и деградация малых рек приводят к трансформации гидрологического режима, ухудшению биохимических характеристик воды и снижению биоразнообразия в бассейнах Пянджа, Вахша, Кофарнигона и их притоках.

9. Территориальная дифференциация экологических последствий отражает неоднородность рисков: северные районы характеризуются засолением, застоем вод и заилением дренажей, тогда как южные территории испытывают дегидра-

тацию почв. Прогноз показывает, что инерционная модель водопользования ведет к ухудшению ситуации, тогда как адаптивные сценарии позволяют стабилизировать показатели за счет модернизации дренажа, повышения точности водоподдачи и внедрения водосберегающих технологий.

10. Анализ институциональной системы управления водными ресурсами показывает, что при многоуровневой структуре эффективность взаимодействия ограничена из-за фрагментации полномочий, слабой координации и недостатка ресурсов. Преобладание административных подходов снижает гибкость управления и сдерживает внедрение экономических стимулов, а также усугубляется недостаточным финансированием, слабым контролем и отсутствием полноценного учета воды.

11. Анализ инвестиционных аспектов модернизации водопользования показывает, что эффективность аграрного производства зависит от объема и структуры вложений в оросительную инфраструктуру. Значительный износ объектов, потери воды и слабая цифровизация формируют потребность в системных инвестициях, однако их текущий уровень остается недостаточным. Доминирование государственных и донорских средств при низком участии частного сектора усиливает инвестиционный дефицит, а финансирование носит неравномерный и краткосрочный характер.

12. Инвестиционная модернизация обладает мультипликативным эффектом: обновление инфраструктуры снижает потери и затраты, цифровизация повышает управляемость, а водосберегающие технологии улучшают структуру водопотребления. Обоснована необходимость перехода к многоуровневой модели распределения инвестиций по объективным критериям, что повышает прозрачность и расширяет возможности привлечения частного и международного финансирования.

13. Государственно-частное партнерство рассматривается как ключевой инструмент модернизации водохозяйственного комплекса, объединяющий ресурсы государства, бизнеса и водопользователей. Такой подход позволяет пе-

рейти от фрагментарного ремонта к системному обновлению всей инфраструктуры водоподачи.

14. Потенциал ГЧП в водохозяйственном комплексе не ограничивается только привлечением инвестиций; он создает предпосылки для институционального переосмысления всей системы управления водными ресурсами региона. Авторская концепция подтверждает возможность интеграции различных моделей партнерства в единую многоуровневую систему, ориентированную на согласованное функционирование государства, частного сектора и ВОА. Такая архитектура обеспечивает не только модернизацию объектов, но и формирование новых управленческих механизмов - от распределения рисков до внедрения инструментов «оплаты за результат» и экологических стандартов.

15. Эффективность водопользования в сельском хозяйстве региона формируется под влиянием совокупности взаимосвязанных факторов - природно-климатических, технических, институциональных, экономических и экологических, - каждая группа которых определяет устойчивость функционирования аграрного сектора и пределы его производственного роста. Анализ теоретических основ показал, что рациональное водопользование следует рассматривать как комплексную многоуровневую категорию, предполагающую интеграцию норм международного водного права, экономических принципов ресурсосбережения, экологических ограничений водных экосистем и институциональных механизмов регулирования. Региональный анализ институциональных, технических и экологических характеристик выявил системные диспропорции: высокий износ ирригационной инфраструктуры, чрезмерные потери воды, недостаточное развитие механизмов водоучета, слабую финансовую обеспеченность эксплуатационных мероприятий, дифференциацию эффективности между зонами области, а также значительные экологические риски, проявляющиеся в засолении, деградации дренажной сети и нарушении баланса грунтовых вод.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдурахмонов Ф. А. Информационно-технологическое обеспечение управления водным хозяйством в условиях рыночной экономики /Ф.А. Абдурахмонов //Вестник БИСТ (Башкирского института социальных технологий). - Уфа, 2016. - № 1-2(30). - С. 80-85.

2. Абдурахмонов Ф. А. Механизмы управления водными ресурсами Центрально-азиатского региона в условиях изменения климата /Ф.А. Абдурахмонов //Финансово-экономический вестник. - Душанбе, 2024. - № 3(42). - С. 154-163;

3. Абдурахмонов Ф. А. Основные пути совершенствования экономического механизма управления региональным водопользованием / Ф. А. Абдурахмонов // Водные ресурсы, энергетика и экология. - Душанбе, 2022. - Т. 2, № 4. - С. 104-108.

4. Аброров Х. А. Рациональное использование и защита водных ресурсов в Согдийской области Республики Таджикистан / Х. А. Аброров, О. А. Ризоева, М. Е. Холбегов // Молодой ученый. - М., 2021. - № 23(365). - С. 137-143.

5. Азизов С. А. Перспективы развития зеленого кредитования в сельском хозяйстве Республики Таджикистан / С. А. Азизов, Ш. Т. Одиназода, М. Ш. Одинаева // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук. - Душанбе, 2025. - № 3(85). - С. 243-252.

6. Арифов Х. Водные ресурсы для ускоренной индустриализации Таджикистана / Х. Арифов // Наука и инновация. Серия геологических и технических наук. - Душанбе, 2020. - № 2. - С. 102-109.

7. Арустамов Э.А., Пястолов О.А. Совершенствование системы хозяйствования в области добычи и использования подземных вод //Вестник Евразийской науки. - М., 2020. - №2. - Т.12.- С.4.

8. Бабаджанов Д. Д. Проблемы водохозяйственной отрасли АПК Республики Таджикистан / Д. Д. Бабаджанов, М. Д. Тошматова // Вестник университета. - М., 2009. - № 21. - С. 205-209.

9. Бобылев С.Н. Новые модели экономики и индикаторы устойчивого развития / С.Н. Бобылев // Экономика как объект междисциплинарных исследований: Сборник материалов IV международного политэкономического конгресса (МПЭК-IV, г. Москва 01.01.2020 года). – Москва, 2020. – С.13-23.

10. Богуславская, Н. В. Методы безопасного водопользования в сельском хозяйстве / Н.В. Богуславская // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. - М., 2009. - № 1. - С. 18.

11. Быстрицкая Н.С. Методические основы расчета платы за подачу воды сельскохозяйственным предприятиям в зоне неустойчивого увлажнения / Н.С. Быстрицкая, Е. В. Овчинникова, И. В. Куприянов // Природообустройство. - Воронеж, 2013. - № 2. - С. 110-114.

12. Быстрицкая Н.С. Организационно-экономический механизм управления водохозяйственным комплексом России / Н.С. Быстрицкая // Мелиорация и водное хозяйство. - М., 2009. - № 5. - С. 32-34.

13. Водные ресурсы, инновация, ресурсо и энергосбережения // Материалы Международной научно-практической конференции. - (г. Душанбе, 6-7 октября 2023 года). – Душанбе, 2023. - 288 с.

14. Водный баланс и гидрологическая устойчивость бассейнов Вахша и Кофарнигона//Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. - Душанбе, 2023. - 134 с.

15. Вопросы водопользования и мелиоративное состояние орошаемых земель в бассейне реки Вахш / М. Абдусаматов, Р. Б. Латифзода, А. Акрамов, Х. У. Хасанзода // Водные ресурсы, энергетика и экология. - Душанбе, 2021. - Т. 1, № 3. - С. 57-64.

16. Воропай Г. В. Экономика водного хозяйства: современные проблемы и направления развития. - Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2018. - 256 с.

17. Воротников, И. Л. Анализ зарубежных научных исследований влияния ресурсосберегающих технологий обработки почвы на продуктивность сельскохозяйственных культур и показатели почвенного плодородия / И. Л. Воротни-

ков, К. Е. Денисов, А. А. Гераскина // Научная жизнь. - М., 2020. - Т. 15, № 12 (112). - С. 1641-1654.

18. Гидромелиоративный справочник Хатлонской области: состояние и тенденции использования водных ресурсов в сельском хозяйстве // Агентство мелиорации и ирригации при правительстве Республики Таджикистан. - Бохтар, 2024. - 106 с.

19. Гулаков У. М. Проблемы использования водных ресурсов в Таджикистане: достижения и перспективы / У. М. Гулаков // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, ТНУ, 2022. - № 1. - С. 126-131.

20. Гусев Л. Ю. Водно-энергетические проблемы Центральной Азии и возможные пути их разрешения / Л. Ю. Гусев // Вестник МГИМО Университета. - М., 2013. - № 6(33). - С. 34-41.

21. Давлатзода К. К. Энергетика и сельское хозяйство: сочетание интересов, выгоды интеграции и риски / К. К. Давлатзода, М. К. Файзулло // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, 2023. - № S4-1. - С. 38-43.

22. Давлатова С.Д. Пути повышения эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве / С. Д. Давлатова, Х. А. Одинаев // Водные ресурсы, энергетика и экология. - Душанбе, 2023. - Т. 3, № 4. - С. 75-80.

23. Домашенко Ю. Д., Сурувикина, А. П., Ляшков, М. А. Оценка токсичности очищенных хозяйственно-бытовых сточных вод с целью их использования для орошения // Природообустройство. - Воронеж, 2022. - № 4. - С. 31-36. - DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-31-36.

24. Елдашова, Х. Экологическая устойчивость аграрной гидрологии: управление водоемами и контроль загрязнения / Х. Елдашова // Символ науки: международный научный журнал. - Уфа, 2025. - Т. 2, № 11-1. - С. 29-30.

25. Жукова Ю. М. Критерии эффективности водопользования / Ю. М. Жукова // Реализация целей устойчивого развития ООН в сфере экологии на

примере Калужской области: материалы межрегиональных научно-практических конференций, Калуга, 04 апреля - 16 2019 года. - Калуга: АКФ «Политоп», 2020. - С. 81-89.

26. Зонн И. С., Семенов, А. В., Жила, А. В. Водная политика Афганистана в Центральной Азии // Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. - М., 2018. - № 4(27). - С. 48-61.

27. Иванкова Т. В. Опыт эффективного управления водными ресурсами в условиях дефицита (на примере Израиля) // Астраханский вестник экологического образования. - Астрахан, 2018. - № 1(43). - С. 78-88.

28. Исайнов Х.Р. Водно-энергетический капитал Центральной Азии: эколого-экономические и инвестиционные аспекты. //Вестник Таджикского национального университета. Серия экономических наук. - Душанбе: «СИНО», 2017. - 2/5(1). - С.42-46.

29. Исайнов Х. Р. Водно-ирригационные ресурсы Центральной Азии: современное состояние и тенденции развития/ Х. Р. Исайнов, Р. Ш. Фозилов // Наука и технология XXI века. - Душанбе, 2022. - №. 1(7). - С. 204-221.

30. Исайнов Х. Р. Водно-ирригационный комплекс аридного региона: проблемы и пути решения / Х.Р. Исайнов, К. А. Содиков // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, ТНУ, 2019. - № 4-2. - С. 40-45.

31. Исайнов Х. Р. Водно-ирригационный потенциал аридного региона: экология, экономика и инвестиции / Х.Р. Исайнов // Национальные экономические системы в контексте формирования глобального экономического пространства //Сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции. (г. Симферополь, 24 марта 2017 года) / Крымский инженерно-педагогический университет. - Симферополь: ИП Хотеева Л.В., 2017. - С. 246-248.

32. Исайнов Х. Р. Инвестиции в земельно-водные ресурсы Таджикистана как основа обеспечения продовольственной безопасности населения / Х. Р. Исайнов // Экономика и социум. - М., 2021. - № 11(90). - С.1-12.

33. Исайнов Х. Р. Инвестиции в земельно-водных ресурсов Таджикистана: механизм управления их эколого-экономического использования / Х.Р. Исайнов, Ф. П. Арабов. – Душанбе, ТНУ, 2021. - 194 с.

34. Исайнов Х. Р. Улучшение механизма использования устойчиво водных ресурсов региона на примере юго-восточного Таджикистана / Х. Р. Исайнов, Б. М. Махмудов. - Куляб: Кулябский государственный университет им. А. Рудаки, 2022. - 180 с.

35. Исследование вопросов инновационного развития экономики Республики Таджикистан / Я. П. Довгялло, М. Т. Каримова, Д. Т. Назаров [и др.]. – Душанбе, Институт экономики и демографии НАНТ, 2024. - 629 с.

36. Каландарзода Н. Некоторые вопросы рационального использования водных ресурсов в республике Таджикистан / Н. Каландарзода // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, ТНУ, 2022. - № 3. - С. 94-99.

37. Кибенко Е. А. Зарубежный опыт развития органического (экологического) сельского хозяйства / Е. А. Кибенко // Инновационные направления интеграции науки, образования и производства //Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции, (г. Феодосия, 10-14 мая 2023 года). - Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2023. - С. 545-549.

38. Кимсанов, У. О. Эколого-экономические аспекты рационализации использования водных ресурсов в сельском хозяйстве Таджикистана / У. О. Кимсанов // Peasant. - 2012. - № 3. - С. 46-48. - EDN PIQBDV.

39. Краснощеков В.Н. Анализ структуры финансирования мероприятий программы по мелиорации земель / В.Н. Краснощеков, Е.В. Марголина // Мелиорация и водное хозяйство. - 2014. - № 2. - С. 3-6.

40. Краснощеков В.Н. Методика обоснования нормативов платы за использование водных ресурсов в сельском хозяйстве / В.Н. Краснощеков, С.В. Марьин // Международный научный журнал. - 2008. - №3. - С. 48-55.

41. Краснощеков В.Н. Методические рекомендации по оценке эколого-экономической эффективности инвестиционных проектов мелиорации земель сельскохозяйственного назначения / В.Н. Краснощеков, Г.В. Ольгаренко, Д.Г. Ольгаренко. - Коломна: ИП О.М. Воробьев, 2016. - 100 с.

42. Краснощеков В.Н. Основные направления совершенствования экономического механизма обеспечения устойчивого функционирования и развития водного хозяйства России / В.Н. Краснощеков, А.М. Марголин. - М.: МГУП. 2005. - 106 с.

43. Краснощеков В.Н. Теория и практика эколого-экономического обоснования комплексных мелиораций в системе адаптивно-ландшафтного земледелия (монография) / В.Н. Краснощеков. - М.: МГУП, 2001. - 293с.

44. Краснощеков, В. Н. Развитие экономического механизма водопользования и охраны водных ресурсов в сельском хозяйстве / В. Н. Краснощеков, С. В. Марьин // Чистая вода: проблемы и решения. - 2010. - № 1. - С. 36-38.

45. Крутов, А. Н. Международная практика совершенствования институциональных структур водного сектора // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. - М., 2020. - № 3. - С. 19-38.

46. Латифзода Р.Б. Некоторые вопросы совершенствования экономического механизма использования водных ресурсов в Таджикистане // Водные ресурсы, энергетика и экология. Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. - Душанбе, 2023. - №3(4). - С.71-79.

47. Лебедев, К. А. Зарубежный опыт государственного регулирования продовольственного рынка / К. А. Лебедев, Д. Р. Андреев // Управленческий учет. – М., 2024. - № 3. - С. 352-366

48. Локшин В. Н. Управление водным хозяйством в условиях рыночной экономики. Москва: Колос, 2013. - 284 с.
49. Лосев К.С. Вода. - Ленинград, 1989. - С.6.
50. Ляшков, М. А. Зарубежный опыт применения хозяйственно-бытовых сточных вод для целей орошения / М. А. Ляшков, Ю. Ю. Арискина // Экология и водное хозяйство. - М., 2022. - Т. 4, № 2. - С. 15-31.
51. Максумова, Ш. У. Управление водными ресурсами с оценкой экосистемных услуг, связанных с водой (методологические аспекты) / Ш. У. Максумова // Вестник педагогического университета. Серия естественных наук. - Душанбе, 2025. - № 2(26). - С. 86-92.
52. Медведева Л.Н. Методологический подход в обосновании рационального использования водных ресурсов в сельском хозяйстве / Л.Н. Медведева, П.Д. Ванеева, А.В. Медведев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. - М., 2019. - № 2(74). - С. 115-124.
53. Методические рекомендации по ведению мониторинга орошаемых земель сельскохозяйственного назначения / В. А. Шевченко, Н. Н. Дубенок, С. Д. Исаева [и др.]. - Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2019. - 48 с.
54. Механизмы совершенствования институциональных структур водного сектора стран Центральной Азии / А. Н. Крутов, Д. Р. Базаров, Х. А. Нишанбаев [и др.] // Web of Scholar [Электронный ресурс]. - 2018. - Т. 1, № 1(19). - С. 37-44.
55. Мехродж Р. Социально-экономические аспекты управления водными ресурсами и их использования в Таджикистане (методологические аспекты) / Р. Мехродж // Вестник Педагогического университета. Естественные науки. – Душанбе, 2019. - № 1-2(1-2). - С. 36-41.
56. Мирзоев А.А. Особенности водных каналов и их вклад в управление водными ресурсами // Водные ресурсы, энергетика и экология. - Душанбе, 2025. - №5 (3). - С. 68-74.

57. Мухаббатов Х.М. Центральная Азия: земельно-водные ресурсы и экология. //Вестник Таджикского национального университета. Серия экономических наук. - Душанбе: «СИНО», 2016. - 2/11(220). - С.77-86.

58. Мухаббатов Х. М. Проблемы рационального использования водных ресурсов в Таджикистане / Х. М. Мухаббатов // Индустриализация национальной экономики: современное состояние, проблемы и перспективы: Материалы международной научно-практической конференции, Душанбе, 02 мая 2023 года. - Душанбе: Таджикский национальный университет, 2023. - С. 343-345

59. Наботов Б. Ш. Некоторые аспекты эколого-экономического механизма регулирования трансграничного водопользования в сельском хозяйстве Таджикистана / Б. Ш. Наботов // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, ТНУ, 2012. - № 2/8-2(100). - С. 287-293.

60. Назаралиев Х. Н. Эффективное использование водных ресурсов: проблемы и пути их решения / Х. Н. Назаралиев // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, ТНУ, 2020. - № 8. - С. 36-41.

61. Насруллоев А. Д. Водные ресурсы и проблемы их использования в сельском хозяйстве / А. Д. Насруллоев // Вестник ПИТТУ имени академика М.С. Осими. - Душанбе, 2017. - № 3(4). - С. 44-52.

62. Научное обоснование развития мелиорации, водного хозяйства и орошаемого земледелия. - Москва: ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2024. - 487 с.

63. Никанорова А. Д.; Егоров, С. А. Становление принципов и норм в области использования и охраны трансграничных водных ресурсов государств - членов ЕАЭС / А. Д. Никанорова, С. А. Егоров // Журнал российского права. - М., 2019. - № 11. - С. 108-118.

64. Норов Х. Г. Ассоциация водопользователей (АВП) в Таджикистане: основные проблемы и пути их решения / Х. Г. Норов // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, ТНУ, 2022. - № 2. - С. 49-55.

65. Норов Х. Г. Водохозяйственный комплекс: состояние и перспективы развития / Х. Г. Норов // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, ТНУ, 2023. - № 10-1. - С. 23-29.

66. Норов Х.Г. Развитие форм управления водохозяйственным комплексом / Х. Г. Норов, С. С. Саидзода // Вестник евразийской науки. - М., 2024. - Т. 16, № S6. - С.1-12.

67. Норов Х.Г. Развитие форм управления водохозяйственным комплексом / Х. Г. Норов, С. С. Саидзода // Вестник евразийской науки. - М., 2024. - Т. 16, № S6.

68. Норов Х.Г. Социально-экономические аспекты роста устойчивости водопользования в условиях Таджикистана / Х. Г. Норов // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - 2022. - № 1. - С. 137-143.

69. Норов Х.Г. Экономико-организационные аспекты оптимизации аграрного водопользования в условиях Таджикистана / Х. Г. Норов // Финансовая экономика. - М., 2022. - № 6. - С. 125-129.

70. Нурмухаметов Н. Н. Основные проблемы водоснабжения сельского хозяйства в Центрально-Азиатском регионе и экономические пути их решения / Н. Н. Нурмухаметов, Э. В. Белоусова // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. - М., 2025. - № 2(53). - С. 75-82.

71. О состоянии использования водных ресурсов в сельском хозяйстве. Аналитический отчет. - Министерство сельского хозяйства Республики Таджикистан. - Душанбе, 2024. - URL: <https://egov.tj/site/selhoz?lang=ru> (дата обращения: 14.01.2025).

72. Обидов К.Р. «Зеленая» экономика: концептуальные основы и перспективы развития в Республике Таджикистан / К. Р. Обидов. - Душанбе: Институт экономики и демографии Национальной академии наук Таджикистана, 2024. - 211 с.

73. Обиюх Н.М. Принципы правового обеспечения использования водных объектов источников питьевого водоснабжения. //Вестник Челябинского государственного университета. Серия экономических наук. - Челябинск, 2014. - №20(349). - Вып. 40. - С.44.

74. Одинаев Х.А. Концепция устойчивого водопользования: от Стокгольма до Душанбе / Х.А. Одинаев // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, ТНУ, 2022. - № 1. - С. 5-11.

75. Одинаев Х.А. Сохранение экосистем и обеспечение экологической безопасности: проблемы и перспективы. //Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе: «СИНО», - 2018. - С.5.

76. Одинаев Х. А. Водные ресурсы в системе факторов устойчивого развития региональной экономики // Вестник Таджикского национального университета. - Душанбе, 2019. - № 4. - С. 3-11.

77. Одинаев Х. А. Основные принципы национальной водной политики и экономический механизм трансграничного водопользования / Х. А. Одинаев // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. - М., 2005. - № 2. - С. 49-64.

78. Одинаев Х. А. Пути улучшению использования трансграничных водных ресурсов в условиях Центральной Азии / Х. А. Одинаев // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе: «СИНО», 2012. - № 2/7(98). - С. 3-8.

79. Одинаев Х. А. Развитие эколого-экономического регулирования землепользования аридного региона / Х. А. Одинаев, М. С. Джоналоев. - Душанбе: Таджикский национальный университет, 2023. - 175 с.

80. Одинаев, Х. А. Устойчивое развитие и водная безопасность: проблемы и приоритеты / Х. А. Одинаев // Водные ресурсы, энергетика и экология. - Душанбе, 2022. - Т. 2, № 4. - С. 100-104.

81. Одинаев Х.А. Цели и основные принципы управления трансграничными водными ресурсами: общий подход / Х. А. Одинаев // Индустриализация национальной экономики: современное состояние, проблемы и перспективы: Материалы международной научно-практической конференции, Душанбе, 02 мая 2023 года. - Душанбе: Таджикский национальный университет, 2023. - С. 340-343.

82. Одинаев Х.А. Развитие механизма эколого-экономического регулирования землепользования аридного региона. // Монография / Х.А. Одинаев, М.С. Джоналоев; ТНУ. – Душанбе: «ЭР-граф», 2024. – 176 с.

83. Одинаев Х.А. Эколого-экономическое регулирование природопользования в сельском хозяйстве / Х. А. Одинаев; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Экон. фак.. - Москва: МАКС Пресс, 2004. - 220 с.

84. Озиранский Ю., Кольмакова, Е. Г., Марголина, И. Л. Интегрированное управление ограниченными водными ресурсами в целях устойчивого водообеспечения аридных регионов (опыт государства Израиль) // Аридные экосистемы. - М., 2014. - С.23-35.

85. Особенности эксплуатации оросительных систем бассейна реки Вахш / М. Абдусаматов, Р. Б. Латифзода, А. Акрамов, А. А. Рахимов // Земледелец. - Душанбе, ТАУ, 2021. - № 4(93). - С. 165-172.

86. Отчет о водопользовании в сельском хозяйстве Хатлонской области. - Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан. - Душанбе, 2024. - URL: <https://www.alri.tj/ru/news/agency-news> (дата обращения: 15.03.2025).

87. Оценка площадей развития капельного орошения и обводнения пастбищ с применением солнечных систем водоснабжения в Таджикистане / Р. Рахматиллоев, Д. Х. Домуллоджанов, Ф. М. Рахматиллоев, Х. Д. Солехбоев // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук. - Душанбе, 2024. - № 3(81). - С. 127-134.

88. Попова К.Ю. Значение водных ресурсов и систем водопользования в сельском хозяйстве России / К.Ю. Попова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. - М., 2023. - № 2(96). - С. 131-140. - DOI 10.33938/232-131.

89. Попова, К. Ю. Техничко-технологические аспекты водопользования в сельском хозяйстве России / К. Ю. Попова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. - М., 2023. - № 9 (103). - С. 29-38. - DOI 10.33938/239-29

90. Принципы развития и размещения производственной инфраструктуры Таджикистана / А. Рауфи, К. О. Бобозода, Д. П. Мирзоева [и др.]. - Душанбе: Дониш, 2025. - 184 с.

91. Пулатов Я.Э. и др. Проблемы мелиоративного состояния орошаемых земель в Респубике Таджикистан // Мелиорация, рекультивация и охрана земель. Природообустройство. - Душанбе, 2015. - №3. - С.6-9.

92. Пулатов Я. Э. Интегрированное управление водными ресурсами Таджикистана / Я. Э. Пулатов, Я. П. Барбара, Ш. Я. Пулатов // Водные ресурсы, энергетика и экология. - 2023. - Т. 3, № 1. - С. 14-24.

93. Раевский С. В. Региональные инвестиционные проекты в экономике региона / С. В. Раевский, А. В. Чешин. - Москва: Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, 2023. - 264 с.

94. Расулзода К., Пулатов, Я. Э. Интегрированное управление водными ресурсами: проблемы и перспектива // Водные ресурсы и экология: сб. науч. тр. - Душанбе, 2012. - Вып. 3. - С. 5-21.

95. Реформа водного сектора Таджикистана: аналитический доклад. - Душанбе: Всемирный банк, 2024. URL: https://www.wis.tj/wp-_RUS_orig.pdf (дата обращения: 17.03.2025).

96. Рыбальский А. М. Управление водными ресурсами: теория и практика. - Москва: Наука, 2015. - 312 с.

97. Садриддинов, М. И. Оценка значимости водных ресурсов Республики Таджикистан / М. И. Садриддинов, Ю. С. Ершов, В. Ю. Малов; Институт экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения Российской академии наук. - Новосибирск: Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, 2017. - 138 с.

98. Саидов, С. С. Устойчивое управление водными ресурсами: региональные аспекты / С. С. Саидов, Д. М. Маджидзода // Вестник Таджикского государственного университета коммерции. - Душанбе, ТНУ, 2023. - № 2-1(46). - С. 35-42.

99. Сапарова Д. А. Инвестирование в АПК Республики Казахстан в контексте передовых технологий "зеленой" экономики / Д. А. Сапарова // Проблемы агрорынка. - Алматы, 2023. - № 4. - С. 220-232.

100. Сиваков Д. О. Водное право России и зарубежных государств. Монография / Д. О. Сиваков. - Москва: Юстицинформ, 2010. - 368 с.

101. Смагулова Ж. Б. Анализ мирового опыта перехода к зеленой экономике: предпосылки и направления / Ж. Б. Смагулова, А. Е. Муханова, Г. И. Мусаева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - М., 2015. - № 1-1. - С. 92-96.

102. Содиков К. А. Зарубежный опыт управления водно-мелиоративным потенциалом на основе применения экономического механизма / К. А. Содиков // Вестник Таджикского национального университета. Серия социально-экономических и общественных наук. - Душанбе, 2018. - № 10. - С. 79-86.

103. Содиков К. А. Роль инвестиций в совершенствовании управления мелиорацией и водными ресурсами аридного региона / К. А. Содиков, А. Р.

Исраилова // Вестник университета (Российско-Таджикский (Славянский) университет). - Душанбе, 2021. - № 1(73). - С. 73-80.

104. Содиков К. А. Совершенствование механизма управления водно-ирригационного потенциала аридного региона: эколого-экономический аспекты / К. А. Содиков. - Душанбе: Таджикский национальный университет, 2021. - 169 с.

105. Состояние и эксплуатация гидросооружений в Республике Таджикистан. Информационный материал. - Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. - Душанбе, 2024. - URL: <https://www.mewr.tj/?lang=ru> (дата обращения: 22.06.2025).

106. Состояние мелиоративных и ирригационных систем в Республике Таджикистан. Информационный бюллетень. - Агентство мелиорации и ирригации при Правительстве Республики Таджикистан (ALRI). - Душанбе, 2024. - URL: <https://www.alri.tj/ru/news/agency-news> (дата обращения: 23.04.2025).

107. Сравнительная оценка использования водно-земельных ресурсов плато: Хатлонской области (Таджикистан) и штата Небраски (США) / О. Х. Амирзода, Н. Б. Курбонов, З. В. Кобули, Х. М. Асоев // Водные ресурсы, энергетика и экология. - Душанбе, 2021. - Т. 1, № 1. - С. 8-19.

108. Структура территориального мониторинга и базы данных для оценки техногенной нагрузки бассейна реки Вахш (Республика Таджикистан) / И. А. Куватов, И. А. Шишкин, И. В. Антонов, Н. Рабизода // Гидрометеорология и экология. - СПб, 2022. - № 67. - С. 267-282. - DOI 10.33933/2713-3001-2022-67-267-282.

109. Суздалева А. Л. Мировой кризис водопотребления: проблемы обеспечения безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей среды / А. Л. Суздалева, С. В. Горюнова. - Москва: Московский городской педагогический университет (Москва), 2017. - 176 с.

110. Технический паспорт оросительных систем Хатлонской области. Том I: Магистральные и межхозяйственные каналы/ Агентство мелиорации и ирригации при правительстве Республики Таджикистан. - Душанбе, 2024. - 178 с.

111. Турсунова Э. А. Мировой опыт водосбережения в условиях дефицита водных ресурсов / Э. А. Турсунова // Инновационные технологии в водном, коммунальном хозяйстве и водном транспорте: Материалы II республиканской научно-технической конференции, Минск, 28-29 апреля 2022 года. - Минск: Белорусский национальный технический университет, 2022. - С. 361-368.

112. Урунбаева Н. А. Развитие устойчивого механизма управления водопользования в условиях орошаемого земледелия в зарубежных странах / Н. А. Урунбаева, Д. Б. Халифазода // Финансово-экономический вестник. - Душанбе, 2021. - № S4.2 (29). - С. 75-85.

113. Урунбаева Н. А. Совершенствование механизма регионального управления устойчивого водопользования / Н. А. Урунбаева. - Душанбе: Ирфон, 2019. - С. 38-41.

114. Усенова Б. Ж. Экономические аспекты международного опыта по улучшению использования водных ресурсов для орошения сельскохозяйственных земель Кыргызстана / Б. Ж. Усенова, С. С. Бердибеков, Ж. Ж. Осмонов, А. М. Токтосунова // Вестник Ошского государственного университета. Экономика. - Ош, 2024. - № 1 (4). - С. 64-72.

115. Фозилов Р. Ш. Водно-иригационный капитал аридного региона в условиях глобальных вызовов и региональных экологических ограничений. - Душанбе: Ирфон, 2019. - 240 с.

116. Хайдаров А. Р. Международный опыт эффективного использования водных ресурсов: сравнительный анализ Канады, Израиля и Узбекистана // Достижения науки и образования. - М., 2020. - № 14(68). - С. 29-38.

117. Шомантаев А. А. Гидротехнические сооружения в мелиоративных системах / А. А. Шомантаев, Б. С. Отарбаев, М. Б. Копен. - Алматы, Москва : EDP Hub (Идипи Хаб), Ай Пи Ар Медиа, 2025. - 344 с.

118. Шохужаева З. С. Зарубежный опыт в сельском хозяйстве по использованию водных ресурсов / З. С. Шохужаева // Economics. - М., 2020. - № 1 (44). - С. 19-22.

119. Экологический мониторинг почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель Хатлонской области // Институт почвоведения и агрохимии Академии сельскохозяйственных наук Таджикистана. - Душанбе, 2025. - 96 с.

120. Эффективное водопользование при орошении: теоретические и прикладные аспекты / С. Д. Исаева, А. Л. Бубер, А. О. Щербаков [и др.]; Под редакцией доктора технических наук С.Д. Исаевой. - Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, 2022. - 231 с.

121. Эффективные инвестиционные решения: монография / М. С. Санталова, И. П. Гладилина, М. Ю. Погудаева [и др.]. - Москва: Издательско-торговая корпорация Дашков и К, 2025. - 218 с.

122. AO. The State of Food and Agriculture: Water Challenges. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023. 212 p.

123. Asian Development Bank. Irrigation Management Transfer in Turkey. Manila. 2016. P. 22-29; OECD. Water Governance in OECD Countries. Paris. 2016. P. 73-79.

124. Asian Development Bank. Water Sector Assessment, Strategy and Road Map: Vietnam. Manila. 2022. P. 33-42.

125. Dellapenna J., Gupta J. Toward Global Law on Water // Global Governance Vol. 14, 2008. P. 447.

126. Dellapenna J., Gupta J. Toward Global Law on Water // Global Governance Vol. 14, 2008. P. 447.

127. Dellapenna, J. Toward Global Law on Water / J. Dellapenna // Global Governance. - 2008. - Vol. 14. - P. 437-447

128. Falkenmark M., Rockström J. Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology. London: Earthscan, 2004. 247 p.

129. Falkenmark, M., Rockström, J. Balancing Water for Humans and Nature. - London: Earthscan, 2004. - P. 44-46.
130. Falkenmark, M.; Rockström, J. Balancing Water for Humans and Nature / M. Falkenmark, J. Rockström. - London: Earthscan, 2004.
131. FAO. AquaCrop: Model and Guidelines for Agricultural Water Productivity. FAO, Rome, 2017.
132. FAO. AQUASTAT India Profile. Rome. 2020. P. 42-51; IWMI. Groundwater governance in India. Colombo. 2015. P. 12-23.
133. FAO. Farmer Participation in Irrigation Management. Rome. 2019. P. 44-52.
134. FAO. Review of irrigation modernization in China. Rome. 2017. P. 15-28; World Bank. China: Water Resources Assistance Strategy. Washington DC. 2002. P. 33-39.
135. Food and Agriculture Organization. Modernization of Irrigation Systems. - Rome: FAO, 2017.
136. Gupta, J. The Water Policy Process / J. Gupta. - London: Earthscan, 2011. - 324 p.
137. <http://www.khokshinos.tj/ru/content/>
138. https://unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2014/WAT/05May_23_Dushanbe/TJ_SC6_Gafarov_RU.pdf
139. International Water Management Institute. Water Productivity Framework. - Colombo: IWMI, 2018; World Bank. Water Security for Agriculture. - Washington, 2020.
140. Israel Water Authority. Annual Report. Jerusalem. 2020. P. 55-63; FAO. Wastewater Reuse for Agriculture. Rome. 2022. P. 14-21.
141. Lawrence Berkeley National Laboratory. Water-Energy Nexus: Challenges and Opportunities. Berkeley Lab Report. Berkeley, 2020. 54 p.
142. Meinzen-Dick, R. Collective Action and Property Rights for Sustainable Development. - IFPRI, Washington, 2004. - P. 12-15.

143. Meinzen-Dick, R. Community Management of Irrigation Systems. IWMI. Colombo. 2002. P. 5-14;
144. Molden D. (Ed.). Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. London: Earthscan; Colombo: International Water Management Institute (IWMI), 2007. 688 p.
145. OECD. Digital Opportunities for Water Management. Paris. 2020. P. 38-44.
146. OECD. Water Governance in OECD Countries. Paris. 2016. P. 62-64;
Грановская, Л. Н. Развитие водохозяйственной деятельности. Одесса. 2019. № 3. С. 143-147
147. Ostrom, E. Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action. - Cambridge University Press, 1990. - P. 88-95.
148. Popova K.Y. Management of the quality of water resources for sustainable development based on industrial and manufacturing engineering / A.G. Paptsov, 224 K.Y. Popova // International Journal for Quality Research. - 2022. - Vol. 16. - № 2. - Pp. 311-328. - DOI 10.24874/IJQR16.02-01.
149. Rockström J., Falkenmark M., Karlberg L. et al. Future Water Availability for Global Food Production: The Potential for Sustaining Crop Yield Growth under Water Scarcity. Water Resources Research. 2009. Vol. 45, No. 7. 12 p.
150. Rockström, J. Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space... // Ecology and Society. - 2009.
151. Rockström, J., Falkenmark, M. Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity // Ecology and Society. - 2009. - Vol. 14(2). - P. 32-35.
152. UNESCO. The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change. Paris: UNESCO, 2020. P. 27.
153. UNESCO. Water Development Report. Paris. 2020. P. 92-101.
154. UN-Water. Integrated Water Resources Management Guidelines. - Geneva, 2012

155. World Bank (2020). *Water in Agriculture: Towards Sustainable Water Management*. Washington, DC.

156. World Bank. *Digital Agriculture for Irrigation Management*. Washington DC. 2021. P. 34-47.

157. World Bank. *India: Strengthening Water Resource Management*. 2018. P. 17-29; Asian Development Bank. *Water Resource Management in India*. Manila. 2019. P. 44-51.

158. World Bank. *Irrigation Modernization in Asia*. Washington DC. 2020. P. 51-62; Asian Development Bank. *Water Sector Assessment in India*. Manila. 2020. P. 30-39.

159. World Bank. *Vietnam Irrigation Modernization Project*. Washington DC. 2016. P. 51-59; FAO. *Water productivity in the Lower Mekong Basin*. Rome. 2021. P. 22-34.

160. Zaharia F. *The Law of Transboundary Aquifers in Practice - the Mures Alluvial Fan Aquifer System (Romania / Hungary) // International Community Law Review Vol. 13, 2011. P. 304.*