НАО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 626.81/86.811(574.53) На правах рукописи

**ДЮЙСЕНХАН АЯНА АСКАРБЕККЫЗЫ**

**Научное обоснование применения системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод на орошаемых территориях Юга Казахстана**

**(на примере Мактааральского района)**

8D08603 – Управление водными ресурсами

с использованием IT–технологий

Диссертация на соискание степени

доктора философии (PhD)

Отечественные научные консультанты:

доктор PhD, Алдиярова А.Е.,

к.т.н., Мирдадаев М.С.

Зарубежный научный консультант:

Agnieszka Karczmarczyk,

dr hab. inż., prof. SGGW

Республика Казахстан

Алматы, 2025

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ | | 3 |
| ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ | | 4 |
| ВВЕДЕНИЕ | | 6 |
| ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ | | 11 |
| 1 | СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ ОРОШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАЗАХСТАНА | 11 |
| 1.1 | Современное состояние водообеспеченности орошаемых территорий | 11 |
| 1.2 | Прогноз изменения объема водных ресурсов на орошение | 16 |
| 1.3 | Научно – технологическое обоснование комплексного использования водных ресурсов для повышения водообеспеченности орошаемых территорий Юга Казахстана | 23 |
| Выводы по 1 главе | | 26 |
| 2 | УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ | 27 |
| 2.1 | Природно – климатические и гидрогеологические условия региона исследований – Туркестанской области | 27 |
| 2.2 | Условия и методика проведения исследований | 43 |
| Выводы по 2 главе | | 53 |
| 3 | ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУНТОВЫХ И КОЛЛЕКТОРНО – ДРЕНАЖНЫХ ВОД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ МАКТААРАЛЬСКОГО РАЙОНА ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ | 54 |
| 3.1 | Оценка качества водных ресурсов Мактааральского района | 56 |
| 3.2 | Исследования по установлению пределов изменения химического состава минерализованных водных ресурсов при использовании химического мелиоранта | 80 |
| Выводы по 3 главе | | 84 |
| 4 | НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ, ГРУНТОВЫХ И КОЛЛЕКТОРНО – ДРЕНАЖНЫХ ВОД | 86 |
| 4.1 | Повышение доли участия грунтовых и коллекторно – дренажных вод в оросительной норме | 86 |
| 4.2 | Исследование закономерностей протекания эколого – мелиоративых процессов в корнеобитаемом слое почв при совместном использовании поверхностных, грунтовых и коллекторно – дренажных вод | 96 |
| Выводы по 4 главе | | 101 |
| ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ | | 103 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | | 104 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | | 108 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А  ПРИЛОЖЕНИЕ Б | | 117  120 |

**НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

Закон Республики Казахстан «О науке» от 18.02.2011 г. No 407–IVЗРК;

ГОСО РК 5.04.034–2011:

ГОСТ 7.32–2017. Отчет о научно–исследовательской работе. Структура и правила оформления;

ГОСТ 7.1–2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления

ГОСТ 7.32–2001 Система стандартов по информации,библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно–исследовательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ 2.105–95 «Общие требования к текстовым документам». Для оформления диссертации.

ГОСТ 8.417–2002 «Единицы величин».

ГОСТ 7.24.2007 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Тез.рус информационно– поисковой многоязычный. Состав, структура и основные требования к построению.

ГОСТ 7.36–2006 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Неопубликованный перевод. Общие требования и правила оформления.

СТ РК 1157–2002 «Образование высшее профессиональное. Системы менеджмента качества организации образования».

ГОСО РК 5.03.007–2006. ГОСО РК Образовательно–профессиональные программы. Основные положения ГОСО РК5.03.007–2006.

ГОСТ 26205–91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО».

ГОСТ 26213–91 «Почвы. Методы определения органического вещества».

ГОСТ 26423–85 «Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки».

**ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

|  |  |
| --- | --- |
| Водные ресурсы | – вода, содержащаяся в поверхностных и подземных водных объектах, в том числе доступная для использования с учетом охраны от истощения, загрязнения; |
| Водное хозяйство | – отрасль экономики, связанная с охраной, воспроизводством водного фонда и использованием водных ресурсов; |
| Водообеспечение | – совокупность мероприятий, направленных на удовлетворение потребностей населения, окружающей среды и отраслей экономики в водных ресурсах; |
| Гидромелиоративная  система | – комплекс технологически взаимосвязанных гидротехнических сооружений, устройств и оборудования, предназначенных для орошения, обводнения и осушения земель; |
| Грунтовые воды | – воды, свободно расположенные поверх водоупорных пород, образующие водоносный горизонт и не имеющие сверху сплошной кровли из водонепроницаемых пород, не обладающих напором и подвержены сезонным колебаниям уровня и дебита; |
| Коллекторно–дренажные воды | – вода, собираемая и сбрасываемая коллекторно–дренажными сетями в водные объекты и (или) на рельефы местности либо в накопители сточных вод; |
| Мелиоранты | – вещества промышленного или ископаемого происхождения, предназначенные для улучшения почв с неблагоприятными физическими и химическими свойствами (засоленных, кислых, щелочных, загрязнённых, малогумусных и др.). |
| Орошаемое земледелие | – земледелие, ведущееся с применением искусственного орошения. |
| Орошение (ирригация) | – комплекс мероприятий по поддержанию водного режима почв, оптимального для растений, испытывающих в естественных условиях недостаток во влаге; |
| Оросительная норма | – количество воды, подаваемое при поливах на 1 га посева за вегетационный период; |
| Поливная норма | – количество воды, подаваемое на 1 га орошаемой площади за один полив. Зависит от особенностей орошаемой культуры и фазы её развития, глубины корнеобитаемого слоя почвы, подлежащего увлажнению, гранулометрического состава и водно–физических свойств почвы, способа полива. |
| Режим орошения | – это совокупность числа, сроков и норм поливов. Режим орошения обеспечивает в почве нужный для данной культуры водный режим при конкретных климатических и агротехнических условиях. |
| Суммарное  водопотребление | – характеризует фактические затраты воды в мм или м3 на формирование урожая культуры с 1 га в течение вегетационного периода, с учетом транспирации растений и испарения с поверхности почвы. |
| ВХБ | – водохозяйственный бассейн |
| КХ | – крестьянское хозяйство |
| КПД | – коэффициент полезного действия |
| ОУ | – опытный участок |
| РК | – Республика Казахстан |
| ТОО | – товарищество с ограниченной ответственностью |
| УГВ | – уровень грунтовых вод |
| °С; км2; м3; м2; кг, мм | – единицы измерений международной системы единиц СИ |

**ВВЕДЕНИЕ**

В Концепции развития системы управления водными ресурсами Республики Казахстан на 2024 – 2030 годы (Постановление Правительства Республики Казахстан от 5 февраля 2024 года № 66) отмечается, что имеющиеся водные ресурсы не покрывают потребности населения и отраслей экономики, что является критическим фактором дальнейшего социально–экономического развития юга Казахстана. А также анализ водохозяйственной обстановки в разрезе речных ВХБ показывает, что рассчитывать на имеющиеся свободные ресурсы речного стока не представляется возможным в связи с крайне неравномерным распределением речных водных ресурсов по территории страны. Это обуславливает нестабильность и неравномерность водообеспеченности водохозяйственных бассейнов и отраслей экономики [1].

В связи с этим возникает задача нахождения путей повышения водообеспеченности орошаемого земледелия, как наиболее водозатратной отрасли экономики, путем комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно – дренажных вод.

**Актуальность работы.** В условиях Казахстана проблема водобеспчения орошаемого земледелия лимитируется наличием водных ресурсов, так как большинсство орошаемых территорий расположены в бассейнах трансграничных рек. Так, в Республике Казахстан имеются 8 ВХБ, 7 из которых являются трансграничными, т.е. являются зависимыми от поступления водных ресурсов из сопредельных стран. Особенно сильно зависим Арало – Сырдарьинский ВХБ, в который входят две области Казахстана – Туркестанская и Кызылординская. В этих областях очень большое водопотребление относится к сельскому хозяйству и именно здесь широко развито орошаемое земледелие. В целом площадь орошаемых земель только по этим двум областям составляет около половины всей орошаемой площади Казахстана.

Арало – Сырдарьинский ВХБ испытывает дефицит поливной воды. Поэтому водообеспеченность действующих гидромелиоративных систем колеблется в пределах 75 – 95%, а в маловодные годы опускается до 50–60%. В то же время, огромные объемы коллекторно – дренажных вод, формирующиеся на орошаемых территориях (до 30 – 50% водоподачи), загрязняют водные источники и ухудшают эколого–мелиоративное состояние. Эта ситуация является основной предпосылкой, направленной на повышение водообеспеченности орошаемого земледелия путем разработки и применения системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод. Что в конечном счете позволит снизить уязвимость экономики к экстремальным климатическим явлениям и изменениям, таким как засуха, дефицит воды и изменение климата, а также будет способствовать обеспечению водной и продовольственной безопасности страны.

**Связь данной работы с научно – исследовательскими работами**

Связь данной работы с научно – исследовательскими работами состояла в изучении современного состояния водообеспеченности орошаемых территорий Юга Казахстана в рамках совместного проекта ТОО «Казахский научно–исследовательский институт водного хозяйства и Программы Всемирного банка по водным и энергетическим ресурсам Центральной Азии (CAWEP) – «Инновационные и практические решения для ускоренного восстановления продуктивности деградированных орошаемых земель». Данный проект был реализован в рамках Контракта между Всемирным банком и ТОО «Казахский научно–исследовательский институт водного хозяйства» №7199446 от 23.02.2021 г.

**Степень изученности темы.** Мировой опыт по повышению водообеспеченности орошаемого земледелия показывает, что проблема устойчивости орошения при ограниченности водных ресурсов решаются различными способами, основными из которых является такие как: применение водосберегающих технологий орошения; повышение КПД оросительной системы; возделывание засухоустойчивых сельхозкультур и др. Кроме того, широко применяются мероприятия по повторному использованию коллекторно–дренажных вод для орошения путем деминерализации и обеззараживания или их использования в сочетании с речной водой. Эти исследования широко проводились в Узбекистане, Туркменистане, Египте, США и др.

Изучением вопросов по повторному использованию коллекторно–дренажных вод на орошение и вопросами субирригации грунтовыми водами при возделывании сельскохозяйственных культур занимались многие учёные стран СНГ: В.А. Духовный, И.П. Айдаров, Х.И. Якубов, П.Д. Умаров, А. Г. Шеров, Р. А. Мурадов, Ф.А. Бараев, Э.И. Чембарисов, О. Реджепов, А. Гурдов, А.Т. Джуманазарова, О.Б. Имамназаров и др. [1–10].

А также, этим вопросом занимаются зарубежные ученые: Дж. Роудс, Ч.А. Хиджаз, К.А. Вайтцель, Ш.К. Стоукс, М.Г. Тарабили, Д.П. Шарма, Н.К. Туяги, Р.С. Фиррарези и др. [11 – 19].0Разработкой интегрированных технологий эколого–мелиоративного управления водо–земельными ресурсами, повторного использования коллекторно–дренажных вод и возможностей использования грунтовых вод на субирригацию на орошаемых землях для повышения водообеспеченности орошаемого земледелия также занимались отечественные ученые, такие как Ф.Ф. Вышпольский, А.Г. Рау, С.Д. Магай, Р.К. Бекбаев, А.А. Джумабеков, Е.Д. Жапаркулова, Е.С.Койбакова, К.А. Анзельм, М.Ю. Эсанбеков и др. [22 – 26].

Выбор способов и техники полива определяется рядом технических и технологических показателей, сопрягающихся с природно–климатическими условиями орошаемых массивов. Если принять во внимание широкую номенклатуру современного оборудования, систем и технологий, предлагаемых на рынке, широкий диапазон характеристик оборудования (эксплуатационных, эргономических, стоимостных и др.), процесс выбора лучших образцов и формирования оптимального состава технических средств представляет значительную сложность.

Анализируя возможность использования технологий повышения водобеспеченности орошаемого земледелия юга Казахстана можно сделать вывод, что наиболее эффективным является разработка и применение системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод. К основным достоинствам данной системы являются:

– повышение водобеспеченности орошаемых земель путем использования дополнительных источников воды;

– улучшение эколого–мелиоративного состояния орошаемых земель путем использования грунтовых и коллекторно–дренажных вод на орошение;

– снижение негативных процессов подъема грунтовых вод и опасности вторичного засоления;

– уменьшение затрат поверхностных водных ресурсов;

Вместе с тем исследования по повышению водообеспеченности орошаемого земледелия Казахстана путем разработки и применения системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод до настоящего времени не проводились. В связи с этим, необходимо провести исследования по изучению совместного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод при орошении с учетом их доли участия в оросительной норме, свойств почв и качестве водных ресурсов.

**Цель исследований –** Разработать научное обоснование применения системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод для эффективного водообеспечения орошаемых территорий Юга Казахстана, на примере Мактааральского района.

**Задачи исследований:**

– изучение современного состояния и прогноз водообеспеченности орошаемых территорий Казахстана;

– научно–технологическое обоснование комплексного использования водных ресурсов для повышения водообеспеченности орошаемых территорий Юга Казахстана;

– исследование возможности использования грунтовых и коллекторно–дренажных вод для повышения водообеспеченности орошаемых земель;

– установлению пределов изменения химического состава минерализованных водных ресурсов при использовании химического мелиоранта;

– научное обоснование применения системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод в орошаемом земледелии.

**Научная новизна.** В сложившейся ситуации на орошаемых землях необходимо повышать продуктивность использования воды на орошаемых землях. Эта ситуация является основной предпосылкой, направленной на повышение водообеспеченности орошаемого земледелия путем разработки и внедрения системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод. Использование результатов исследования позволит оперативно оценить объемы и качество водных ресурсов, используемых для орошения (оросительных, грунтовых и коллекторно–дренажных) и эффективно управлять поливами сельскохозяйственных культур. Комплексный подход к оценке качества оросительных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод обеспечит экологическую безопасность их интегрированного использования на ирригационных системах Юга Казахстана.

**Объектом исследования** являются водные ресурсы Мактааральского района Туркестанской области Казахстана

**Материалы и методы исследований.**

Сбор материалов будет осуществляться путем использования фондовых материалов, исследований прошлых лет, данных БВИ и РГП «Казводхоз», а также материалы, опубликованные в казахстанских и зарубежных изданиях.

Методы по повышению продуктивности водно–земельных ресурсов на ирригационных системах, в настоящее время в Казахстане разработан целый арсенал технических средств и технологических процессов по повышению продуктивности водно–земельных ресурсов на различных орошаемых экосистемах. Однако эти мероприятия на орошаемых землях проводятся порознь, что снижает их эффективность, так как протекание того или иного эколого–мелиоративного процесса приводит к изменению сложившейся почвенно–экологической ситуации в корнеобитаемом слое.

Исследования по разработке системы мероприятий по интегрированному использованию оросительных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод для повышения водообеспеченности орошаемых земель проводилась согласно Методике полевого опыта с использованием методик анализа агрохимических свойств почвы (ГОСТ 26205–91, ГОСТ 26213–91, ГОСТ 26423–85). Для сбора достоверной информации по эффективности дренажа, применяемых систем орошения использовались экспериментальные данные, полученные на опытном участке ТОО «Кетебай» (Мактааральский район, Туркестанская область), где проводились исследования. При химическом анализе воды (оросительной, грунтовой, коллекторно–дренажной) определялись: общее содержание солей, анионы и катионы, нитраты, фосфор, гумус и рН.

Все натурные полевые исследования проводились в соответствии с требованиями стандартов, норм и правил технологической и экологической безопасности, отраженных в законодательных актах Республики Казахстан и выполняться по общепринятым методикам, с соблюдением ГОСТов и отраслевых стандартов (ГОСТ 31885–2012, 1СТ РК ГОСТ Р 51592–2003).

Статистическая обработка результатов исследований осуществлялась дисперсионным методом [33].

**Основные положения, выносимые на защиту:**

– оценка современного состояния и прогноз водообеспеченности орошаемых территорий Казахстана;

– установление влияния сорбентов и мелиорантов на ионно–солевой состав поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод.

– повышение доли участия грунтовых и коллекторно–дренажных вод в оросительной норме;

– разработка режима и технологии орошения при комплексном использовании поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод с учетом их доли участия в оросительной норме, свойств почв и качестве водных ресурсов.

Для этой цели будут исследованы закономерности протекания эколого–мелиоративных процессов в корнеобитаемом слое почв при совместном использовании поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод с учетом водно–физических и химических свойств почв, уровня залегания и минерализации грунтовых вод.

– совершенствование технологии использования грунтовых вод на субирригацию, коллекторно–дренажных вод на орошение.

– научное обоснование и адаптация системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод, обеспечивающих снижение объемов водозабора на орошение и водоотведение с орошаемых земель.

**Практическая значимость** заключается в повышении водообеспеченности орошаемого земледелия путем разработки и внедрения системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод. В результате применения разработанной системы достигается:

– снижение объема водозабора на 10–15% и водоотведения на 10–15%;

– экономия оросительной воды до 10–15%, с увеличением доли участия грунтовых и коллекторно–дренажных вод;

– улучшение экологической ситуации в зоне трансграничных рек;

– создание дополнительных рабочих мест и улучшение социальных условий работников сельского хозяйства.

**Апробация работы и публикации в печати.** Разработанная система комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод была внедрена на орошаемых землях ТОО «Кетебай» Мактааральского района Туркестанской области на площади 5 га.

По результатам исследований опубликованы 4 статьи в научных изданиях, в том числе: 1 статья – в издании, рекомендованном Комитетом по обеспечению качества в науке и высшем образовании Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан; 1 статья – в международном научном издании, входящем в базу Scopus, с квартилем Q1 и процентилем 95%; 1 статья – с квартилем Q3 и процентилем 42%; 1 статья – в материалах международных конференций. А также, получены патент №9787 «Способ подачи и использования коллекторно–дренажных вод для орошения» и акт внедрения (Приложение 1).

**Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из 116 страниц и включает 4 раздела, заключение, список использованных литератур, рекомендация по внедрению результатов в производство и приложения. В работе содержится 41 таблиц и 22 рисунка. Список использованных источников насчитывает 110 наименований.

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

**1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ ОРОШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАЗАХСТАНА**

**1.1 Современное состояние водообеспеченности орошаемых территорий**

Основные запасы водных ресурсов Казахстана сконцентрированы в поверхностных и подземных источниках.

**Поверхностные водные ресурсы.**В основу водохозяйственно – административного районирования территории Республики Казахстан положено гидрографическое деление республики на основные речные ВХБ. На территории республики выделены восемь речных ВХБ: Арало – Сырдарьинский, Балкаш – Алакольский, Ертисский, Есильский, Жайык – Каспийский, Нура – Сарысуский, Тобол – Торгайский и Шу – Таласский (рисунок 1).



Рисунок 1 – Водохозяйственно – административное

районирование территории РК

В настоящее время на территории республики насчитывается около 39 тысяч рек и временных водотоков, из них более 7 тысяч имеют длину свыше 10 км. Большая часть рек Казахстана принадлежит к внутренним замкнутым бассейнам Каспийского и Аральского морей, озер Балкаш, Алаколь и Тенгиз. Только река Ертис относится к бассейну Северного Ледовитого океана [27]. Согласно Водному Законодательству РК, к водным объектам особого государственного значения отнесены: Каспийское море, озеро Балкаш, озеро Зайсан, система озер Алаколь, река Ертис.

В Казахстане насчитывается более 48 тысяч озер общей площадью водной поверхности 4500 км2 и объемом около 190 км3.

Большая часть из них сосредоточена на севере, самые крупные (Балкаш, Зайсан, Алаколь) располагаются в восточных и юго–восточных районах. Повышенная минерализация воды во многих озерах препятствует их хозяйственному использованию.

В целом водные ресурсы Казахстана размещены неравномерно по регионам. Так, на восточный район приходится 34,5% всех водных ресурсов, северный – 4,2%, центральный – 2,6%, юго–восточный – 24,1%, южный – 21,2%, западный – 13,4%.

Ситуация с обеспеченностью ресурсами поверхностных и подземных вод по отдельным регионам республики существенно различна. Более обеспечены собственными ресурсами как поверхностных, так и подземных вод бассейн реки Ертис, Балкаш–Алакольский бассейн. Дефицитными по подземным водам являются Нура–Сарысуский, Есильский, Тобол–Торгайский бассейны. Значительные территории Есильского, Жайык–Каспийского, Арало–Сырдарьинского, Тобол–Торгайского и Нура–Сарысуского бассейнов уже сейчас испытывают дефицит как поверхностных, так и подземных вод.

Основными реками бассейнов являются: река Сырдарья в Арало–Сырдаринском бассейне; реки Иле, Каратал, Аксу, Лепси, Тентек, Емель, Аягоз, Баканас в Балкаш–Алакольском бассейне; река Ертис в Ертиском бассейне; река Есиль в Есильском бассейне; реки Нура и Сарысу в Нура–Сарысуском бассейне; реки Тобол, Торгай и Иргиз в Тобол–Торгайском бассейне; реки Жайык, а также реки Эмба, Сагиз и Уил в Жайык–Каспийском бассейне.

Основной объем водных ресурсов обеспечивают поверхностные воды в среднемноголетнем объеме 106 км3, из них 55,7 % формируется на территории страны, остальные 44,3 % – благодаря притоку трансграничных рек из Китая, Узбекистана, России и Кыргызстана, что значительно увеличивает значимость урегулирования трансграничных перетоков для решения существующих и потенциальных водных проблем страны [28].

**Подземные воды.**Гидрогеологические особенности Республики Казахстан определяют неравномерность территориального распределения ресурсов подземных вод, пригодных для хозяйственно–питьевого водоснабжения: около 50% ресурсов сосредоточены на юге страны, 30% – в центральном, северном и восточном регионах и менее 20% – на западе, что отражается на водообеспеченности ее регионов.

Запасы подземных вод оценены при условии 95%–ой их обеспеченности, что отвечает 1 категории системы водоснабжения по надежности подачи извлекаемой воды в требуемых количествах и качестве.

Разведанные запасы подземных вод формируются за счет восполняемых естественных ресурсов (атмосферные осадки, речной сток и др.) и утверждаются на 27 лет, после чего требуется проведение разведочных работ по их переоценке.

Остро стоит проблема использования подземных вод в Казахстане, которые распределены крайне неравномерно. По данным 2023 года на территории страны имеется 4416 месторождений с утвержденными эксплуатационными запасами объемом 43120,56 тыс. м3/сут. [29].

При этом запасы подземных вод по степени геолого–гидрогеологической изученности по категориям подразделяются на: А – освоенные, В – разведанные, С1 –предварительно оцененные и С2 – выявленные.0В целом, ресурсами подземных вод (млн. м3/сут) обеспечены Алматинская (16,706), Восточно–Казахстанская (6,481), Жамбылская (4,728), Павлодарская (3,902), Карагандинская (2,961), Туркестанская (2,088), Актюбинская (1,904), Костанайская (1,074), Кызылординская (1,477) области.

Крайне ограничены ресурсами (млн. м3/сут) Северо–Казахстанская (0,209), Атырауская (0,262), Западно–Казахстанская (0,335), Мангистауская (0,398) и Акмолинская (0,505) области.

Из общего количества подземных вод с утвержденными эксплуатационными запасами 15,7 км3/год пригодны к использованию для орошения 8,24 км3/год.

Анализ формирования водных ресурсов на орошение по ВХБ Казахстана проведен по данным годовых отчетов восьми бассейновых инспекций по регулированию использования и охраны водных ресурсов водохозяйственных бассейнов и РГП «Казводхоз» за 2015–2020 гг. [30–32].

**Арало–Сырдарьинский ВХБ.** Для орошения земель в Туркестанской и Кызылординской административных областях используются поверхностные воды рек Арало–Сырдарьинского ВХБ. Реки по типу питания рек относятся к рекам смешанного – снежно – ледниково – грунтового питания. Гидрографическая сеть этого бассейна развита неравномерно. К горным районам приурочено наибольшее количество рек, тогда как равнинные территории реками бедны, а в пустыне отсутствуют поверхностные воды.

Основной рекой Арало–Сырдарьинского ВХБ является река Сырдарья, образующаяся от слияния рек Нарын и Карадарья, малых притоков Ферганской долины и среднего течения правобережных притоков. Водные ресурсы в целом бассейна реки Сырдарьи оцениваются в объеме 38,6 км3/год, естественный сток при 90% обеспеченности составляет 28,2 км3/год. В бассейне введено лимитированное распределение подачи воды из реки Сырдарьи с 1982 года.

Орошаемое земледелие в Арало–Сырдарьинском ВХБ является основным потребителем воды. Общая протяженность магистральных каналов, обеспечивающих посевы оросительной водой, и коллекторных сетей более 30 тыс. км.

**Балкаш–Алакольский ВХБ.** На территории Балкаш–Алакольского ВХБ насчитывается более 765 рек и временных водотоков, при этом около 90% рек относится к бассейну озера Балкаш, остальные к бассейну Алакольской группы озер и искусственных водоемов. Бассейн реки Иле составляет около 70% всей площади водосбора и 80% суммарного поверхностного стока озера Балкаш. Основными притоками Алакольской группы озер являются реки Емель, Тентек, Урджар, Катынсу, Жаманты и Ыргайты.

Основными потребителями водных ресурсов Балкаш–Алакольского бассейна являются орошаемое земледелие, коммунальное хозяйство, промышленность, энергетика, сельские населенные пункты, животноводство, рыбное хозяйство.

По всем районам Алматинской области, кроме Райымбекского, Уйгурского, Карасайского и Саркандского районов имеются неиспользованные орошаемые земли из–за финансовой несостоятельности мелких крестьянских хозяйств, отсутствия сельхозтехники для обработки земель, заболачивания. Не соблюдение севооборотов привели к неосвоению орошаемых земель.

**Ертисский ВХБ.**Река Ертис обеспечивает водой население и все отрасли экономики в пределах Ертисского ВХБ и через канал Ертис – Караганда большую территорию Центрального Казахстана. В бассейне реки Ертис насчитывается 13 рек протяженностью более 200 км, остальные 775 относятся к категории малых рек с общей протяжённостью 17,7 тыс. км. Среднемноголетняя водность рек бассейна реки Ертис составляет 33,66 км3 в год.

Водные ресурсы реки Ертис и ее притоков используются на нужды промышленности; жилищно–коммунального хозяйства; рыбного хозяйства; сельского хозяйства для регулярного орошения, залива лиманов и сенокосов, сельхозводоснабжения, обводнения пастбищ.

***Есильский ВХБ.*** Водные ресурсы зоны деятельности Есильской бассейновой инспекции складываются из ресурсов бассейна реки Есиль в пределах Республики Казахстан, в том числе из его составляющих бассейнов рек Колутон, Жабай, Терсаккан, Аккан–Бурлук, Иман–Бурлук, а также бассейна бесточных озер Шалкар, Торангул, отнесенных к общему бассейну реки Есиль. Отдельным бассейном выделяется река Чаглинка.

В последние 3 года использование воды на регулярное орошение почти не меняется (от 10 до 11 млн. м3). По лиманному орошению использование воды полностью зависит от водности года и последние годы лиманы относительно мало заливаются из–за низкой платежеспособности крестьянских хозяйств и из–за изношенности инфраструктуры систем лиманного орошения. При этом последние два года были очень многоводными.

**Жайык–Каспийский ВХБ.** Основными поверхностными водными источниками Жайык–Каспийского бассейна являются северо–восточное и восточное побережье Каспийского моря, реки Жайык, Уил, Эмба, Сагиз, Илек, Орь, Хобда, Чаган, Караозен и Сарыозен, дельтовые рукава Волги–Кигач, Шарановка и малые реки, расположенные на территории Актюбинской, Западно–Казахстанской и Атырауской областей.

Лимит водопользования по Жайык–Каспийскому бассейну на 2020 год установлен в объеме 3049300,0 тыс. м3, при этом на регулярное орошение 83500,0 тыс. м3.

Как в регулярном орошении, так и в лиманном произошло значительное сокращение осваемых площадей, ухудшилось техническое состояние систем ввиду разрушения водоудерживающих валов и плотин с водовыпускными сооружениями. Большие площади лиманов практически перешли в разряд заливных сенокосов.

**Нура–Сарысуский ВХБ.**Площади бассейнов рек Нура и Сарысу (Нура–Сарысуский бассейн) в общем составляют 303 тыс. км2. Протяженность рек Нура и Сарысу составляет соответственно 978 и 761 км. Общая протяженность всей речной сети в бассейне реки Сарысу составляет 8895 км, водотоков длиной более 10 км – 2182 км.

Основная причина неиспользования орошаемых земель это разделение орошаемых земель бывшых хозяйств, в результате чего обострились вопросы эксплуатации оросительных систем при отсутствии конкретного хозяина межхозяйственных систем; отсутствие эксплуатационной службы межхозяйственных систем; высокая стоимость электроэнергии для насосно–силового оборудования, дизельного топлива для дождевальных машин; отсутствие финансирования для реконструкции и ремонта межхозяйственных оросительных систем; нехватка подготовленных и опытных специалистов; рост площадей засоленных земель из–за отсутствия коллекторно–дренажной сети; низкий КПД оросительных систем в результате больших потерь при транспортировке покупной воды; отсутствие ассоциаций водопользователей как владельцев и организаторов эксплуатации межхозяйственных оросительных систем.

Тобол–Торгайский ВХБ. Основной водной артерией Костанайской области Тобол–Торгайского бассейна являются реки Тобол и Торгай. Режим реки Тобол осуществляется режимом эксплуатации каскада водохранилищ. Их суммарная емкость составляет 1483 млн. м3 воды при полезной 1414 млн. м3. Основная часть стока бассейна реки Тобол формируется на территории РФ. Приход воды с Оренбургской области учитывался в створе реки Тобол (п. Аккарга). За 2020 год за расходами воды не велись наблюдения. Объем стока, сработанного в Курганскую область РФ за 2020 год, составил 0,914 км3.

**Шу–Таласский ВХБ.**В Шу–Таласском бассейне имеются 3 крупные реки (Шу, Талас, Аса) и 99 малых рек. Имеются 32 водохранилища, из них 3 крупных.

Совместно с использованием накопленных водных ресурсов водохранилищ и прудов, расположенных на территории Шу–Таласского бассейна, использовались и накопленные воды в Орто–Токойском и Кировском водохранилищах Кыргызской Республики, переброска которых осуществлялась по трансграничным рекам Шу и Талас в соответствии с Положением о межреспубликанском вододелении между Кыргызской Республикой и Казахстаном.

Таким образом, имеющиеся поверхностные водные ресурсы Шу–Таласского бассейна сосредоточены в бассейнах рек Шу, Талас и Аса. Формирование стока первых двух практически полностью происходит на территории Кыргызской Республики, а по реке Аса формирование стока ее притока Куркуреусу также происходит на территории Кыргызской Республики.

Согласно анализа использования водных ресурсов по водохозяйственным бассейнам и административным районам Республики Казахстан за 2015–2020 годы по данным годовых отчетов восьми БВИ и РГП «Казводхоз» установлено, что в 2020 году орошаемые площади в целом по Казахстану составили 1 330 796,16 га, затраты воды на всю площадь составили 11 683,33 млн. м3 при средневзвешенных затратах воды на орошение 8779,20 м3/га (рисунок 2).

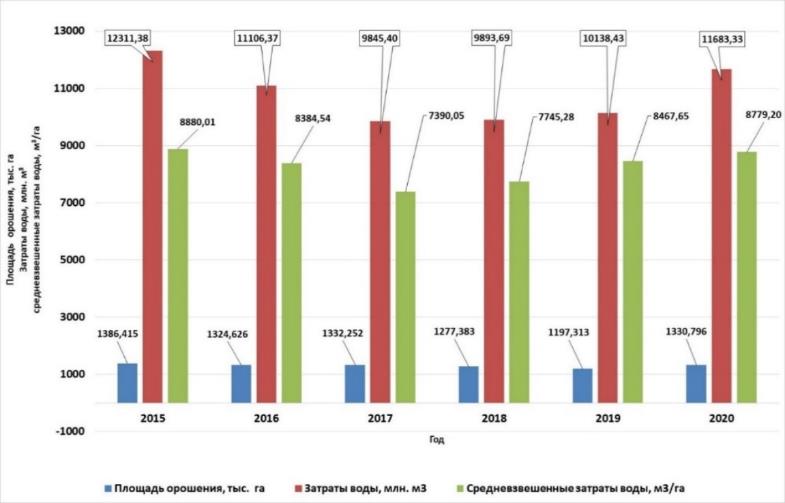


Рисунок 2 – Орошаемые площади, водозабор и средневзвешенные

затраты воды по Республике Казахстан

Объем водозабора на лиманное орошение в 2020 году составил 281,318 млн. м3. При площади лиманов 89785,8 га средневзвешенные затраты воды составили 3 133,21 м3/га. В целом водные затраты на регулярное и лиманное орошение составили 11 964,64 млн. м3.

Анализ водохозяйственной обстановки в разрезе речных водохозяйственных бассейнов показывает, что рассчитывать на имеющиеся свободные ресурсы речного стока не представляется возможным в связи с крайне неравномерным распределением речных водных ресурсов по территории страны. Это обуславливает нестабильность и неравномерность водообеспеченности водохозяйственных бассейнов и отраслей экономики.

**1.2 Прогноз изменения объема водных ресурсов на орошение**

Глава государства Касым–Жомарт Токаев в Послании от 2 сентября 2019 года «Конструктивный общественный диалог – основа стабильности и процветания Казахстана», отметил необходимость широкого внедрения водосберегающих технологий орошения с доведением орошаемой площади до 3 млн. га к 2030 году [33].

По предварительным оценкам прогнозный водохозяйственный баланс на перспективу до 2030 года показывает сокращение внутренних ресурсов речного стока с 106 до 99,4 км3 за счет сокращения притока с территории сопредельных стран с 51,5 до 46,5 км3 [34–39] (таблица 1).

Таблица 1 – Прогнозные значения ресурсов речного стока Республики Казахстан с учетом климата и антропогенных нагрузок к 2030 году, км3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Водохозяйственные бассейны | Местные ресурсы | | Приток | | Суммарный\* |
| Всего | в том числе отток за пределы РК (возвратный) | Всего | в том числе сформированный на территории сопредельных стран | Всего |
| Арало –Сырдарьинский | 3,17 | 0,48 | 14,4 | 13,9 | 17,1 |
| Балхаш –Алакольский | 16,6 | 0,99 | 12,5 | 11,5 | 28,1 |
| Ертисский | 26,5 | 1,31 | 7,13 | 5,82 | 32,3 |
| Есильский | 2,47 | – | – | – | 2,47 |
| Жайык –Каспийский | 3,08 | 0,97 | 8,63 | 7,66 | 10,7 |
| Нура – Сарысуский | 1,96 | – | – | – | 1,96 |
| Тобыл – Торгайский | 1,88 | – | 0,59 | 0,59 | 2,47 |
| Шу – Таласский | 1,01 | – | 3,21 | 3,21 | 4,22 |
| Итого: | 56,7 | 3,75 | 46,5 | 42,7 | 99,4 |

В таблице 2 представлен план МСХ РК по увеличению площадей.

По информации МСХ РК в рамках заключенных меморандумов между министерством сельского хозяйства РК и акиматами областей проводится работа по диверсификации посевных площадей сельскохозяйственных культур путем снижения доли водоемких и монокультур, а также увеличения площадей высокорентабельных альтернативных культур – овощебахчевые, кормовые и масличные. Согласно меморандуму, площадь посева риса в Кызылординской области в 2020 году должна была составить 75 тыс. га, однако фактическая площадь посева составила 89 тыс. га, т.е. превышение индикативных показателей составило более 14 тыс. га. Аналогичная ситуация складывалась по Туркестанской области, где был не выполнен показатель по сокращению площади хлопчатника. В 2020 году его фактическая площадь превысила площадь, предусмотренную в меморандуме на 16 тыс. га [40, 41].

Таблица 2 – План МСХ РК по увеличению орошаемых земель до 2030 года [42]

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Административые  области | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| Акмолинская | 31,6 | 31,9 | 31,9 | 36,4 | 36,4 | 49,7 | 49,7 | 49,7 | 168,9 | 168,9 | 168,81 |
| Актюбинская | 30,3 | 30,3 | 30,3 | 33,1 | 41,7 | 52,08 | 56,28 | 72,06 | 81,66 | 82,56 | 87,34 |
| Алматинская | 584,3 | 586,4 | 586,4 | 586,4 | 588,4 | 599,98 | 599,98 | 636,76 | 660,76 | 660,76 | 660,76 |
| Атырауская | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 |
| ВКО | 195,9 | 195,8 | 195,8 | 195,8 | 199 | 216,18 | 259,68 | 303,77 | 329,37 | 348,75 | 373 |
| Жамбылская | 230,9 | 230,9 | 230,9 | 230,9 | 230,9 | 230,9 | 230,9 | 230,9 | 230,9 | 230,9 | 230,9 |
| ЗКО | 55,8 | 57,8 | 62,3 | 86,3 | 86,3 | 86,3 | 86,3 | 86,3 | 86,3 | 86,3 | 86,3 |
| Карагандинская | 93,1 | 93,1 | 93,1 | 93,9 | 93,9 | 102,9 | 115,1 | 129,3 | 154,1 | 181,92 | 181,92 |
| Кызылординская | 252 | 251 | 251 | 251 | 251 | 270,3 | 281,8 | 301,18 | 302,38 | 302,38 | 302,38 |
| Костанайская | 32,3 | 33,6 | 33,6 | 41,5 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 |
| Мангистауская | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 |
| Павлодарская | 126,8 | 140,3 | 150,6 | 160,6 | 164,4 | 168,68 | 172,58 | 176,17 | 179,47 | 182,65 | 196,75 |
| СКО | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 18,235 | 19,47 | 20,705 | 21,94 |
| Туркестанская | 548,5 | 573,8 | 573,8 | 573,8 | 573,8 | 588,05 | 602,3 | 616,55 | 630,8 | 645,05 | 659,3 |
| г. Алматы | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 |
| г. Нур–Султан | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| г.Шымкент | 25,3 | 25,3 | 25,3 | 25,3 | 25,3 | 25,3 | 25,3 | 25,3 | 25,3 | 25,3 | 25,3 |
| ИТОГО | 2251,1 | 2294,5 | 2309,3 | 2359,3 | 2384,4 | 2483,67 | 2573,2 | 2722,5 | 2945,7 | 3012,4 | 3071 |

Перспективы увеличения эффективности орошаемого земледелия неразрывно связаны с широким применением водосберегающих технологий орошения, которые позволяют снизить водозатратность и увеличить урожайность путем точечной подачи воды и питательных элементов. Как добавил министр сельского хозяйства, на сегодняшний день отмечается увеличение площадей, где внедрены водосберегающие технологии, на что способствовало инвестиционное субсидирование, в рамках которого возмещается 50% понесенных затрат фермеров на приобретение современных систем орошения, а также подведения всей необходимой инфраструктуры для забора и подачи воды.

В рамках разрабатываемого Национального проекта по развитию агропромышленного комплекса на 2021–2025 гг. предусмотрен индикатор по доведению площадей до 450 тыс. га, где применяются водосберегающие технологии. Учитывая сохранение маловодного цикла и возрастающий дефицит поливной воды, фермерам рекомендуется активно внедрять водосберегающие технологии. В этой связи, Минсельхоз поддерживает предложение Министерства экологии по разработке и утверждению Дорожных карт по внедрению водосберегающих технологий с определением площадей по всем областям с обязательным контролем по исполнению намеченных планов. В целях стимулирования фермеров к внедрению водосберегающих технологий в настоящее время ведется работа по дифференциации субсидий по возмещению услуг по подаче воды в зависимости от способов полива, т.е. субсидии на прежнем уровне будут получать только фермеры, применяющие водосберегающие технологии.

Одним из немаловажных направлений водосбережения является диверсификация водоемких культур. В целом Министерством сельского хозяйства совместно акиматами областей ежегодно проводится соответствующая работа по отходу от водоемких и монокультур. Так, в текущем году по сравнению с 2020 годом площадь хлопчатника уменьшена на 18 тыс. га, риса – на 7,6 тыс. га. В целях исполнения протокольного поручения заседания Правительства от 22 декабря 2020 года в дальнейшем планируется уменьшение площадей хлопчатника до 100 тыс. га по Туркестанской области, а также риса до 75 тыс. га по Кызылординской области.

Прогноз тенденции изменения объема доступных водных ресурсов на орошение разработан исходя из необходимостиповышения технического уровня ирригационных системи применимостиводосберегающих технологий в орошаемом земледелии.

По данным БВИ в 2020 году в республике водозабор на регулярное орошение составил 11 683 326,70 тыс. м3, при этом потери при транспортировке только на магистральных каналах составили 2 453 498,61 тыс. м3. Весь этот объем воды подавался на площадь 1 330,8 тыс. га, из них 220,0 тыс. га поливались при помощи водосберегающих технологий орошения, а 1 110,8 тыс. га – поверхностным способом орошения.

В будущем, направление развития орошаемого земледелия пойдет по пути увеличения КПД оросительных систем, за счет реконструкции и нового строительства оросительных сетей с увеличением их КПД до 0,75 в период с 2020 г. до 2025 г., внедрения водосберегающих технологий орошения (дождевания, капельного полива), обладающих высоким КПД на поле равным 0,95 (средний КПД между капельным и дождевальным орошением), а также доведение КПД поля при поверхностном поливе до 0,8, за счет применения водосберегающих способов поверхностного полива (дискретный механизированный и автоматизированный полив и др.), применения средств малой механизации и автоматизации водораспределения.

При прогнозе развития орошаемого земледелия до 2025 года исходные данные 2020 года приняты за константу (таблица 3).

Таблица 3 – Прогноз тенденции изменения объема доступных водных ресурсов на орошение до 2025 года

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Целевые индикаторы | Ед.изм. | Источник  информации | Ответственный  исполнитель | 2020 (факт) | 2021  (оценка) | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Общая площадь орошения | тыс. га | КВР МЭГПР, МСХ | МЭГПР, МСХ, акиматы областей | 1 330,8 | 1 600,0 | 1 700,0 | 1 900,0 | 2 000,0 | 2 200,0 |
| Площадь поверхностного орошения | тыс. га | КВР МЭГПР, МСХ | МЭГПР, МСХ, акиматы областей | 1 110,8 | 1 364,0 | 1 418,0 | 1 573,0 | 1 624,5 | 1 750,0 |
| Площадь полива с применением водосберегающих технологий орошения | тыс. га | КВР МЭГПР, МСХ | МЭГПР, МСХ, акиматы областей | 220,0 | 236,0 | 282,0 | 327,0 | 375,5 | 450,0 |
| КПД подводящей сети |  | КВР МЭГПР | МЭГПР, акиматы областей | 0,610 | 0,645 | 0,660 | 0,685 | 0,710 | 0,750 |
| КПД поля при поверхностном поливе |  | КВР МЭГПР | МЭГПР, акиматы областей | 0,705 | 0,715 | 0,725 | 0,740 | 0,750 | 0,760 |
| КПД поля при водосберегающей технологии полива |  | КВР МЭГПР | МЭГПР, акиматы областей | 0,950 | 0,950 | 0,950 | 0,950 | 0,950 | 0,950 |
| КПД поля средневзвешенный |  | КВР МЭГПР | МЭГПР, акиматы областей | 0,746 | 0,750 | 0,762 | 0,776 | 0,788 | 0,799 |
| КПД оросительной системы |  | КВР МЭГПР | МЭГПР, акиматы областей | 0,455 | 0,484 | 0,503 | 0,532 | 0,559 | 0,599 |
| Объем водозабора при регулярном орошении | км3 | КВР МЭГПР | МЭГПР, акиматы областей | 11,683 | 13,209 | 13,488 | 14,266 | 14,279 | 14,658 |
| Объем забора воды при регулярном орошении (нетто) | км3 | КВР МЭГПР | МЭГПР, акиматы областей | 5,313 | 6,387 | 6,786 | 7,585 | 7,984 | 8,782 |
| Объем потерь воды при регулярном орошении | км3 | КВР МЭГПР | МЭГПР, акиматы областей | 6,370 | 6,822 | 6,702 | 6,682 | 6,295 | 5,876 |
| Удельный расход воды на орошение (брутто) | м3/га | КВР МЭГПР | МЭГПР, акиматы областей | 8 779 | 8 255,9 | 7 934 | 7 509 | 7 139 | 6 663 |
| Удельный расход воды на орошение (нетто) | м3/га | КВР МЭГПР | МЭГПР, акиматы областей | 3 992 | 3 992 | 3 992 | 3 992 | 3 992 | 3 992 |
| Удельный объем потерь воды на орошение | м3/га | КВР МЭГПР | МЭГПР, акиматы | 4 787 | 4 264 | 3 942 | 3 517 | 3 147 | 2 671 |

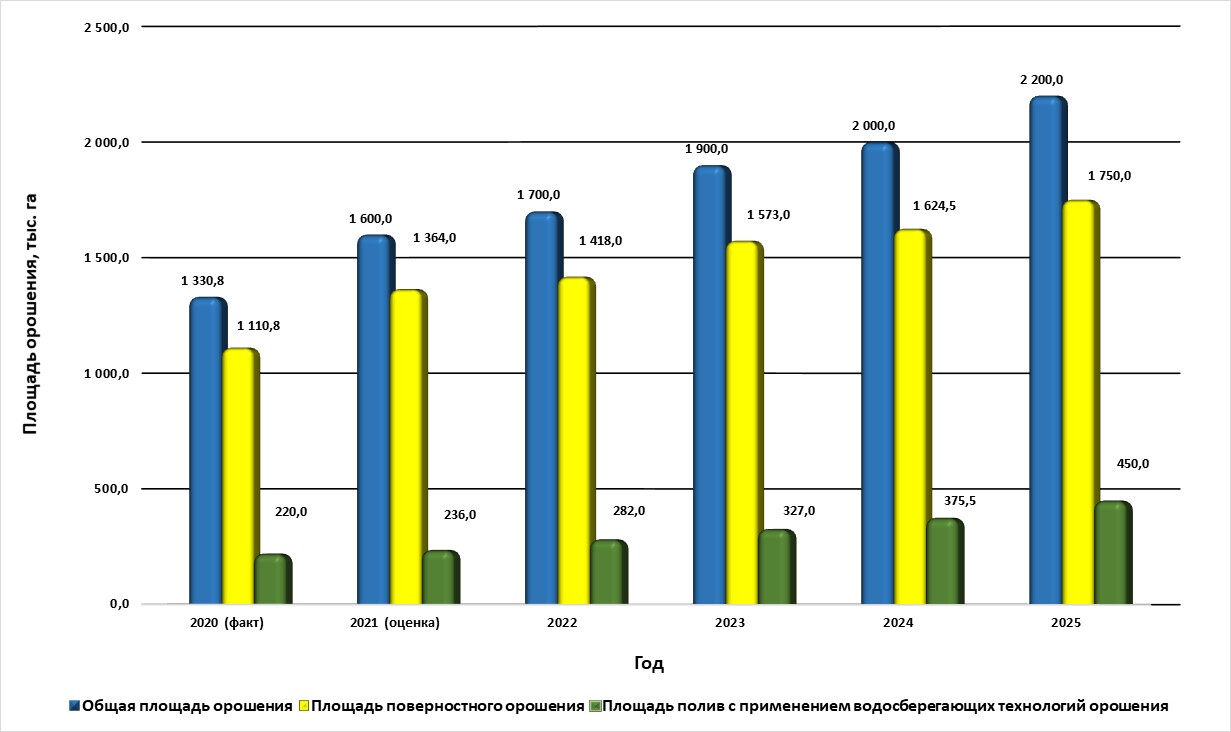


Рисунок 3 – Прогноз увеличения орошаемых земель с разбивкой по способам полива

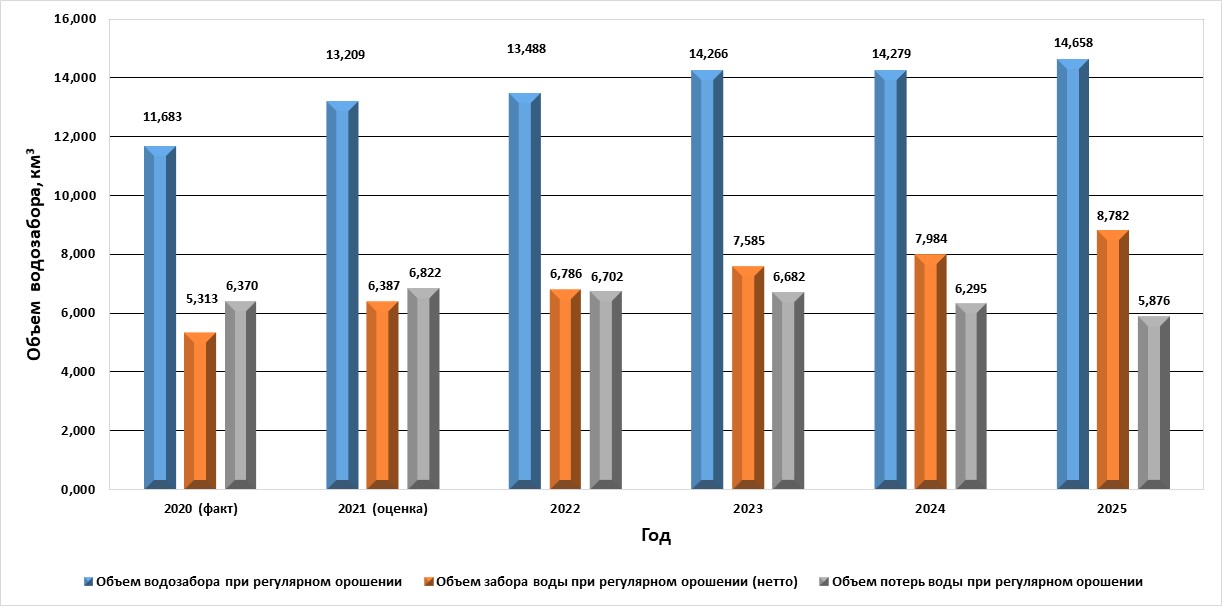


Рисунок 4 – Прогноз изменения забора воды и потерь при регулярном орошении

Учитывая вышеизложенное, определены средневзвешенные затраты воды на один политый гектар. Затраты воды брутто на 1 га составили:

Wбр = 11 683 326 700 / 1 330 796 = 8779,2 м3/га.

Затраты воды нетто на 1 га при существующей структуре посевов составили 3992 м3/га, при средневзвешенном КПД систем 0,455.

Графики прогноза увеличения орошаемых земель с 2021 по 2025 годы с разбивкой по способам полива и изменения забора воды и потерь при регулярном орошении представлены на рисунках 3 и 4.

В настоящее время, при годовом лимите воды на орошение 15,5 км3 используется 12,0 км3. Имеющийся резерв составляет 3,5 км3. Государственной Программой развития АПК 2017–2021 гг. предусматривалось строительство 8 водохранилищ с общим объемом 0,885 км3. Перевод Коксарайского контррегулятора в режим ирригационного водохранилища позволит дополнительно использовать 2,2 км3 оросительной воды. Сбор и аккумулирование паводковых вод позволит создать резерв воды для орошения в объеме 2,7 км3. Таким образом, годовой резервный объем оросительной воды составляет 9,285 км3.

Согласно прогнозу тенденции изменения объема доступных водных ресурсов на орошение за период с 2021 по 2025 годы при повышении технического уровня оросительных систем за счет увеличения КПД оросительной сети и увеличения КПД поля при внедрении водосберегающих технологий полива обеспечивается увеличение общей площади орошения до 2200 тыс. га, а площадей водосберегающих технологии до 450 тыс. га. При этом объем потерь воды при регулярном орошении снижается с 6,37 км3 до 5,876 км3, что обеспечивает дополнительный резерв воды в объеме 0,49 км3, возможный к использованию на орошение. Удельный расход воды на орошение брутто снижается от 8779 м3/га до 6663 м3/га.

**1.3 Научно–технологическое обоснование комплексного использования водных ресурсов для повышения водообеспеченности орошаемых территорий южного Казахстана**

Казахстан относится к числу стран, где орошаемое земледелие в сельскохозяйственном производстве играет ведущую роль. В основном, орошаемые земли сосредоточены в южных регионах (таблица 4), в том числе около 38% их приходится на Туркестанскую область и 14% – на Кызылординскую область. Отсюда следует, что наибольшая площадь орошаемых земель приходится на Арало–Сырдаринский ВХБ и составляет 694 278 га или 52% от всей орошаемой площади в целом по Казахстану [42].

Затраты воды и площади регулярного орошения по Арало – Сырдарьинскому ВХБ и административным районам за 2015–2020 гг. приведены в Приложении 2.

В связи с этим, проведем более подробный анализ современного состояния орошаемого земледелия по Арало–Сырдариинскому бассейну, который охватывает территории Кызылординской области, город Шымкент и Туркестанской области без Созакского района (рисунок 5).

Таблица 4 – Наличие и использование орошаемых площадей в южном регионе Республики Казахстан

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Административные области | Наличие орошаемых земель,  тыс. га  (2020 г.) | Площадь водообеспеченных орошаемых земель,  тыс. га (по данным МЭГПР) | Площадь посева, тыс. га (по данным МИО) | Не использовалось орошаемых земель, тыс. га |
| 1. Алматинская | 584,3 | 484,5 | 453,1 | 108,0 |
| 2. Жамбылская | 230,9 | 181,8 | 177,4 | 14,0 |
| 3. Кызылординская | 252,0 | 199,7 | 184,1 | 57,0 |
| 4. Туркестанская | 548,5 | 441,1 | 440,2 | 58,8 |
| Всего по южному региону | 1615,7 | 1307,1 | 1254,8 | 237,8 |

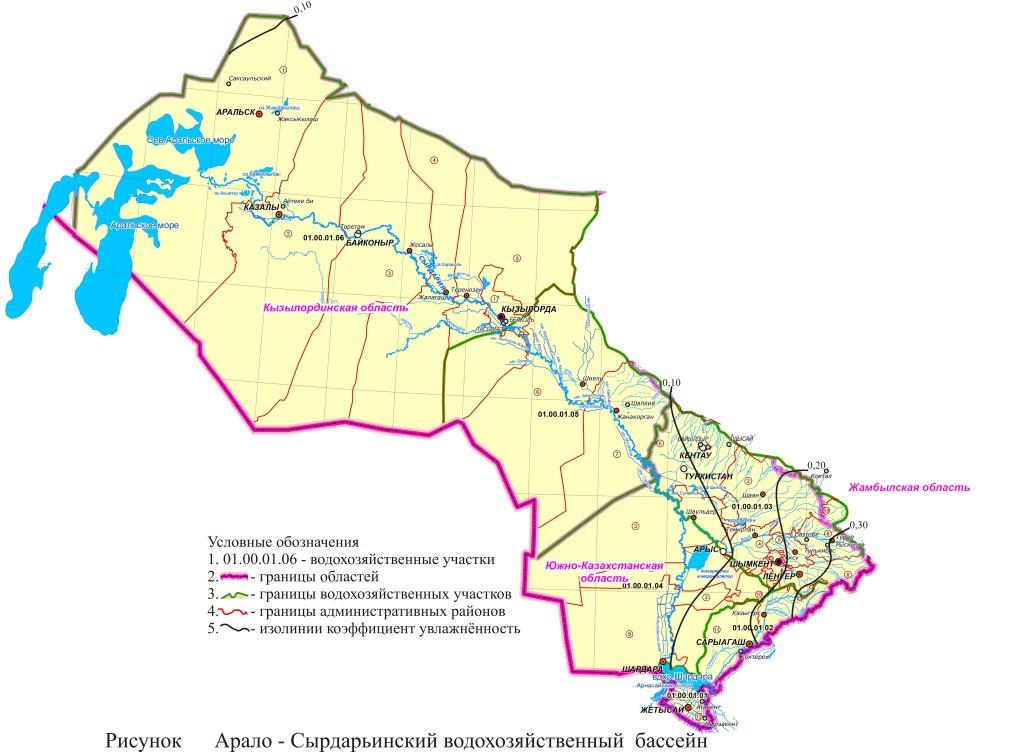


Рисунок 5 – Арало–Сырдариинский ВХБ

Земли Арало–Сырдариинского ВХБ благодаря высокой теплообеспеченнности обладают самым большим потенциалом продуктивности в республике и при благоприятном мелиоративном режиме на этих землях можно получить весьма высокие урожаи различных сельскохозяйственных культур [43, 44].

В целом этот регион имеет благоприятные климатические условия для развития орошаемого земледелия. В регионе на орошении возделываются рис, хлопок, пшеница, кукуруза, овощи и бахчевые культур, садоводство. Размещение ВХР и ВХУ, административных областей и районов по природным зонам увлажненности приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Размещение по природным и соответствующим им агроклиматическим зонам увлажненности в Арало – Сырдариинском ВХБ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование водохозяйственных  районов код | Код водохозяйственных участков | Природные зоны и коэффициент увлажненности (Ку) | Административные области  и районы |
| 01 Арало–Сырдариинский водохозяйственный бассейн | | | |
| Сырдариинский 01.00.01 | 01.00.01.01 | Пустыня южная – Пю, Ку≤0,10 | Туркестанская область:  Махтааральский |
| 01.00.01.02  01.00.01.03 | Пустыня южная – Пю, Ку=0,10–0,15 | Сарыагашский, Казыгуртский |
| Предгорная степь – ПГС, Ку=0,25–0,30 | Жамбылская область: северо–западная часть Жуалынского района |
| Предгорная степь – ПГС, Ку=0,30–0,35 | Туркестанская область: северные части Тюлькубасского, Толебийского |
| Предгорная полупустыня – ПГП, Ку=0,20–0,25 | Туркестанская область: Тюлькубасский, Толебийский |
| Пустыня южная – Пю, Ку=0,15–0,20 | Ордабасынский, Сайрамский, Байдыбекский |
| Пустыня южная – Пю, Ку≤0,10 | Туркестанский |
| 01.00.01.04 | Пустыня южная – Пю, Ку≤0,10 | Арысский, Отырарский, Шардаринский |
| 01.00.01.05 | Пустыня южная – Пю, Ку≤0,10 | Кызылординская область: Жанакорганский, Шиелийский |
| 01.00.01.06 | Пустыня южная – Пю, Ку≤0,10 | Сырдариинский, Жалагашский, Кармакшинский, Казалинский, Аральский |

Согласно таблицы 5 можно отметить, что в Арало – Сырдариинском водохозяйственном бассейне природные зоны представлены как пустынями и полупустынями, так и предгорными степями. Это указывает на большую зависимость в необходимости исскуственного увлажнения, т.е. в орошении.

Наибольшая площадь орошаемых земель сосредоточена в Туркестанской области (более 515 тыс. га), здесь формируются большие объемы коллекторно–дренажных вод, а также имеются большие проблемы в водобеспеченности в вегетационный период. В связи с этим, наиболее предпочтительным регионом исследований будет являться Туркестанская область.

**Выводы по 1 главе**

1. В основу водохозяйственно–административного районирования территории Республики Казахстан положено гидрографическое деление республики на основные речные ВХБ. На территории республики выделены восемь речных ВХБ: Арало–Сырдарьинский, Балкаш–Алакольский, Ертисский, Есильский, Жайык–Каспийский, Нура–Сарысуский, Тобол–Торгайский и Шу–Таласский;

2. Располагаемые водные ресурсы РК в среднемноголетнем объеме составляют 106 км3, из них 55,7 % формируется на территории страны, остальные 44,3 % – благодаря притоку трансграничных рек из соседних стран;

3. Согласно анализа использования водных ресурсов по водохозяйственным бассейнам и административным районам РК за 2015–2020 годы по данным годовых отчетов восьми БВИ и РГП «Казводхоз» установлено, что в 2020 году орошаемые площади в целом по Казахстану составили 1 330 796,16 га, затраты воды на всю площадь составили 11 683,33 млн. м3 при средневзвешенных затратах воды на орошение 8779,20 м3/га;

4. Анализ водохозяйственной обстановки в разрезе речных ВХБ показывает, что рассчитывать на имеющиеся свободные ресурсы речного стока не представляется возможным в связи с крайне неравномерным распределением речных водных ресурсов по территории страны. Это обуславливает нестабильность и неравномерность водообеспеченности ВХБ и отраслей экономики;

5. Прогнозный водохозяйственный баланс на перспективу до 2030 года показывает сокращение внутренних ресурсов речного стока с 102,3 до 99,4 км3 за счет сокращения притока с территории сопредельных стран с 51,5 до 46,5 км3. Поэтому требуется разработка научно–обоснованных мероприятий по адаптации к этому вызову;

6. Наибольшая площадь орошаемых земель Казахстана сосредоточена в Туркестанской области (более 515 тыс. га), здесь формируются большие объемы коллекторно–дренажных вод, а также имеются большие проблемы в водобеспеченности в вегетационный период. В связи с этим, наиболее предпочтительным регионом исследований будет являться Туркестанская область.

**2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**2.1 Природно–климатические и гидро–геологические условия региона исследований – Туркестанской области**

Туркестанская область является одним из крупных регионов республики и граничит на востоке с Жамбылской областью, на севере – с Карагандинской, на западе – с Кызылординской областью и на юге – с Узбекистаном. Ее территория – 117,3 тыс.кв.км. Областной центр – город Туркестан (рисунок 6).

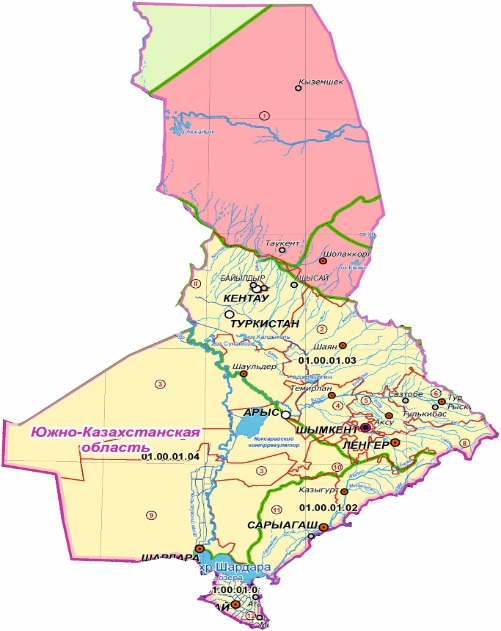


Рисунок 6 – Водохозяйственная карта Туркестанской области

Территория области отличается разнообразием рельефа. Весь юго – восток области занят несколькими хребтами Западного Тянь – Шаня. Наиболее крупные из них Каратау, Таласский Алатау, Каржантау, Пскемский. Север и юго – запад заняты равнинами, составляющими более половины площади области.

Хребет Каратау, проходящий посередине области с юго – востока на северо – запад, делит равнинную территорию области на две части: северную, занятую песками Муйынкум и плато Бетпакдала, и южную, занятую присырдарьинской низменностью и песками Кызылкум.

Юго – западные склоны хребта, обращенные в сторону р.Сырдарьи, пологие, хорошо орошены небольшими речками; северо – восточные склоны, обращенные к пескам Муйынкум, большей частью крутые, скалистые, бедные растительностью и проточными водами.

В юго – восточной части хребет Каратау расчленяется на ряд массивов (Боролдайтау, Кулуктау, Куюктау) и упирается в более высокий хребет Таласский Алатау. В пределы области он входит своей западной частью –Джабаглинскими горами, в которых расположен один из интереснейших заповедников Казахстана – Аксу–Джабаглинский.

С запада отроги Таласского Алатау (между реками Келес и Арысь) оконтуриваются широкой полосой пологих предгорных возвышенностей, сменяющихся к югу предгорной равниной, сложенной рыхлыми валунно –галечными отложениями, перекрытыми лёссовидными суглинками.

Крайний север области занят западной частью плато Бетпакдала. На севере и западе эта часть плато ограничивается крутым уступом, высота которого местами достигает 40 – 60 м. У южного края плато расположены пересыхающие низовья р. Шу. Равнинная поверхность плато (несколько всхолмленная на крайнем востоке области) полого понижается с севера на юг. На севере абсолютные высоты достигают 300 м, на юге они уменьшаются до 180 – 130 м. В южной части плато встречаются соры. Наиболее крупный из них Асказансор.

Южнее Бетпакдалы, между низовьями р. Шу и хребтом Каратау, в пределы области заходит западная окраина грядовых и грядово – бугристых песков Муйынкум, поверхностные толщи которых сложены хорошо сортированными, мелкозернистыми фракциями песка. Гряды имеют различное простирание – от северо–западного до широтного и даже до северо – восточного. На востоке, у границы с Жамбылской областью, пески имеют абсолютные высоты около 400 м, а на западе, где сплошной массив Муйынкумов разбивается на небольшие пятна песчаных накоплений, высота их уменьшается до 125 м.

В юго – западную часть области заходит песчаная пустыня Кызылкум. Пески, ограниченные на юге покатой песчано – глинистой равниной предгорий гор Нуратау и Койташ (расположены в пределах Узбекистана), постепенно понижаются с юга на север, ют 300 м у границ с предгорными равнинами до 200 м у границ с Кызылординской областью. Основными формами песчаного рельефа Кызылкумов являются гряды и бугры. На юге пустыни расположены широтно вытянутые солончаки Айдар и Жолпаксор.

К югу неширокая полоса равнинных песков Кызылкумов незаметно переходит в приподнятую и суглинистую (250 – 300 м над ур. м.) равнину Голодной степи (Мирзашоль). В восточной ее части, орошенной водами канала им. Кирова, располагаются основные хлопковые поля Казахстана.

Между пустыней Кызылкум и предгорьями хребтов Западного Тянь – Шаня расширяющейся полосой с юга на север протянулась долина р. Сырдарьи. Долина р. Сырдарьи лежит на высоте 170 – 250 м над ур. м. и отличается весьма пологим уклоном к сторону Аральского моря.

Климат области характеризуется большой континентальностью и сухостью, что обусловлено положением ее в глубине материка и значительной удаленностью от открытых морей и океанов. Климатические условия области, неоднородной по рельефу (пустыни, предгорья и горы) и имеющей большую протяженность территории по широте, отличаются крайним разнообразием [45].

Характерной особенностью климата Туркестанской области, расположенной на крайнем юге республики, является обилие инсоляции и тепловых ресурсов. Лето знойное, продолжительное и исключительно сухое, зима мягкая, короткая с частыми оттепелями, снежный покров мал и неустойчив. Длительность теплого периода со средней суточной температурой выше 0° равна 250 дней на севере области и до 320 дней на юге.

Континентальность климата горных районов области, занимающих среднюю (хребет Каратау) и юго – восточную (предгорья Тянь – Шаня) части ее, выражена слабее. Контрастность между температурами зимы и лета, дня и ночи меньше. Уменьшение годовой амплитуды температуры происходит за счет более низких температур летом и иногда за счет относительно высоких температур зимой вследствие проявления фёновых явлений в ряде районов в зимний период.

Зима в горных районах по сравнению с ближайшими равнинами более холодная и продолжительная с устойчивым снежным покровом, достигающим высоты 1 м и более. Лето в горах короче и прохладнее, чем на равнине.

Увлажнены горные районы значительно лучше, чем территории, занятые равнинами.

Средняя годовая температура воздуха изменяется по области от 8–9 до 14°С, повышаясь при продвижении с севера на юг.

Январь – самый холодный месяц года, средняя температура его колеблется по территории области от – 0,9° (юг) до – 9,6° (север). Абсолютный минимум температуры воздуха колеблется от – 15° до – 26°. Абсолютный максимум температуры воздуха колеблется от 5° до 14°.

Самый жаркий месяц – июль; наиболее высокие значения средней июльской температуры воздуха (29,7°) в Кызылкумах, низкие – в горных (22,3°) и самые низкие (ниже 18°) – в высокогорных районах. Летом в отдельные дни на юге области возможно повышение температуры до 45 – 47°, на севере – до 43–44°. Абсолютный минимум температуры воздуха колеблется от 8° до 15°. Абсолютный максимум температуры воздуха колеблется от 28° до 43°.

Годовое количество осадков в равнинной части области составляет лишь 150 – 250 мм, в предгорьях и в горных районах (на высотах более 1000 м над ур. м.) 400 – 877 мм. Однако осадки неустойчивы, и в отдельные годы количество их колеблется в больших пределах.

Следует отметить, что в горных районах с чрезвычайно сложным и разнообразным рельефом как на температурный режим, так и на обеспеченность осадками, кроме высоты местности, большое влияние оказывает форма рельефа и экспозиции склонов. Поэтому даже на небольшой части территории, но с сильно изрезанным рельефом встречаются резкие различия в климатических условиях. Характерно, что годовое распределение осадков аналогично как в пустыне, так и в предгорных и горных районах. Отмечается два максимума осадков, главный – резко выражен весной, второстепенный – осенью. Наибольшее количество осадков выпадает в марте и апреле, наименьшее – летом. Первая половина осени тоже очень сухая. Зимне–весенние осадки составляют 70–80% годовых.

На территории области преобладают северные, северо–восточные и восточные ветры. Однако в районах с очень расчлененным рельефом преобладающий ветер часто обусловлен чисто местными условиями. Средние годовые скорости их колеблются в пределах 1,9–3,9 м/с. Энергетические запасы ветра более значительны в северо–восточной половине области, где средние годовые скорости составляют 3–3,8 м/сек. В юго–западной части они слабее (1,5–2,8 м/сек) [46].

Почвы. Почвенно–растительный покров разнообразен. На севере и юго–западе территории области находятся пустыни и полупустыни и на юго–востоке – горы.

Плато Бетпакдала покрыто полынно–биюргуновой растительностью на малокарбонатных сероземах (в комплексе с солончаковатыми солонцами) с пятнами светлых сероземов. На выходах щебня небольшие участки тас–биюргуна. Плато может служить позднеосенним и ранневесенним пастбищем.

В долине р. Шу на аллювиально–луговых почвах и примитивных сероземах развита ажреково–полынная лугово–солончаковая растительность с зарослями гребенщика, чингиля и саксаула.

На подгорной пролювиальной равнине северо–восточных склонов Каратау с суглинисто–щебенчатыми малокарбонатными (в комплексе с солонцевато–осолоделыми) сероземами развита боялычню–полынная растительность, сменяющаяся полынно–злаковой на маломощных горно–степных сероземах и каштановых почвах.

Для Кызылкумов характерны эфемеровые белосаксаульники и эфемеровые серополынники. На каменистых участках развиваются редкостойные серополынники и боялычники. На крайнем юге пустыни в районе небольших гор Пестелитау на сероземах развита полынно–эфемеровая пустынная растительность, переходящая выше в пушисто–пырейные степи. В пределах Голодной степи развиты многокарбонатные сероземы под эфемеровой растительностью.

Почвенный покров древней части долины Сырдарьи представлен примитивными сероземами (с пятнами солончаков и такыров) под белополынно–солянковой растительностью. Ближе к Сырдарье они переходят в лугово–сероземные (различной степени засоленности), аллювиально–луговые и лугово–болотные почвы, часто в комплексе с солончаками под солончаковатыми ажрековыми лугами и сенокосными пырейными, осо–ковыми, пырейно–вейниковыми аллювиальными лугами, тростниковыми зарослями и тугаями (тростник, лох, чингиль, гребенщик, туранга, ива).

В предгорьях Западного Тянь–Шаня (до 500–700 м над ур. м.) на типичных сероземах господствует эфемерная пустынная растительность (мятлик луковичный, осочка пустынная) с эфемеровым разнотравьем, по теневым склонам лощин появляются раннелетние злаки (пырей пушистый, ячмень луковичный, бородач и др.), несколько выше (до 800 м) занимающие доминирующее положение. Нижний ярус состоит из эфемеровых злаков (мятлик луковичный, костер, ячменец, ячмень мышиный), отмечается присутствие полыни, эбелека, изеня.

От 800–1000 до 1300–1500 м на выщелоченных сероземах развиты пушисто–пырейные степи. В сильно пересеченном рельефе низкогорий и средневысотных гор на каменистых склонах экспозиции, освещенной солнцем, эта растительность комплексируется с разнотравно–пырейно– эфемеровыми группировками.

Выше пушисто–пырейных разнотравных степей располагается пояс злаково–разнотравных горных степей на черноземовидных (горно–степные черноземы) почвах, по долинам и нижним частям северных склонов – заросли деревьев и кустарников (грецкий орех, алыча, урюк, яблоня, боярышник и др.). Выше находятся луговые степи с древовидной арчей, переходящей в заросли туркестанской арчи. Весьма небольшие площади высоких хребтов занимают субальпийские и альпийские луга.

Юго–западный склон Каратау в природном отношении несколько отличается от горных хребтов остальной части области. Его пологие низкие предгорья с типичными сероземами под эфемеровой пустынной растительностью с высоты 500 м сменяются полынно–злаковыми пустынными степями на горных выщелоченных сероземах. Эфемерово–пустынная растительность при переходе к Сырдарье нередко заменяется эфемерово–солянково–полынной растительностью, в которой следует отметить наличие белой (цитварной) полыни – лекарственного сырья для получения сантонина.

Верхняя часть хребта Каратау занята ковыльно–типцовой и типцовой степью с обильным разнотравьем и луговыми злаками по плоским лощинам на горно–степных каштановых выщелоченных почвах и черноземах [43].

Обеспеченность водными ресурсами. На территории области протекает мощная и многоводная река Сырдарья с большими притоками Арысь и Келес. В песках пустыни Муюнкумы теряются большие реки Шу и Сарысу. Кроме того, имеется более 4–х десятков мелких рек, в основном горных. До недавнего времени в области было около 1500 озер и несколько водохранилищ. Самые большие водохранилища – Шардарьинское и Бугунское. Самое большое озеро Акжайкынколь – 42,2 км2, которое часто пересыхает. Самое глубокое озеро расположено в горах имеет обвальное происхождение и глубину 26 м. В области имеется несколько водопадов, самый высокий – 70 м, водный только в весеннее время. Самый красивый многоступенчатый водопад (высотой 28 м) расположен на территории самого старого заповедника Казахстана и Средней Азии – Аксу–Жабаглинского [44].

Река Сырдарья является главной водной артерией, которая образуется от слияния рек Нарын и Карадарья, малых притоков Ферганской долины, среднего течения и притоков Ахангаран, Чирчик, Келес, Куруккелес и Арысь. Из общей площади территории бассейна реки Сырдарьи, равной 444 тыс.км2, 250 тыс.км2 (или 56,6%) находится в пределах Республики Казахстан и является территорией контролируемой Арало–Сырдарьинской БВИ. Остальная территория принадлежит Республикам Кыргызстан, Узбекистан и Таджикистан.

Река Арысь – наиболее крупный приток реки Сырдарьи, берет свое начало из озера Кул–Бастау и далее по течению принимает притоки Балыкши, Бурулдай, Машат, Аксу, Бадам и ряд мелких речек ледникового и родникового питания (Бала–Кулан, Шелекты, Жабаглы су, Шукурбулак, Карасу булак и др). Площадь водосбора реки составляет 13,1 тыс.км2. Протяженность реки – 378 км, со средним многолетним стоком – 1,198 км3 и со средним многолетним расходом 38 м3/сек.

Общая протяженность реки Келес составляет – 241 км, с площадью водосбора 3310 км2. Средне многолетний расход воды составляет 10,7 м3/сек (максимальный расход 95 м3/сек, минимальный расход 0,5 м3/сек), средне многолетний сток реки 0,35 км3. В верховьях, река извилистая, берега круто–пологие. В устье ширина реки 70–80 метров. Большая часть стока забирается на орошение. Основными притоками реки являются реки Желбулак, Жинишке, Шарбулак, Ащысай.

В административном отношении бассейн реки Боген расположен на территории Байдибекского, Ордабасинского и Отрарского районов Южно–Казахстанской области. Река Боген образуется от слияния двух рек Катта–Боген и Балабоген. Длина реки от места слияния до устья составляет 164 км, а общая протяженность водотока от устья до наиболее удаленной точки речной системы (исток реки Катта – Боген) 241 км и впадает в систему Шошкакольских озер, площадь водосбора 4680 км2. В средней части реки, ниже поселка Красный мост, сток реки зарегулирован Богенским водохранилищем. На 46 км ниже слияния Катта–Боген и Балабоген, река Боген принимает крупный приток р.Сасыкозен.

Водами реки Боген, с учетом подпитки вод реки Арысь и Богенского водохранилища, орошаются земли сельскохозяйственных предприятий четырех районов Туркестанской области: Байдибекского, Ордабасинского, Отрарского и Туркестанского. Два района, Ордабасинский и Туркестанский, имеют хлопководческое направление. Всего в бассейне р.Боген 9,37 тыс.га орошаемых земель.

В административном отношении бассейн р.Боралдай расположен в 2–х районах Туркестанской области – Байдибекском и Ордабасинском и стекает с юго–западного склона хребта Каратау, является притоком р.Арысь (224 км от устья). Протяженность реки Боралдай – 130 км, площадь водосбора – 1760 км2.

Горная зона характеризуется хорошо развитой гидрографической сетью. Здесь аккумулируется значительная часть зимних осадков и формируется основная часть речного стока.

Река Бадам начинается со склонов Бадамских гор и является притоком реки Арысь. Общее направление течения реки с северо–востока на юго–запад, затем река получает свое превалирующее направление и сохраняет его до устья. Общая длина реки 145 км, уклон реки 1,8–0,4%, ширина 7–40 м. В пределах первых 25 км своего течения река принимает 5 мелких притоков справа и 2 мелких слева. На 42 км от истока принимает справа свой первый крупный приток р.Донгистау, на 46 км впадают р.Ленгер, а на 53 км р.Тогус. На 62 км самый большой и многоводный приток р.Сайрамсу, на 100 км р.Акбулак и на 129 км последний приток р.Буржар. Только первые 62 км река протекает в области активного водосборного пространства, имеющий хорошо развитую речную сеть, остальная же часть реки протекает в районе слабого развития речной сети.

Река Карачик стекает с юго–западного склона хребта Каратау по направлению к р.Сырдарье и не доходя до неё впадает в озеро Текеколь. По характеру рельефа, бассейн реки можно условно подразделить на горную и предгорную зоны. Протяженность реки Карачик 102 км, средний уклон равен 7%, площадь водосбора 1210 км2, из них 427 км2 приходится на горную часть бассейна, а остальные 783 км2 на предгорную часть и равнину. Река принимает правые притоки Талдыбулак, Биресек и Баялдыр.

Река Аксу является притоком реки Арысь. Бассейн реки Аксу расположен в верхней части – в районе Жабаглинских гор (это наиболее широкая часть бассейна), средней в районе высоких предгорий Алатау (самое узкое место бассейна) и нижнее – в районе низких предгорий. В административном отношении бассейн реки Аксу расположен на территории Толебийского и Сайрамского районов Туркестанской области. Истоки р.Аксу в виде нескольких горных ручьев начинаются на высоте около 4000 м. Длина р.Аксу – 133 км, средний уклон реки на участке верхнего и среднего течения (до п. Подгорное, 52 км от устья) составляет 32 %.

По данным Арало–Сырдарьинской бассейновой инспекции по регулированию использования и охране водных ресурсов в таблице 6 представлен сводный отчетный водохозяйственный баланс Туркестанской области за 2020 г.

Таблица 6 – Сводный водохозяйственный баланс по Туркестанской области и г. Шымкент за 2020 год

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №№ п/п | Наименование статей  водного баланса | Всего | В том числе в разрезе водных бассейнов | | | |
| АРТУР | р. Сырдарья | ЧАКИР | Сев. склон гор Каратау (Созак. р–н) |
|  | 1. ПРИХОДНАЯ ЧАСТЬ | | | | | |
| 1 | Естественный речной сток | 16914 | 2591 | 11583 | 1984 | 756 |
| 2 | Поступление воды из других республик | 1963,26 | 0 | 875 | 1088,26 | 0 |
| 3 | Поступление возвратных вод | 191,71 | 0 | 90,71 | 101 | 0 |
| 4 | Сработка водохранилищ | 12,36 | 12,36 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Использование подземных вод | 156,125 | 108,886 | 23,928 | 18,948 | 4,363 |
| 6 | Использование очищенных сточных вод | 32,27 | 32,27 |  |  |  |
| 7 | Поступление коллекторно–дренажных вод | 13,7 |  | 13,7 |  |  |
| 8 | шахтные воды | 0,623 | 0,623 |  |  |  |
| 9 | Осадки Шардаринского водохранилища | 42 |  | 42 |  |  |
| 10 | Боковые притоки к Шардаринскому водохранилищу | 195,96 |  | 195,96 |  |  |
|  | ВСЕГО | 19522,008 | 2745,139 | 12824,298 | 3192,208 | 760,363 |

Продолжение таблицы 6

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | П. РАСХОДНАЯ ЧАСТЬ | | | | | |
| 1 | Забор воды из поверх. источ, исп.сточных вод и КДС | 3298,404 | 1022,201 | 904,08 | 975,099 | 397,024 |
| 2 | Забор воды из подземных источников | 156,125 | 108,886 | 23,928 | 18,948 | 4,363 |
| 3 | Наполнение наливных водохранилищ | 461 |  | 461 |  |  |
| 4 | Суммарные дополн. потери с рек | 2080,661 | 1058,608 | 618,286 | 44,791 | 358,976 |
| 5 | Забрано шахтных вод | 0,623 | 0,623 |  |  |  |
| 6 | Наполнение озерных систем | 261 |  | 261 |  |  |
| 7 | Вынужденный сброс в Арнасай | 12,33 |  | 12,33 |  |  |
| 8 | Забор по мк Тогускен для Кызылординской области | 13,164 |  | 13,164 |  |  |
| 9 | Подача воды в Кызылординскую область | 9826 |  | 9826 |  |  |
| 10 | Подача воды Республике Узбекистан | 352,37 |  |  | 352,37 |  |
| 11 | Стоки рек, которые переходят в Республику Узбекистан (Угам, Майдантал) | 1150 |  |  | 1150 |  |
| 12 | Передача в систему Шошкакуль | 165,701 | 165,701 |  |  |  |
| 13 | Переброска воды в другой ирригационный район | 1040,12 | 389,12 |  | 651 |  |
| 14 | Потери на испарение и фильтрацию Шардаринского водохранилища | 622 |  | 622 |  |  |
| 15 | Потери на испарение и фильтрацию Коксарайского конррегулятора (от общего объема водозабора – 10%) | 82,51 |  | 82,51 |  |  |
| 16 | наполнение Коксарайском контррегулятора |  |  | 0 |  |  |
|  | ВСЕГО | 19522,008 | 2745,139 | 12824,298 | 3192,208 | 760,363 |

На территории Туркестанской области разведаны 49 месторождений (5 месторождений с минеральными водами) с общими запасами 2992,62 тыс.м3/сутки или 1092,4 млн.м3/год. В Туркестанской области 34 месторождения с общими утвержденными запасами 2430,78 тыс.м3/сут или 887,23 млн.м3/год, находятся на территории Арало–Сырдарьинского бассейна и 3 месторождения подземных вод в Сузакском районе, который расположен на территории Шу–Таласского бассейна.

По данным отчета 2–ТП «Водхоз» в 2021 году эксплуатировались в Туркестанской – 29 месторождений На территории Туркестанской области расположены по геолого–структурным условиям, отражающим особенности формирования и распространения подземных вод, относящиеся на мелкие артезианские бассейны II порядка Арысский, Приташкетский и Кызылкумские бассейны. Водовмещающие отложения водоносных горизонтов и комплексов этих бассейнов и разделяющие их региональные водоупоры представлены мезо–кайнозойскими отложениями платформенного чехла, от нижнее меловых до четвертичных с общей мощностью 2500 м. Подземные воды неогеновых, палеогеновых и меловых отложений на территорий названных бассейнов имеют напорный характер и широко используются в народном хозяйстве Туркестанской области для централизованного хозпитьевого водоснабжения, орошения земель, теплофикации и бальнеологии. Дебиты скважин меняются в широких пределах от 0,5 до 38,5 дм3/с на самоизливе, а минерализация подземных вод от пресных до слабосолоноватых и соленых. Для теплофикации городов Туркестан, Арысь и райцентра Шаульдер Туркестанской области разведывались Яссинское, Ордабасинское и Отрарское месторождения термальных вод, приуроченные верхнемеловым отложениям с температурой подземных вод на устье скважины соответственно 38; 78 и 700С применительно к категории С1 в количестве 0,166; 0,231 и 0,231 м3/с.

Особую роль в народном хозяйстве Туркестанской области играют подземные воды четвертичных водоносных горизонтов и комплексов, которые развиты вдоль горных рек и временных водотоков в виде узких, шириной до 2 км полос. В долинах рек Арысь и Келес развиты аллювиальные верхнечетвертичные отложения.

***Водохранилища в Туркестанской области.***

Шардаринское водохранилище. Шардаринское водохранилище расположено в среднем течении реки Сырдарьи в Туркестанской области Республики Казахстан и Сырдарьинской области Республики Узбекистан. Водохранилище русловое и создается при помощи двух узлов – Шардаринского на реке Сырдарья и Арнасайского на входе в Арнасайское понижение. Водохранилище построено в 1966 году.

Длина водохранилища – 80 км, ширина – 25 километров. Площадь – 783 км², полный объём – 5,7 км³, полезный – 4,2 км³. В маловодные годы может срабатываться ниже «мёртвого объёма», но при снижении объёма до 0,5 км³ остаётся «грязная жижа». Расходы воды – среднемноголетний – 626 м³/с; летний минимальный – 56,3 м³/с; зимний минимальный – 137 м³/с; через все 4 турбины при расчетном напоре – 780 м³/с.

Вытекающие водотоки – Сырдарья, Кызылкумский канал, протока в Арнасайские озера, подводящий канал к каналу Достык.

Водохранилище предназначена для ирригации, энергетики, борьбы с наводнениями и рыбоводства.

Работа Шардаринского водохранилища в большинстве случаев дает положительные результаты в стабилизации противоречий между гидроэнергетикой и орошаемым земледелием, имеющим место в бассейне реки Сырдарьи.

***Бадамское водохранилище.*** Водохранилище построено в 1974 году на территории Толебийского района Туркестанской области в 18 км от г. Шымкент. Водохранилище служит для обеспечения и повышения водообеспеченности существующих орошаемых городских и пригородных земель, с общей площадью 8700 га. Емкость водохранилища 61,5 млн.м3, в том числе мертвый объем 2,5 млн.м3. Площадь зеркала при НПУ 475 га., максимальный напор 38,2 м. Водохранилище земляное и наполняется за счет использования невегетационного и свободного вегетационного стока рек Сайрам–су, Тогус и Бадам

***Богенское водохранилище.*** Водохранилище построен в 1962 году на территории Ордабасинского района Туркестанской области. Водохранилище сезонного регулирования, наливное, емкостью 370 млн.м3, мертвый объем 5 млн.м3, построено для освоения новых орошаемых земель в Туркестанской области. Максимальный напор 19,3 м, площадь зеркала 6350 га. Водохранилище земляное с облицовкой верхнего бьефа монолитным железобетоном и наполняется за счет воды рек Арысь, Боген.

***Кошкорганское водохранилище.*** Водохранилище построено в 1982 году близ города Кентау на реке Карашик. Емкость водохранилища 36 млн.м3 и максимальный напор 12 м.

Площадь зеркала при НПУ 580 га. Водохранилище сезонного регулирования и построен для увеличения площади орошаемых земель. Водохранилище земляная с облицовкой верхнего бъефа монолитным железобетоном.

***Капшагайское водохранилище.*** Водохранилище построено в 1983 году в Байдибекском районе Туркестанской области, на реке Шаян. Водохранилище русловое, емкость 34,5 млн.м3, максимальный напор 26,6 м. Площадь зеркала при НПУ 330 га.

Водохранилище сезонного регулирования и построен для освоения новых орошаемых земель и повышение водообеспеченности существующих орошаемых земель.

Водохранилище Досан–Карабас расположено в 3 км от поселка Бестогай, в долине рек Аюсай и Карабас Байдибекского района. Назначение водоема – орошение поливных земель. Максимальный объем наполнения – 6,5 млн. м3, площадь орошаемых земель – 430 га.

В географическом отношении территория Туркестанской области расположена в основном в пределах двух широтных природных зон: предгорно–полупустынной, пустынной:

1. Зона южной пустыни (Пю) – очень сухая, коэффициент увлажненности Ку=0,1–0,20, почвы бурые, серо–бурые и светлые сероземы. В административном отношении она занимает Махтааральский, Сарыагашский, Казыгуртский, Ордабасынский, Сайрамский, Байдыбекский, Туркестанский, Арысский, Отырарский, Шардаринский, Созакский районы;

2. Зона предгорной полупустыни (ПГП) – сухая, Ку=0,2–0,25, почвы сероземные. В административном отношении в нее входятТюлькубасский, Толебийский районы.

Орошаемое земледелие существует здесь с древних времен. Регион охватывает зону хлопководства с крупными инженерными оросительными системами. К особенностям региона относятся: напряженность в обеспечении оросительной водой, низкое качество поливной воды, распространение засоленных земель. Основной возделываемой культурой является хлопчатник. Его посевы составляют до 200 тыс. га, или более 40% от всех выращиваемых здесь культур (таблица 7).

Таблица 7 – Динамика площадей использованых орошаемых земель по Туркестанской области (без Созакского района)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование районов | Годы | | | | | | | | | | | |
| 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
| Туркестанская область | | | | | | | | | | | | | |
| Арыс г.а | 5,8 | 7,13 | 7,8 | 8,3 | 11,63 | 14,40 | 13,41 | 13,32 | 9,13 | 14,40 | 14,81 | 11,63 |
| Байдибека | 2,42 | 7,54 | 8,95 | 10,4 | 11,94 | 9,50 | 9,33 | 9,36 | 7,37 | 9,50 | 12,7 | 14,63 |
| Казыгуртский | 13,09 | 11,3 | 10,95 | 10,6 | 14,92 | 14,92 | 14,93 | 14,92 | 1,12 | 14,92 | 14,92 | 14,73 |
| Кентау г. а. | 1,4 | 1,98 | 1,91 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 1,73 | 1,93 | 1,73 | 1,9 | 1,9 | 2 |
| Мактааральский | 136,0 | 137,5 | 137,5 | 138,1 | 144,8 | 147,4 | 144,6 | 144,7 | 136,4 | 137,4 | 60,26 | 63,74 |
| Ордабасинский | 36,54 | 33,18 | 33,36 | 33,6 | 35,21 | 35,72 | 35,09 | 35,22 | 30,36 | 35,72 | 35,53 | 35,56 |
| Отырарский | 15,74 | 16,98 | 15,7 | 14,4 | 19,79 | 23,28 | 33,72 | 30,01 | 18,14 | 33,28 | 35,67 | 36,90 |
| Толебийский | 11,63 | 13,76 | 11,82 | 11,5 | 15,12 | 16,04 | 16,11 | 16,28 | 4,09 | 16,04 | 16,39 | 16,43 |
| Туркестан г. а. | 39,58 | 41,47 | 42,89 | 43,9 | 48,16 | 48,97 | 48,81 | 55,32 | 84,87 | 61,74 | 60,00 | 54,68 |
| Тюлкубасский | 17,8 | 16,41 | 15,9 | 11,2 | 20,15 | 21,52 | 21,54 | 21,54 | 4,42 | 21,52 | 21,80 | 21,80 |
| Сайрамский | 34,28 | 28,27 | 27,3 | 26,8 | 23,85 | 23,81 | 24,37 | 24,38 | 7,73 | 24,81 | 20,79 | 20,79 |
| Сарыагашский | 44,94 | 39,19 | 40,1 | 42,2 | 47,97 | 49,69 | 48,80 | 48,94 | 65,67 | 49,69 | 27,55 | 27,61 |
| Шардаринский | 49,58 | 55,57 | 57,2 | 58,4 | 62,45 | 62,91 | 62,26 | 50,37 | 42,76 | 62,91 | 61,08 | 60,99 |
| г. Шымкент | 2,83 | 3,11 | 4,13 | 4,9 | 25,52 | 25,28 | 25,27 | 25,23 | 12,47 | 25,28 | 25,20 | 25,20 |
| Келесский |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 24,07 | 24,51 |
| Жетысайский |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 82,92 | 82,91 |
| Всего | 411,6 | 413,4 | 415,5 | 416 | 483,3 | 495,3 | 499,9 | 491,5 | 426,2 | 509,1 | 515,6 | 514,1 |

При определении использования этих орошаемых земель, в том числе по культурам, установлено, что в 2021 году под посевы сельскохозяйственных культур использовано 514,2 тыс. га орошаемых земель и не использовано 63,3 тыс. га.

При выявлении причин неиспользуемых орошаемых земель установлено, что 7,0 тыс. га орошаемых земель засолены в различной степени, на 2,0 тыс. га орошаемых земель уровень грунтовых вод выше предельного, на 16,8 тыс. га орошаемых земель отсутствует вода и 37,5 тыс. га орошаемых земель не используются по другим причинам. Объем неиспользуемых орошаемых земель увеличился на 4,5 тыс. га по сравнению с прошлым годом.

В 2021 году по результатам выполненных учреждением агромелиоративных контрольных работ было использовано 514,2 тыс. га орошаемых земель области общей площадью 577,5 тыс. га, 63,3 тыс. га не использовано по различным причинам. Большую часть использованных земель составляют овощные, бахчевые, картофельные культуры, площадь которых в целом по области составляет 123,8 тыс. га, а кормовые культуры–122,3 тыс. га и хлопковые культуры – 109,7 тыс. га обработаны на орошаемых землях. Наименьшая доля посевных площадей приходится на рис (4,6 тыс. га).

Всего по Туркестанской области не использовано 63,3 тыс. га земель, причины:

– засоление почв–7,0 тыс. га;

– высокий уровень грунтовых вод–2,0 тыс. га;

– недостаток воды–16,8 тыс. га;

– другие различные причины–37,5 тыс. га.

Об объеме орошаемых земель и их использовании в 2020–2021 гг. сравнительные данные по районам представлены в таблице 8.

*Затраты воды на орошение в Туркестанской области*

В 2021 году, утвержденный предельный объем поливной воды для орошения сельскохозяйственных культур по Туркестанской области составил 4273,44 млн. м3. Водозабор и водоподача на поле составили соответственно 3323,70 млн.м3 и 2439,40 млн.м3. По сравнению с 2020 годом объем забранной воды увеличился и составил 271,8 млн. м3, то есть наблюдается увеличение объема подаваемой воды 203,81 млн. м3. Удельная водоподача составила 4743 м3/га, что на 409 м3/га больше, чем в прошлом году (4334 м3/га) (таблица 9).

Таблица 8 – Площадь орошаемых земель и их использование по Туркестанской области на 2020–2021 гг.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Районы | Годы | Площадь орошаемых земель, га | Использованные земли | | | | | | | | | Не использованные земли | | | | |
| всего | в том числе культуры | | | | | | | | всего | в том числе | | | |
| рис | хлопчатник | зерновые | кормовые | овощи, бахчевые | пастбища | многолетние травы | другие культуры | засоление | высокий уровень грунтовых вод | недостаток воды | другие различные причины |
| Арыс | 2020 | 28768 | 14816 | – | 901 | 1323 | 5312 | 4808 | – | 114 | 2358 | 13952 | 2794 | 98 | 1645 | 9415 |
| 2021 | 28862 | 11663 | – | 360 | 955 | 4784 | 4185 | – | 172 | 1207 | 17199 | 2794 | 187 | 1810 | 12408 |
| Байдибек | 2020 | 14579 | 12704 | – | 339 | 2279 | 6950 | 1134 | 351 | 1146 | 505 | 1875 | – | – | 1311 | 564 |
| 2021 | 15429 | 14629 | – | 244 | 3388 | 8176 | 673 | 351 | 1146 | 651 | 800 | – | – | – | 800 |
| Казыгурт | 2020 | 14921 | 14921 | – | – | 2583 | 7783 | 992 | – | 2412 | 1151 | – | – | – | – | – |
| 2021 | 14738 | 14738 | – | – | 585 | 10580 | 1081 | – | 1977 | 515 | – |  |  | – | – |
| Мактарал | 2020 | 63211 | 60261 | 2003 | 38030 | 3155 | 3231 | 12386 | 316 | 855 | 285 | 2950 | 110 | 2820 | – | 20 |
| 2021 | 63821 | 63749 | 2924 | 35612 | 2837 | 2802 | 16342 | 1469 | 855 | 908 | 72 | 9 | – | – | 63 |
| Жетисай | 2020 | 83281 | 82923 | 699 | 48944 | 4942 | 4614 | 19481 | 1555 | 1284 | 1404 | 358 | 153 | – | – | 205 |
| 2021 | 83281 | 82917 | 709 | 44042 | 5077 | 5239 | 23972 | 1213 | 1284 | 1381 | 364 | 120 | – | – | 244 |
| Ордабасы | 2020 | 39369 | 35532 | – | 7272 | 6023 | 13538 | 5363 | – | 2389 | 947 | 3837 | 1097 | 40 | – | 2700 |
| 2021 | 39845 | 35562 | – | 6889 | 9693 | 10862 | 5583 | – | 2389 | 146 | 4283 | 1094 | 35 | – | 3154 |
| Отырар | 2020 | 48065 | 35677 | – | 510 | 12243 | 10723 | 9708 | – | 2071 | 422 | 12388 | 2447 | 836 | 2239 | 6866 |
| 2021 | 48019 | 36909 | – | 330 | 12343 | 11703 | 9884 | – | 2071 | 578 | 11110 | 1744 | 562 | 2610 | 6194 |
| Сайрам | 2020 | 20796 | 20796 | – | – | 2646 | 4205 | 6431 | – | 7382 | 132 | – | – | – | – | – |
| 2021 | 20796 | 20796 | – | – | 2140 | 3533 | 7581 | – | 7398 | 144 | – | – | – | – | – |
| Сарыагаш | 2020 | 27559 | 27559 | – | – | 6659 | 1234 | 15721 | 355 | 3310 | 280 | – | – | – | – | – |
| 2021 | 27778 | 27612 | – | – | 6088 | 1681 | 15714 | 355 | 3382 | 392 | 166 |  |  | 87 | 79 |
| Келес | 2020 | 24074 | 24074 | – | 180 | 6415 | 3657 | 12216 | – | 1068 | 538 | – | – | – | – | – |
| 2021 | 24817 | 24518 | – | 180 | 6416 | 4060 | 12216 | – | 1068 | 578 | 299 |  |  |  | 299 |
| Созак | 2020 | 7180 | 6024 | – | – | 684 | 2500 | 570 | – | 2150 | 120 | 1156 | – | – | – | 1156 |
| 2021 | 7452 | 6287 | – | – | 611 | 2665 | 758 | – | 2158 | 95 | 1165 |  |  |  | 1165 |
| Толеби | 2020 | 16394 | 16394 | – | – | 1770 | 6276 | 1604 | – | 6581 | 163 | – | – | – | – | – |
| 2021 | 16439 | 16439 | – | – | 2116 | 6046 | 1454 | – | 6626 | 197 | – | – | – | – | – |
| Сауран | 2020 | 71069 | 55873 | – | 11066 | 8901 | 14422 | 10565 | – | 10175 | 744 | 15196 | 1097 | – | 3797 | 10302 |
| 2021 | 71069 | 50368 | – | 9817 | 8507 | 13992 | 10830 | – | 6117 | 1105 | 20701 | 1043 |  | 6850 | 12808 |
| Тулкибас | 2020 | 21804 | 21804 | – | – | 3377 | 8279 | 1573 | – | 8236 | 339 | – | – | – | – | – |
| 2021 | 21804 | 21804 | – | – | 3365 | 8157 | 1588 | – | 8348 | 346 | – | – | – | – | – |
| Шардара | 2020 | 68003 | 61088 | 1419 | 18225 | 5737 | 18525 | 8159 | – | 611 | 8412 | 6915 | 224 | 1044 | 5539 | 108 |
| 2021 | 68003 | 60990 | 977 | 12192 | 5267 | 21983 | 9365 | – | 246 | 10960 | 7013 | 224 | 1214 | 5467 | 108 |
| г. Шымкент | 2020 | 25330 | 25203 | – | – | 1479 | 6309 | 2567 | – | 14465 | 383 | 127 | – | – | – | 127 |
| 2021 | 25331 | 25204 |  | – | 1716 | 5988 | 2628 |  | 14549 | 323 | 127 | – | – | – | 127 |
| **Всего по области** | 2020 | 574403 | 515649 | 4121 | 125467 | 70216 | 117558 | 113278 | 2577 | 64249 | 18183 | 58754 | 7922 | 4838 | 14531 | 31463 |
| 2021 | 577484 | 514185 | 4610 | 109666 | 71104 | 122251 | 123854 | 3388 | 59786 | 19526 | 63299 | 7028 | 1998 | 16824 | 37449 |

Таблица 9 – Водозабор и водоподача на 01.11.2021 г.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Районы | Годы | Площади орошаемых земель, га | | Утвер.пред.объем воды, млн.м3 | Объем, млн.м3 | | Удельная водоподача  м3/га |
| всего | Использу–емые | водозабор | водоподача |
| Арыс | 2020 | 28768 | 14816 | 177,18 | 90,6 | 61,3 | 4139 |
| 2021 | 28862 | 11663 | 85 | 70,7 | 56,9 | 4879 |
| Байдибек | 2020 | 14579 | 12704 | 82 | 37,76 | 30,83 | 2426 |
| 2021 | 15429 | 14629 | 65,6 | 42,18 | 34,3 | 2345 |
| Казыгурт | 2020 | 14921 | 14921 | 94,1 | 92,15 | 79,81 | 5349 |
| 2021 | 14738 | 14738 | 114,5 | 102,3 | 89,7 | 6088 |
| Мактаарал | 2020 | 63211 | 60261 | 453,0 | 390,25 | 304,64 | 5247 |
| 2021 | 63821 | 63749 | 453,0 | 400,8 | 310,8 | 4870 |
| Жетисай | 2020 | 83281 | 82923 | 663,0 | 559,5 | 418,3 | 5920 |
| 2021 | 83281 | 82917 | 663,0 | 602,5 | 420,6 | 5051 |
| Ордабасы | 2020 | 39369 | 35532 | 396,8 | 193,34 | 158,24 | 4598 |
| 2021 | 39845 | 35562 | 191 | 186,2 | 153,7 | 4322 |
| Отырар | 2020 | 48065 | 35677 | 301,0 | 128,62 | 86,0 | 2410 |
| 2021 | 48019 | 36909 | 250,9 | 122,7 | 86,04 | 2330 |
| Сайрам | 2020 | 20796 | 20796 | 219,65 | 73,25 | 50,08 | 2408 |
| 2021 | 20796 | 20796 | 165,6 | 78,0 | 53,2 | 2559 |
| Сарыагаш | 2020 | 27559 | 27559 | 352,09 | 291,35 | 218,51 | 7929 |
| 2021 | 27778 | 27612 | 455,84 | 413,47 | 341,29 | 1229 |
| Келес | 2020 | 24074 | 24074 | 118,14 | 105,95 | 94,5 | 3925 |
| 2021 | 24817 | 24518 | 224,18 | 212,0 | 202,77 | 8270 |
| Созак | 2020 | 7180 | 6024 | 25,4 | 12,44 | 11,3 | 1876 |
| 2021 | 7452 | 6287 | 25,4 | 11,3 | 10,32 | 1642 |
| Толеби | 2020 | 16394 | 16394 | 53,05 | 27,66 | 20,37 | 1242 |
| 2021 | 16439 | 16439 | 52,56 | 28,59 | 20,64 | 1255 |
| Сауран | 2020 | 71069 | 55873 | 400,6 | 305,97 | 212,39 | 3801 |
| 2021 | 71069 | 50368 | 576 | 250,84 | 201,53 | 4001 |
| Тулкибас | 2020 | 21804 | 21804 | 64,82 | 29,2 | 18,11 | 831 |  |  |
| 2021 | 21804 | 21804 | 51,86 | 18,24 | 11,63 | 533 |
| Шардара | 2020 | 68003 | 61088 | 903 | 619,9 | 401,75 | 6577 |
| 2021 | 68003 | 60990 | 783,0 | 695,5 | 381,38 | 6860 |
| г. Шымкент | 2020 | 25330 | 25203 | 145 | 93,92 | 69,46 | 2756 |
| 2021 | 25331 | 25204 | 116 | 88,38 | 64,6 | 2563 |
| Всего | 2020 | 574403 | 515649 | 4448,83 | 3051,86 | 2235,59 | 4334 |
| 2021 | 577484 | 514185 | 4273,44 | 3323,70 | 2439,40 | 4743 |

Фактический объем воды, поступившей из данных источников в 2016–2021 годах, не соответствует плану. Данные о фактически полученных объемах воды из этих трансграничных водных объектов, то есть из Республики Узбекистан по МК Достык (для Мактаральского и Жетысайского районов), МК УКМП, МК Зах и МК Ханым (для Казыгуртского, Сарыагашского и Келесского районов) в соответствии с планом на 2016–2021 годы, представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Сведения о трансграничных объемах воды из соседнего государства

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Туркестанский филиал РГП «Казводхоз» | | | | | | | | | | | | | | |
| Год | Наименование водного объекта | Наименование соседнего государства | Объем водозабора, тыс м3 | | | | | | | | | | | |
| январь | | февраль | | март | | апрель | | май | | июнь | |
| план | факт | план | факт | план | факт | план | факт | план | факт | план | факт |
| ПУ Махтарал | | | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | МК Достык | Республика Узбекистан | 185000 | 180702 | 166000 | 162052 | 53000 | 50064 | 40000 | 25397 | 80000 | 56167 | 145000 | 51037 |
| 2017 | 145000 | 135695 | 180000 | 174519 | 85000 | 77423 | 30000 | 23842 | 60000 | 56380 | 120000 | 102677 |
| 2018 | 139406 | 139406 | 156614 | 155987 | 90320 | 87009 | 37160 | 36797 | 61650 | 60750 | 125476 | 90171 |
| 2019 | 103633 | 115408 | 217914 | 193649 | 70848 | 109672 | 25920 | 17168 | 40608 | 30300 | 168480 | 88980 |
| 2020 | 52984 | 52972 | 209827 | 208960 | 141769 | 140932 | 36487 | 29993 | 46526 | 42391 | 138672 | 89295 |
| 2021 | 83121 | 83121 | 197212 | 196491 | 118479 | 118421 | 34174 | 33839 | 91489 | 68448 | 145152 | 91731 |
| ПУ Зах–Келес | | | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | МК Зах | Республика Узбекистан | 0 | 19310 | 0 | 24080 | 0 | 27470 | 70940 | 42430 | 72080 | 54670 | 68160 | 66590 |
| 2017 | 0 | 9210 | 0 | 21780 | 0 | 17500 | 72940 | 25040 | 72080 | 51540 | 68160 | 64780 |
| 2018 | 0 | 31730 | 0 | 16920 | 0 | 23540 | 54190 | 41400 | 67730 | 57750 | 69910 | 70120 |
| 2019 | 0 | 25170 | 0 | 26710 | 0 | 14530 | 67180 | 28030 | 68570 | 57280 | 75390 | 58080 |
| 2020 | 0 | 22270 | 0 | 22800 | 0 | 11560 | 72272,79 | 14420 | 80963,32 | 32960 | 72338,24 | 48650 |
| 2021 | 0 | 15470 | 0 | 11890 |  | 7430 | 90020 | 15050 | 99490 | 44650 | 79380 | 64820 |
| ПУ Зах–Келес | | | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | МК Ханым | Республика Узбекистан | 0 | 1250 | 0 | 1730 | 0 | 3440 | 550 | 5190 | 13370 | 9790 | 27690 | 12610 |
| 2017 | 0 | 630 | 0 | 0 | 0 | 990 | 19500 | 4170 | 20000 | 11120 | 21000 | 15460 |
| 2018 | 0 | 510 | 0 | 730 | 0 | 810 | 4450 | 4440 | 11470 | 10540 | 26190 | 14510 |
| 2019 | 0 | 570 | 0 | 0 | 0 | 1070 | 6710 | 2400 | 12970 | 10500 | 27840 | 15830 |
| 2020 | 0 | 1870 | 0 | 1110 | 0 | 1860 | 8061,266 | 2840 | 16729,01 | 7770 | 23810,8 | 16510 |
| 2021 | 0 | 1860 | 0 | 1420 |  | 1800 | 14350 | 4960 | 22480 | 10850 | 23720 | 15970 |
| ПУ Зах–Келес | | | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | ҮКМК | Республика Узбекистан | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1940 | 22110 | 12690 | 48210 | 30780 | 61740 | 54740 |
| 2017 | 0 | 2200 | 0 | 3640 | 0 | 5570 | 20380 | 8160 | 48090 | 31250 | 67690 | 64030 |
| 2018 | 0 | 12090 | 0 | 9670 | 0 | 8970 | 6050 | 11130 | 36900 | 25210 | 62160 | 53850 |
| 2019 | 0 | 9920 | 0 | 8980 | 0 | 8280 | 4370 | 26540 | 28800 | 49920 | 68630 | 63220 |
| 2020 | 0 | 7120 | 0 | 16900 | 0 | 18530 | 9581,464 | 16380 | 33100 | 18950 | 65325,61 | 43990 |
| 2021 | 0 | 13240 | 0 | 9740 | 0 | 11900 | 33640 | 17010 | 56610 | 28400 | 78850 | 53630 |

Продолжение таблицы 10

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Туркестанский филиал РГП «Казводхоз» | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Год | Наименование водного объекта | Наименование соседнего государства | Объем водозабора, тыс м3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| июль | | | август | | | сентябрь | | | октябрь | | | ноябрь | | | декабрь | | всего | |
| план | факт | план | | факт | план | | факт | план | | факт | план | | факт | план | | факт | план | факт | |
| ПУ Махтарал | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | МК  Достық | Республика Узбекистан | 192000 | 68083 | 205000 | | 119852 | 32000 | | 24758 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 18000 | | 8152 | 1116000 | 746264 | |
| 2017 | 240000 | 191527 | 220000 | | 204336 | 36000 | | 26879 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 1116000 | 993278 | |
| 2018 | 222992 | 159674 | 212392 | | 157347 | 24990 | | 24028 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 45000 | | 0 | 1116000 | 911169 | |
| 2019 | 255312 | 155839 | 216000 | | 158239 | 17820 | | 20990 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 1116000 | 890245 | |
| 2020 | 230982 | 158328 | 242165 | | 138321 | 16551 | | 13176 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 1115963 | 874368 | |
| 2021 | 230774 | 188298 | 190512 | | 158454 | 25042 | | 15556 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 1116000 | 954359 | |
| ПУ Зах–Келес | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | МК Зах | Республика Узбекистан | 72270 | 67880 | 89030 | | 50530 | 61160 | | 29670 | 0 | | 13790 | 0 | | 19090 | 0 | | 22200 | 433640 | 437710 | |
| 2017 | 72260 | 72100 | 78920 | | 41620 | 50040 | | 31410 | 0 | | 36790 | 0 | | 24630 | 0 | | 17020 | 414400 | 413420 | |
| 2018 | 79050 | 70930 | 75650 | | 41510 | 66990 | | 23730 | 0 | | 24110 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 413520 | 401740 | |
| 2019 | 81320 | 64860 | 75590 | | 41950 | 74520 | | 27670 | 0 | | 24110 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 415600 | 344280 | |
| 2020 | 73906,77 | 53700 | 67081,78 | | 54510 | 75068,17 | | 38410 | 0 | | 34080 | 0 | | 8830 | 0 | | 0 | 441631 | 342190 | |
| 2021 | 90420 | 64940 | 83750 | | 57550 | 82340 | | 38310 | 0 | | 24880 | 0 | | 27700 | 0 | | 0 | 525400 | 372190 | |
| ПУ Зах–Келес | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | МК Ханым | Республика Узбекистан | 29770 | 14720 | 26030 | | 12390 | 5430 | | 8200 | 0 | | 1910 | 0 | | 580 | 0 | | 810 | 102840 | 72620 | |
| 2017 | 21500 | 15940 | 21500 | | 13360 | 19500 | | 8700 | 0 | | 3270 | 0 | | 1290 | 0 | | 980 | 123000 | 75910 | |
| 2018 | 26980 | 18740 | 22960 | | 13560 | 10950 | | 8770 | 0 | | 2760 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 103000 | 75370 | |
| 2019 | 28510 | 19790 | 26950 | | 12840 | 12980 | | 10960 | 0 | | 2760 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 115350 | 73960 | |
| 2020 | 25812,95 | 17270 | 23810,44 | | 14450 | 17710,07 | | 9200 | 0 | | 2590 | 0 | | 1170 | 0 | | 0 | 115935 | 76640 | |
| 2021 | 27010 | 17580 | 27250 | | 12690 | 18790 | | 7020 | 0 | | 2200 | 0 | | 1400 | 0 | | 0 | 133600 | 77750 | |
| ПУ Зах–Келес | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | ҮКМК | Республика Узбекистан | 69470 | 64000 | 53060 | | 56540 | 37730 | | 40820 | 0 | | 16510 | 0 | | 8520 | 0 | | 2680 | 292320 | 289220 | |
| 2017 | 74410 | 75310 | 55060 | | 58380 | 25770 | | 40600 | 0 | | 27100 | 0 | | 10040 | 0 | | 9850 | 291400 | 336130 | |
| 2018 | 75120 | 75020 | 53290 | | 50040 | 20880 | | 22160 | 0 | | 9880 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 254400 | 278020 | |
| 2019 | 81790 | 75970 | 62530 | | 52280 | 29080 | | 32111 | 0 | | 9880 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 275190 | 337110 | |
| 2020 | 77933,65 | 48720 | 59514,43 | | 48720 | 29724,81 | | 31160 | 0 | | 14660 | 0 | | 17020 | 0 | | 0 | 275180 | 282150 | |
| 2021 | 86360 | 59770 | 85580 | | 48610 | 52960 | | 35400 | 0 | | 23780 | 0 | | 6390 | 0 | | 0 | 394000 | 307870 | |

На сегодняшний день, на всех полях основным способам орошения является полив по бороздам. Учитывая, что дефицит воды продолжается ежегодно, особенно в Туркестанской области, необходимо разработка технологий повышения водобеспеченности орошаемых земель с использованием дополнительных источников.

Это связано с тем, что основными водными источниками Мактааральского, Жетысайского, Казыгуртского, Сарыагашского и Келесского районов области являются межгосударственные магистральные каналы Достык, УКМК, Зах и Ханым

Основной проблемой отсутствия необходимого по плану забора воды в период орошения стала нехватка воды по трансграничным каналам Достык, Зах, Ханым, УКМК.

**2.2 Условия и методика проведения исследований**

Для достижения поставленной цели использованы методы многофакторного эксперимента, проведен комплекс исследований по установлению динамики гидрохимического режима оросительных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод при изменении технического уровня и дренированности ирригационных систем, технологии орошения и уровня залегания грунтовых вод. Исследования позволяют установить область применения системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод в зависимости от объема водозабора и водоотведения с ирригационных систем.

Собраны материалы по объемам водозабора на орошение и водоотведение с ирригационных систем, по ионно–солевому составу оросительных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод, площади орошаемых земель и мелиоративному состоянию в Арало–Сырдариинской бассейновом природно–хозяйственном системе. Это позволило создать базу данных, необходимую для оценки экологического состояние водных и земельных ресурсов на ирригационных системах. На основе этих материалов будут установлены параметры темпов протекания деградационных процессов в источниках орошения и корнеобитаемом слое почв. Установленные параметры темпов протекания деградационных процессов будут уточняться на пилотных участках, организованных на ирригационных системах бассейна реки Сырдарья.

При разработке системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод использован системный подход по ее решению. Для этой цели разработано научно–методическое обеспечение. Основные ключевые положения системного подхода, необходимые для изучения экологического состояния водных ресурсов и пределы интегрированного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод на орошаемых землях, сводятся к следующему:

– поверхностные, грунтовые и коллекторно–дренажные воды ирригационных систем рассмотрены как единое целое;

– за основу исследований прининят междисциплинарный синергетический подход, в котором сочетаются современные теоретические и методические положения фундаментальных наук – физики, химии и математики, а также прикладных наук – мелиорации, почвоведения, гидрогеологии и др.

– обработка материалов базируется на эффективных методах математического моделирования, машинной имитации и их оптимизации.

Результаты полевых исследований это базовый материал для разработки системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод для повышения водообеспеченности ирригационных систем Южного Казахстана.

Для решения поставленных задач в 2021 году, проведен сбор материалов по объемам водозабора на орошение и водоотведение с ирригационных систем, минерализации оросительных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод с использованием фондов КазНИИВХ, КВР РК, Южно–Казахстанской гидрогеолого–мелиоративной экспедици и Арало–Сырдаринской БВИ. Для уточнения минерализации, качества оросительных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод, проводился отбор проб воды с каналов, скважин и коллекторов ирригационных систем бассейна реки Сырдарья (Махтааральский массив) (рисунок 7).



Рисунок 7 – Отбор проб грунтовых и коллекторно–дренажных вод

в Махтааральском массиве орошения

Проведено визуальное обследование состояния гидротехнических сооружений каналов и коллекторно–дренажных систем (рисунок 8).

Для установления влияния технического состояния ирригационных систем Туркестанской областей на объемы водозабора и водоподачи на орошаемые земли, размеры непроизводительных потерь проводился анализ и обобщения собранных материалов.

Для установления возможности использования грунтовых вод на субирригацию и орошение сельскохозяйственных культур осуществлен сбор материалов по минерализации и уровню залегания грунтовых вод на ирригационных системах Туркестанской области. Анализ и обобщение собранных материалов позволил установить закономерность изменения ионного состава и долю участия токсичных и нетоксичных солей в грунтовых водах.



Рисунок 8 – Техническое состояние каналов в бассейне р.Сырдарьи

Исследования по установлению водно–физических свойств почв проведены на ирригационных системах бассейна реки Сырдарьи, где установлены такие почвенно–мелиоративные показатели как плотность почвы, плотность твердой фазы, влажность и наименьшая влагоемкость, степень засоления и солонцеватости корнеобитаемого слоя почв. Эти показатели устанавливались на опытных участках путем послойного отбора проб с корнеобитаемого слоя: 0–20, 20–40, 40–60, 60–80 и 80–100 см (рисунок 9).



Рисунок 9 – Послойный отбор почв для определения

физико–химических свойств

На опытно–производственном участке (бассейн реки Сырдарья) для корнеобитаемой толщи т определены следующие химические свойства почв: гумус (по методу И.В. Тюрина); валовые формы азота (метод Кьельдаля), фосфора (калориметрический метод); подвижные формы азота (калориметрический метод), фосфора (метод Мачигина), калий (метод Ониани); емкость поглощения и обменные катионы (натрий – по методу Шмука); рН и водная вытяжка (CO32–, HCO3–, CI–, SO42–, Ca2+, Mg2+, Na+) [47–49].

Химический анализ воды (оросительной, грунтовой, коллекторно–дренажной) ОПУ (бассейн реки Сырдарья) обеспчеивал установление следующих показателей: общее содержание солей, анионы и катионы, нитраты, фосфор и рН. Химические анализы почвы и воды выполнены в лаборатории КазНИИВХ, которая оснащена оборудованиями, приборами и необходимыми установками с измерительной техникой.

В сложившейся ситуации на ирригационных системах, использование коллекторно–сбросных вод на орошение и грунтовых вод на субирригацию и орошение позволяет снизить размеры дефицита водных ресурсов и объемы поступления грунтовых вод в источники орошения. Однако высокая вариабельность минерализации и качественного состава солей водных ресурсах на ирригационных системах требует оценки их качества и установление пределов их использования на орошение и субирригацию, без разбавления пресной водой.

Эколого–мелиоративная оценка качества оросительных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур проводилась по следующим показателям: опасности засоления почв; опасности осолонцевания почв; токсичности отдельных ионов. Для этой цели использованы методики, разработанные И.Н. Антиповым–Каратаевым и Г.М. Кадером; натриевое адсорбционное отношение (SAR\*), учитывающие дополнительный эффект от наличия в почве кальция (США) [49, 50].

Первичная оценка качества воды осуществлялась по общему содержанию растворенных в ней солей (таблица 11).

Таблица 11 – Оценка воды по общей минерализации

|  |  |
| --- | --- |
| Вода | Общая минерализация, г/л |
| Пресная | < 1 |
| Слабосолоноватая | 1–3 |
| Среднесолоноватая | 3–10 |
| Соленая | 10–35 |
| Рассол | >35 |

Качество поливной воды зависит не только от общей минерализации и содержания аниона хлора, но и во многом предопределяется отношением ионов хлора к сульфатам (Cl–/SO42–). От этого зависят темпы накопления солей в почвогрунтах, размеры оросительных или промывных норм и условия их применения.

Высокое содержание катионов натрия в минерализованной воде при использовании её на орошение вызывает осолонцевание почвы, которая негативно сказывается на развитие сельскохозяйственных культур. Для оценки влияния качества воды на осолонцевание почвы разработаны различные методы. Распространенной формулой для определения пределов использования минерализованных вод на орошение по ирригационному коэффициенту является зависимость, разработанная И.Н. Антиповым–Каратаевым и Г.М. Кадером:

** (1)

где: С – минерализация воды, г/л;

Ca2+, Mg2+, Na+ – содержание катионов в воде, мг–экв.

При К>1 осолонцевание почвы не происходит, К<1 вода считается непригодной для орошения.

В зарубежной практике для оценки качества воды по опасности осолонцевания почв определяют натриевое адсорбционное отношение (SAR):

**; (2)

Если SAR < 10 – опасность осолонцевания почв малая;

SAR = 10–18 – средняя;

SAR = 18–26 – высокая;

SAR > 26 – очень высокая.

Для оценки качества воды в США предложено определять натриево–адсорбционное отношение (SAR\*), учитывая дополнительный эффект от наличия в почве кальция:

**; (3)

где 8,4 – приблизительный рН безнатриевой почвы в зависимости от содержания карбоната кальция (СаСО3);

*рНс=(рК2– рКс)+(Са2++Mg2+)+pAlk;*  (4)

*К2, Кс* – вторая константа распада Н2СО3 с константой растворимости СаСО3 соответственно;

(Са2++Mg2+) и (СО32–+НСО3–) – грамм–молекулярная концентрация соответствующих ионов;

*р* – относится к отрицательному логарифму.

Если SAR\* < 6 – осолонцевания почвы не происходит;

SAR\* = 6–9 – возможно накопление катионов натрия в ППК (почвенно–поглощающем комплексе);

SAR\* > 9 – происходит осолонцевание.

На процессы осолонцевания почв влияет и бикарбонат натрия в воде, который, осаждая катионы кальция и в несколько меньшей степени магния, нарушает катионное равновесие и увеличивает опасность натриевого засоления. Оценка проводится по величине ОКН (остаточного карбоната натрия), определяемого по разности между щелочностью и суммой ионов кальция и магния [49]:

ОКН = (СО32– +НСО3–) – (Са2++Mg2+); (5)

При ОКН > 2,5 мг–экв/л – вода для орошения не пригодна;

ОКН = 1,25–2,5 мг–экв/л – ограниченно пригодна;

ОКН < 1,25 мг–экв/л – пригодна.

Опасность содового засоления почв оценивается по содержанию в воде нормальной соды – Na2CO3. Если Na2CO3 < 0,3 мг–экв/л – вода безопасна для орошения; Na2CO3 = 0,3–0,6 мг–экв/л – пригодна для орошения; Na2CO3 > 0,6 мг–экв/л – непригодна для орошения без внесения мелиорантов.

По сумме анионов в соотношении (Cl– + ½ SO4 2–) воду рекомендуется применять на почвах с различной водопроницаемостью: 3 – 7 мг–экв/л – низкой; 3 – 15 мг–экв/л – средней; 5 – 20 мг–экв/л – хорошей.

По значениям водородного показателя (рН) оценивается щелочность воды (таблица 12).

Таблица 12 – Оценка щелочности

|  |  |
| --- | --- |
| Вода | рН |
| Нейтральная | 6,5–7,9 |
| Слабощелочная | 8,0–8,5 |
| Сильнощелочная | 8,6–9,0 |
| Очень сильно щелочная | >9,0 |

Повышенное содержание катионов магния в оросительной воде оказывает вредное влияние на химические свойства почв. Оценка влияния магния осуществляется определением процентного содержания магния от его отношения к сумме катионов кальция и магния:

 (6)

Оценка влияния магния осуществляется определением процентного содержания магния от его отношения к сумме катионов кальция и магния, который оказывает вредное влияние на почву, если его процентное содержание выше 50%.

Оценка качества водных ресурсов вышеприведенными методами позволяет комплексно, а следовательно с высокой надежностью установить пределы использования коллекторно–сбросных и грунтовых вод на орошение и субирригацию. Поэтому, использование полученных параметров при разработке информационных технологий повышает надежность интегрированного управления водными ресурсами.

Объем поступления грунтовых вод в корнеобитаемую толщу устанавливался по формуле:

Г= Ev– (Vn+Pв+М), (7)

где: Ev – суммарное водопотребление за вегетационный период, м3/га;

Vn– запас влаги в почве, который может быть использован растениями за вегетацию, м3/га;

Рв – атмосферные осадки за вегетационный период, м3/га; М– оросительная норма, м3/га;

Г – объем поступления грунтовых вод в корнеобитаемую толщу почв, м3/га.

Расчеты водного баланса проводились по зависимости:

∆Q =М+ g+Р+Wисх – Еν– q – Wкв, (8)

где: М – объем оросительной нормы (брутто), м3/га;

g – объем грунтовых вод, поступивший в корнеобитаемый слой в вегетационный период, м3/га;

Р – атмосферные осадки, выпавшие за вегетационный период, м3/га;

Wисх– влажность корнеобитаемого слоя почв перед вегетацией, м3/га;

Еν – суммарное водопотребление за вегетацию; м3/га;

q – объем инфильтрационных потерь, м3/га;

Wкв– влажность корнеобитаемого слоя почв в конце вегетации, м3/га.

Оросительная норма распределяется в течение вегетационного периода отдельными поливными нормами, т.е.:

М =, (9)

где: m – поливная норма, м3/га;

i=1…n –количество поливов, шт.

В настоящее время поливную норму определяют как разность запасов влаги между наименьшей влагоемкостью (НВ) и фактической влажностью почвы:

m=100јН(βmax – β0), (10)

где: ј – объемный (плотность) вес почвы, г/см3;

Н – расчетная глубина корнеобитаемого слоя почв, м;

βmax– наименьшая влагоемкость расчетной толщи почв, %;

β0 – влажность почв расчетного слоя перед поливом, %.

Капиллярное использование грунтовых вод при близком их залегании можно определять расчетным путем:

g = Еν Кg, (11)

где: Еν – суммарное водопотребление за расчетный промежуток времени, м3/га;

Кg – коэффициент капиллярного подпитывания, выраженный в долях от суммарного водопотрбления.

Суммарное водопотребление (эвапотранспирация) определяется расчетным путем на основе метеорологических данных. В СНГ наиболее широкое применение получил метод Н.В. Данильченко, основанный на модифицированной формуле Н.Н. Иванова:

Ev=Екокб, (12)

где: ко – микроклиматический коэффициент;

кб – биологический коэффициент, характеризующий роль растений;

Е – испаряемость за месячные интервалы времени, определяемая по формуле;

Е = 0,0018(25+t)2(100–а), (13)

где: t – температура воздуха, оС;

а – относительная влажность воздуха, %.

Запасы влаги в корнеобитаемом слое почв определялись по формуле:

W = 100јНβ, (14)

где: W – запасы влаги в расчетной толще почв до или после вегетации, м3/га;

β – влажность расчетной толщи почв до или после вегетации, %.

При солевом балансе использовано уравнение общего солевого баланса:

Sост =Sисх+ Sор+ Sг.в – Sинф, (15)

где: Sисх– засоление корнеобитаемой толщи почв перед вегетацией, т/га;

Sор– количество солей поступившие на орошаемые земли с оросительной водой, т/га;

Sг.в– количество солей поступившие в корнеобитаемую толщу грунтовыми водами, т/га;

Sинф– количество вымытых солей из корнеобитаемой толщи почв с инфильтрационными водами, т/га;

Sост– остаточное засоление почв, т.е. засоление корнеобитаемой толщи почв после вегетации, т/га

Исходное засоление определялось по данным химического анализа почв:

Sисх=100Нj Sисх (%), (16)

где: Н – глубина (1 м) корнеобитаемой толщи, м;

j – плотность, г/см3;

Sисх (%)– исходное засоление почв в % от веса абсолютно сухой почвы.

Количество солей, поступившие на орошаемые земли с оросительной водой определялось по формуле:

Sор= MCор/1000; (17)

где: Mор – объем оросительной воды, м3/га;

Сор – минерализация оросительной воды, г/л;

Количество вымытых солей с инфильтрационной водой определялось по формуле:

Sинф= qCинф/1000, (18)

где: q – объем инфильтрационных вод, м3/га;

Cинф – минерализация инфильтрационных вод, г/см3.

Установление динамики уровня залегания грунтовых вод проводилось путем ежемесячных замеров их уровня на фоне скважины вертикального дренажа (СВД) и открытых коллекторно–дренажных сетей. Изменение минерализации грунтовых вод устанавливалось путем отбора проб воды с режимных скважин весной, летом и осенью.

Доля участия грунтовых вод в суммарном водопотреблении устанавливалась методом водно–солевого баланса. Установление интенсивности и объемов расходования грунтовых вод на эвапотранспирацию осуществлялось путем исследования динамики влажности почв в вегетационный период при различных уровнях залегания грунтовых вод. Объемы использованных грунтовых вод на субирригацию определялись водным балансом по следующей зависимости:

Vg = Ev– Vn–10Pв – D + Иф + Qc – Мн, (19)

где : Vg – объем грунтовых вод, используемый на субирригацию, м3/га;

Ev – суммарное водопотребление за вегетационный период, м3/га;

Vn– запас влаги в почве, который может быть использован растениями за вегетацию, м3/га;

10Рв – атмосферные осадки за вегетационный период, м3/га;

D – объем коллекторно–дренажных вод, используемый для орошения сельскохозяйственных культур, м3/га;

Иф – объем инфильтрационных потерь на орошаемых землях, м3/га;

Qc – объем потерь оросительной воды на сброс при поливе сельскохо–зяйственных культур, м3/га.

Статистическая обработка результатов исследований.Варьирующими признаками у растений являются их высота, количество и масса зерен в колосе, содержание протеина и др. Варьирование возникает вследствие того, что растения одного и того же сорта всегда отличаются своей наследственностью, кроме того, формирование их часто протекает в относительно различных условиях внешней среды. Изменчивость, варьирование признаков создают известную трудность в тех случаях, когда требуется дать общую характеристику определенной варьирующей группе (совокупности) растений, почв и т.п. по отдельным признакам или сравнить такие группы и найти различие между ними.

Основными статистическими характеристиками количественной изменчивости являются средняя арифметическая, дисперсия (S2), стандартное отклонение (S), ошибка средней арифметической, коэффициент вариации (V) и относительная ошибка выборочной средней [50].

Коэффициент вариации является относительным показателем изменчивости. Изменчивость принято считать незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10%; средней, если V выше 10%, но меньше 20%; и значительной, если V>20%. При одних и тех же значениях выборочных средних возрастание ее величин свидетельствует о том, что опыт становится менее точным, т.к. чем больше абсолютная ошибка эксперимента, тем выше и относительная.

**Выводы по 2 главе**

1. Природно – климатические условия Туркестанской области создают разнообразие ландшафтов – от пустынь до горных хребтов, что требует научного подхода к водным ресурсам и ирригации. Область характеризуется континентальным климатом, с сухим и жарким летом, а также мягкой зимой;

2. Основные источники водоснабжения включают реку Сырдарью и её притоки, Из общей площади территории бассейна реки Сырдарьи, равной 444 тыс.км2, 250 тыс.км2 (или 56,6%) находится в пределах Республики Казахстан и является территорией контролируемой Арало – Сырдарьинской БВИ. Также имеется множество водохранилищ. Имеющиеся водные объекты обеспечивают орошение, гидроэнергетику и водоснабжение для сельскохозяйственных нужд региона.

3. На сегодняшний день, на большинстве орошаемых землях в Туркестанской области региона основным способам орошения является полив по бороздам. Учитывая, что дефицит воды продолжается ежегодно, особенно в даннойм регионе, необходимо разработка технологий повышения водобеспеченности орошаемых земель с использованием дополнительных источников.

4. Для достижения поставленной цели использованы методы многофакторного эксперимента, проведен комплекс исследований по установлению динамики гидрохимического режима оросительных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод при изменении технического уровня и дренированности ирригационных систем, технологии орошения и уровня залегания грунтовых вод. Исследования позволяют установить область применения системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод в зависимости от объема водозабора и водоотведения с ирригационных систем.

**3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРУНТОВЫХ И КОЛЛЕКТОРНО–ДРЕНАЖНЫХ ВОД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ МАКТААРАЛЬСКОГО РАЙОНА ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

В Казахстане, в конце 80–х годов прошлого века, общий объем водозабора для нужд сельского хозяйства, промышленности и коммунально–бытового хозяйства составлял 30–35 км3/год. При этом максимально на орошение ежегодно направлялось 20–25 км3 воды. С 2000 года водозабор на орошение стабилизировался на уровне 12 м3/год.

Рост дефицита водных ресурсов в вегетационный период, изменение климата и большие потери оросительных вод (до 70% от водозабора), предопределило нехватку воды для орошения. В результате этого, произошло нарушение установленных режимов орошения возделываемых сельхозкультур и соответственно произошло снижение их урожайности. В таких условиях, актуальным направлением в водообеспечении становится нахождение альтернативных источников водных ресурсов, к которым возможно отнести использование грунтовых вод на субирригацию и коллекторно–дренажных вод на орошение [51].

Например, около 50% орошаемых земель Южного Казахстана, имеет уровень залегания грунтовых вод до 3–х метров. Поэтому грунтовые воды интенсивно поступая в корнеобитаемую толщу при низкой минерализации воды повышают водообеспеченность орошаемых земель, а при высокой минерализации – интенсивно протекают процессы засоления, осолонцевания и ощелачивания почв. Следовательно, при близком залегании грунтовых вод, необходимо постоянно вести мониторинг за динамикой их уровня залегания и минерализацией. Это позволяет оперативно управлять пределами использования грунтовых вод на орошаемых землях и наметить мероприятия по снижению темпов протекания деградационных процессов в корнеобитаемом слое почв [52].

Также одним из путей повышения водообеспеченности орошаемых земель является использование коллекторно–дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур. Объем коллекторно–дренажных вод ирригационных систем Южного Казахстана измеряется в пределах 1,2–1,5 км3 в год. При этом, коллекторно–дренажные воды поступая в источники орошения, повышают их минерализацию и ухудшают качество [53]. В результате этого происходит не только ухудшение качества поверхностных вод, но и орошаемых земель. Поэтому проблему утилизации коллекторно–дренажных вод необходимо решать путем использования их на орошение сельскохозяйственных культур. Однако, колебание минерализации коллекторно–дренажных вод в широких пределах, требуют, как и грунтовые воды, обеспечение постоянного контроля их объема и качества.

Можно отметить, что во всех речных водохозяйственных бассейнах, основным потребителем воды являются орошаемые земли. Однако, повышение дефицита водных ресурсов, изменение климата и ухудшение технического состояния ирригационных систем не обеспечивают подачу необходимого объема оросительной воды на орошение сельскохозяйственных культур. В сложившейся ситуации, повышение водообеспеченности ирригационных систем путем использования грунтовых и коллекторно–дренажных вод на субирригацию и орошение, требует разработки научно–обоснованных предложение по комплексному использованию поверхностными, грунтовыми, коллекторно–дренажными водами и поливами сельскохозяйственных культур. Сложность данной проблематики предопределена разнообразием эколого–мелиоративных и почвенно–гидрогеологических условий орошаемых земель, изменчивостью минерализации и качества поверхностных вод, низким техническим состоянием ирригационных систем и большим объемом потерь оросительных вод, увеличением орошаемых земель, имеющих близкое залегание грунтовых вод и большим объемом коллекторно–дренажных вод.

Исследования по установлению влияния грунтовых вод на субирригацию, на водный режим корнеобитаемой толщи почв и их доли в суммарном водопотреблении, а также возможности использования коллекторно–дренажных вод на орошение проводились на орошаемых землях Махтааральского района.

Орошаемые земли Махтааральского района являются частью Голодностепского массива, которые расположены в среднем течении р. Сырдарьи. Северо–западная часть массива ограничивается на севере – Шардаринским водохранилищем, на востоке – территорией Узбекистана, на юге – Центральным Голодностепским коллектором и на западе Арнасайским понижением. Валовая площадь в границах Махтааральского района составляет 177 тыс. га. из них орошаемая площадь составляет около 144 тыс. га [54, 55].

Климат резко континентальный. Средняя годовая температура равна +12,50С, средняя температура июля +27 – +300С, января –30–70С. Влажность воздуха в Голодной степи очень низкая, особенно в летние месяцы. В июле–августе относительная влажность воздуха днем колеблется от 20% на сухих пространствах, до 30% – на увлажненных поливом [56].

Количество выпадающих осадков за год колеблется от 175 до 425 мм. Осадки по сезонам года распределяются следующим образом: наиболее увлажненным периодом года является весна, в течение которой выпадает более 40% годовых осадков; зимой 25–35%; осенью –15–20%; летом – 5–10%. Годовая испаряемость на всей территории района составляет более 1200 мм или 12000 м3/га [57].

Водный фонд района состоит из поверхностных и подземных вод. Общее количество каналов водоснабжения на территории Мактааральского района – 529, протяженность – 1152 км, дренажных – 287, протяженностью 802 км. Через Мактааральский район протекает крупнейшая река Сырдарья [58].

Использование результатов исследования позволит оперативно оценить объемы и качество водных ресурсов, используемых для орошения (оросительных, грунтовых и коллекторно–дренажных) и эффективно управлять поливами сельскохозяйственных культур. Комплексный подход к оценке качества оросительных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод обеспечит экологическую безопасность их интегрированного использования на ирригационных системах Южного Казахстана.

**3.1 Оценка качества водных ресурсов Мактааральского района**

Многочисленные экспериментальные данные показывают, что управление эколого – мелиоративными процессами в корнеобитаемом слое почв достигается путем снижения уровня высокоминерализованных грунтовых вод ниже критической глубины, рассолением и рассолонцеванием деградированных почв, оптимизацией режима работы дренажа и уровня залегания грунтовых вод и т.д. [59–62]. Однако вариабельность природно – климатических условий Казахстана и сложность гидрогеологических условий орошаемых массивов требует разработки мероприятий для конкретных массивов. Например, на юге республики климатические, почвенно – мелиоративные и гидрологические условия позволяют широко применять промывки и промывной режим орошения. В условиях Центрального и Северного Казахстана, где продолжительность отрицательных температур составляет более 5 месяцев, а отток подземных вод затруднен, промывки и промывной режим орошения не получил широкого распространения.

В условиях постоянного дефицита водных ресурсов, одним из резервов повышения водообеспеченности ирригационных систем и защиты водных ресурсов от загрязнения является использование коллекторно – дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур. Вместе с тем обобщение существующих материалов показывает, что до настоящего времени не разработаны надежные технологические операции по утилизации коллекторно –дренажных вод, регулированию водно – солевого и пищевого режимов почв при орошении возвратными водами.

Применение существующих технологий орошения сельскохозяйственных культур, а также низкое техническое состояние гидромелиора–тивных систем Казахстана приводит к интенсивной потере оросительных вод на инфильтрацию и сброс. В настоящее время при транспортировке оросительных вод до поля теряется (на фильтрацию, испарение, сброс) 40–50% от объема водозабора. При современной технологии бороздкового полива на поле теряется 20–30% от водозабора. Поэтому практически все гидромелиоративные системы Казахстана испытывают дефицит водных ресурсов, который в маловодные и сухие годы доходит до 50%.

Значительные различия природно – климатических условий Казахстана предопределили выбор технологии орошения сельскохозяйственных культур. На юге Казахстана полив сельскохозяйственных культур осуществляется по полосам и бороздам, в Центральном и Северном Казахстане для полива применяются дождевальные машины и агрегаты [63, 64]. Однако, низкий КПД оросительных систем и несовершенство технологий орошения на гидромелиоративных системах Казахстана предопределили повышение уровня залегания грунтовых вод и ухудшение эколого–мелиоративного состояния гидромелиоративных систем. В настоящее время около 50% орошаемых земель имеют глубину залегания грунтовых вод менее 3 м. При высокой их минерализации усиливают–ся процессы накопления солей в корнеобитаемом слое, поэтому почвы засоляются или осолонцовываются [65, 66].

Таким образом, управление качеством воды на орошаемых землях имеет большое практическое значение. Данная проблема особенно обостряется в условиях Центрального и Северного Казахстана, где находятся каштановые и черноземные почвы, так как они имеют большую емкость поглощения. При высокой минерализации оросительных и грунтовых вод они интенсивно засоляются и осолонцеваются. Следовательно, проблема управления качеством воды и охрана водных ресурсов от загрязнения, наряду с проблемами управления плодородием (продуктивностью) почв является актуальной.

В условиях Казахстана, где гидромелиоративные системы функционируют в различных почвенно – климатических условиях, применение существующих методов рассоления орошаемых земель не всегда достигают цели. В центральных и северных регионах, где орошаемые земли представлены каштановыми почвами и черноземами, имеющие большие запасы органических веществ и питательных элементов, необходимо разрабатывать технологии борьбы с засолением почв, снижающие темпы вымыва органических веществ и питательных элементов до минимума. Данную задачу можно решать путем повышения интенсивности солеотдачи почв и скорости обменных реакций между почвенным раствором и почвенно – поглощающим комплексом [67].

Рассоление засоленных земель и повышение их плодородия на Юге Казахстана осуществляется путем проведения промывок. В настоящее время применяются различные технологии промывок засоленных почв: по чекам, полосам, бороздам, дождеванием при возделывании риса и т.д. В условиях юга Казахстана промывка засоленных почв осуществляется в основном при постоянном затоплении больших чеков, в результате вода распределяется по площади чека неравномерно и сбрасывается за пределы промываемых земель, когда не обеспечивается равномерность рассоления почв до порога токсичности и снижается эффективность промывки. Аналогичная ситуация происходит при промывках по бороздам и полосам.

Другим направлением в области устойчивого развития орошаемого земледелия является химическая мелиорация. Теоретические основы химической мелиорации предусматривают повышение в почвенном растворе кальция, способного вытеснять натрий или магний из почвенно – поглощающего комплекса солонцовых горизонтов и улучшать их физико – химические свойства. Для этой цели широко используется серная кислота, гипс, фосфогипс, хлористый кальций и т.д. Каждый мелиорант обладает различной активностью по отношению к натрию и предопределяет интенсивность рассолонцевания почв, особенно при изменении технологии его внесения, режима увлажнения и обработки почв. Вместе с тем, при внесении химмелиорантов на деградированные почвы, технологические особенности их внесения не всегда учитываются.

Недостаточная эффективность химических мелиораций в богарных условиях подтверждается галохимической теорией солонцеобразования из которой следует, что периодическое атмосферное увлажнение почв на глубину вскрытия солевого пояса и внесение химмелиорантов не способно ликвидировать солонцовые процессы, если отсутствуют нисходящие потоки солевых масс и отрыв солонцеватых горизонтов от участия грунтовых вод и их увлажнении. В таких случаях мелиорация засоленных и солонцеватых почв должна предусматривать внесение химмелиорантов, водопонижение (строительство дренажа) и проведение промывок, т.е. предупреждать возникновение процессов осолонцевания и засоления.

В условиях постоянного роста дефицита водных ресурсов на ирригационных системах, повышение водообеспеченности можно достичь путем использования слабоминерализованных грунтовых вод на субирригацию, а коллекторно – дренажных вод на орошение [68]. Анализ научных разработок отечественных и зарубежных авторов по технологиям орошения сельскохозяйственных культур при использовании минерализованных коллекторно – сбросных вод, показывает, что до настоящего времени нет единой методики оценки качества поливных вод. Это говорит о необходимости установления дифференцированных допустимых пределов загрязнения вод минеральными веществами для конкретного объекта орошения. При этом проблема улучшения и стабилизации эколого – мелиоративного состояния ирригационных систем может решаться с применением иннова–ционных технологий орошения, учитывающих качественный состав поливной воды.

На ирригационных системах юга Казахстана, основными факторами, вызывающими необходимость разработки эколого – мелиоративных технологий инновационного регулирования водоземельными ресурсами и устойчивого развития орошаемого земледелия, являются постоянный рост дефицита водных ресурсов, ухудшение качества воды, нарушение сложившегося равновесия эколого – мелиоративного режима за счет снижения дренированности орошаемых земель.

Анализ работы скважин вертикального дренажа (СВД), построенных на орошаемых землях Южного Казахстана в шестидесятых–семидесятых годах прошлого века, показал их эффективность для улучшения мелиора–тивного состояния почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. При этом в трех областях (Кызылординская, Южно–Казахстанская, Жамбылская) было запущено в эксплуатацию 2053 СВД. В настоящее время эти скважины практически не работают, так как требуются большие затраты на их восстановление.

Таким образом, на ирригационных системах Казахстана назрела настоятельная необходимость в разработке интегрированных технологий по эколого–мелиоративному управлению водо–земельными ресурсами, обеспечивающих устойчивое развитие орошаемого земледелия для различных природных зон Казахстана.

Установление динамики уровня залегания и минерализации грунтовых вод.Исследования по установлению динамики уровня залегания грунтовых вод проводились на орошаемых землях Махтааральского массива орошения бассейна р. Сырдарьи (рисунок 10).



Рисунок 10 – Замеры уровня залегания и отбор проб грунтовых вод на химический анализ

Результаты водной вытяжки являются основными характеристиками химизма и степени засоления почв и воды. На основе этих данных установлены классификационные названия засоленных и солонцеватых почв и воды. Показатели качественного состава оросительных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод позволяют установить пределы их использования на орошение и промывку засоленных почв, прогнозировать направленность протекания деградационных процессов в корнеобитаемом слое почв.

Оценка качественного состава оросительных, коллекторно–дренажных и сбросных вод осуществлялась по нескольким показателям: по ионному составу воды; по «остаточному карбонату натрия» (ОКН); по содержанию катионов магния (Mg); по ирригационному коэффициенту (И.Н. Антипова–Каратаева и Г.М. Кадера); по натриево–адсорбционному отношению (SAR и SAR США) [69–75].

Установление пределов изменения химического состава минерализо–ванных коллекторно–дренажных вод в системе «вода–сорбент–мелиорант. Для улучшения качества грунтовых и коллекторно–дренажных вод в системе вода–сорбент–мелиорант–почва, использованы коллекторно–дренажные и грунтовые воды ирригационных систем бассейна рек Сырдарья (3 точки)

Исследования проводились в лабораторных условиях по следующим вариантам:

1) Фильтрация минерализованных вод через цеолит;

2) Тоже через фосфогипс;

3) Тоже через 0,5(цеолит)+0,5(фосфогипс);

4) Тоже через 0,25(цеолит)+0,75 (фосфогипс);

5) Тоже через 0,75(цеолит)+0,25 (фосфогипс) (рисунок 11).



Рисунок 11 – Исследования по установлению изменения ионно–солевого состава минерализованных вод в системе «вода–сорбент–мелиорант–почва»

В исследованиях использованы грунтовые и коллекторно–дренажные воды бассейна реки Сырдарья.

Установление дренированности территории. Данный показатель установлен для Махтааральского массива бассейна р. Сырдарьи,

Известно, что при хорошей дренированности орошаемых земель, весь объем фильтрационных потерь в оросительной сети и на полях орошения должен отводиться за пределы массивов орошения дренажной сетью.

Однако, с ухудшением технического состояния горизонтального дренажа и с выходом из строя скважин вертикального дренажа (рисунок 12), часть фильтрационных потерь не отводится за пределы массивов орошения и приводит к увеличению площадей орошаемых земель с близким залеганием грунтовых вод.

Объемы фильтрационных потерь с каналов и при поливах, остающиеся в корнеобитаемом слое определялись балансовыми расчетами. В расчетах использованы данные гидрогеолого–мелиоративных экспедиций.

Установление динамики солевого режима почв и интенсивности расходования грунтовых вод на эвапотранспирацию при изменении дренированности территории и уровня залегания грунтовых вод. Эти исследования проводились на орошаемых землях бассейна реки Сырдарья.



Рисунок 12 – Состояние открытых коллекторов в Махтааральском массиве орошения

Для установления динамики интенсивности расходования грунтовых вод на эвапотранспирацию и солевого режима определены: суммарное водопотребление хлопчатника, люцерны, кукурузы; динамика влажности почв в корнеобитаемом слое почв при различных уровнях залегания грунтовых вод; динамика уровня залегания и минерализации грунтовых вод; оросительная норма; исходное и конечное засоление почв при изменении уровня залегания грунтовых вод (рисунок 13).



Рисунок 13 – Исследования по влиянию уровня залегания грунтовых вод на влажность почв (Махтаарал)

Оценка качества водных источников проведена по рекам бассейнов РК в соотвествии с единой системой классификации и оценивается по числовым значениям стандартов качества воды при разделении на пять классов водопользования с постепенным переходом от 1–го класса вод "наилучшего качества" до 5–го класса "наихудшего качества". Каждый класс водопользования характеризуется своей категорией водопользования в зависимости от сформировавшегося экологического потенциала водного объекта. Согласно дифференциации классов водопользования по категориям (видам) водопользования для орошения применяются воды 1–4 классов. Качество воды водных источников проведено на основе методических рекомендаций по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям [76–80].

Минерализация воды имеет важнейшее значение при характеристике химического состава вод. При этом проводят анализы воды на содержание минеральных компонентов в различные периоды гидрологической фазы для поверхностных вод: в зимнюю межень, весеннее половодье, летне–осеннюю межень, летне–осенний межень.

Гидрохимический створ с. Кокбулак. Из–за трансграничности реки Сырдарья нам необходимо обратить внимание на створ с. Кокбулак из–за необходимости оценки привноса загрязняющих веществ со стороны Узбекистана. К сожалению, в рассматриваемом гидрохимическом створе данные о сумме минерализации за период наблюдения в естественном гидрологическом режиме отсутствуют, в связи с чем анализ минерализации реки Сырдарьи в рассматриваемом створе ограничится только периодом нарушенного гидрологического режима.

При Р = 50% обеспеченности по стоку минерализация реки Сырдарьи во внутри–годовом распределении имеет следующие показатели: январь – 1300,00 мг/дм3; февраль – 1190,00 мг/дм3; март – 1210,00 мг/дм3; апрель – 1100,00 мг/дм3; май – 1050,00 мг/дм3; июнь – 990,00 мг/дм3; июль – 942,00 мг/дм3; август – 849,00 мг/дм3; сентябрь – 721,00 мг/дм3; октябрь – 709,00 мг/дм3; ноябрь – 680,00 мг/дм3; декабрь – 640,00 мг/дм3.

Анализ приведенных данных показывает, что постепенное уменьшение макси–мальной минерализации р. Сырдарьи в рассматриваемом створе приходится за период с января по декабрь с общим размахом от 1300,00 мг/дм3 до 640,00 мг/дм3. При этом особой стохастичности минерализации в рассматриваемой обеспеченности нет, максимум отме–чен в январе, а минимум – в декабре.

По сравнению с Р=50 % обеспеченностью, минерализация р. Сырдарьи при Р=75% обеспеченности отличается большой стохастичностью, т. е. нет четко выраженной тенденции увеличения или уменьшения минерализации от месяца к месяцу во внутригодовом распределении. В этом можно убедиться на примере статистических характеристик внутригодового распределения минерализации: январь – 920,00 мг/дм3; февраль – 890,00 мг/дм3; март – 671,00 мг/дм3; апрель – 948,00 мг/дм3; май – 828,00 мг/дм3; июнь – 1249,00 мг/дм3; июль – 891,00 мг/дм3; август – 1677,00 мг/дм3; сентябрь – 1270,00 мг/дм3; октябрь – 1420,00 мг/дм3; ноябрь – 1210,00 мг/дм3; декабрь – 892,40 мг/дм3.

Внутригодовое распределение минерализации р. Сырдарьи рассматриваемой обеспеченности показывает, что максимальные показатели минерализации приходятся на июнь, август, сентябрь, октябрь и ноябрь месяцы с амплитудой размаха от 1677,00 мг/дм3 до 1210,00 мг/дм3. В остальные месяцы размах колебаний минерализации составляет от 948,00 мг/дм3 до 828,00 мг/дм3.

При Р=95% обеспеченности в гидрохимическом створе с. Кокбулак имеются данные по минерализации р. Сырдарьи только за три месяца: февраль – 1113,00 мг/дм3; март – 1360,00 мг/дм3; декабрь – 1080,00 мг/дм3.

Исследования показали, что в Махтааральском массиве около 95,6% межхозяйственных и 79,2% внутрихозяйственных каналов выполнены в земляном русле. Дамбы каналов заросли сорной растительностью и при создании необходимых горизонтов наблюдается сильная фильтрация воды (рисунок 14). Поэтому коэффициент полезного действия (КПД) каналов низкий и составляет 0,54 – 0,66. Следовательно, от 34% до 46% объема водозабора теряется на фильтрацию, испарение и сброс.



Рисунок 14 – Фильтрация воды через дамбы межхозяйственных каналов

КПД технологии поверхностного бороздкового полива для Махтааральского массива составляет 0,7, а в целом КПД ирригационной системы составляет 0,38:

ηо.с**.=** ηмс \* ηвс \* ηтп (20)

где: ηо.с – коэффициент полезного действия ирригационной системы;

ηмс – КПД межхозяйственного канала «Достык», 0,80–0,85;

ηвс  – КПД внутрихозяйственного канала, 0,66;

ηтп – КПД элементов техники полива, отношение объема поданной воды на поле к объему его накопления в корнеобитаемом слое используемых растениями, 0,7.

При таких параметрах КПД, объем непроизводительных потерь составляет 62% от водозабора (таблица 13). Например, при объеме водозабора 957,27 млн. м3, потери оросительной воды составили 440,34 млн. м3, объем водоподачи на орошаемые земли составил 516,93 млн. м3. При КПД технологии бороздкового полива 0,7, объем потерь оросительной воды на поле составил 155,08 млн. м3 и объем накопления воды в почве 364,85 млн. м3 или 2533 м3/га.

Таблица 13 – Объемы потерь оросительной воды в вегетационный период по Махтааральскому массиву

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год | Площадь  орошения га | Объем водозабора | | Потери воды на каналах, млн.м3 | Объем водоподачи, млн.м3 | Объем потерь на поле, млн.м3 | Объем накопления воды в почве (нетто) | |
| млн.м3 | м3/га | млн.м3 | м3/га |
| 2019 | 138800 | 916,7 | 6605 | 421,68 | 495,02 | 148,51 | 346,51 | 2497 |
| 2020 | 144039 | 877,2 | 6090 | 403,51 | 473,69 | 142,11 | 331,58 | 2302 |
| 2021 | 144039 | 957,27 | 6646 | 440,34 | 516,93 | 155,08 | 364,85 | 2533 |

Большие потери оросительных вод на фильтрацию приводят к интенсивному подъему уровня залегания грунтовых вод. В 1994 году, площадь орошаемых земель с глубиной грунтовых вод до 1 м составляла 105 га, в 2002 году – 378 га, а в 2021 году – 2562 га (таблица 14).

Таблица 14 – Распределение орошаемых земель по глубине залегания грунтовых вод

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год | Общая площадь, га | Глубина залегания грунтовых вод, м | | | | |
| 0–1 | 1–2 | 2–3 | 3–5 | более 5 |
| 1994 | 125715 | 105  0,1 | 7792  6,2 | 72084  57,3 | 43441  34,6 | 2293  1,8 |
| 2002 | 136842 | 378  0,3 | 22073  16,1 | 62584  45,7 | 49563  36,2 | 2244  1,6 |
| 2009 | 138767 | 1417  1,0 | 71476  51,5 | 44273  31,9 | 19926  14,4 | 1675  1,2 |
| 2021 | 144039 | 2562  1,8 | 37348  25,9 | 54512  37,8 | 48245  33,5 | 1372  1,0 |
| Примечание: в числителе – га; знаменателе – в % от общей площади | | | | | | |

Это указывает на то, что площадь орошаемых земель с уровнем залегания грунтовых вод с 1994 года увеличилась в 18 раз. В 1994 г, орошаемые земли с глубиной грунтовых вод 1–2 м составили 7792 га, а в 2021 году – 37348 га.

Причиной интенсивного увеличения орошаемых земель с близким уровнем залегания грунтовых вод является снижение дренированности орошаемых земель. При этом в Голодностепском массиве имеет место два подъема уровня

залегания грунтовых вод. Первый подъем происходит в период проведения эксплуатационных промывок, а второй подъем – в период вегетационных поливов (рисунок 15).

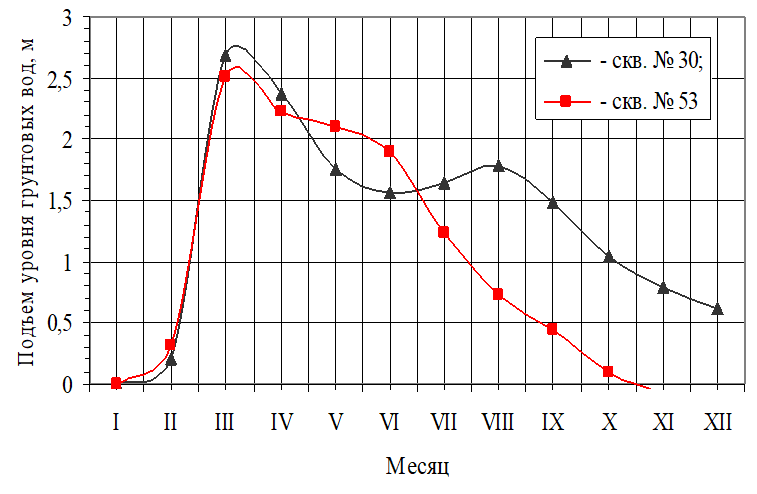


Рисунок 15 – Динамика амплитуды колебания уровня грунтовых вод в Махтааральском районе

Интенсивный подъем уровня залегания грунтовых вод в период эксплуатационных промывок, которые проводятся ежегодно и при вегетационных поливах повышают площадь орошаемых земель с близким уровнем залегания грунтовых вод [81 – 85]. Это подтверждаются данными приведенными в таблице 15.

Таблица 15 – Распределение уровня залегания грунтовых вод на орошаемых землях Махтааральского района (июнь)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименвание сельских округов | Год | Площадь орошаемых земель, га | Уровень залегания грунтовых вод, м | | | | | |
| 0–1 | | 1–2 | | 2–3 | |
| га | % | га | % | га | % |
| Иржар | 2014 | 7356 | 5731 | 78 | 1625 | 22 | – | – |
| 2013 | 7477 | 5477 | 73 | 2000 | 27 | – | – |
| Махтаарал | 2014 | 11457 | 10307 | 90 | 1150 | 10 | – | – |
| 2013 | 11057 | 11032 | 100 | 25 | – | – | – |
| Нурлыбаев | 2014 | 6466 | 5992 | 93 | 474 | 7 | – | – |
| 2013 | 6405 | 5647 | 88 | 670 | 11 | 88 | 1 |

Сравнительный анализ приведенных данных показывает, в поливной период его уровень не опускается ниже 2 метров. При этом на большинстве орошаемых землях уровень грунтовых вод находится на глубине до 1 м. Поэтому влажность почвы в корнеобитаемом слое орошаемых земель Махтааральского массива, в течение всего вегетационного периода имеет высокие показатели (таблица 16).

Таблица 16 – Динамика влажности в корнеобитаемом слое почв Махтааральского массива в вегетационный период

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Дата отбора | Горизонт, см | Влажность | | | Количество точек | Коэффициент вариации (V), % |
| минимальная | средняя | максимальная |
| 5–7. 04 | 0–50 | 9,92  48,9 | 18,62  91,7 | 23,32  114,9 | 15 | 33,4 |
| 0–100 | 18,8  90,1 | 20,95  100 | 24,99  119,0 | 15 | 32,6 |
| 5–8.05 | 0–50 | 15,10  73,7 | 17,38  85,0 | 19,57  95,5 | 21 | 10,5 |
| 0–100 | 18,09  86,1 | 19,24  91,6 | 22,30  106,2 | 21 | 12,9 |
| 19.06 | 0–50 | 11,15  54,4 | 14,59  71,2 | 16,77  81,8 | 20 | 9,40 |
| 0–100 | 14,95  71,2 | 17,54  83,5 | 20,33  96,8 | 20 | 10,1 |
| 15–18.07 | 0–50 | 9,7  47,3 | 15,27  74,5 | 21,91  106,9 | 18 | 23,1 |
| 0–100 | 15,3  72,9 | 17,42  83,0 | 21,10  100,5 | 18 | 18,7 |
| 7–10.08 | 0–50 | 8,52  41,6 | 12,74  62,1 | 19,02  92,8 | 18 | 23,1 |
| 0–100 | 12,27  58,4 | 15,21  72,4 | 18,08  86,1 | 18 | 13,5 |
| 21–23.08 | 0–50 | 9,92  48,4 | 16,53  80,6 | 22,46  109,6 | 18 | 25,7 |
| 0–100 | 11,29  53,8 | 18,20  86,7 | 22,94  109,2 | 18 | 38,3 |
| 20–21.09 | 0–50 | 8,77  42,8 | 14,30  69,8 | 16,36  79,8 | 18 | 16,6 |
| 0–100 | 12,54  59,7 | 16,19  77,1 | 19,38  92,3 | 18 | 11,5 |
| Примечание: в числителе – % от веса абсолютно сухой почвы; знаменателе – % от наименьшей влагоемкости (НВ) | | | | | | |

Средние значения влажности почв в 0–100 см слое изменяются в пределах 15,21–20,95% от веса абсолютно сухой почвы. При этом минимальные показатели влажности почв наблюдались в начале августа, в период массового проведения 1 полива хлопчатника. В данный период влажность в корнеобитаемом слое почв опускается до 72,4% от наименьшей влагоемкости. Максимальная влажность в корнеобитаемом слое почв держится место в начале апреля. В данный период, после промывки уровень грунтовых вод имеет минимальную глубину от поверхности земли. Стабильность влажности корнеобитаемого слоя почв в течение вегетационного периода подтверждается коэффициентом вариации.

Из приведенных в таблице 16 данных видно, что минимальная влажность наблюдается в верхних слоях корнеобитаемой толщи почв. Например, в 1 декаде августа минимальная влажность почв в 0–50 см слое составляла 8,52% от абсолютно сухой почвы, однако в нижних горизонтах влажность почв поднялась за счет близкого залегания грунтовых вод (таблица 17). Поэтому в горизонтах 60–100 см влажность почв высокая и сохраняется в течение вегетационного периода.

Таблица 17 – Изменение влажности по глубине корнеобитаемого слоя почв опытного участка

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Горизонт, см | Дата отбора | | | | | | |
| 5.04 | 5.05 | 19.06 | 18.07 | 8.08 | 21.08 | 21.09 |
| 0–20 | 24,82 | 12,26 | 8,10 | 10,85 | 19,86 | 19,83 | 13,68 |
| 20–40 | 22,53 | 17,75 | 15,25 | 14,21 | 17,84 | 17,90 | 16,56 |
| 40–60 | 21,66 | 19,08 | 18,61 | 17,81 | 23,62 | 18,33 | 18,70 |
| 60–80 | 24,73 | 26,68 | 23,72 | 22,19 | 27,25 | 24,38 | 23,07 |
| 80–100 | 26,81 | 27,97 | 26,20 | 23,17 | 28,43 | 27,41 | 24,87 |
| 0–50 | 23,32 | 16,36 | 13,06 | 13,59 | 19,80 | 18,68 | 16,31 |
| 0–100 | 24,11 | 20,75 | 18,38 | 17,65 | 23,40 | 21,57 | 19,38 |

Высокая влажность в верхних слоях корнеобитаемой толщи почв достигается за счет проведения эксплуатационных промывок. В данном случае распределение влажности почв имеет равномерный характер. В период посева хлопчатника (1–я декада мая) в верхнем 0–20 см влажность почвы находилась в пределах 60% от наименьшей влагоемкости почв. В 20–40 см слое почв, влажность почвы составляла более 85% от НВ и обеспечила высокую всхожесть хлопчатника

Благодаря высокой влажности почв первые поливы хлопчатника в Махтааральском массиве ежегодно начинают проводить в первой декаде июля. При этом крестьянские хозяйства в течение вегетации хлопчатника проводят всего 1–2 полива [86].

Использование грунтовых вод на субирригацию позволяет снизить объемы водозабора и водоотведения. Интенсивность поступления грунтовых вод в корнеобитаемую толщу почв зависит от глубины залегания грунтовых вод и их влажности. При этом, низкая влажность почв и близкое залегание грунтовых вод обеспечивают максимальную интенсивность расходования грунтовых вод на эвапотранспирацию [87, 88]. Эффективность субирригации подтверждается водным балансом орошаемых земель (таблица 18). Например, при гидроморфном режиме, при суммарном водопотреблении 5200 м3/га, оросительная норма составляла 1200 м3/га, а объем расхода грунтовых вод на эвапотранспирацию – 3850 м3/га. Следовательно, доля участия грунтовых вод в суммарном водопотреблении составляет 74%, а оросительной воды – 26%.

Таблица 18 – Расчет водного баланса орошаемых земель Мактаральского массива

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Статьи баланса | Гидроморфный | Полугидро–морфный | Автоморфный |
| Приход | | |  |
| Исходные запасы влаги, м3/га | 2980 | 2820 | 2730 |
| Осадки, м3/га | 570 | 570 | 570 |
| Оросительная норма, м3/га | 1200 | 2400 | 3300 |
| Поступление грунтовых вод, м3/га | 3850 | 2460 | 0 |
| Итого, м3/га | 8600 | 8250 | 6600 |
| Расход | | |  |
| Инфильтрационные потери, м3/га | 670 | 910 | 1190 |
| Конечные запасы влаги, м3/га | 2730 | 2480 | 1380 |
| Суммарное водопотребление, м3/га | 5200 | 4860 | 4030 |
| Итого, м3/га | 8600 | 8250 | 6600 |

Из приведенных данных видно, что при полугидроморфном режиме почв, где уровень залегания грунтовых вод изменяется в пределах 2–3 м, происходит снижение объема расходования грунтовых вод на эвапотранспирацию. В этом варианте, объем расходования грунтовых вод на эвапотранспирацию составляет 2460 м3га или 51% от суммарного водопотребления. Поэтому возрастает оросительная норма до 49% от суммарного водопотребления. При автоморфном режиме почв суммарное водопотребление полностью поддерживается за счет оросительных вод.

Вместе с тем, одним из главных факторов, ограничивающих использование грунтовых вод на субирригацию является возможность протекания процессов накопления солей в корнеобитаемом слое почв. Темпы данного процесса зависят от минерализации и ионно–солевого состава грунтовых вод. Это подтверждено показателями солевого баланса орошаемых земель при изменении минерализации грунтовых вод (таблица 19).

Сравнительный анализ показателей солевого баланса показывает, что в грунтовых водах происходит накопление солей в корнеобитаемой толще почв. Минимальные темпы накопления солей в корнеобитаемом слое почв получены при минерализации грунтовых вод 0,5–1 г/л. В данном периоде запасы солей за вегетацию увеличились на 3,6 т/га или на 4% от исходного содержания. С повышением минерализации грунтовых вод происходит повышение содержания солей в корнеобитаемом слое почв. Поэтому максимальные запасы солей в корнеобитаемой толще почв в конце вегетации получены при минерализации грунтовых вод 7–10 г/л. В данном варианте запасы солей в корнеобитаемом слое почв превысили 27,3 т/га или 27,6% от исходного засоления.

Таблица 19 – Солевой баланс корнеобитаемой толщи при гидроморфном режиме почв за вегетацию, т/га

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Статьи баланса | Минерализация грунтовых вод, г/л | | | | |
| 0,5–1 | 2–3 | 4–5 | 5–7 | 7–10 |
| Приход | | | | | |
| Исходное засоление (0,65%), т/га | 98,8 | 98,8 | 98,8 | 98,8 | 98,8 |
| Поступление солей с оросительной водой, т/га | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 |
| Поступление солей с грунтовыми водами, т/га | 3,8 | 11,1 | 19,8 | 26,6 | 37,7 |
| Итого, т/га | 105,3 | 112,6 | 121,3 | 128,1 | 139,2 |
| Расход | | | | | |
| Вымыв солей с инфильтрационной водой, т/га | 2,9 | 4,6 | 6,7 | 9,2 | 13,1 |
| Конечные запасы солей, т/га  в % от исходного | 102,4  104,0 | 108,0  109,3 | 114,6  116,0 | 118,9  120,3 | 126,1  127,6 |

Поэтому в условиях недостаточной дренированности гидромелиоративных систем, большое значение приобретает изучение динамики ионно–солевого состава грунтовых во времени и пространстве, оценка и установление пределов их использования на субирригацию. Минерализации грунтовых вод в Махтааральском массиве изменяется в пределах 0,844– 25,470 г/л (таблица 20).

Таблица 20 – Ионный состав грунтовых вод орошаемых земель Махтааральского района

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Место  отбора | № скваж. | Анионы | | | | Катионы | | | Сумма солей |
| СО32– | HCO3– | Cl– | SO42– | Ca2+ | Mg2+ | Na+ |
| Махтаар–альский массив | 15 к | отс. | 0,305  5,00 | 0,142  4,03 | 0,355  7,40 | 0,060  3,00 | 0,134  11,16 | 0,055  2,27 | 1,051 |
| 38 | 0,030  1,00 | 0,488  8,00 | 11,540  326,9 | 5,330  111,0 | 0,750  37,50 | 2,280  190,0 | 5,060  219,4 | 25,470 |
| 151 | 0,018  0,60 | 0,183  3,00 | 0,106  3,00 | 0,316  6,58 | 0,076  3,80 | 0,084  7,00 | 0,060  2,38 | 0,844 |
| 91 | 0,042  1,40 | 0,634  10,39 | 1,600  45,30 | 7,110  148,1 | 0,850  42,50 | 1,854  154,5 | 0,230  8,19 | 12,300 |
| 46 | 0,108  3,60 | 0,122  2,00 | 2,698  76,40 | 3,379  70,39 | 0,100  5,00 | 0,256  21,30 | 3,310  126,09 | 9,563 |
| 235 | 0,006  0,20 | 0,122  2,00 | 0,142  4,06 | 0,508  10,58 | 0,044  2,20 | 0,114  9,50 | 0,118  5,14 | 1,054 |
| 141 | 0,048  1,60 | 0,293  4,80 | 0,071  2,01 | 12,797  266,60 | 0,750  37,50 | 1,006  83,80 | 3,565  153,71 | 18,530 |

Химизм засоления почв предопределяется высоким содержанием гидрокарбоната, а также присутствием ионов СО32– в грунтовой воде. Содержание токсичного иона хлора в грунтовой воде изменяется в пределах 0,106–11,540 г/л и составляет от 13,0 до 45% от суммы солей. При низкой минерализации грунтовых вод доминирующим анионом является SO42–, доля которого в сумме солей изменяется в пределах 35–69%. В катионном составе солей при низкой минерализации воды доминирует Mg2+, а катионы Na+ во многих скважинах превышают содержание катиона Ca2+ [89].

Для установления пределов использования грунтовых вод на субирригацию, проведена оценка ее качества, которая осуществлялась по общей минерализации (С), ионно–солевому составу, К, SAR, ОКН и Мg\*. Сравнительный анализ показывает, что чем ниже минерализация грунтовых вод, тем больше увеличиваются пределы их использования на субирригацию (таблица 21).

Таблица 21 – Параметры, характеризующие качественный состав грунтовых вод

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Место отбора | № скважин | Показатели | | | | | |
| С, г/л | рН | К | SAR | OKH | Mg\*, % |
| Махтааральский массив | 15 к | 1,051 | 8,55 | 5,64 | 0,9 | –9,2 | 78,8 |
| 38 | 25,47 | 8,30 | 1,01 | 20,6 | –218,5 | 83,5 |
| 151 | 0,844 | 8,60 | 4,20 | 1,0 | –7,2 | 64,8 |
| 91 | 12,3 | 8,65 | 17,87 | 0,8 | –185,2 | 78,4 |
| 46 | 9,563 | 8,55 | 0,21 | 34,8 | –20,7 | 81,0 |
| 235 | 1,054 | 8,70 | 2,17 | 2,1 | –9,50 | 81,2 |
| 141 | 18,53 | 8.60 | 0,77 | 19,8 | –114,9 | 69,1 |
| Предельно–допустимые  значения | | <3,0 | <7,9 | >1,0 | <10 | <1,25 | <50 |

Из приведенных данных видно, что в Махтааральском массиве ограничивающими факторами использования грунтовых вод на субирригацию являются показатели минерализации грунтовых вод, рН и Mg\*, которые при любой минерализации грунтовой воды превышают допустимые величины. Поэтому использование грунтовых вод с такими качественными показателями, приводит к засолению, осолонцеванию и ощелачиванию почв [90–95].

Таким образом, результаты исследований, проведенных в Махтааральском районе Туркестанской области, показали, что ухудшение технического состояния ирригационных систем предопределило большие потери оросительных вод на фильтрацию. Анализ технического состояния ирригационных систем Махтааральского массива показал, что объемы потерь оросительных вод при их транспортировке до орошаемых земель и при поливах сельскохозяйственных культур доходят до 62% от водозабора. В результате этого по всему Махтааральскому массиву произошел подъем уровня залегания грунтовых вод. Поэтому более 65% орошаемых земель имеют уровень залегания грунтовых вод до 3 м.

При этом в поливной период уровень грунтовых вод по массиву не опускается ниже 2 метров, в результате чего происходит интенсивное расходование грунтовых вод на эвапотранспирацию. Это подтверждается динамикой влажности в корнеобитаемом слое почв, которая в течение всего вегетационного периода имеет высокие значения. Средние значения влажности почв в 0–100 см слое находятся в пределах 15,21–20,95% от веса абсолютно сухой почвы. При этом минимальные показатели влажности почв получены в начале августа, в период массового проведения 1 полива хлопчатника. В данный период влажность в корнеобитаемом слое почв опускается до 72,4% от наименьшей влагоемкости. Максимальные показатели влажности в корнеобитаемом слое почв имеют место в начале апреля. Это связано с тем, что после промывки уровень грунтовых вод имеет минимальную глубину от поверхности земли.

Результаты исследований показали, что при близком залегании грунтовых вод, их доля в суммарном водопотреблении составляет 74%. Доля оросительных вод снижается до 26% от суммарного водопотребления. Однако, одной из причин ограничивающей использование грунтовых вод на субирригацию – это накопление солей в корнеобитаемом слое, осолонцевание и ощелачивание почв. При интенсивном использовании грунтовых вод на субирригацию усиливаютcя процессы засоления почв. При этом в зависимости от минерализации грунтовых вод, степень засоления почв составляет от 4 до 27,6% от исходного засоления. Поэтому, приведенные показатели возможного сокращения норм водозабора в системе орошения за счет реконструкции оросительной сети, применения водосберегающих технических средств полива и использования грунтовых вод на субирригацию приемлемы для почв гидроморфного ряда, которые незасолены, а минерализация грунтовых вод ниже 3 г/л. На засоленных или склонных к засолению орошаемых землях гидроморфного ряда, где минерализация грунтовых вод превышает 3 г/л, размеры водозабора следует завышать на 20–30%. Данный прием создаст «солевую вентиляцию» в зоне аэрации, и стабилизирует устойчивость развития орошаемого земледелия. В условиях Махтааральского района, где значительная часть водопотребления (20–45% от транспирации) обеспечивается за счет субирригации, размеры водозабора в среднем сократятся в 1,5–1,7 раза.

Другим фактором повышения водообеспеченности орошаемых земель является использование коллекторно–дренажных вод на орошение. Для установления пределов их использования отбирались пробы воды с горизонтальных коллекторно–дренажных каналов, что позволило оценить их качество и возможность повторного использования на орошение (таблица 22).

Ионный состав коллекторно–дренажных вод показывает, что доминирующим анионом является SO42–. Концентрация данного аниона в Махтааральском массиве имеет высокие показатели и изменяется в пределах 1,521–2,054 г/л или 31,68–42,80 мг–экв/л. Концентрация ионов хлора в 2–3 раза меньше по сравнению с SO42–. При этом установлено, что концентрация Cl– меньше, чем концентрация НСО3–. Это свидетельствует о том, что на орошаемых землях протекают процессы ощелачивания почв, т.к. химизм засоления воды является гидрокарбонатно–сульфатным.

Анализ катионного состава коллекторно–дренажных вод показывает, что в большинстве коллекторов доминирующее положение занимают катионы Na+ и Mg2+. С повышением минерализации коллекторно–дренажных вод, разница в концентрации катионов Na+ и Mg2+ резко возрастает. Например, в Арнасайском коллекторе минерализация Na+ составляет 0,818 г/л, а Mg2+ – 0,255 г/л или соответственно – 35,56 и 16,6 мг–экв. Во всех коллекторах катионы Са2+ имеют минимальные показатели и изменяются в пределах 0,196–0,260 г/л.

Таблица 22 – Ионный состав коллекторно–дренажных вод

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ирригационная система | Наименование  коллектора | Анионы | | | | Катионы | | | Сумма солей, г/л |
| СО32– | HCO3– | Cl– | SO42– | Ca2+ | Mg2+ | Na+ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Махта–араль–ская | Сардоба | 0,034  1,12 | 0,249  4,08 | 0,366  10,32 | 1,521  31,68 | 0,212  10,60 | 0,246  20,20 | 0,377  16,40 | 3,005 |
| Д–3 | 0,028  0,96 | 0,239  3,92 | 0,457  12,88 | 1,686  35,12 | 0,260  13,00 | 0,224  18,40 | 0,494  21,48 | 3,388 |
| Жетысайский | 0,038  1,28 | 0,234  3,84 | 0,349  9,84 | 1,544  32,16 | 0,216  10,80 | 0,202  16,60 | 0,453  19,72 | 3,036 |
| Арнасайский | 0,034  1,12 | 0,259  4,24 | 0,824  23,20 | 2,054  42,80 | 0,296  14,80 | 0,255  21,00 | 0,818  35,56 | 4,540 |
| Кызылкумский | 0,034  1,12 | 0,229  3,76 | 0,378  10,64 | 1,601  33,36 | 0,204  10,20 | 0,190  15,60 | 0,531  23,08 | 3,167 |
| Северный | 0,024  0,80 | 0,185  3,04 | 0,466  13,12 | 1,578  32,88 | 0,196  9,80 | 0,229  18,80 | 0,488  21,24 | 3,166 |
| Восточный | 0,028  0,96 | 0,229  3,76 | 0,469  13,20 | 1,670  34,80 | 0,260  13,00 | 0,241  19,80 | 0,458  19,92 | 3,355 |

Качественный состав солей коллекторно–дренажных вод орошаемых земель среднего течения р. Сырдарьи показывает, что доминирующими солями являются токсичные соли (таблица 23).

Таблица 23 – Качественный состав солей коллекторно–дренажных вод орошаемых земель среднего течения р.Сырдарьи

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мас–сив | Наиме–нова–ние коллек–тора | Нетоксичные соли | | Токсичные соли | | | | | | Сумма  солей |
| Са(НСО)2 | СаSO4 | Na2CO3 | NaHCO3 | MgSO4 | Na2SO4 | NaCl | сумма |
| Мах–та–араль–ский | Сардоба | 0,332  11,0 | 0,443  14,7 | 0,059  2,0 |  | 1,215  40,4 | 0,353  11,7 | 0,603  20,1 | 2,230  74,3 | 3,005  100 |
| Север–ный | 0,246  7,8 | 0,460  14,5 | 0,042  1,3 |  | 1,128  35,6 | 0,525  16,6 | 0,765  24,2 | 2,460  77,7 | 3,166  100 |
| Арна–сай | 0,343  7,6 | 0,718  15,8 | 0,059  1,3 |  | 1,265  27,9 | 0,798  17,6 | 1,357  29,9 | 3,479  76,6 | 4,540  100 |

При этом их доля в сумме солей изменяется в пределах 63,2–80,3%. Среди токсичных солей наиболее вредной для растений является нормальная сода – Na2CO3. Сода по токсичности в 10 раз превышает токсичность хлора. Поэтому присутствие в коллекторно–дренажной воде соды ограничивает их использование на орошение. Содержание нормальной соды в коллекторно–дренажной воде Махтааральского массива изменяется в пределах 0,042–0,059 г/л и составляет 1,3–2% от суммы солей.

В коллекторно–дренажной воде орошаемых земель среднего течения р.Сырдарья, преобладают токсичные сульфаты – MgSO4 и Na2SO4, которые составляют более половины солей в воде [96–99]. Например, в воде коллектора Сардоба, сумма токсичных сульфатов составляет 52,1% от суммы солей.

Наблюдается содержание хлористого натрия в коллекторно–дренажной воде Махтааральского массива орошения. В данном массиве концентрация NaCl изменялась в пределах 0,603–1,357 г/л, а их доля составляет 20,1–29,9% от суммы солей. В коллекторно–дренажной воде нетоксичными солями являются гидрокарбонаты и сульфаты кальция. Значения этих солей изменяются в пределах 18,4–30,8% от суммы солей.

Результаты химического анализа коллекторно–дренажных вод орошаемых земель среднего течения р. Сырдарьи позволили оценить их качество и по другим показателям. Показатель рН показывает, что вода в основном слабо– и среднещелочная. Возможности внутрисистемного использования дренажно–сбросных вод для повышения водообеспеченности орошаемых земель подтверждаются данными химических анализов (таблица 24). Мониторинг химического состава дренажно–сбросных вод, выполненный Южно–Казахстанской гидрогеолого–мелиоративной экспедицией говорит о том, что в большинстве случаев они могут использоваться на орошение без разбавления оросительной водой.

Таблица 24 – Оценка качества коллекторно–дренажных вод на различных ирригационных системах

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Бассейн | Ирригационная система | Коллектор | Показатель | | | | |
| рН | ОКН | Mg\*,% | К | SAR |
| Среднее течение реки Сырда–рьи | Махта–аральская | Д–3 | 8,65 | –7,1 | 60,8 | 2,6 | 2,2 |
| Сардоба | 8,70 | –8,8 | 70,7 | 2,4 | 2,9 |
| Западный | 8,65 | –7,3 | 76,9 | 2,8 | 2,4 |
| Северный | 8,60 | –7,4 | 79,6 | 2,3 | 2,9 |
| Жетысайский | 8,45 | –9,9 | 81,5 | 2,2 | 3,4 |
| Тогайный | 8,60 | –6,8 | 73,5 | 2,4 | 2,6 |
| Арнасайский | 8,45 | –7,4 | 85,7 | 2,0 | 3,7 |

Сравнительный анализ приведенных данных показывает, что ограничивающим фактором использования коллекторно–дренажных вод орошаемых земель среднего течения реки Сырдарьи является высокое содержание катионов магния и щелочности рН, их величины превышают предельно–допустимые значения. Поэтому, использование коллекторно–дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур приводит к осолонцеванию и ощелачиванию почв. Их использование возможно лишь путем смешивания с оросительной водой, что приводит к снижению минерализации и увеличению объемов водных ресурсов пригодных к орошению.

Результаты экологической оценки качества коллекторно–дренажных вод орошаемых земель среднего течения реки Сырдарьи показывает, что их минерализация стабильно снижается. Данный процесс достигается за счет отвода дренажных вод за пределы ирригационных систем в течение более 40 лет с помощью коллекторно–дренажных систем. В результате этого повышаются пределы их использования на орошение сельскохозяйственных культур.

Обобщение результатов исследований показывают, что использование коллекторно–дренажных вод на орошения сельскохозяйственных культур требует установление темпов и направленности протекания почвенно–экологических процессов в корнеобитаемом слое почв. Это позволяет установить оптимальные параметры использования коллекторно–дренажных вод при смешивании с оросительной водой для орошения сельскохозяйственных культур.

Ионный состав коллекторно–дренажных вод показывает, что в среднем течении р.Сырдарьи доминирующим анионом является SO42–. Концентрация данного аниона в Махтааральском массиве, по сравнению с Шардаринским и Туркестанским массивами имеет высокие показатели и изменяется в пределах 1,521–2,054 г/л или 31,68–42,80 мг–экв/л (таблица 25).

Таблица 25 – Ионный состав коллекторно–дренажных вод

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ирригационная система | Наименование  коллектора | Анионы | | | | Катионы | | | Сумма солей, г/л |
| СО32– | HCO3– | Cl– | SO42– | Ca2+ | Mg2+ | Na+ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Махтаараль–ская | Сардоба | 0,034  1,12 | 0,249  4,08 | 0,366  10,32 | 1,521  31,68 | 0,212  10,60 | 0,246  20,20 | 0,377  16,40 | 3,005 |
| Д–3 | 0,028  0,96 | 0,239  3,92 | 0,457  12,88 | 1,686  35,12 | 0,260  13,00 | 0,224  18,40 | 0,494  21,48 | 3,388 |
| Жетысайский | 0,038  1,28 | 0,234  3,84 | 0,349  9,84 | 1,544  32,16 | 0,216  10,80 | 0,202  16,60 | 0,453  19,72 | 3,036 |
| Арнасайский | 0,034  1,12 | 0,259  4,24 | 0,824  23,20 | 2,054  42,80 | 0,296  14,80 | 0,255  21,00 | 0,818  35,56 | 4,540 |
| Кызылкумский | 0,034  1,12 | 0,229  3,76 | 0,378  10,64 | 1,601  33,36 | 0,204  10,20 | 0,190  15,60 | 0,531  23,08 | 3,167 |
| Северный | 0,024  0,80 | 0,185  3,04 | 0,466  13,12 | 1,578  32,88 | 0,196  9,80 | 0,229  18,80 | 0,488  21,24 | 3,166 |
| Восточный | 0,028  0,96 | 0,229  3,76 | 0,469  13,20 | 1,670  34,80 | 0,260  13,00 | 0,241  19,80 | 0,458  19,92 | 3,355 |
| Примечание: в числителе – г/л; в знаменателе – мг–экв/л | | | | | | | | | |

Концентрация ионов хлора в 2–3 раза меньше по сравнению с SO42–. В Туркестанском массиве среди анионов также доминирует SO42–.. При этом установлено, что концентрация Cl– меньше, чем концентрация НСО3–. Аналогичная закономерность изменения анионов в коллекторно–дренажной воде имеет место и на других коллекторах. Это свидетельствует о том, что на орошаемых землях зоны Арысь–Туркестанского канала протекают процессы ощелачивания почв, т.к. химизм засоления воды является гидрокарбонатно–сульфатным.

Анализ катионного состава коллекторно–дренажных вод показывает, что в большинстве коллекторов доминирующее положение занимают катионы Na+ и Mg2+. С повышением минерализации коллекторно–дренажных вод, разница в концентрации катионов Na+ и Mg2+ резко возрастает. Например, в Арнасайском коллекторе минерализация Na+ составляет 0,818 г/л, а Mg2+ – 0,255 г/л или соответственно – 35,56 и 16,6 мг–экв. Во всех коллекторах катионы Са2+ имеют минимальные показатели и изменяются в пределах 0,196–0,296 г/л.

Качественный состав солей коллекторно–дренажных вод орошаемых земель среднего течения р. Сырдарьи показывает, что доминирующими солями являются токсичные соли (таблица 26). При этом их доля в сумме солей изменяется в пределах 63,2–80,3%. Среди токсичных солей наиболее вредной для растений является нормальная сода – Na2CO3. Сода по токсичности в 10 раз превышает токсичность хлора. Поэтому присутствие в коллекторно–дренажной воде соды ограничивает их использование на орошение.

Таблица 26 – Качественный состав солей коллекторно–дренажных вод орошаемых земель среднего течения р.Сырдарьи

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Массив | Наиме–нова–ние коллек–тора | Нетоксичные соли | | Токсичные соли | | | | | | Сумма  солей |
| Са(НСО)2 | СаSO4 | Na2CO3 | NaHCO3 | MgSO4 | Na2SO4 | NaCl | сумма |
| Махта–араль–ский | Сардоба | 0,332  11,0 | 0,443  14,7 | 0,059  2,0 |  | 1,215  40,4 | 0,353  11,7 | 0,603  20,1 | 2,230  74,3 | 3,005  100 |
| Север–ный | 0,246  7,8 | 0,460  14,5 | 0,042  1,3 |  | 1,128  35,6 | 0,525  16,6 | 0,765  24,2 | 2,460  77,7 | 3,166  100 |
| Арнасай | 0,343  7,6 | 0,718  15,8 | 0,059  1,3 |  | 1,265  27,9 | 0,798  17,6 | 1,357  29,9 | 3,479  76,6 | 4,540  100 |
| Примечание: в числителе – г/л; знаменателе – % от суммы солей | | | | | | | | | | |

Содержание нормальной соды в коллекторно–дренажной воде Махтааральского массива изменяется в пределах 0,042–0,059 г/л и составляет 1,3–2% от суммы солей. В коллекторно–дренажной воде Шардаринского массива орошения доля нормальной соды в сумме солей возрастает и достигает 4,5%, в зоне Арысь–Туркестанского канала – 3,9%. В коллекторно–дренажной воде орошаемых земель Шардаринского массива и зоны Арысь–Туркестанского канала обнаружены гидрокарбонаты натрия – NaHCO3. В зоне Арысь–Туркестанского канала, доля гидрокарбоната натрия достигает 4,7% от суммы солей.

В коллекторно–дренажной воде орошаемых земель среднего течения р. Сырдарья, преобладают токсичные сульфаты – MgSO4 и Na2SO4, которые составляют более половины солей в воде. Например, в воде коллектора Сардоба, сумма токсичных сульфатов составляет 52,1% от суммы солей. В Шардаринском массиве орошения и зоне Арысь–Туркестанского канала, токсичные сульфаты также является доминирующими солями.

Доля токсичного NaCl изменяется в пределах 12,8–29,9% от суммы солей. Минимальные значения хлористого натрия наблюдались в коллекторно–дренажной воде орошаемых земель зоны Арысь–Туркестанского канала. Максимальное содержание хлористого натрия в коллекторно–дренажной воде Махтааральского массива орошения. В данном массиве концентрация NaCl изменялась в пределах 0,603–1,357 г/л, а их доля составляет 20,1–29,9% от суммы солей. В коллекторно–дренажной воде нетоксичными солями являются гидрокарбонаты и сульфаты кальция. Значения этих солей изменяются в пределах 18,4–30,8% от суммы солей.

Результаты химического анализа коллекторно–дренажных вод орошаемых земель среднего течения р. Сырдарьи позволили оценить их качество и по другим показателям. Показатель рН показывает, что вода в основном слабо– и среднещелочная. Возможности внутрисистемного использования дренажно–сбросных вод для повышения водообеспеченности орошаемых земель подтверждаются данными химических анализов (таблица 27). Мониторинг химического состава дренажно–сбросных вод, выполненный Южно–Казахстанской гидрогеолого–мелиоративной экспедицией говорит о том, что в большинстве случаев они могут использоваться на орошение без разбавления оросительной водой.

Сравнительный анализ приведенных данных показывает, что ограничивающим фактором использования коллекторно–дренажных вод орошаемых земель среднего течения реки Сырдарьи является высокое содержание катионов магния и щелочности рН, их величины превышают предельно–допустимые значения. Поэтому, использование коллекторно–дренажных вод среднего течение реки Сырдарьи на орошение сельскохозяйственных культур приводит к осолонцеванию и ощелачиванию почв.

Результаты экологической оценки качества коллекторно–дренажных вод орошаемых земель среднего течения реки Сырдарьи показывает, что их минерализация стабильно снижается. Данный процесс достигается за счет отвода грунтовых вод за пределы ирригационных систем в течение более 40 лет с помощью коллекторно–дренажных систем. В результате этого повышаются пределы их использования на орошение сельскохозяйственных культур.

Таблица 27 – Оценка качества коллекторно–дренажных вод на различных ирригационных системах

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Бассейн | Ирригационная система | Коллектор | Показатель | | | | |
| рН | ОКН | Mg\*,% | К | SAR |
| Среднее течение реки Сырда–рьи | Махта–аральская | Д–3 | 8,65 | –7,1 | 60,8 | 2,6 | 2,2 |
| Сардоба | 8,70 | –8,8 | 70,7 | 2,4 | 2,9 |
| Западный | 8,65 | –7,3 | 76,9 | 2,8 | 2,4 |
| Северный | 8,60 | –7,4 | 79,6 | 2,3 | 2,9 |
| Жетысайский | 8,45 | –9,9 | 81,5 | 2,2 | 3,4 |
| Тогайный | 8,60 | –6,8 | 73,5 | 2,4 | 2,6 |
| Арнасайский | 8,45 | –7,4 | 85,7 | 2,0 | 3,7 |
| Шардарин–ская | Шардара | 8,6 | –10,72 | 44,9 | 1,62 | 2,6 |
| Коссейт–1 | 8,6 | –9,48 | 48 | 1,03 | 5,23 |
| Коссейт –2 | 8,6 | –7,6 | 43,3 | 1,80 | 6,1 |
| Коксу | 8,6 | –14,24 | 50,0 | 1,16 | 5,3 |
| Узын Ата | 8,55 | –17,08 | 50,4 | 0,93 | 7,1 |
| Туркес–танская | К–1 | 8,35 | –6,2 | 79,6 | 1,7 | 4,4 |
| К–2 | 8,05 | –7,5 | 85,7 | 1,1 | 7,2 |
| К–3 | 8,00 | –10,1 | 92,8 | 1,0 | 8,2 |
| К–4 | 8,05 | –11,0 | 77,1 | 1,3 | 5,8 |
| К–5 | 8,25 | –23,5 | 23,2 | 7,9 | 1,0 |
| Допустимые пределы | | | <8,0 | <1,25 | <50 | >1 | <10 |

На возможность использования коллекторно–дренажных вод орошаемых земель среднего течения реки Сырдарьи указывают результаты экологической оценки их минерализации. Возможности использования дренажно–сбросных вод на орошение и субирригацию подтверждаются опытом освоения Туркестанской ирригационной системы, где в первые годы работы коллекторно–дренажной сети, когда глубинные горизонты почвогрунтов зоны аэрации содержали около 1–2 % солей, а минерализация грунтовых вод колебалась в пределах 5–10 г/л, формировался максимальный уровень засоления (6–9 г/л) коллекторно–дренажных вод (таблица 28). По мере опреснения зоны аэрации, засоленность инфильтрационных вод снижалась, что свидетельствовало о рассолении первоначально поверхностных, а затем и глубинных слоев водоносной толщи покровных отложений. Значительное снижение засоленности дренажно–коллекторных вод указывает на окончание мелиоративного периода, так как минерализация грунтовых вод (главного объекта мелиорации), которая выклинивается в коллекторно–дренажную сеть, снизилась до 2–3 г/л. При таком уровне рассоления грунтовых вод темпы сезонного соленакопления замедляются до максимальных пределов и легко ликвидируются влагозарядковыми поливами.

Таблица 28 – Химический состав коллекторно–дренажных вод, г/л

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Место отбора проб | Годы | | | | |
| 1964–1966 | 1972–1974 | 1993–1995 | 2000–2005 | 2008–2014 |
| К–1–1 | 6,0–8,0 | 5,0–6,0 | 2,3–2,8 | 1,4–1,9 | 1,3–1,8 |
| К–1–2  К–1–3 | 6,5–8,5  7,0–9,0 | 5,0–6,5  6,0–7,5 | 2,5–3,0  2,5–3,0 | 1,5–2,0  1,5–2,0 | 1,4–1,9  1,4–1,9 |
| К–5–1 | – | 1,5–2,0 | 1,3–1,8 | 1,0–1,4 | 1,0–1,4 |

Вместе с тем, опыт эксплуатации ирригационных систем показывает, что при низкой работоспособности коллекторно–дренажных систем, повышается минерализация в поверхностных слоях грунтовых вод. По этой причине усиливаются процессы соленакопления в почвогрунтах и ухудшается качество орошаемых земель. Проблему борьбы с данными явлениеми целесообразно решать путем создания службы эксплуатации дренажных систем, которая не только повысит работоспособность дренажа, но и улучшит солевой режим почв и грунтовых вод. Такой путь совершенствования режима работы коллекторно–дренажных систем диктуется тенденцией роста содержания солей в грунтовых водах. В частности площадь орошаемых земель с минерализацией грунтовых вод 3–5 г/л возросла на 8,2% и приводила к усилению интенсивности соленакопления в почвах, снижению продуктивности орошаемых земель и конкурентоспособности фермерских хозяйств и агрообъединений.

Экспериментальными исследованиями установлено, что на ирригационных системах, где применялся промывной режим орошения, а уровень грунтовых вод, как правило, не поднимался выше 2,0 м, на фильтрацию расходовалось 20–25 % от объема впитавшейся в почву воды. В межполивной период 30–40 % этих потерь возвращалось за счет капиллярного поднятия грунтовых вод в корнеобитаемые горизонты. С учетом технологических потерь во временной оросительной сети (5 %), инфильтрации (15–20 %) и сброса с орошаемых полей (10–15 %) оросительные нормы – брутто возрастали на 30–35 % относительно норм, установленных по биоклиматическому методу. Поэтому расчетная водообеспеченность на орошаемых землях, даже с учетом высокого КПД (0,65–0,70) оросительной сети, достигалась за счет увеличения проектного водозабора на 20–25%, то есть при головном водозаборе, превышающем 10 тыс. м3/га. При таких объемах водозабора в ирригационные системы, расположенные на слабодренированных территориях, размеры дренажного стока обычно возрастали до 25–40 % от водозабора. Эти воды, как правило, возвращались в русло рек, и ухудшали гидрохимический состав речного стока.

Поэтому, при использовании коллекторно–дренажных вод с высокой минерализацией, дренажная вода разбавляется оросительной водой, имеющей низкую минерализацию. Разбавление оросительной воды с коллекторно–дренажной осуществляется непосредственно в оросителях или специальных аванкамерах [100]. В аванкамеру оросительная и коллекторно–дренажная вода подается отдельно. Объем разбавляемой оросительной воды для снижения минерализации коллекторно–дренажной воды можно определять расчетным путем по результатам химических анализов проб воды.

Применение возвратных вод на солончаках, имеющих высокие запасы гипса и карбонатов в твердой фазе почв, обеспечивает не только рассоление почв, но и их рассолонцевание. Это связано с тем, что при высоком содержании легкоподвижных хлоридов растворимость солей в твердой фазе почв возрастает. В результате данного процесса усиливается скорость протекания обменных реакций между почвенным раствором и почвенно–поглощающим комплексом и соответственно интенсивность рассолонцевания почв.

На основе обобщения экспериментальных материалов установлено, что при орошении сельскохозяйственных культур коллекторно–дренажной водой, оценка почвенно–экологического состояния орошаемых земель и соответственно установление параметров технологии управления водно–солевым режимом почв должна осуществляться на основе выявления темпов и направленности протекания почвенно–экологических процессов в корнеобитаемой толще почв. Это в первую очередь должно осуществляться путем сравнительного анализа почвенного раствора (Спр) с минерализацией оросительной воды (Сор). Поэтому в условиях повышения дефицита водных ресурсов на орошаемых землях, одним из путей повышения их водообеспеченности является использование коллекторно–дренажных вод на орошение и промывку. Одним из главных требований при использовании коллекторно–дренажных вод на орошение и промывку является то, что их минерализация всегда должна быть меньше чем концентрация почвенного раствора. Поэтому при использовании минерализованных вод на орошение и промывку засоленных почв необходимо контролировать минерализацию почвенного раствора (Спр) и сравнивать ее с минерализацией возвратных вод (Сор), используемых на орошение и промывку. При Спр< Сор, в корнеобитаемой толщи происходят процессы засоления почв. Следовательно, одним из главных требований при использовании подземных и дренажных вод на орошение и промывку, является соблюдение условия Спр>Сор, при котором происходит вымыв солей инфильтрационной водой, снижение их запасов в корнеобитаемой толще почв.

Другим фактором, оказывающим влияние на почвенно–экологическое состояние орошаемых земель, является ионный состав коллекторно–дренажных вод. В зависимости от содержания ионов, даже при низкой минерализации воды, в почвогрунтах могут протекать процессы осолонцевания и ощелачивания корнеобитаемой толщи почв. Это требует комплексной экологической оценки коллекторно–дренажных вод.

Использование на орошение минерализованных вод ухудшает почвенно–экологическое состояние орошаемых земель, оказывает отрицательное влияние на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур. При увеличении минерализации оросительной воды повышается водопотребление сельскохозяйственных культур. Это предопределяет необходимость увеличения количества поливов и соответственно размеров оросительных норм. Повышение оросительной воды и объема инфильтрационных потерь при поливе сельскохозяйственных культур минерализованной водой приводит к увеличению дренированности орошаемых экосистем.

Обобщения результатов исследований показывают, что использование коллекторно–дренажных вод на орошения сельскохозяйственных культур требует установление темпов и направленности протекания почвенно–экологических процессов в корнеобитаемом слое почв. Результаты таких исследований позволяют установить оптимальные параметры технологии использования коллекторно–дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур.

**3.2 Исследования по установлению пределов изменения химического состава минерализованных водных ресурсов при использовании химического мелиоранта**

Одним из путей повышения водообеспеченности орошаемых земель является использование грунтовых вод на субирригацию и орошение сельскохозяйственных культур, промывку засоленных почв. Однако грунтовые и коллекторно–дренажные воды по сравнению с поверхностными водами имеют высокую минерализацию, поэтому при использовании возвратных вод на орошаемых землях необходимо оценить их качество и установить пределы их использования на субирригацию и орошение.

Сравнительный анализ объемов коллекторно–сбросных вод, сбрасываемых за пределы ирригационных систем показывает, что наибольшие их размеры были на ирригационных системах Туркестанской области. При общем объеме коллекторно–сбросных вод по области 829,4 млн.м3, 676,9 млн.м3 из них 81,6% составляют коллекторно–сбросные воды Шардаринского (457,6 млн.м3) и Махтааральского (219,3 млн.м3) массивов (таблица 29).

Таблица 29 – Коллекторно–сбросные воды Южного Казахстана, млн.м3

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| По Южному Казахстану | Кызылординская область | Туркестанская область | | | Жамбылская обл | | Алматинская обл |
| по  области | Махтаарал | Шардара | Аса–Талас | Шу |
| 1293,76 | 266,5 | 829,4 | 219,3 | 457,6 | – | 12,36 | 185,5 |

Из представленных материалов следует, что объем коллекторно–сбросных вод сбрасываемых за пределы массивов орошения составляет около 1,294 км3 воды, который при использовании их на орошение не только повышают водообеспеченность орошаемых земель, но и снижает темпы загрязнения водо–земельных ресурсов и деградацию почв.

В настоящее время одним из эффективных методов утилизации коллекторно–сбросных вод является использование их на орошение сельскохозяйственных культур. Поэтому для установления пределов их использования на орошение определена их минерализация на различных ирригационных системах. Обобщение результатов исследований показало, что практически во всех ирригационных системах минерализация коллекторно–сбросных вод меняется в пределах 1–3 г/л. Результаты химического анализа коллекторно–сбросных вод ТОО «Кетебай» показали, что их минерализация изменяется в пределах 1,1–3,05 г/л. Низкая минерализация коллекторно–сбросных вод была на Шардаринском, Махтааральском массивах. Однако, высокое содержание катионов магния и натрия в воде, а также щелочность требует улучшения их качественного состава для использования на орошение сельскохозяйственных культур.

Для улучшения качества грунтовых и коллекторно–сбросных вод, установлены изменения ионно–солевого состава в системе вода–сорбент–химмелиорант. В исследованиях в качестве химмелиорантов использованы цеолит и фосфогипс. Для улучшения качества воды использованы грунтовые и коллекторно–сбросные воды Махтааральского массива.

В исследованиях использован цеолит, потому что высокая емкость поглощения цеолита, должна обеспечить адсорбцию катионов магния и натрия из коллекторно–сбросной воды и повысить долю катионов кальция в воде. Второй способ улучшения качества минерализованных вод это раствор фосфогипса и предопределено это тем, что за счет роста содержания кальция в воде, обеспечиваются темпы снижения процессов осолонцевания и ощелачивания почв.

Результаты исследований показывают, что на варианте со 100% цеолитом, концентрация магния составила 0,314 г/л или 81,8% от исходного. С уменьшением использования цеолита происходит повышение концентрации магния в профильтровавшейся воде. При этом максимальная концентрация магния получена на варианте с чистым фосфогипсом (таблица 30).

Таблица 30 – Изменение содержания катиона магния в профильтровавшейся воде при изменении нормы цеолита и фосфогипса, г/л/% от исходного

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходное содержание | Вариант | | | | |
| цеолит | 0,75цеолит +  0,25фосфогипс | 0,5цеолит + 0,5фосфогипс | 0,25цеолит+ 0,75фосфогипс | фосфогипс |
| 0,384 | 0,314 | 0,316 | 0,323 | 0,340 | 0,357 |
| 100 | 81,8 | 82,3 | 84,1 | 88,5 | 93,0 |

Для установления наиболее эффективных веществ, обеспечивающих наиболее высокую скорость протекания ионообменных процессов между минерализованными водами, в исследовании использованы цеолит, фосфогипс, биогумус, почва (серозем) и песок. Результаты исследований показали, что наиболее эффективным мелиорантом является цеолит. При норме цеолита 500 г, минерализация воды в 1 фильтрате составила 10,952 г/л, что на 10,3% меньше чем исходная минерализация (таблица 31). В последующем происходит дальнейшее снижение минерализации воды и во 2 такте составила 10,133 г/л, что на 17% меньше чем исходная минерализация. При этом, средняя минерализация воды за две повторности составила 10,543 г/л. В среднем минерализация воды составила 86,4%.

Во втором варианте, где норма цеолита в 2 раза меньше чем в 1 варианте и составила 250 г, минерализация воды изменялась в пределах 11,495–11,903 г/л и равнялась 94,2–97,5% от исходной минерализации. В 3 варианте, где норма цеолита составила 125 г/л, происходило дальнейшее снижение темпов поглощения солей сорбентами. Поэтому в данном варианте минерализация воды изменялась в пределах 11,88–12,168 г/л и составила 97,3–99,7% от исходной минерализации.

Таблица 31 – Изменение катионного состава коллекторно–дренажной и грунтовой вод

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды исследуемых сорбентов и мелиорантов и их норма | Повторность | Минера–лизация, г/л | Катионы, г/л | | | в % от исходного | | | |
| Са2+ | Mg2+ | Na+ | Минерализация, г/л | Са2+ | Mg2+ | Na+ |
| Минерализация воды | | 12,205 | 0.460 | 0.632 | 2.568 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Цеолит 500 г | 1 | 10,952 | 0,790 | 0,450 | 2,110 | 89,7 | 171,7 | 71,2 | 82,2 |
| 2 | 10,133 | 0,700 | 0,432 | 1,963 | 83,0 | 152,2 | 68,3 | 76,4 |
| средняя | 10,543 | 0,745 | 0,441 | 2,037 | 86,4 | 162,0 | 69,8 | 79,3 |
| Цеолит  250 г | 1 | 11,903 | 0,740 | 0,541 | 2,324 | 97,5 | 160,9 | 85,6 | 90,5 |
| 2 | 11,495 | 0,710 | 0,517 | 2,256 | 94,2 | 154,3 | 81,8 | 87,8 |
| средняя | 11,699 | 0,725 | 0,529 | 2,290 | 95,9 | 157,6 | 83,7 | 89,1 |
| Цеолит 125 г | 1 | 12,168 | 0,650 | 0,590 | 2,428 | 99,7 | 141,3 | 93,4 | 94,5 |
| 2 | 11,880 | 0,720 | 0,565 | 2,298 | 97,3 | 156,5 | 89,4 | 89,5 |
| средняя | 12,024 | 0,685 | 0,578 | 2,363 | 98,5 | 148,9 | 91,4 | 92,0 |
| фосфогипс, 500 г | 1 | 12,521 | 0,490 | 0,644 | 2,550 | 102,6 | 106,5 | 101,9 | 99,3 |
| 2 | 12,364 | 0,520 | 0,644 | 2,544 | 101,3 | 113,0 | 101,9 | 99,1 |
| средняя | 12,443 | 0,505 | 0,644 | 2,547 | 101,9 | 109,8 | 101,9 | 99,2 |
| фосфогипс, 250 г | 1 | 12,422 | 0,490 | 0,638 | 2,525 | 101,8 | 106,5 | 101,0 | 98,3 |
| 2 | 12,059 | 0,490 | 0,644 | 2,472 | 98,8 | 106,5 | 101,9 | 96,3 |
|  | средняя | 12,241 | 0,490 | 0,641 | 2,499 | 100,3 | 106,5 | 101,4 | 97,3 |
| фосфогипс, 125 г | 1 | 12,215 | 0,480 | 0,638 | 2,542 | 100,8 | 104,3 | 101,0 | 0,99 |
| 2 | 12,016 | 0,490 | 0,638 | 2,470 | 98,5 | 106,5 | 101,0 | 0,96 |
| средняя | 12,115 | 0,485 | 0,638 | 2,506 | 99,3 | 105,4 | 101,0 | 0,97 |
| Биогумус, 500 г | 1 | 9,922 | 0,670 | 0,535 | 1,709 | 81,3 | 145,6 | 84,6 | 66,5 |
| 2 | 12,735 | 0,745 | 0,656 | 2,349 | 104,3 | 162,0 | 103,8 | 91,5 |

Продолжение таблицы 31

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | средняя | 11,329 | 0,708 | 0,596 | 2,029 | 92,8 | 153,8 | 94,2 | 79,0 |
| Биогумус, 250 г | 1 | 10,671 | 0,650 | 0,541 | 1,983 | 87,7 | 141,3 | 85,6 | 77,2 |
| 2 | 15,548 | 0,820 | 0,778 | 2,990 | 127,4 | 178,3 | 123,1 | 116,4 |
| средняя | 13,109 | 0,735 | 0,660 | 2,486 | 107,4 | 159,8 | 104,4 | 96,8 |
| Биогумус, 125 г | 1 | 11,484 | 0,580 | 0,584 | 2,263 | 94,1 | 126,1 | 92,4 | 88,1 |
| 2 | 14,606 | 0,710 | 0,723 | 2,884 | 119,7 | 154,3 | 114,4 | 112,3 |
| средняя | 13,045 | 0,645 | 0,654 | 2,573 | 106,9 | 140,2 | 103,4 | 100,2 |
| Песок,  500 г | 1 | 12,213 | 0,550 | 0,626 | 2,479 | 100 | 119,6 | 99,1 | 96,5 |
| средняя | 12,213 | 0,550 | 0,626 | 2,479 | 100 | 119,6 | 99,1 | 96,5 |
| Песок,  250 г | 1 | 12,184 | 0,490 | 0,657 | 2,486 | 99,8 | 106,5 | 104,0 | 96,8 |
| средняя | 12,184 | 0,490 | 0,657 | 2,486 | 99,8 | 106,5 | 104,0 | 96,8 |
| Песок,  125 г | 1 | 12,148 | 0,370 | 0,699 | 2,539 | 99,5 | 80,4 | 110,6 | 98,9 |
| средняя | 12,148 | 0,370 | 0,699 | 2,539 | 99,5 | 80,4 | 110,6 | 98,9 |
| Серозем, 500 г | 1 | 11,558 | 0,630 | 0,657 | 2,127 | 94,7 | 136,9 | 104,0 | 82,8 |
| средняя | 11,558 | 0,630 | 0,657 | 2,127 | 94,7 | 136,9 | 104,0 | 82,8 |
| Серозем, 250 г | 1 | 11,857 | 0,550 | 0,675 | 2,286 | 97,1 | 119,5 | 106,8 | 89,0 |
| средняя | 11,857 | 0,550 | 0,675 | 2,286 | 97,1 | 119,5 | 106,8 | 89,0 |
| Серозем, 125 г | 1 | 12,171 | 0,480 | 0,675 | 2,463 | 99,7 | 104,3 | 106,8 | 95,9 |
| средняя | 12,171 | 0,480 | 0,675 | 2,463 | 99,7 | 104,3 | 106,8 | 95,9 |

Из представленных данных видно, что для улучшения качественного состава минерализованных вод при использовании цеолита, в составе воды повышаются катионы Са2+, а содержание Mg2+и Na+снижаются. Например, в 1 варианте, где норма цеолита составила 500 г, концентрация Са2+ изменялась в пределах 0,700–0,790 г/л.

Результаты исследований показывают, что в результате контакта минерализованной воды со скелетом цеолита, происходит поглощение катионов Mg2+ и Na+ цеолитом. Например, содержание Мg2+ при норме цеолита 500 г составило 0,432–0,450 г/л, а средняя минерализация – 0,441 г/л. Сравнительный анализ этих результатов показывает, что катионы Мg2+снизились на 28,8–31,7% относительно исходного содержания. При использовании цеолита происходит поглощение катионов магния и натрия.

Аналогичные процессы протекают и при использовании фосфогипса. Однако их скорость по сравнению с цеолитом, меньше.

Результаты исследований показывают, что на варианте со 100% цеолитом, концентрация магния составила 0,073 г/л или 84% от исходного. С уменьшением цеолита происходит повышение концентрации магния в профильтровавшейся воде. При этом максимальная концентрация магния в оросительной воде получена на варианте с фосфогипсом (таблица 32).

В данном варианте концентрация магния снизилась на 4,6% относительно исходной концентрации. Интенсивное влияние цеолита наблюдалось и для катиона натрия, который также приводит к осолонцеванию почв.

Из приведенных данных видно, что сорбенты и фосфогипс улучшают катионный состав коллекторно–дренажных вод. Это подтверждается результатами лабораторных исследований.

Таблица 32 – Изменение содержания катиона магния в профильтровавшейся воде при изменении нормы цеолита и фосфогипса, г/л/% от исходного

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Катион | Исходное  содержание | Варианты | | |
| цеолит | 0,5цеолит + 0,5фосфогипс | фосфогипс |
| Mg2+ | 0,087 | 0,073 | 0,074 | 0,083 |
| 100 | 84,0 | 85,3 | 95,4 |
| Na+ | 0,083 | 0,069 | 0,073 | 0,082 |
| 100 | 83,1 | 88,0 | 98,7 |
| Ca2+ | 0,072 | 0,104 | 0,128 | 0,225 |
| 100 | 144,4 | 177,8 | 312,5 |

Таким образом, результаты исследований показывают, что цеолит, имея большую емкость поглощения, по сравнению с другими веществами, интенсивно улучшает качество коллекторно–дренажных и грунтовых вод.

**Выводы по 3 главе**

1. В конце 1980–х годов водозабор на нужды сельского хозяйства достигал 30–35 км³/год, с объемом 20–25 км³ на орошение. С 2000 года этот показатель сократился до 12 км³/год. Потери оросительных вод достигают до 70% от водозабора, что стало одной из причин водного дефицита для сельского хозяйства. КПД межхозяйственных и внутрихозяйственных каналов составляет 0,54 – 0,66, что ведет к потерям до 46% объема водозабора.
2. Около 50% орошаемых земель Южного Казахстана имеют залегание грунтовых вод до 3 метров. При этом при низкой минерализации воды происходит улучшение водообеспеченности, но при высокой минерализации усиливается процесс засоления почв. В 1994 году площадь орошаемых земель в Матааральском районе с глубиной залегания грунтовых вод до 1 метра составляла 105 га, а к 2021 году эта площадь увеличилась до 2562 га. В условиях близкого залегания грунтовых вод их вклад в суммарное водопотребление составляет до 74%, снижая долю оросительной воды до 26%.

3. Для установления пределов использования грунтовых вод на субирригацию, проведена оценка ее качества, которая осуществлялась по общей минерализации (С), ионно–солевому составу, К, SAR, ОКН и Мg\*. Сравнительный анализ показывает, что чем ниже минерализация грунтовых вод, тем больше увеличиваются пределы их использования на субирригацию.

4. Другим фактором повышения водообеспеченности орошаемых земель является использование коллекторно–дренажных вод на орошение. Для установления пределов их использования отбирались пробы воды с горизонтальных коллекторно–дренажных каналов, что позволило оценить их качество и возможность повторного использования на орошение.

5. Сравнительный анализ приведенных данных показывает, что ограничивающим фактором использования коллекторно–дренажных вод орошаемых земель среднего течения реки Сырдарьи является высокое содержание катионов магния и щелочности рН, их величины превышают предельно–допустимые значения. Поэтому, использование коллекторно–дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур приводит к осолонцеванию и ощелачиванию почв. Их использование возможно лишь путем смешивания с оросительной водой, что приводит к снижению минерализации и увеличению объемов водных ресурсов пригодных к орошению.

6. Для установления наиболее эффективных веществ, обеспечивающих наиболее высокую скорость протекания ионообменных процессов между минерализованными водами, в исследовании использованы цеолит, фосфогипс, биогумус, почва (серозем) и песок. Результаты исследований показывают, что цеолит, имея большую емкость поглощения, по сравнению с другими веществами, интенсивно улучшает качество коллекторно–дренажных и грунтовых вод.

7. Результаты исследований показывают, что в результате контакта минерализованной воды со скелетом цеолита, происходит поглощение катионов Mg2+ и Na+ цеолитом. Например, содержание Мg2+ при норме цеолита 500 г составило 0,432–0,450 г/л, а средняя минерализация – 0,441 г/л. Сравнительный анализ этих результатов показывает, что катионы Мg2+снизились на 28,8–31,7% относительно исходного содержания. При использовании цеолита происходит поглощение катионов магния и натрия.

Аналогичные процессы протекают и при использовании фосфогипса. Однако их скорость по сравнению с цеолитом, меньше.

**4 НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ, ГРУНТОВЫХ И КОЛЛЕКТОРНО–ДРЕНАЖНЫХ ВОД**

**4.1 Повышение доли участия грунтовых и коллекторно–дренажных вод в оросительной норме**

Результаты многолетних исследований, проведенных на Махтааральском массиве орошения показали, что в корнеобитаемом слое почв протекают не только процессы засоления, но и процессы осолонцевания и ощелачивания. Это подтверждает состояние почв орошаемых земель Махтааральского массива, которые после вспашки имеют комковатую, глыбистую структуру, а после полива – сильно трескаются (рисунок 16).

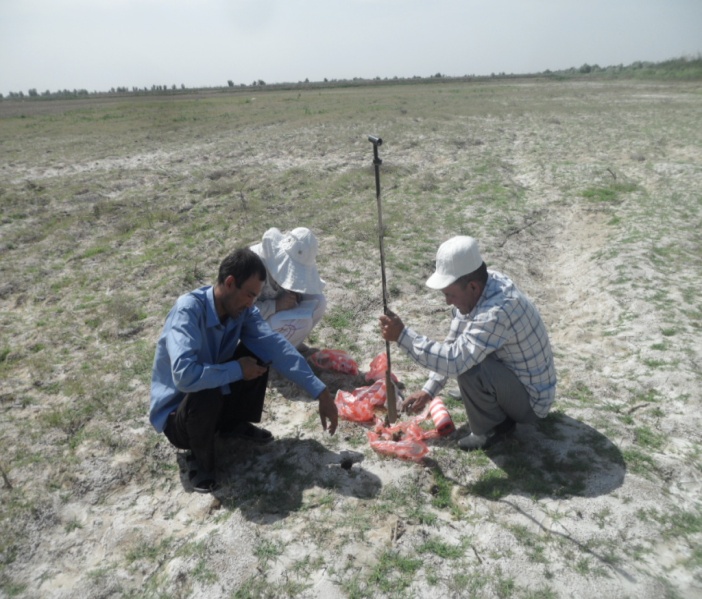


Рисунок 16 – Засоленные солонцеватые почвы

Махтааральского массива

Усиление процессов осолонцевания и ощелачивания почв Махтааральского массива подтверждают результаты анализа почвенно–поглощающего комплекса орошаемых земель ТОО «Кетебай» и ПК «Али». Например, в 0–60 см слое почв ТОО «Кетебай», содержание катиона магния изменяется в пределах 3,6–5,2 мг–экв или 31,1–38,7% от суммы ППК (таблица 33). В 0–60 см слое почв ПК «Али», содержание магния изменяется в пределах 4,8–7,2 мг–экв или 30–38,1% от суммы ППК, то есть он превышает допустимый предел – 25%. Поэтому на таких землях повышение плодородия почв можно достичь путем их рассоления и рассолонцевания.

Катионный состав почвенно–поглощающего комплекса показывает, что среди катионов доминирующее положение занимают катионы кальция. Например, доля кальция в почвенно–поглощающем комплексе почв ПК «Кетебай» изменяется в пределах 59,5–66,1%. Среднее значение данного катиона в 0–60 см слое составляет 7,73 мг–экв или 63,5% от суммы ППК. Аналогичная динамика катиона кальция по глубине корнеобитаемой толщи получена и на орошаемых землях ПК «Али».

Таблица 33 – Катионный состав почвенно–поглощающего комплекса орошаемых земель ТОО «Кетебай» и «Али»

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ПК | Горизонт, см | Катионы, мг–экв | | | | % от суммы ППК | | |
| Са | Mg | Na | сумма | Са | Mg | Na |
| «Кетебай» | 0–20 | 7,6 | 3,6 | 0,309 | 11,509 | 66,1 | 31,3 | 2,6 |
| 20–40 | 7,6 | 3,6 | 0,393 | 11,593 | 65,6 | 31,1 | 3,3 |
| 40–60 | 8,0 | 5,2 | 0,246 | 13,446 | 59,5 | 38,7 | 1,8 |
| 0–60 | 7,73 | 4,13 | 0,316 | 12,176 | 63,5 | 33,9 | 2,6 |
| «Али» | 0–20 | 10,4 | 5,6 | 0,568 | 16,568 | 62,8 | 33,8 | 3,4 |
| 20–40 | 10,4 | 4,8 | 0,568 | 15,768 | 66,0 | 30,4 | 3,6 |
| 40–60 | 11,2 | 7,2 | 0,497 | 18,897 | 59,3 | 38,1 | 2,6 |
| 0–60 | 10,67 | 5,87 | 0,544 | 17,084 | 62,5 | 34,4 | 3,1 |

Опыт эксплуатации ирригационных систем показывает, что рассолонцевание почв магниевого осолонцевания, достигается только путем применения химической мелиорации [101–103]. При этом в условиях Казахстана наиболее дешевым и доступным химическим мелиорантом является фосфогипс. Вместе с тем в условиях Махтааральского массива химическая мелиорация солонцеватых почв не проводилась.

В условиях Махтааральского массива, где почвогрунты склонны к засолению, протекают также процессы осолонцевания и ощелачивания почв, проведение промывки с внесением химических мелиорантов позволяет решить проблему рассоления и рассолонцевания почв.

В морфологическом отношении почвы магниевого осолонцевания не имеют ярко выраженной столбчатой структуры, которая характерна для солонцеватых горизонтов, где содержится повышенное количество натрия, поэтому некоторые исследователи называют их не солонцеватыми, а магнезиальными.

В таких почвах, когда запасы обменного магния превышают 25% от ёмкости поглощения, ионы магния экранируют ионы кальция, поэтому он становится слабодоступным для растений. Особенно чувствительна к недостатку кальция корневая система, которая слабо развивается и приводит к снижению урожайности возделываемых культур.

При значительном накоплении магния в поглощающем комплексе (выше 25% от ППК) возрастает набухаемость и усиливается пептизация коллоидов, снижается устойчивость агрономической структуры, ухудшаются фильтрационные свойства почв, усиливаются механизмы разрушения и выноса гумуса, возрастают расходы воды на получение единицы продукции [104–107].

Результаты исследований показывают, что промывка засоленных почв магниевого осолонцевания с внесением химического мелиоранта–фосфогипса, обеспечивает не только их рассоление, но и рассолонцевание корнеобитаемой толщи. Например, при исходном засолении корнеобитаемой толщи почв (0–100 см) 0,529% или 80,7 т/га, запасы солей, в варианте при промывке без внесения фосфогипса, составили 0,361% или 55,2 т/га (таблица 34). При промывке почв с внесением фосфогипса нормой 2,5 т/га, запасы солей после промывки составили 0,305% или 46,7 т/га.

Таблица 34 – Изменение запасов солей в корнеобитаемом слое почв при промывках

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Промывка: | Остаточные запасы, % | | Запасы Mg2+  в ППК, мг–экв | рН | Промыв–ная норма, м3/га |
| хлора | солей |
| Без внесения фосфогипса | 0,024 | 0,361 | 3,51 | 8,5 | 3000 |
| С внесением фосфогипса нормой 2,5 т/га | 0,014 | 0,305 | 3,13 | 7,9 | 3000 |

Сравнительный анализ приведенных данных показывает, что при промывке с использованием фосфогипса, не только усиливаются темпы солеотдачи почв, но и скорость ионообменных реакций между почвенным раствором и почвенно–поглощающим комплексом. Например, исходное содержание магния в ППК 4,3 мг–экв, на варианте с проведением промывки без внесения фосфогипса уменьшилось на 19% и составило 3,51 мг–экв. В варианте с внесением фосфогипса нормой 2,5 т/га, запасы магния в ППК уменьшились на 27,8% и составили 3,13 мг–экв.

Промывка деградированных почв с внесением фосфогипса, также снижает запасы щелочности почв. Это можно проследить по показателям рН, значения которого составили 8,5, с внесением фосфогипса рН – 7,9.

Обобщения результатов исследований позволили установить эффективность промывки засоленных земель и разработать технологию рассоления засоленных орошаемых земель, обеспечивающие улучшение физико–химических свойства почв.

Таким образом, работа СВД в ранневесенний период, в период про­мывки, создает в корнеобитаемом слое почв оптимальный водно–солевой режим. Поэтому выход из строя скважин вертикального дренажа в Мах­тааральском районе, где почвогрунты и водоносные горизонты засолены, привел к деградации орошаемых земель (засолению, осолонцеванию). В та­ких условиях, для повышения продуктивности орошаемых земель, потребу­ются время и значительные затраты на восстановление работоспособности скважин вертикального дренажа или нового строительства таких скважин [108].

Сочетание различных способов управления водо–земельными ресур­сами предопределяет повышение продуктивности и водообеспеченности орошаемых земель, направленности мелиоративных процессов. В частности, уменьшение средневегетационной глубины залегания грунтовых вод приво­дит к повышению расхода воды (особенно при промывке) на ликвидацию се­зонного соленакопления.

Подобные процессы формируются при повышении минерализации и грунтовых вод, когда мелиоративное благополучие на орошаемых землях обеспечивается благодаря большим расходам воды (10–15 тыс. м3/га) и хорошо работающему дренажу (размеры дренажного стока составляли 30–40% от водозабора).

Улучшение физико–химических свойств, при промывке засоленных почв с внесением фосфогипса на фоне 2–х месячный работы скважин верти­кального дренажа обеспечило хороший рост и развитие хлопчатника на оро­шаемых землях (рисунок 17).



Рисунок 17 – Рост и развитие хлопчатника на орошаемых землях

Таким образом, результаты полевых исследований показывают, что внесение в почву фосфогипса обеспечивает не только рассолонцевание почв, но усиление солеотдачи почв. Поэтому в условиях усиления деградационных процессов в корнеобитаемом слое почв, комплексный подход к мелиорации таких земель позволяет ускоренно повысить их продуктивность.

В условиях повышения дефицита водных ресурсов, одним из способов улучшения водообеспеченности орошаемых земель является использование грунтовых вод на субирригацию. Вместе с тем, одним из ограничивающих факторов использования грунтовых вод является протекание в корнеобитаемом слое почв процессов засоления. Поэтому, необходимо разработать меры по снижению темпов протекания этих процессов.

Разработка мероприятий по использованию грунтовых вод на субирригацию требует исследовать динамику уровня залегания и минерализации грунтовых вод. Результаты исследований показали, что их характер и амплитуда колебания предопределяется объемов водозабора и водоподачи на орошаемые земли. Например, результаты исследований по изучению динамики объемов водозабора и водоподачи показывают, что при проведении влагозарядковых поливов и эксплуатационных промывок имеются два пика. В условиях Махтааральского массива, при проведении эксплуатационных промывок, первый пик водозабора наблюдался в феврале–марте, а второй пик – в период массового полива хлопчатника в июле–августе (рисунок 18).



Рисунок 18 – Динамика водозабора и водоподачи на Махтааральском массиве орошения

Динамика объемов водозабора и водоподачи на орошаемые земли предопределяет динамику уровня залегания грунтовых вод объекта исследований. На рисунке 19 приведена динамика уровня залегания грунтовых вод на орошаемых землях.

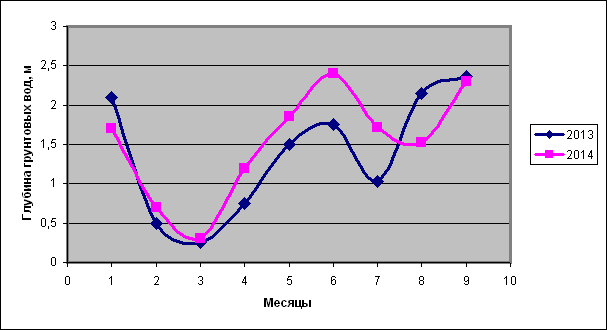


Рисунок 19 – Динамика уровня залегания грунтовых вод на орошаемых землях в 2021 и 2022 годах

Снижение уровня грунтовых вод в 2022 году связано с вводом в эксплуатацию скважины вертикального дренажа № 18 (рисунок 20).



Рисунок 20 – Не работающая скважина вертикального дренажа на

Махтааральском массиве орошения

Расход скважины составляет в среднем 70 л/сек, продолжительность работы 60 суток, объем откачанной воды 388,8 тыс.м3 или 1810 м3/га. Тогда при промывной норме 3000 м3/га, остаток воды в зоне аэрации и грунтовой воде составляет 1190 м3/га.

В начале мая, когда начался массовый посев хлопчатника, в 2021 году влажность почвы в корнеобитаемом слое почв была близка к наименьшей влагоемкости (таблица 35). В верхнем 0–40 см слое влажность почвы изменялась в пределах 19,12–20,27%. В 2022 году, работа скважины вертикального дренажа в марте и апреле обеспечивала снижение влажности почв в верхних горизонтах корнеобитаемого слоя. Поэтому, в середине апреля 2022 году влажность почвы 0–40 см слое изменялась в пределах 15,95–16,99%.

Таблица 35 – Динамика влажности корнеобитаемого слоя почв перед посевом хлопчатника

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Гори–  зонт, см | 5–7 май 2021 г | | | | 12–15 апреля 2022 г | | | |
| Т–1 | Т–2 | Т–3 | средняя | Т–1 | Т–2 | Т–3 | средняя |
| 0–20 | 19,11 | 19,59 | 20,47 | 19,72 | 15,81 | 16,9 | 16,03 | 16,25 |
| 20–40 | 19,77 | 18,64 | 20,07 | 19,49 | 17,28 | 17,07 | 15,86 | 16,74 |
| 40–60 | 19,61 | 17,12 | 18,18 | 18,30 | 19,12 | 20,14 | 17,69 | 18,98 |
| 60–80 | 24,1 | 22,68 | 24,24 | 23,67 | 21,94 | 24,89 | 21,09 | 22,64 |
| 80–100 | 27,47 | 29,84 | 28,52 | 28,61 | 25,78 | 21,72 | 26,03 | 24,51 |
| 0–40 | 19,44 | 19,12 | 20,27 | 19,61 | 16,55 | 16,99 | 15,95 | 16,49 |
| 0–100 | 22,01 | 21,57 | 22,30 | 21,96 | 19,99 | 20,14 | 19,34 | 19,82 |
|  | 103 | 100 | 104 | 102 | 93,0 | 93,7 | 90,0 | 92,2 |

Сравнительный анализ приведенных данных показывает, что в нижних горизонтах влажности почв выше и в 0–100 см слое в 2021 году изменялась в пределах 21,57–22,30%, это на 3–4% превышает показатель наименьшей влагоемкости.

В 2022 году, в середине апреля, влажность почвы в 0–100 см слое изменялась в пределах 19,34–20,14%, это на 6,3–10% меньше наименьшей влагоемкости. В результате работы скважины вертикального дренажа улучшился водно–солевой режим почв, почва к посеву хлопчатника была подготовлена своевременно (рисунок 21).

Минерализация откаченной воды в скважине вертикального дренажа изменяется в пределах 3,755–4,394 г/л (таблица 36).

Таблица 36 – Минерализация промывной и откаченной воды, г/л/мг–экв

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № СВД | №  пробы | Анионы | | | | Катионы | | | Сумма солей |
| CO32– | HCO3– | Cl– | SO42– | Ca2+ | Mg2+ | Na+ |
| 18 | 1 | отс | 0,180  2,96 | 1,193  33,6 | 1,747  36,4 | 0,068  3,40 | 0,443  36,4 | 0,763  33,2 | 4,394 |
| 2 | отс | 0,176  2,88 | 1,186  33,4 | 1,277  26,6 | 0,240  12,00 | 0,331  27,2 | 0,545  23,7 | 3,755 |
| Промывная вода (МК «Достык») | | отс | 0,210  3,44 | 0,091  2,56 | 0,357  7,44 | 0,116  5,80 | 0,051  4,20 | 0,079  3,44 | 0,904 |

Анализ солевого баланса показывает, что в период работы СВД–18, из корнеобитаемой толщи почв с оросительной водой поступает около 600 тонн солей, с откачиваемой водой выносится 1584 тонны солей. В результате работы СВД–18 за 2 месяца из почвенной толщи вымывается 984 тонны солей или 4,92 т/га солей.



Рисунок 21 – Подготовка орошаемых земель к посеву хлопчатника

Таким образом, в условиях снижения дренированности орошаемых земель эколого–мелиоративное состояние и продуктивность орошаемых земель зависят от уровня и минерализации грунтовых вод. Высокая минерализация и низкое качество грунтовых вод при близком их залегании усиливают темпы засоления, осолонцевания и ощелачивания почв [109, 110]. Поэтому продолжены исследования по изучению ионно–солевого состава и уровня залегания грунтовых вод на различных ирригационных системах.

Использование грунтовых вод на субирригацию обеспечивает высокую влажность почв в течение вегетационного периода, при их низкой минерализации. Влажность почв корнеобитаемого слоя на орошаемых землях бассейнов реки Сырдарьи была высокой, например, в середине июля в Махтааральском районе она составила 15,3% или 77,8–80% от НВ (таблица 37). Коэффициент вариации показывает незначительную изменчивость влажности почв по Махтааральскому району. Высокая влажность почв корнеобитаемого слоя предопределила поздние сроки полива. В Махтааральском районе массовый полив хлопчатника начался во второй декаде июля – 28–29 июля.

Таблица 37 – Влажность в корнеобитаемом слое почв

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Опытный участок | Влажность, % | | | Количество  точек | Коэффициент вариации, % |
| минимальная | среднее | макси–мальная |
| Махтаарал | 11,5 | 15,3 | 17,1 | 17 | 18,7 |
| Караултобе | 21,2 | 23,4 | 24,7 | 6 | 12,8 |

Наблюдения за динамикой уровня залегания грунтовых вод в бассейнах рек показали, что на их интенсивность оказывают влияние дренированность территории, объемы водозабора на орошение. Например, в условиях Махтааральского массива площадь орошаемых земель с глубиной залегания грунтовых вод 2 м в весенний период составляет 77% от общей площади, в летний период –59%, а осенью – 28%. Причинами снижения площадей орошаемых земель с близким залеганием грунтовых вод являются: 1–2 полива хлопчатника и отвод грунтовых вод открытыми дренами и коллекторами.

Динамика минерализации грунтовых вод показала, что в Махтааральском массиве в весенний период, 64% площадей орошаемых земель имеют минерализацию более 3 г/л. В летний период идет небольшое увеличение площадей орошаемых земель имеющих минерализацию выше 3–х г/л и составляет 66%. В осенний период происходит снижение площадей с минерализацией выше 3–х г/л. В этот период их доля в общей площади орошаемых земель составляет 57%.

В зоне орошаемого земледелия, главным фактором ухудшения эколого–мелиоративного состояние водо–земельных ресурсов является коллекторно–сбросные воды. Следовательно, повышения эколого–мелиоративной устойчивости на ирригационных системах требует снижения их объемов поступления в источники орошения.

В настоящее время одним из путей снижения объемов поступления коллекторно–сбросных вод является их утилизация путем использования на орошения сельскохозяйственных культур и промывку засоленных почв.

При использовании минерализованных вод на орошение и промывку засоленных почв необходимо контролировать минерализацию почвенного раствора (Спр) и сравнивать ее с минерализацией возвратных вод (Сор), используемых на орошение и промывку. При Спр< Сор, в корнеобитаемой толщи происходят процессы засоления почв. Поэтому, одним из главных требований при использовании подземных и дренажных вод на орошение и промывку, является соблюдение условия Спр>Сор.

Отличительной особенностью данной технологии является то, что при Спр< Сор, для предотвращения процессов засоления и осолонцевание почв необходимо улучшает их качественный состав путем внесения химических мелиорантов. Данный метод улучшения качество коллекторно–сбросных вод эффективно на солонцеватых и щелочных почвах.

Использования улучшенной коллекторно–сбросной воды на солонцеватых и щелочных почвах происходит не только увлажнения почв, но и снижения их солонцеватости и щелочности. Поэтому в условиях роста темпов осолонцевание и ощелачивания почв, данная технология имеет большое практическое значение.

Технология промывок засоленных почв с использованием возвратных вод включает:

– подготовительные работы (вспашку, планировку, нарезку чеков и временных оросителей);

– определение степени и химизма засоления промываемых почв и возвратных вод;

– установление объемов использования возвратных вод на промывку засоленных почв.

Забор коллекторно–дренажной воды на орошение и промывку засоленных почв осуществляетсяв основном механическим способом. В настоящее время для этой цели применяются стационарные насосные станции со сменным технологическим оборудованием или передвижные насосные установки (рисунок 22).



Рисунок 22 –Забор коллекторно–дренажных вод с Арнасайского и

Сардобинского коллектора в Голодностепском массиве

Место для установки насоса на коллекторной сети определяется условиям максимального забора дренажно–сбросных вод. Производительность насоса должна соответствовать притоку воды по коллектору и увязывается с потребностью в воде возделываемых культур на определенной площади.

Использование подземных вод на орошение осуществляется путем откачки их скважинами вертикального дренажа и разбавления с оросительной водой. Для этого откачиваемая вода непосредственно подается в оросительную сеть.

При высокой минерализации коллекторно–дренажные воды разбавляются оросительной водой. Разбавление оросительной воды с коллекторно–дренажной осуществляется непосредственно в оросителях или специальных аванкамерах. В аванкамеру оросительная и коллекторно–дренажная воды подаются отдельно.

Объем разбавляемой оросительной воды для снижения минерализации коллекторно–дренажной воды можно определять расчетным путем по результатам химических анализов проб воды. Полив сельскохозяйственных культур возвратной водой рекомендуется осуществлять в критические периоды, т.е. при остром дефиците оросительных вод. Применение возвратных вод в такие периоды обеспечивает получение приемлемых урожаев сельскохозяйственных культур.

Постоянное применение минерализованных возвратных вод на орошение сельскохозяйственных культур повышает степень засоления почв, снижает урожайность сельскохозяйственных культур.При поливах сельскохозяйственных культур дренажно–сбросными водами необходимо использовать водосберегающие технологии, которые позволяют снижать затраты воды на инфильтрацию и технологические сбросы, уменьшать количество солей, поступающих с коллекторно–дренажной водой.

Применение возвратных вод на солончаках, имеющих высокие запасы гипса и карбонатов в твердой фазе почв, обеспечивают не только рассоление почв, но и их рассолонцевание.

При высоком содержании легкоподвижных хлоридов растворимость солей в твердой фазе почв возрастает. В результате данного процесса усиливается скорость протекания обменных реакций между почвенным раствором и почвенно–поглощающим комплексом, поэтому увеличивается интенсивность рассолонцевания почв.

На юге республики, где почвы обладают невысокой емкостью поглощения (по сравнению с черноземами и каштановыми почвами) объемы и пределы использования возвратных вод возрастают. В данной зоне, в острозасушливые годы, возвратные воды могут широко использоваться на орошение сельскохозяйственных культур и субирригацию.

При промывках засоленных почв пределы использования коллекторно–дренажных вод предопределяются их минерализацией (таблица 38).

Таблица 38 – Объемы возможного использования минерализованных вод при промывках, % от расчетной нормы

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Режим  затопления | Размеры  чеков, га | Значения промывных норм, тыс. м3/га | | | | | |
| 3–7 | | 7–15 | | 15–30 | |
| минерализация, г/л | | | | | |
| 3–5 | 5–7 | 3–5 | 5–7 | 3–5 | 5–7 |
| Тактовая  подача воды | 0,05–0,1 | 50 | 40 | 60 | 50 | 70 | 60 |
| 0,1–0,2 | 40 | 30 | 50 | 40 | 60 | 50 |
| 0,2–0,5 | 35 | 25 | 45 | 35 | 55 | 45 |
| Прерывистое  затопление | 0,05–0,2 | 35 | 25 | 45 | 35 | 55 | 45 |
| 0,2–0,5 | 30 | 20 | 40 | 30 | 50 | 40 |
| Постоянный  слой воды | 0,05–0,2 | 30 | 20 | 40 | 30 | 50 | 40 |
| 0,2–0,5 | 25 | 15 | 35 | 25 | 45 | 35 |

При достижении равновесного состояния между минерализацией промывной воды и концентрацией почвенного раствора, необходимо снизить минерализацию коллекторно–дренажной воды путем разбавления или промывку продолжать пресной водой.

Использование коллекторно–сбросной воды на орошение и промывку обеспечивает снижение объемов водозабора на 25–30%, темпов загрязнения водо–земельных ресурсов 30–40%.

**4.2 Исследование закономерностей протекания эколого–мелиоративных процессов в корнеобитаемом слое почв при совместном использовании поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод**

В условиях роста дефицита воды на орошаемых землях и ухудшения их качества, необходимо совершенствовать методы утилизации грунтовых и коллекторно–дренажных вод, путем их использования на субирригацию, орошение и промывку засоленных почв. При использовании коллекторно–дренажных вод на орошение и промывку, продуктивность орошаемых земель во многом зависит от их минерализации и качественного состава солей. Поэтому эколого–мелиоративная оценка орошаемых территорий, при использовании коллекторно–дренажных вод, должна оцениваться, прежде всего, степенью химизма их засоления.

Пригодность грунтовых и коллекторно–дренажной воды на субирригацию, орошение сельскохозяйственных культур и промывку засоленных почв оценивается по следующим показателям: 1) опасности засоления почв; 2) опасности осолонцевания почв; 3) токсичности отдельных ионов.

Интенсивность расходования грунтовых вод в зону аэрации зависит от влажности корнеобитаемой толщи почв и глубины залегания грунтовых вод. Для определения интенсивности подпитки грунтовых вод в зону аэрации предлагается следующая математическая модель:



, (21)

где: Кт – расход грунтовых вод в зону аэрации, мм/сутки; Нх – уровень грунтовых вод равный 1 м; Н – фактический уровень залегания грунтовых вод (Н≥1 м); βmax – влажность почвы равная НВ, %; μ – параметр, учитывающий влияние механического состава почв на расход грунтовых вод в зону аэрации, мм–1; ln – натуральный логарифм; βт – влажность почвы в момент времени Т, %;

Снижение влажности в корнеобитаемой толще усиливает интенсивность подпитки грунтовых вод. Применение поливов через борозду увеличивает темпы и объемы подпитки грунтовых вод в зону аэрации. Управление уровнем и интенсивностью подпитки грунтовых вод в зону аэрации достигается устройством подпорных сооружений (шлюзов–регуляторов) на открытой коллекторно–дренажной сети.

Использование грунтовых вод на субирригацию, кроме повышения водообеспеченности ирригационных систем, позволяет снижать темпы загрязнения водных ресурсов возвратными водами и улучшать экологическую ситуацию на орошаемых землях и прилегающих территориях.

При использовании минерализованных вод на орошение и промывку почв необходимо контролировать минерализацию почвенного раствора (Спр) и сравнивать ее с минерализацией возвратных вод (Сор), используемых на орошение и промывку.

При Спр< Сор, в корнеобитаемой толщи происходят процессы засоления почв. Поэтому, одним из главных требований при использовании подземных и дренажных вод на орошение и промывку, является соблюдение условия Спр>Сор.

Технология орошения для использования возвратных вод включает: 1) определение степени и химизма засоления промываемых почв и возвратных вод; 2) установление объемов использования возвратных вод на промывку засоленных почв.

Забор коллекторно–дренажных вод на орошение и промывку засоленных почв осуществляется в основном механическим способом. В настоящее время для этой цели применяются стационарные насосные станции со сменным технологическим оборудованием или передвижные насосные установки.

Использование подземных вод на орошение осуществляется путем откачки их скважинами вертикального дренажа и разбавления с оросительной водой. Для этого откачиваемая вода непосредственно подается в оросительную сеть. При высокой минерализации коллекторно–дренажные воды разбавляются оросительной водой.

При поливах сельскохозяйственных культур дренажно–сбросными водами необходимо использовать водосберегающие технологии, которые позволяют снижать затраты воды на инфильтрацию и технологические сбросы, уменьшать количество солей, поступающих с коллекторно–дренажной водой.

Применение возвратных вод на солончаках, имеющих высокие запасы гипса и карбонатов в твердой фазе почв, обеспечивают не только рассоление почв, но и их рассолонцевание. При высоком содержании легкоподвижных хлоридов растворимость солей в твердой фазе почв возрастает. В результате данного процесса усиливается скорость протекания обменных реакций между почвенным раствором и почвенно–поглощающим комплексом, поэтому увеличивается интенсивность рассолонцевания почв.

Большая емкость поглощения черноземов и каштановых почв не позволяет широко применять возвратные воды на орошение сельскохозяйственных культур и на промывку засоленных почв. Главной причиной ограничивающей использование возвратных вод на орошение и промывку является процесс осолонцевания почв. Данный процесс особенно интенсивно протекает в верхних горизонтах корнеобитаемой толщи.

В черноземной и каштановой зонах Казахстана, минерализованные возвратные воды можно использовать на промывку солончаков, имеющих большие запасы гипса и карбонатов в твердой фазе почв.

Применение минерализованных возвратных вод на промывку засоленных почв, кроме повышения водообеспеченности орошаемых экосистем, позволяют снизить темпы загрязнения водных ресурсов возвратной водой и улучшить экологическую ситуацию на орошаемых землях. Использование возвратных вод на солончаках, имеющих высокие запасы гипса и карбонатов в твердой фазе почв, обеспечивает не только рассоление почв, но и их рассолонцевание.

При высоком содержании легкорастворимых хлоридов растворимость солей в твердой фазе почв в несколько раз возрастает. В результате данного процесса усиливается скорость протекания обменных реакций между почвенным раствором и почвенно–поглощающим комплексом, снижается интенсивность рассолонцевания почв.

В настоящее время менее 10 % оросительной сети облицовано или представлено лотками. В большинстве случаев они подверглись разрушению (нарушены стыковочные швы, появились трещины, повреждены или смещены бетонные плиты и т.д.), поэтому их КПД приближается к каналам в земляном русле. Вместе с тем, коэффициент полезного использования воды на орошаемых землях зависит от: 1) КПД оросительной сети; 2) КПД технологии полива, предопределяется водно–физическими свойствами почв, элементами техники полива, качеством планировки, размерами поливных норм.

На ирригационных системах Казахстана, где поливы проводятся по бороздам, КПД изменяется: 1) от 0,29 до 0,38 в Туркестанской и Кызылординской областях; 2) от 0,21 до 0,29 в Жамбылской и Алматинской областях.

Проблему достаточной водообепеченности орошаемых земель в условиях сокращения водозабора следует решать путем: 1) повышения КПД оросительной сети (переустройство магистральных, межхозяйственных и внутрихозяйственных каналов); 2) совершенствования элементов техники полива; 3) использования грунтовых и дренажно–сбросных вод на субирригацию и орошение.

Высокая продуктивность орошаемых земель сохраняется на тех системах орошения, где размеры технологических потерь оросительных вод на фильтрацию в оросительной сети и полях орошения равны или меньше интенсивности дренирования орошаемых территорий. По степени естественной дренированности орошаемых территорий выделяют зоны, приведенные в таблице 39.

Таблица 39 – Зоны естественной дренированности территории

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Зона | Скорость движения грунтовых вод, мм/сут | Подземный отток,  мм/год |
| Интенсивно дренированная | >200 | >500 |
| Дренированная | 100–200 | 300–500 |
| Слабодренированная | 25–100 | 150–300 |
| Весьма слабодренированная | 5–25 | 50–150 |
| Бессточная | <5 | <50 |

Работа дренажной системы и отдельных ее элементов должна быть увязана с технологией орошения и ее главной задачей является регулирование: 1) мелиоративных режимов (прежде всего водно–солевого) почв зоны аэрации; 2) уровня грунтовых вод. Для реализации эколого–мелиоративных безопасных технологий, режим работы дренажа должен: 1) поддерживать уровень грунтовых вод (УГВ) на глубине, при которой оптимизация мелиоративного режима почв будет обеспечиваться при минимальном водозаборе; 2) создавать уровень дренированности орошаемого поля, не допускающего вымывание питательных элементов из корнеобитаемой зоны и сокращающего до минимума вынос химических веществ за пределы орошаемой территории (таблица 40).

Таблица 40 – Залегание УГВ от дневной поверхности, обеспечивающий оптимальный эколого–мелиоративный режим

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Химизм почвогрунтов  зоны аэрации | Минерализация грунтовых вод, г/л | | | |
| <3 | 3–5 | 5–10 | >10 |
| Хлоридный | 1,5–1,9 | 1,7–2,2 | 1,9–2,5 | 2,2–3,0 |
| Сульфатно–хлоридный | 1,3–1,7 | 1,5–2,0 | 1,7–2,3 | 2,0–2,8 |
| Хлоридно–сульфатный | 1,2–1,5 | 1,4–1,9 | 1,6–2,2 | 1,9–2,7 |
| Сульфатный | 1,0–1,3 | 1,2–1,7 | 1,4–2,0 | 1,7–2,5 |

Эффективность технических решений по изменению КПД оросительной сети и техники полива следует определять показателями роста КПД систем ирригации (таблица 41).

Таблица 41 – Ориентировочные параметры КПД и КИВ ирригационных систем при автоморфном и гидроморфном режимах почв

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип  оросительных  систем | Техническое  состояние  каналов | Объем  облицовки каналов % | Способ полива | | | | | |
| напуском,  полосам | бороздам | дождевание | малоинтенсивное дождевание | | капельное  орошение |
| Открытого  типа | земляные | – | 0,23–0,33  0,43–0,53 | 0,28–0,39  0,48–0,59 | 0,33–0,44  0,53–0,64 | 0,36–0,47  0,54–0,65 | | 0,38–0,50  0,56–0,68 |
| земляные, облицованные, лотки | 30–50 | 0,29–0,41  0,45–0,57 | 0,36–0,49  0,52–0,65 | 0,42–0,56  0,57–0,71 | 0,49–0,63  0,62–0,76 | | 0,52–0,68  0,65–0,81 |
| облицованные, лотки | 70–100 | 0,34–0,47  0,48–0,61 | 0,41–0,55  0,54–0,78 | 0,49–0,64  0,59–0,74 | 0,56–0,72  0,64–0,80 | | 0,6–0,77  0,68–0,85 |
| Комбинированного типа. | земляные, трубопроводы | 30–50 | 0,32–0,44  0,46–0,58 | 0,39–0,52  0,53–0,66 | 0,46–0,6  0,58–0,72 | 0,53–0,68  0,63–0,78 | 0,56–0,72  0,66–0,82 | |
| земляные, трубопроводы | 50–70 | 0,34–0,47  0,47–0,60 | 0,41–0,55  0,53–0,65 | 0,49–0,64  0,59–0,74 | 0,56–0,72  0,64–0,80 | 0,6–0,77  0,68–0,85 | |
| Закрытого  типа | трубопроводы | 70–100 | 0,41–0,54  0,51–0,62 | 0,5–0,64  0,6–0,72 | 0,59–0,70  0,67–0,76 | 0,68–0,84  0,74–0,87 | 0,72–0,89  0,78–0,90 | |
| Примечание: числитель – параметры КПД системы ирригации при автоморфном режиме почв; знаменатель – параметры КИВ системы ирригации при гидроморфном режиме почв. | | | | | | | | |

Количественные показатели КПД системы ирригации характеризуют технический уровень оросительной сети и техники полива, режим их работы при транспортировке воды от источника орошения до сельхозрастений.

Количественные показатели технологических потерь в оросительной сети (магистральной, межхозяйственной, внутрихозяйственной и участковых каналах) и на орошаемых землях предопределяют выбор технических средств по повышению КПД оросительной сети (механическое уплотнение ложа каналов, устройство пленочных или глинистых экранов, бетонирование, облицовка, применение лотков), техники полива (бороздковый полив, дождевание, дисперсное, капельное орошение).

Выбор технических решений по повышению КПД систем орошения предопределяется размерами капиталовложений на противофильтрационные мероприятия (уплотнение, устройство экранов, бетонирование), приобретение и монтаж техники полива (дождевание, капельное орошение). Диапазон изменения параметров КПД и КИВ систем ирригации позволяет оценивать пределы возможного водосбережения за счет выбора технических средств совершенствования оросительной сети и способов полива.

Научно–обоснованное применение системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод на орошаемых территориях Юга Казахстана заключается в обеспечении рассоления и рассолонцевания деградированных почв, создании оптимальных водно–солевых и пищевых режимов в корнеобитаемом слое, усиление процессов биологического круговорота минеральных и органических веществ с целью повышения плодородия орошаемых почв.

Применение системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод на орошаемых территориях Юга Казахстана должнот осуществляться в комплексе с: 1) технологией орошения сельскохозяйственных культур; 2) технологией промывок засоленных почв; 3) химической мелиорацией солонцеватых и щелочных почв; 4) технологией улучшения качества оросительных и коллекторно–дренажных вод; 5) управлением интенсивности расходования грунтовых вод в зону аэрации; 6) управлением уровнем залегания грунтовых вод; 7) технологией внесения органических веществ и питательных элементов; 8) созданием оптимальной дренированности ирригационных систем.

**Выводы по 4 главе**

1. Опыт эксплуатации ирригационных систем показывает, что рассолонцевание почв магниевого осолонцевания, достигается только путем применения химической мелиорации. При этом в условиях Казахстана наиболее дешевым и доступным химическим мелиорантом является фосфогипс.

2. Результаты исследований показывают, что промывка засоленных почв магниевого осолонцевания с внесением химического мелиоранта–фосфогипса, обеспечивает не только их рассоление, но и рассолонцевание корнеобитаемой толщи. Например, при исходном засолении корнеобитаемой толщи почв (0–100 см) 0,529% или 80,7 т/га, запасы солей, в варианте при промывке без внесения фосфогипса, составили 0,361% или 55,2 т/га. При промывке почв с внесением фосфогипса нормой 2,5 т/га, запасы солей после промывки составили 0,305% или 46,7 т/га.

3. Сравнительный анализ приведенных данных показывает, что при промывке с использованием фосфогипса, не только усиливаются темпы солеотдачи почв, но и скорость ионообменных реакций между почвенным раствором и почвенно–поглощающим комплексом. Например, исходное содержание магния в ППК 4,3 мг–экв, на варианте с проведением промывки без внесения фосфогипса уменьшилось на 19% и составило 3,51 мг–экв. В варианте с внесением фосфогипса нормой 2,5 т/га, запасы магния в ППК уменьшились на 27,8% и составили 3,13 мг–экв.

4. Динамика минерализации грунтовых вод показала, что в Махтааральском массиве в весенний период, 64% площадей орошаемых земель имеют минерализацию более 3 г/л. В летний период идет небольшое увеличение площадей орошаемых земель имеющих минерализацию выше 3–х г/л и составляет 66%. В осенний период происходит снижение площадей с минерализацией выше 3–х г/л. В этот период их доля в общей площади орошаемых земель составляет 57%.

5. В условиях роста дефицита воды на орошаемых землях и ухудшения их качества, необходимо совершенствовать методы утилизации грунтовых и коллекторно–дренажных вод, путем их использования на субирригацию, орошение и промывку засоленных почв. При использовании коллекторно–дренажных вод на орошение и промывку, продуктивность орошаемых земель во многом зависит от их минерализации и качественного состава солей. Поэтому эколого–мелиоративная оценка орошаемых территорий, при использовании коллекторно–дренажных вод, должна оцениваться, прежде всего, степенью химизма их засоления.

6. Снижение влажности в корнеобитаемой толще усиливает интенсивность подпитки грунтовых вод. Применение поливов через борозду увеличивает темпы и объемы подпитки грунтовых вод в зону аэрации. Управление уровнем и интенсивностью подпитки грунтовых вод в зону аэрации достигается устройством подпорных сооружений (шлюзов–регуляторов) на открытой коллекторно–дренажной сети.

7. Технология орошения для использования коллекторно–дренажных вод включает: 1) определение степени и химизма засоления промываемых почв и коллекторно–дренажных вод; 2) установление объемов использования коллекторно–дренажных вод на орошение и(или) промывку засоленных почв.

8. Применение системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод на орошаемых территориях Юга Казахстана должнот осуществляться в комплексе с: 1) технологией орошения сельскохозяйственных культур; 2) технологией промывок засоленных почв; 3) химической мелиорацией солонцеватых и щелочных почв; 4) технологией улучшения качества оросительных и коллекторно–дренажных вод; 5) управлением интенсивности расходования грунтовых вод в зону аэрации; 6) управлением уровнем залегания грунтовых вод; 7) технологией внесения органических веществ и питательных элементов; 8) созданием оптимальной дренированности ирригационных систем.

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ**

В результате научно–исследовательских работ по использованию системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод на орошаемых землях ТОО «Кетебай» Мактааральского района Туркестанской области на площади 5 га были даны следующие рекомендации к производству:

1. Промывка с использованием фосфогипса, не только усиливает темпы солеотдачи почв, но и скорость ионообменных реакций между почвенным раствором и почвенно–поглощающим комплексом. Внесение фосфогипса нормой 2,5 т/га, запасы магния в ППК уменьшились на 27,8% и составили 3,13 мг–экв.

2. Снижение влажности в корнеобитаемой толще усиливает интенсивность подпитки грунтовых вод. Применение поливов через борозду увеличивает темпы и объемы подпитки грунтовых вод в зону аэрации. Управление уровнем и интенсивностью подпитки грунтовых вод в зону аэрации достигается устройством подпорных сооружений (шлюзов–регуляторов) на открытой коллекторно–дренажной сети.

3. При использовании коллекторно–дренажных вод на орошение и промывку, продуктивность орошаемых земель во многом зависит от их минерализации и качественного состава солей. Поэтому эколого–мелиоративная оценка орошаемых территорий, при использовании коллекторно–дренажных вод, должна оцениваться, прежде всего, степенью химизма их засоления.

4. Технология орошения для использования коллекторно–дренажных вод включает: 1) определение степени и химизма засоления промываемых почв и коллекторно–дренажных вод; 2) установление объемов использования коллекторно–дренажных вод на орошение и(или) промывку засоленных почв.

5. Применение системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод на орошаемых территориях Юга Казахстана должнот осуществляться в комплексе с: 1) технологией орошения сельскохозяйственных культур; 2) технологией промывок засоленных почв; 3) химической мелиорацией солонцеватых и щелочных почв; 4) технологией улучшения качества оросительных и коллекторно–дренажных вод; 5) управлением интенсивности расходования грунтовых вод в зону аэрации; 6) управлением уровнем залегания грунтовых вод; 7) технологией внесения органических веществ и питательных элементов; 8) созданием оптимальной дренированности ирригационных систем.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. В основу водохозяйственно–административного районирования территории Республики Казахстан положено гидрографическое деление республики на основные речные ВХБ. На территории республики выделены восемь речных ВХБ: Арало–Сырдарьинский, Балкаш–Алакольский, Ертисский, Есильский, Жайык–Каспийский, Нура–Сарысуский, Тобол–Торгайский и Шу–Таласский;

2. Располагаемые водные ресурсы РК в среднемноголетнем объеме составляют 106 км3, из них 55,7 % формируется на территории страны, остальные 44,3 % – благодаря притоку трансграничных рек из соседних стран;

3. Согласно анализа использования водных ресурсов по водохозяйственным бассейнам и административным районам РК за 2015–2020 годы по данным годовых отчетов восьми БВИ и РГП «Казводхоз» установлено, что в 2020 году орошаемые площади в целом по Казахстану составили 1 330 796,16 га, затраты воды на всю площадь составили 11 683,33 млн. м3 при средневзвешенных затратах воды на орошение 8779,20 м3/га;

4. Анализ водохозяйственной обстановки в разрезе речных ВХБ показывает, что рассчитывать на имеющиеся свободные ресурсы речного стока не представляется возможным в связи с крайне неравномерным распределением речных водных ресурсов по территории страны. Это обуславливает нестабильность и неравномерность водообеспеченности ВХБ и отраслей экономики;

5. Прогнозный водохозяйственный баланс на перспективу до 2030 года показывает сокращение внутренних ресурсов речного стока с 102,3 до 99,4 км3 за счет сокращения притока с территории сопредельных стран с 51,5 до 46,5 км3. Поэтому требуется разработка научно–обоснованных мероприятий по адаптации к этому вызову;

6. Наибольшая площадь орошаемых земель Казахстана сосредоточена в Туркестанской области (более 515 тыс. га), здесь формируются большие объемы коллекторно–дренажных вод, а также имеются большие проблемы в водобеспеченности в вегетационный период. В связи с этим, наиболее предпочтительным регионом исследований будет являться Туркестанская область.

7. Природно–климатические условия Туркестанской области создают разнообразие ландшафтов — от пустынь до горных хребтов, что требует научного подхода к водным ресурсам и ирригации. Область характеризуется континентальным климатом, с сухим и жарким летом, а также мягкой зимой;

8. Основные источники водоснабжения включают реку Сырдарью и её притоки, Из общей площади территории бассейна реки Сырдарьи, равной 444 тыс.км2, 250 тыс.км2 (или 56,6%) находится в пределах Республики Казахстан и является территорией контролируемой Арало–Сырдарьинской БВИ. Также имеется множество водохранилищ. Имеющиеся водные объекты обеспечивают орошение, гидроэнергетику и водоснабжение для сельскохозяйственных нужд региона.

9. На сегодняшний день, на большинстве орошаемых землях в Туркестанской области региона основным способам орошения является полив по бороздам. Учитывая, что дефицит воды продолжается ежегодно, особенно в даннойм регионе, необходимо разработка технологий повышения водобеспеченности орошаемых земель с использованием дополнительных источников.

10. Для достижения поставленной цели использованы методы многофакторного эксперимента, проведен комплекс исследований по установлению динамики гидрохимического режима оросительных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод при изменении технического уровня и дренированности ирригационных систем, технологии орошения и уровня залегания грунтовых вод. Исследования позволяют установить область применения системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод в зависимости от объема водозабора и водоотведения с ирригационных систем..

1. В конце 1980–х годов водозабор на нужды сельского хозяйства достигал 30–35 км³/год, с объемом 20–25 км³ на орошение. С 2000 года этот показатель сократился до 12 км³/год. Потери оросительных вод достигают до 70% от водозабора, что стало одной из причин водного дефицита для сельского хозяйства. КПД межхозяйственных и внутрихозяйственных каналов составляет 0,54 – 0,66, что ведет к потерям до 46% объема водозабора.
2. Около 50% орошаемых земель Южного Казахстана имеют залегание грунтовых вод до 3 метров. При этом при низкой минерализации воды происходит улучшение водообеспеченности, но при высокой минерализации усиливается процесс засоления почв. В 1994 году площадь орошаемых земель в Матааральском районе с глубиной залегания грунтовых вод до 1 метра составляла 105 га, а к 2021 году эта площадь увеличилась до 2562 га. В условиях близкого залегания грунтовых вод их вклад в суммарное водопотребление составляет до 74%, снижая долю оросительной воды до 26%.

13. Для установления пределов использования грунтовых вод на субирригацию, проведена оценка ее качества, которая осуществлялась по общей минерализации (С), ионно–солевому составу, К, SAR, ОКН и Мg\*. Сравнительный анализ показывает, что чем ниже минерализация грунтовых вод, тем больше увеличиваются пределы их использования на субирригацию.

14. Другим фактором повышения водообеспеченности орошаемых земель является использование коллекторно–дренажных вод на орошение. Для установления пределов их использования отбирались пробы воды с горизонтальных коллекторно–дренажных каналов, что позволило оценить их качество и возможность повторного использования на орошение.

15. Сравнительный анализ приведенных данных показывает, что ограничивающим фактором использования коллекторно–дренажных вод орошаемых земель среднего течения реки Сырдарьи является высокое содержание катионов магния и щелочности рН, их величины превышают предельно–допустимые значения. Поэтому, использование коллекторно–дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур приводит к осолонцеванию и ощелачиванию почв. Их использование возможно лишь путем смешивания с оросительной водой, что приводит к снижению минерализации и увеличению объемов водных ресурсов пригодных к орошению.

16. Для установления наиболее эффективных веществ, обеспечивающих наиболее высокую скорость протекания ионообменных процессов между минерализованными водами, в исследовании использованы цеолит, фосфогипс, биогумус, почва (серозем) и песок. Результаты исследований показывают, что цеолит, имея большую емкость поглощения, по сравнению с другими веществами, интенсивно улучшает качество коллекторно–дренажных и грунтовых вод.

17. Опыт эксплуатации ирригационных систем показывает, что рассолонцевание почв магниевого осолонцевания, достигается только путем применения химической мелиорации. При этом в условиях Казахстана наиболее дешевым и доступным химическим мелиорантом является фосфогипс.

18. Результаты исследований показывают, что промывка засоленных почв магниевого осолонцевания с внесением химического мелиоранта–фосфогипса, обеспечивает не только их рассоление, но и рассолонцевание корнеобитаемой толщи. Например, при исходном засолении корнеобитаемой толщи почв (0–100 см) 0,529% или 80,7 т/га, запасы солей, в варианте при промывке без внесения фосфогипса, составили 0,361% или 55,2 т/га. При промывке почв с внесением фосфогипса нормой 2,5 т/га, запасы солей после промывки составили 0,305% или 46,7 т/га.

19. Сравнительный анализ приведенных данных показывает, что при промывке с использованием фосфогипса, не только усиливаются темпы солеотдачи почв, но и скорость ионообменных реакций между почвенным раствором и почвенно–поглощающим комплексом. Например, исходное содержание магния в ППК 4,3 мг–экв, на варианте с проведением промывки без внесения фосфогипса уменьшилось на 19% и составило 3,51 мг–экв. В варианте с внесением фосфогипса нормой 2,5 т/га, запасы магния в ППК уменьшились на 27,8% и составили 3,13 мг–экв.

20. Динамика минерализации грунтовых вод показала, что в Махтааральском массиве в весенний период, 64% площадей орошаемых земель имеют минерализацию более 3 г/л. В летний период идет небольшое увеличение площадей орошаемых земель имеющих минерализацию выше 3–х г/л и составляет 66%. В осенний период происходит снижение площадей с минерализацией выше 3–х г/л. В этот период их доля в общей площади орошаемых земель составляет 57%.

21. В условиях роста дефицита воды на орошаемых землях и ухудшения их качества, необходимо совершенствовать методы утилизации грунтовых и коллекторно–дренажных вод, путем их использования на субирригацию, орошение и промывку засоленных почв. При использовании коллекторно–дренажных вод на орошение и промывку, продуктивность орошаемых земель во многом зависит от их минерализации и качественного состава солей. Поэтому эколого–мелиоративная оценка орошаемых территорий, при использовании коллекторно–дренажных вод, должна оцениваться, прежде всего, степенью химизма их засоления.

22. Снижение влажности в корнеобитаемой толще усиливает интенсивность подпитки грунтовых вод. Применение поливов через борозду увеличивает темпы и объемы подпитки грунтовых вод в зону аэрации. Управление уровнем и интенсивностью подпитки грунтовых вод в зону аэрации достигается устройством подпорных сооружений (шлюзов–регуляторов) на открытой коллекторно–дренажной сети.

23. Технология орошения для использования коллекторно–дренажных вод включает: 1) определение степени и химизма засоления промываемых почв и коллекторно–дренажных вод; 2) установление объемов использования коллекторно–дренажных вод на орошение и(или) промывку засоленных почв.

24. Применение системы комплексного использования поверхностных, грунтовых и коллекторно–дренажных вод на орошаемых территориях Юга Казахстана должнот осуществляться в комплексе с: 1) технологией орошения сельскохозяйственных культур; 2) технологией промывок засоленных почв; 3) химической мелиорацией солонцеватых и щелочных почв; 4) технологией улучшения качества оросительных и коллекторно–дренажных вод; 5) управлением интенсивности расходования грунтовых вод в зону аэрации; 6) управлением уровнем залегания грунтовых вод; 7) технологией внесения органических веществ и питательных элементов; 8) созданием оптимальной дренированности ирригационных систем.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Айдаров И.П. Регулирование вводно–солевого и питательного режимов орошаемых земель. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.

2. Якубов Х.И., Усманов А.У., Броницкий Н.И. Руководство по использованию дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур и промывки засоленных земель.– Ташкент: САНИИРИ, 2016. – 77 с.

3. Овчинникова Е.В. Биохимическое регулирование качества коллекторно–дренажных вод. дисс.к.т.н. Москва 2002г. – 173 с.

4. Шеров А., Уринбаев С., Уразбаев И. Технология использования коллекторно–дренаждых вод при орошении хлопчатника / Журнал Агро Процессинг, 2020, С 10–19;

5. Джуманазарова А.Т., Генжемуратов А.С.Использование минерализованных грунтовых вод при поливе сельскохозяйственных культур на засоленных землях. // Евразийское научное объединение.– 2020. – № 6–6 (64), С 492–494;

# 6. Хамидов М.Х., Жураев У.А. Снижение минерализации коллекторно–дренажных вод биологическим способом и использование их в орошаемом земледелии. / Аграрная наука. 2018; (10): С. 52–54. [https://doi.org/10.3263/0869–8155–2018–319–10–52–54](https://doi.org/10.3263/0869-8155-2018-319-10-52-54)

7. Хожамуратова Р.Т., Чембарисов Э.И., Шодиев С.Р. Использование коллекторно–дренажных вод для орошения в условиях Республики Каракалпакстан. /Вестник мелиоративной науки. 2020 № [2](https://elibrary.ru/contents.asp?id=44434940&selid=44434957), С. 104–108;

8. Чембарисов Э.И., Реймов А.Р., Атаназаров К.М. Об использовании коллекторно–дренажных вод в Республике Каракалпакстан // Экологический вестник Узбекистана.–Ташкент, 2006.– №2.– 40 с.

9. Имамназаров О.Б. Регулирование мелиоративного режима при орошении методом субирригации / SCIENCE TIME. 2018, № 7 (55), С 39–43;

10. Калантаев В.А. Дренаж орашаемых земель и методы его интенсификации. – Ашхабад: Наука, 2004. – 281 с.

11. Stephen R. Grattan, James D. Oster, John Letey& Stephen R. Kaffka. Drainage Water Reuse: Concepts, Practices and Potential Crops / Salinity and Drainage in San Joaquin Valley, California. P.277–302. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978–94–007–6851–2\_11](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-6851-2_11)

12. Sharma, D. P., &Tyagi, N. K. On–farm management of saline drainage water in arid and semi–arid regions./ Irrigation and Drainage, (2004) 53, P.87–103. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ird.115>

13. The project for drainage water quality control for irrigation in middle Nile delta in the Arab republic of Egypt/ Final Report // Japan International Cooperation Agency (JICA)– 2016, 130 р. <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12252839_01.pdf>

14. Mohamed Galal Eltarabily. Reuse of Agriculture Drainage Water – Case Studies: Central Valley of California and the Nile Delta in Egypt. / Cost–efficient Wastewater Treatment Technologies ((HEC,volume 117)), (2022) pp 325–344. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/698\_2022\_863?fromPaywallRec=true#auth–Mohamed\_Galal–Eltarabily](https://link.springer.com/chapter/10.1007/698_2022_863?fromPaywallRec=true#auth-Mohamed_Galal-Eltarabily)

15. Qin, Y.; Horvath, A. Use of alternative water sources in irrigation: potential scales, costs, and environmental impacts in California. Environ. Res. Commun*.* 2020, *2* (5), 055003  DOI: 10.1088/2515–7620/ab915e

16. Toze, S. Reuse of effluent water─benefits and risks. Agricultural water management 2006, *80* (1–3), 147– 159,  DOI: 10.1016/j.agwat.2005.07.010

17. Reinhart, B. D.; Frankenberger, J. R.; Hay, C. H.; Helmers, M. J. Simulated water quality and irrigation benefits from drainage water recycling at two tile–drained sites in the US Midwest. Agric. Water Manag. 2019, *223*, 105699,  DOI: 10.1016/j.agwat.2019.105699

18. Hay, C. H.; Helmers, M. J. In Evaluating Drainage Water Recycling Benefits for Crop Production in Iowa; World Environmental and Water Resources Congress, 2017; pp 507– 517.

19. Bonaiti, G.; Borin, M. Efficiency of controlled drainage and subirrigation in reducing nitrogen losses from agricultural fields. Agricultural Water Management 2010, 98 (2), 343– 352,  DOI: 10.1016/j.agwat.2010.09.008

20. Вышпольский Ф.Ф., Мухамеджанов Х.В. Технология водосбережения и управления почвенно–мелиоративными процессами при орошении. – Тараз, 2015. – 162 с.

21. Вышпольский Ф.Ф., Бекбаев У.К., Мухамеджанов Х.В. Рекомендации по технологии орошения и водосбережения в зоне Арысь–Туркестанского канала. – Тараз, 2008. – 18 с.

22. Вышпольский Ф.Ф. Обоснование параметров дренажа на засоленных или склонных к засолению землях // труды КазНИИВХ Научные исследования в области мелиорации и водного хозяйства. – Тараз, 2000. – С. 50–75.

23. Рау А.Б. Водораспределение на рисовых системах. – М: Агропромиздат, 1988. –86 с.

24. Бекбаев Р.К. Моделирование мелиоративных процессов на орошаемых землях. – Тараз: ИЦ «Аква», 2002. –226 с.

25. Магай С.Д. Параметры дренирования орашаемых земель и определяющие факторы на юге Казахстана // Научные исследования в области мелиорации и водного хозяйства. – Тараз, 2000. – С. 161–171.

26. Джумабеков А.А., Буланбаева П.У., Серимбетов. А.Е., Мәліктайұлы М., Жүрсинбеков М.А. Режим грунтовых вод на участках открытого горизонтального дренажа на Мактааральском массиве орошения. Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина. – 2020. – №4 (107). – С. 21–29.

27. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов в Республике Казахстан за 2019 год [Электронный ресурс]. – Единый экологический интернет–ресурс Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. – URL:[https://ecogosfond.kz/orhusskaja–konvencija/dostup–k–jekologicheskoj–informacii/jekologijaly–zha–daj/r–orsha–an–ortany–zhaj–k–ji–turaly–ltty–bajandamalar/](https://ecogosfond.kz/orhusskaja-konvencija/dostup-k-jekologicheskoj-informacii/jekologijaly-zha-daj/r-orsha-an-ortany-zhaj-k-ji-turaly-ltty-bajandamalar/) (дата обращения 06.09.2021).

28. Комплексный план развития водной отрасли Республики Казахстан на 2024 – 2028 годы. Утвержден постановлением Правительства Республики Казахстан от  28 августа 2024 года № 694.

29. Отчет НИР по мероприятию 2: «Рациональное использование водных ресурсов при увеличении площадей регулярного и лиманного орошения по водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан до 2021 года» (промежуточный) / НЦП «Научно–технологическое обоснование по рациональному использованию водных ресурсов при увеличении площадей регулярного и лиманного орошения по всем водохозяйственным бассейнам Республики Казахстан до 2021 года». № гос. регистрации 0118РК01216, инв.№ 0219РК00058, Тараз, 2019.

30. Отчет Арало–Сырдарьинской бассейновой инспекции по регулированию использования и охране водных ресурсов за 2021 год.

31. Issanova, G., Jilili, R., Abuduwaili, J., Kaldybayev, A., Saparov, G., Yongxiao, G., 2018. Water availability and state of water resources within water–economic basins in Kazakhstan. Paddy Water Environ. 16, 183–191. https://doi.org/10.1007/s10333– 018–0630–6.

32. Видение развития Интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР) на основе опыта проекта «ИУВР Фергана»в Узбекистане. Подруков. В.А. Духовного. – Ташкент: 2011. – 58 с.

33. Концепция развития системы управления водными ресурсами Республики Казахстан на 2024 – 2030 годы. Постановление Правительства Республики Казахстан от 5 февраля 2024 года № 66. https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000066;

34. Данные по водным ресурсам РК. [Электронный ресурс]. URL:[http://www.cawater–info.net/water\_world/pdf/balkhash–alakol–kz.pdf](http://www.cawater-info.net/water_world/pdf/balkhash-alakol-kz.pdf) (дата обращения 27.09.2021).

35. Данные Комитета по водным ресурсам Министерства экологии, геологии и природных ресурсов РК [Электронный ресурс].URL:<https://www.gov.kz/memleket/entities/water?lang=ru> (дата обращения 27.09.2021).

36. Zhupankhan, A., Tussupova, K., Berndtsson, R., 2018. Water in Kazakhstan, a key in Central Asian water management. Hydrol. Sci. J. 63 (5), 752–762. https://doi.org/ 10.1080/02626667.2018.1447111.

37. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С. Т.1. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (концепция) // Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (30–ти томная монография). – Алматы, 2012. – 94 с.

38. Толеубаева Л.С. Т. 21. Водообеспеченность Республики Казахстан: состояние и перспективы // Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (30–ти томная монография). – Алматы, 2012. – 238 с.

39. Достай, Ж.Д. Т. 2. Природные воды Казахстана: ресурсы, режим, качество и прогноз // Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление (30–ти томная монография). – Алматы, 2012. – 330 с.

40. Наличие и использование сельскохозяйственных земель РК. [Электронный ресурс]. URL:[http://www.cawater–info.net/water\_world/pdf/aralo–syrdarya–kz.pdf](http://www.cawater-info.net/water_world/pdf/aralo-syrdarya-kz.pdf) (дата обращения 25.07.2021).

41. В 2021 году в южных регионах Казахстана планируется сократить посевные площади хлопчатника на 16 тыс. га и риса – на 14 тыс. га. Источник: Аграрный сектор. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/242835825> (дата обращения 13.04.2022).

42. План МСХ РК по увеличению орошаемых земель до 2030 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gov.kz/memleket/entities/moa?lang=ru> (дата обращения 30.03.2022)

43. Мелиоративное состояние и использование орошаемых земель Арало–Сырдарьинского водного бассейна [Электронный ресурс]. Режим доступа:[https://articlekz.com/article/12699 – Дата обращения 25.07.2021](https://articlekz.com/article/12699%20-%20Дата%20обращения%2025.07.2021).

44. Отчет о мелиоративном состоянии орошаемых земель в Туркестанской области. – РГУ «Ю–КГМЭ» Шымкент, 2022.

45. Агроклиматический справочник по Южно–Казахстанcкой области. – Ленинград. Гидрометеоиздат, 1961. – 220 с.

46. Lioubimtseva, E., Henebry, G.M., 2009. Climate and environmental change in arid Central Asia: Impacts, vulnerability, and adaptations. J. Arid Environ. 73 (11), 963–977. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.04.022>.

47. А. Воробьева, Д. В. Ладонин, О. В. Лопухина, Т. А. Рудакова, А. В. Кирюшин. Химический анализ почв. Вопросы и ответы. М. 2011. – 186 с.

48. Ганжара Н.Ф. и др. Практикум по почвоведению.– М.: Агропромиздат,1985. –335с.

49. Юдин Ф.А. Методика агрохимических исследований – М.: Колос, 1988. –366 с.

50. Доспехов Б. П. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

51. Amirgaliyev N., Opp C., Askarova M., Ismukhanova L., Madibekov A., Zhadi A., 2023. Long–term dynamics of persistent organic pollutants in water bodies of the Aral Sea–Syrdarya basin. Appl. Sci. 13 (20), 11453. https://doi.org/10.3390/ app132011453.

52. Laiskhanov S.U., Otarov A., Savin I.Y., Tanirbergenov S.I., Mamutov Z.U., Duisekov S.N., Zhogolev A., 2016. Dynamics of soil salinity in irrigation areas in South Kazakhstan. Pol. J. Environ. Stud. 25 (6) https://doi.org/10.15244/pjoes/ 61629.

53. Rau A., Zhu K., Nurlan B., Mirobit M., Yessenkul K., Bek M.H., David L.D., 2023a. Agronomic and reclamation strategies to enhance soil fertility, productivity and water accessibility. Front. Sustain. Food Syst. 7, 1288481 https://doi.org/10.3389/ fsufs.2023.1288481.

54. Тирбосынова А.А., Хсулеименова Н.Ш., Сулеименов Б.У. Исследование основных биологических, химических и физико–химических свойств целинных сероземов в богарном земледелии Мактааральского района. Почвоведение и агрохимия. 2016;(1):37–42.

55. Mustafayev, Z., Toletayev, A., Skorintseva, I., Aldazhanova, G., 2023a. Assessment of Natural Moisture Availability of Turkestan Region of the Republic of Kazakhstan. Indones. J. Geogr. 55 (2), 352–360. <https://doi.org/10.22146/ijg.71917>.

56. Mustafayev, Z., Skorintseva, I., Toletayev, A., Bassova, T., Aldazhanova, G., 2023b. Assessment of climate change in natural areas of the Turkestan region of the Republic of Kazakhstan for the purposes of sustainable agricultural and recreational nature management. Geoj. Tour. Geosites 46 (1), 70–77. https://doi.org/10.30892/ gtg.46108–1002.

57. Tanirbergenov, S., Saljnikov, E., Suleimenov, B., Saparov, A., Cakmak, D., 2020. Salt affected soils under cotton–based irrigation agriculture in southern Kazakhstan. Zemljiˇste i Biljka 69 (2), 1–14.

58. Amanbayeva, K., Mosiej, J., Zhaparkulova, E.D., Zhanumkhan, K., 2022. Measures for increasing productivity of water and agricultural land resources in South Kazakhstan–Maktaaral district case study. Acta Sci. Pol.: Form. Circumiectus 21 (1). https://doi.org/10.15576/ASP.FC/2022.21.1.49.

59. Бурлибаев М.Ж. и др. Арало–Сырдарьинский бассейн (гидроэкологические проблемы, вопросы вододеления). – Алматы: Дәуір, 2001. – 180 с.

60. Айдаров, И. П. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель / И. П. Айдаров, А. И. Голованов, Ю. Н. Никольский. – М. :Агропромиздат, 1990. – 238 с.

61. M. Mirdadayev, А. Basmanov, N. Balgabayev, B. Amanbayeva, A. Duisenkhan Research of hydrogeological conditions and energy parameters of zonal irrigated soils when optimizing energy–efficient reclamation technologies in the Republic of Kazakhstan. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Series of Geology and Technical Sciences №5.2022 – P.128–1427

62. Кирейчева Л.В. Мировой опыт и передовые технологии эффективного использования водных ресурсов // Сеть водохозяйственных организация стран Восточной Европы, Кавказа и Центральной Африки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eecca–water.net/index.php?option=com\_content&task=view&id=516&Itemid=52.

63. Калашников А.А., Байзакова А.Е., Куртебаев Б.М. Разработка и испытание модульных систем мелкодисперсного дождевания для орошения сельскохозяйственных культур в сложных и неблагоприятных условиях вегетации / Международный двуязычный журнал «Наука и мир» № 1 (17), 2015, изд. «Научное обозрение» (с импакт–фактором IF–0,325), С. 120–126;

64. P. Kalashnikov, N. Balgabaev, A. Baizakova, A. Kalashnikov. The technology of cultivating lump crops with mist sprinkling in the conditions of the Zhambyl region / Журнал EEC–EM – Ecology, Environment and Conservation (0971765X–India–Scopus) DOI:10.3844/ojbsci.2017.110.120 OnLine Journal of Biological Sciences Volume 17, Issue 2 Pages 110–120; IF–0.23, Q3, 36%.

65. Методические рекомендации по оценке качества оросительных и грунтовых вод в бассейне рек Аса–Талас и снижению размеров водоотведения (Одобрены на заседании Ученого совета КазНИИВХ (протокол №4 от 11 ноября 2009 года). – Тараз, 2019. – 25 с.

66. Жапаркулова Е.Д., Набиоллина М.С., Калиева К. Влияние минерализации коллекторно–дренажных вод на долю их участия в оросительной норме.

67. Койбакова Е.С. Корректировка поливного режима в зависимости от качества оросительной воды // Сб. научных трудов КазНИИВХ: «Научные исследования в области мелиорации и водного хозяйства». – Тараз, 2000. – С. 178–189.

68. Анзельм К.А., Эсанбеков М.Ю. Использование коллекторно–дренажных вод на орошаемых землях южного Казахстана как резерв повышения водообеспеченности. Научно–информационный журнал // Водное хозяйство Казахстана №1(82), январь–март 2019 г.

69. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.:Агропромиздат, 1985. – 307 с.

70. Муравин Э. А. Агрохимия. – М.: КолосС, 2004. – 384 с.

71. Базилевич Н.И., Панкова Е.Н. Опыт классификации почв по засолению // Почвоведение. – 1968. – №11. – С. 3–16.

72. Бижанова А.Е., Кедельбаев B.Ш. Проблема и деградации почв, анализ современного состояния плодородия орошаемых почв Республики Казахстан/Научное обозрение биологических наук. – 2016.–№ 2.–С. 5–13.–URL: https://science–biology.ru/ru/article/view?id=991 (дата обращения: 10.10.2021).

73. Zhaparkulova E.D., Amanbayeva B.Sh., Dzaisambekova R.A., Mirdadayev M.S., Mosiej J. (2021) Geological structure of soils and methods of water resources management of the Asa River//News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. Vol. 4, № 448 (2021), 131–138.

74. М.С. Мирдадаев, А.А. Дюсейхан, А. Е.Алдиярова, А.В. Басманов, Е.Д. Жапаркулова Оптимизация технологии химической мелиорации земель в Республике Казахстан. Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. №1 (101) 2024 – С.253–263

75. Е. Е. Ергожин, Т. К.Чалов, Т. В. Ковригина, К. М. Калмуратова Методы очистки дренажных вод и их использование. Химический журнал Казахстана, №1, 2019 – С. 20–36

76. Методические рекомендации по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям / Под ред. Академика РАВН, д.т.н., профессора М.Ж. Бурлибаева. – Астана: Министерство охраны окружающей среды РК, 2012.

77. Бурлибаев М.Ж. и др. Современное состояние загрязнения основных водотоков Казахстана ионами тяжелых металлов. – Алматы: Изд–во «Каганат», 2002. – 256 с.

78. Рекомендации по управлению мелиоративными процессами и качеством воды на гидромелиоративных системах Казахстана / Бекбаев Р.К., Джаманбаев Б.С., Басманов А.В., Жапаркулова Е.Д., Биримкулова Б., Салимбаев Р.Р. – Тараз: ИЦ «Аква», 2008. – 40 с.

79. Пасечник Е.Ю., Савичев О.Г., Кузеванов К.И. Гидрохимические основы использования и охраны водных ресурсов. – Издательство Томского политехнического университета, 2021. – 194 с.

80. Zhang, W., Ma, L., Abuduwaili, J., Ge, Y., Issanova, G., Saparov, G., 2019. Hydrochemical characteristics and irrigation suitability of surface water in the Syr Darya River, Kazakhstan. Environ. Monit. Assess. 191, 1–17. https://doi.org/ 10.1007/s10661–019–7713–8.

81. Anuarbekov K.K., Aldiyarova A.E., Kaipbayev E.T., Radzevicius A., Mendibayeva G. Exploitation of wastewater irrigation system (WWIS) (2018) News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 6 (432), pp. 129 – 136.

82. Кенжебаева С.С. Состояние орошаемых территории нижнего течения реки Сырдарья (Аккум, Кызылординская область, Казахстан). Научно–исследовательские публикации. 2015. Т.1. №3(23) – С.63–75

83. Кенжебаева С.С. Гидрогеологические условия территории нижнего течения реки Сырдарья в связи с орошением на сельскохозяйственных землях. Научно–исследовательские публикации. 2015. Т.1. №3(23) – С.52–62

84. Карпенко Н. П., Мустафаев Ж. С., Kозыкеева A. Т., Ескермесов Ж. Е. Анализ экологической ситуации и комплексная мелиоративная оценка состояния орошаемых агроландшафтов в низовьях реки Сырдарья // Природообустройство, 2015.– С. 8–12.

85. Икрамов Р.К. Принципы управления водно–солевым режимом орошаемых земель Средней Азии в условиях дефицита водных ресурсов. Ташкент, 2001,–с.189

86. Anuarbekov, K.K., Aldiyarova, A.E., Zubairov, O.Z., Mengdibayeva, G.Z., Radzevicius, A., Burketbayeva, A.N., 2018b. Water–saving technology of irrigation of corn. N. Natl. Acad. Sci. Repub. Kazakhstan, Ser. Geol. Tech. Sci. 2 (428), 149–155.

87. Espolov, T.I., Rau, A.G., Вalgabayev, N.N., Zhaparkulova, E.D., Mosiej, J., 2022. Geological structure of alluvial sediments of river terraces and energy efficiency of irrigation systems. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Ser. Geol. Tech. Sci. 3 (453), 89–100.

88. Rau, A., Koibakova, Y., Nurlan, B., Nabiollina, M., Kurmanbek, Z., Issakov, Y., et al., 2023b. Increase in productivity of chestnut soils on irrigated lands of northern and Central Kazakhstan. Land 12, 672.

89. Suleimenova, N., Togisbayeva, A., Orynbasarova, G., Kuandykova, E., Yerekeyeva, S., 2023. Ecological assessment of soil contamination with heavy metals due to the application of mineral fertilisers. J. Water Land Dev. 56, 74–80. https://doi.org/ 10.24425/jwld.2023.143747.

90. Dyuisenkhan A., Zhaparkulova Y., Yerlan Issakov, Mirdadayev M., Aldiyarova A., Kaipbayev Y., Kalmashova A., Zhoya Kairat, Kai Zhu, Lorant D´enes David The possibility of using groundwater and collector–drainage water to increase water availability in the Maktaaral district of the Turkestan region of Kazakhstan. Agricultural Water Management 301 (2024) – pp.1–11.

91. Хожамуратова Р.Т., Чембарисов Э.И. Использование дренажных вод для орошения в условиях Республики Каракалпакстан и дефицита оросительных вод. Экономика и социум №10(77) 2020 – С.843–847

92. Рекомендации по безопасному использованию коллекторно – дренажных вод (кдв) на орошение. Ташкент, 2007 – 24 с.

93. А.А. Шомантаев, Ж.А. Абзалиева, Р.К. Бейсетаева Сельскохозяйственное использование коллекторно–дренажных вод для орошения в регионе Приаралья. Гидрометеорология и экология №4, 2010 – С.173–178.

94. Исаев С. Х., Хайдаров Б. А. Использование коллекторно–дренажных вод для орошения хлопчатника // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №9. С. 109–113.

95. С.Д. Магай Оценка и технология использования возвратных вод на ирригационных системах в среднем течении реки Сырдарьи. Гидрометеорология и экология №2, 2010 – С.130–136

96. Anuarbekov, K., 2022. Assessment of the socio–environmental consequences of pollution of the lower reaches of the Syrdarya River under the influence of discharge and sewage waters. Vestnik KazNU. Series geograficheskaya, 65 (2), 95–102. https://doi. org/10.26577/JGEM.2022.v65.i2.09.

97. Чембарисов Э.И., Насрулин А.Б., Лесник Т.Ю., Хожамуратова Р.Т. Изучение влияния речных вод Узбекистана на засоление и загрязнение агроландшафтов в условиях изменения климата. //В сб. научных трудов Центрально–Азиатской международной научно–практической конференции МКВК, Водному сотрудничеству стран Центральной Азии – 20 лет: опыт прошлого и задачи будущего, Алма–ата, 2012. – С. 175–177.

98. С.Д. Магай Эффективность и технологии орошения сельскохозяйственных культур минерализованными водами на Юге Казахстана. Гидрометеорология и экология №2, 2013 – С.132–139

99. Ю. Г. Безбородов, Г. А. Безбородов, М. Ю. Эсанбеков Водосберегающие элементы поверхностного полива. Природообустройство №4, 2014 – С.12–17

100. Wahba, M.A.S., 2017. Assessment of options for the sustainable use of agricultural drainage water for irrigation in Egypt by simulation modelling. Irrig. Drain. 66 (1), 118–128. <https://doi.org/10.1002/ird.2029>.

101. Бекбаев Р. Мелиоративная эффективность фосфогипса на орошаемых землях бассейна рек Аса–Талас. Московский экономический журнал №3, 2016 – С.76–91.

102. Ибатуллин С., Вышпольский Ф., Бекбаев Р., Бекбаев У., Сулейменов М., Кадыр М., Каримов А., Юлдашев Т. Рекомендации по совершенствованию технологии повышения продуктивности солонцеватых и щелочных почв. Тараз: ИЦ «Аква», 2008. – 23 с.

103. Данкова, Р., Бертон, М., Салман, М., Кларк, А. и Пек, Е. 2022. Модернизация систем ирригации в Центральной Азии. Направления инвестиций, Выпуск 6. Рим, ФАО и Всемирный банк. <https://doi.org/10.4060/cb8230ru>

104. Л. А. Воеводина, О. В. Воеводин МАГНИЙ ДЛЯ ПОЧВЫ И РАСТЕНИЙ. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 2(18), 2015 г., [70–81]

105. Минашина, Н. Г. Заботиться о плодородии почв при орошении / Н. Г. Минашина // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. – № 2. – С. 36–38.

106. Мелиорация солонцовых почв в условиях орошения / Н. С. Скуратов [и др.]. – Новочеркасск: НОК, 2005. – 180 с.

107. В.В. Окорков Использование фосфогипса в земледелии. [Владимирский земледелец](https://cyberleninka.ru/journal/n/vladimirskiy-zemledelets), № 4 (62) 2012 – С.12–19.

108. В.А. Немиро Вертикальный дренаж при создании мелиоративных систем с расположенными по площади водоемами и скважинами. [Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук](https://cyberleninka.ru/journal/n/vestnik-polesskogo-gosudarstvennogo-universiteta-seriya-prirodovedcheskih-nauk), 2008 – С.40–43.

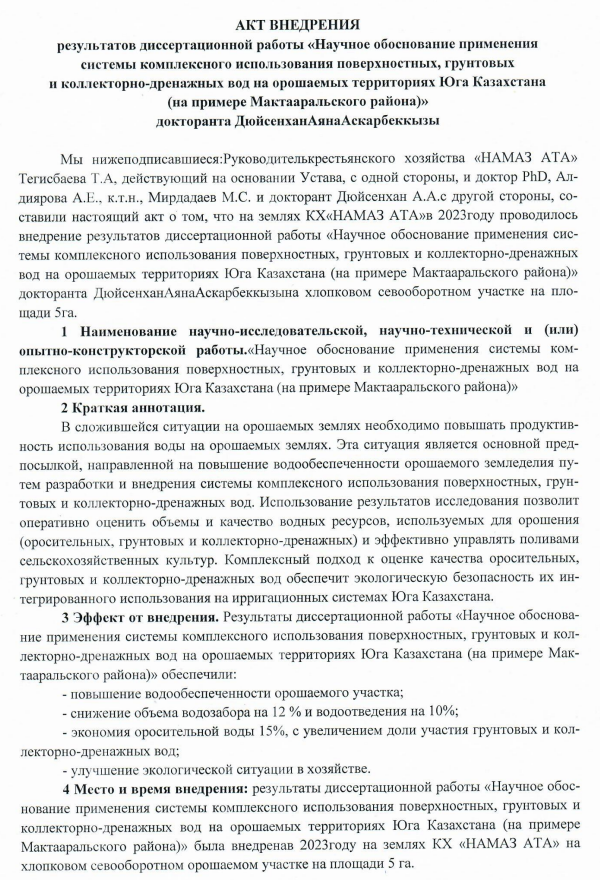
109. П.Ч.Газиева Глубина залегания и изменение минерализации грунтовых вод орошаемых лугово–серых почв сальянской степи. Природные системы и ресурсы. 2020. Т. 10. № 2 – С.15–25

110. В.И. Заносова, Т.Я. Молчанова Оценка качества подземных вод и степени их пригодности для орошения. Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 6 (152), 2017 – С.49–54.

Приложение А



Продолжение приложении А



Продолжение приложении А



Приложение Б

Затраты воды и площади регулярного орошения по Арало–Сырдарьинскому ВХБ за 2015–2020 гг.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Область, район | 2015 год | | | 2016 год | | | 2017 год | | |
| площадь, га | затраты  воды, млн. м3 | средневзвешенные затраты воды, м3/га | площадь, га | затраты  воды, млн. м3 | средневзвешенные затраты воды, м3/га | площадь, га | затраты  воды, млн. м3 | средневзвешенные затраты воды, м3/га |
| Арало–Сырдарьинский бассейн | | | | | | | | | |
| Кызылординская область | | | | | | | | | |
| Жанакорганский | 38051 | 411,17 | 10805,76 | 37939 | 390,38 | 10289,68 | 32752 | 396,63 | 12110,10 |
| Шиелийский | 27082 | 486,34 | 17958,05 | 27401 | 515,91 | 18828,14 | 29649 | 501,24 | 16905,87 |
| г. Кызылорда | 8938 | 244,11 | 27311,48 | 8019 | 217,03 | 27064,47 | 8539 | 189,99 | 22250,61 |
| Сырдаринский | 32824 | 803,71 | 24485,44 | 31911 | 650,71 | 20391,4 | 32572 | 614,04 | 18851,80 |
| Жалагашский | 30955 | 887,64 | 28675,17 | 32866 | 868,77 | 26433,7 | 35477 | 773,03 | 21789,59 |
| Кармакшинский | 22694 | 536,55 | 23642,81 | 22559 | 509,28 | 22575,47 | 23712 | 450,29 | 18989,96 |
| Казалинский | 17616 | 401,62 | 22798,59 | 19479 | 376,8 | 19343,91 | 17355 | 313,58 | 18068,57 |
| Аральский | 398 | 3,56 | 8944,72 | 398 | 2,94 | 7386,94 | 718 | 5,19 | 7228,41 |
| Итого по области | 178558 | 3774,7 | 21139,91 | 180572 | 3531,8 | 19559,07 | 180774 | 3244,00 | 17945,06 |
| Туркестанская область | | | | | | | | | |
| г. Шымкент | 25283 | 106,39 | 4208,08 | 25267 | 107,02 | 4235,37 | 25229 | 96,34 | 3818,46 |
| Арысский | 14404 | 97,11 | 6741,67 | 13413 | 105,51 | 7865,88 | 13320 | 96,23 | 7224,69 |
| Байдибекский | 9503 | 50,93 | 5359,15 | 12344 | 51,42 | 4165,51 | 9360 | 49,22 | 5258,44 |
| Ордабасинский | 35715 | 239,86 | 6716,00 | 35085 | 208,9 | 5954,11 | 35217 | 186,18 | 5286,65 |
| Отрарский | 23279 | 167,22 | 7183,08 | 33717 | 177,44 | 5262,57 | 30011 | 105,46 | 3513,88 |
| Толебиский | 16040 | 54,23 | 3381,11 | 16110 | 35,97 | 2232,59 | 16284 | 59,63 | 3661,75 |
| Туркестанский | 48966 | 393,92 | 8044,83 | 48807 | 376,68 | 7717,83 | 55315 | 260,19 | 4703,86 |
| г.Кентау | 1900 | 10,07 | 5298,42 | 1734 | 9,24 | 5329,29 | 1934 | 8,13 | 4202,17 |
| Тюлькубасский | 21520 | 20,39 | 947,30 | 21540 | 15,39 | 714,717 | 21540 | 11,88 | 551,53 |
| Казыгуртский | 14917 | 83,17 | 5575,38 | 14928 | 76,12 | 5099,14 | 14921 | 75,01 | 5027,34 |
| Сайрамский | 23809 | 105,37 | 4425,72 | 24373 | 131,93 | 5412,88 | 24375 | 84,49 | 3466,63 |
| Сарыагашский | 49692 | 463,77 | 9332,93 | 48797 | 465,29 | 9535,22 | 48942 | 409,49 | 8366,88 |
| Мактаралский | 147423 | 1076,3 | 7301,01 | 144575 | 998,85 | 6908,89 | 144744 | 849,94 | 5871,99 |
| Шардаринский | 62907 | 796,53 | 12662,07 | 62262 | 792,26 | 12724,63 | 50371 | 437,62 | 8687,84 |
| Сузакский | 5587 | 10,49 | 1877,93 | 5851 | 8,741 | 1493,93 | 5847 | 9,64 | 1647,85 |
| Итого по области | 500945 | 3675,8 | 7337,71 | 496510 | 7171,56 | 7171,57 | 497410 | 2739,44 | 5507,41 |
| Итого по АСБВУ | 679503 | 7450,49 | 10964,61 | 677082 | 10475,21 | 10475,21 | 678184 | 5983,44 | 8822,74 |

продолжение таблицы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Область, район | 2018 год | | | 2019 год | | | 2020 год | | | Средневзвешенные затраты воды за наблюдаемый период, м3/га |
| площадь, га | затраты  воды, млн. м3 | средневзвешенные затраты воды, м3/га | площадь, га | затраты  воды, млн. м3 | средневзвешенные затраты воды, м3/га | площадь, га | затраты  воды, млн. м3 | средневзвешенные затраты воды, м3/га |
| Арало–Сырдарьинский водохозяйственный бассейн | | | | | | | | | | |
| Кызылординская область | | | | | | | | | | |
| Жанакорганский | 36561,5 | 296,26 | 8103,06 | 29695,95 | 377,58 | 12714,87 | 28283 | 449,11 | 15879,15 | 11650,44 |
| Шиелийский | 33301 | 477,8 | 14347,92 | 33058 | 487,56 | 14748,47 | 25801 | 641,55 | 24865,32 | 17942,29 |
| г. Кызылорда | 8894 | 209,52 | 23557,23 | 10053 | 227,47 | 22627,18 | 7907 | 296,47 | 37494,63 | 26717,60 |
| Сырдаринский | 28497 | 629,61 | 22093,90 | 32597 | 694,14 | 21294,60 | 39917 | 851,49 | 21331,51 | 21408,11 |
| Жалагашский | 32363,3 | 762,08 | 23547,59 | 36678,95 | 767,35 | 20920,83 | 33016 | 925,75 | 28039,44 | 24901,05 |
| Кармакшинский | 21282 | 439,56 | 20654,07 | 23690 | 458,60 | 19358,38 | 23050 | 530,19 | 23001,74 | 21370,41 |
| Казалинский | 17790 | 288,66 | 16225,86 | 17105 | 298,90 | 17474,42 | 19619 | 374,08 | 19067,23 | 18829,76 |
| Аральский | 179 | 2,27 | 12703,91 | 198 | 2,244 | 11333,33 | 1036 | 2,42 | 2335,91 | 8322,20 |
| Итого по области | 178867,8 | 3105,76 | 17363,43 | 183075,9 | 3313,84 | 18100,93 | 178629 | 4071,06 | 22790,59 | 19483,16 |
| Туркестанская область | | | | | | | | | | |
| г. Шымкент | 12470 | 82,61 | 6624,62 | 2556 | 63,45 | 24821,987 | 25203 | 92,53 | 3671,39 | 7896,65 |
| Арысский | 9134,5 | 72,77 | 7966,83 | 11719 | 79,04 | 6744,432 | 14816 | 77,01 | 5197,56 | 6956,84 |
| Байдибекский | 7374 | 50,01 | 6782,07 | 7238 | 55,26 | 7634,844 | 12704 | 38,16 | 3003,54 | 5367,26 |
| Ордабасинский | 30360 | 149,69 | 4930,34 | 28449,6 | 182,23 | 6405,468 | 35532 | 165,68 | 4662,95 | 5659,25 |
| Отрарский | 18138 | 126,04 | 6949,17 | 16656,1 | 117,51 | 7055,313 | 35677 | 124,23 | 3481,99 | 5574,33 |
| Толебиский | 4094,5 | 44,77 | 10934,18 | 4129 | 22,16 | 5365,948 | 16394 | 24,76 | 1510,49 | 4514,35 |
| Туркестанский | 84865 | 415,99 | 4901,79 | 47466 | 238,62 | 5027,093 | 54340 | 194,72 | 3583,35 | 5663,12 |
| г.Кентау | 1734 | 6,59 | 3802,77 | 350 | 3,40 | 9714,286 | 1533 | 3,40 | 2217,87 | 5094,14 |
| Тюлькубасский | 4421 | 16,48 | 3727,66 | 6352,91 | 20,56 | 3235,683 | 21804 | 29,21 | 1339,57 | 1752,75 |
| Казыгуртский | 1118 | 62,81 | 56180,68 | 7354 | 64,11 | 8717,433 | 14921 | 95,60 | 6407,28 | 14501,21 |
| Сайрамский | 7732,8 | 67,82 | 8770,56 | 13611,3 | 117,09 | 8602,705 | 20796 | 74,89 | 3601,32 | 5713,30 |
| Сарыагашский | 65669 | 519,80 | 7915,47 | 49525 | 495,73 | 10009,732 | 51633 | 854,32 | 16545,93 | 10284,36 |
| Мактаралский | 136384 | 791,13 | 5800,78 | 136384,5 | 780,52 | 5722,967 | 143184 | 990,10 | 6914,86 | 6420,08 |
| Шардаринский | 42761 | 440,31 | 10296,98 | 36996 | 730,13 | 19735,269 | 61088 | 631,98 | 10345,47 | 12408,71 |
| Сузакский | 1821,5 | 8,82 | 4841,61 | 1979,25 | 9,17 | 4634,58 | 6024 | 12,66 | 2101,76 | 2766,28 |
| Итого по области | 428077,3 | 2855,65 | 6670,87 | 370766,66 | 2978,62 | 8037,10 | 515649 | 3409,25 | 6611,57 | 6888,96 |
| Итого по АСБВУ | 606945,1 | 5961,41 | 9821,99 | 553842,56 | 6292,47 | 11361,47 | 694278 | 7480,309 | 10774,23 | 10370,15 |