

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КРЫМА

коллективная монография

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ – ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КРЫМА



Симферополь, ИТ «АРИАЛ», 2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ - ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КРЫМА

Коллективная монография

Симферополь
ИТ «АРИАЛ»
2022

УДК 504.4.062.2:631.67
ББК 20.18
В 62

*Рекомендовано к печати Ученым советом
ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»
Протокол № 2 от 26.04.2022 г.*

Авторы: Вайль И. В., Волкова Н. Е., Гусева В. Н., Джапарова А. М., Дунаева Е. А.,
Захаров Р. Ю., Зубоченко А. А., Иванюгин Н. М., Ковалев Н. И., Кременской В. И.,
Паштецкий В. С., Подовалова С. В., Попович В. В., Тарасенко В. С., Умерова Л. Р.,
Юнчик Ю. А.

Рецензенты:

Щедрин В. Н. – академик РАН, доктор технических наук, профессор,
ФГБНУ «РосНИИПМ»;

Кулик К. Н. – академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, ФГБНУ «ФНЦ агроэкологии РАН».

В 62 **Водные ресурсы – основа устойчивого развития Крыма:** коллективная
монография / Под редакцией: Паштецкого В. С. – Симферополь :
ИТ «АРИАЛ», 2022. – 216 с.
ISBN 978-5-907656-39-0
EDN BTYHNQ

В книге представлен обобщенный анализ фактической обстановки в
водохозяйственном комплексе Республики Крым и предложены подходы
достижения рационально организованного процесса водопользования,
учитывающие природно-климатические, социально-экономические особенности
региона.

Монография предназначена для широкого круга читателей:
преподавателей, студентов, специалистов, работающих в сфере водного и
сельского хозяйства, а также тех, кто интересуется вопросами рационального
использования и охраны земельных и водных ресурсов.

УДК 504.4.062.2:631.67
ББК 20.18

- © Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки «Научно-
исследовательский институт сельского
хозяйства Крыма», 2022
© Коллектив авторов, 2022
© ИТ «АРИАЛ», макет, оформление, 2022

ISBN 978-5-907656-39-0

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ | 6 |
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 8 |
| Глава 1 | |
| ЗНАЧЕНИЕ ВОДЫ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА, УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА И ГОСУДАРСТВА | 13 |
| 1.1. Вода и человек | 13 |
| 1.2. Глобальная стратегия устойчивого водопользования | 17 |
| Глава 2 | |
| ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА КРЫМА | 21 |
| 2.1. Природно-климатические условия и их влияние на формирование и распределение водных ресурсов в регионе..... | 21 |
| 2.2 Структура экономики Республики Крым | 25 |
| Глава 3 | |
| ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ КРЫМА | 29 |
| 3.1. Водотоки | 29 |
| 3.2. Озера | 33 |
| 3.3. Водохранилища | 35 |
| 3.4. Пруды | 37 |
| 3.5. Система Северо-Крымского канала | 42 |
| 3.6. Подземные воды | 44 |
| Глава 4 | |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ: НАЛИЧИЕ, ПОТРЕБНОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ | 50 |
| 4.1. Общая характеристика процесса водопользования в Крымском регионе | 50 |
| 4.2. Перспективы использования альтернативных водных ресурсов в Республике Крым | 56 |
| 4.2.1. Опреснение как способ решения проблемы питьевого водоснабжения | 56 |
| 4.2.2. Современные разработки в области получения пресной воды и перспективы их использования | 61 |
| 4.2.3. Возможности применения очищенных сточных вод в сельском хозяйстве Крымского региона | 64 |
| 4.2.4. Достоинства и недостатки использования в степной части Крыма коллекторно-дренажных вод для целей орошения | 70 |

| | |
|--|-----|
| Глава 5 | |
| СТРУКТУРА УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ КРЫМА | 77 |
| Глава 6 | |
| ПРОБЛЕМЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА КРЫМСКОГО РЕГИОНА | 87 |
| 6.1. Усиление дефицита водных ресурсов | 87 |
| 6.2. Проблемы, связанные с осуществлением коммунального водоснабжения и водоотведения | 96 |
| 6.3. Недостаток информационных данных, отражающих качественные и количественные характеристики водных ресурсов и их использование | 100 |
| Глава 7 | |
| ИНСТРУМЕНТЫ ДОСТИЖЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ | 104 |
| 7.1. Использование инновационных технологий поиска глубокозалегающих подземных вод | 104 |
| 7.2. Комплексные подходы к оценке качества питьевой воды, как инструмент разработки управленческих решений в коммунальной сфере | 109 |
| 7.3. Возможности использования современных цифровых технологий для решения водохозяйственных задач | 116 |
| 7.4. Комплексные подходы к оценке состояния прудов, включая их влияние на окружающую среду и соблюдение интересов человека | 127 |
| Глава 8 | |
| СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ ПО ДОСТИЖЕНИЮ РАЦИОНАЛЬНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ | 138 |
| 8.1. Схема комплексного использования и охраны водных объектов, как механизм обеспечения рационального применения водоресурсного потенциала | 138 |
| 8.2. Интегрированное управление водными ресурсами, как методологический подход по усовершенствованию процесса организации и ведения водохозяйственной деятельности | 144 |
| 8.2.1. Мировой опыт использования ИУВР | 149 |
| 8.2.2. Разработки по внедрению интегрированного управления водными ресурсами в Республике Крым | 152 |

| | |
|--|-----|
| Глава 9 | |
| ОРОШАЕМОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ КРЫМА: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ | 165 |
| Глава 10 | |
| ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНЫЕ И СПЕЦИАЛИСТЫ, ВНЕСШИЕ ВКЛАД В РАЗВИТИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ КРЫМА | 177 |
| 10.1. Известные ученые, занимавшиеся изучением водных объектов Крыма | 177 |
| 10.2. Заслуженные работники водного хозяйства Крыма | 186 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 194 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 196 |
| Приложение А. Пруды бассейна р. Бештерек | 197 |
| Приложение Б. Пруды бассейна р. Абдалка | 208 |
| СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ | 213 |

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В монографии используются следующие сокращения и обозначения:

DWQI – Drinking Water Quality Index (индекс качества питьевой воды)
CCME WQI – Canadian Council of Ministers of the Environment water quality index (показатель качества воды Совета министров окружающей среды Канады)
АО – акционерное общество
АРК – Азовский рисовый канал
АЭС – атомная электростанция
БПК₅ – биохимическое потребление кислорода за 5 суток
ВДНХ – выставка достижений народного хозяйства
ВП – вызванная поляризация
ВЭЗ – вертикальное электромагнитное зондирование
ГБУ – государственное бюджетное учреждение
ГИС – географическая информационная система
ГК – главный коллектор
ГТС – гидротехническое сооружение
ГУП – государственное унитарное предприятие
ГЭС – гидроэлектростанция
ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли
ИЗВ – индекс загрязнения воды
ИУВР – интегрированное управление водными ресурсами
КГВ – Красногвардейская ветка
КОС – канализационное очистное сооружение
ЛГМИ – Ленинградский гидрометеорологический институт
МПП – метод переходных процессов
НАН – Национальная академия наук
НАПКС – Национальная академия природоохранного и курортного строительства
НДТ – наилучшая доступная технология
НПУ – нормальный подпорный уровень
НС – насосная станция
ООО – общество с ограниченной ответственностью
ПАО – производственно-аграрное объединение
ППК – почвенный поглощающий комплекс
РК – Республика Крым
РРК – Раздольненский рисовый канал

СКИОВО – схема комплексного использования и охраны водных объектов
СКК – Северо-Крымский канал
СПК – сельскохозяйственный производственный кооператив
УКМВ – установка конвертирования морской воды
УГВ – уровень грунтовых вод
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр Всероссийского института машиностроения»
ФГБУ «Крымское УГМС» – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»
ФГБУН «НИИСХ Крыма» – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»
ФИЦ – Федеральный исследовательский центр
ЮБК – Южный берег Крыма

ПРЕДИСЛОВИЕ

Стабильная работа водохозяйственного комплекса Республики Крым создает основу для устойчивого функционирования ведущих отраслей экономики (сельского хозяйства и рекреации), обеспечения коммунально-бытовых нужд населения. Это, прежде всего, обосновано неравномерной и недостаточной естественной водообеспеченностью территории региона.



Именно для решения проблемы нехватки воды в свое время была построена система Северо-Крымского канала. Приход днепровской воды позволил существенно повысить эффективность работы сельскохозяйственной отрасли, обеспечить достаточным количеством воды жителей и отдыхающих Восточного Крыма. В результате крымская степь ожила, на карте полуострова появились новые населенные пункты, интенсивно начал развиваться рекреационный комплекс.

Перекрытие внешнего водоисточника, произошедшее в 2014 г., негативно отразилось не только на функционировании отраслей экономики, включая в первую очередь сельское хозяйство, но и работе водохозяйственного комплекса. Это обосновано тем, что его основу, прежде всего, составляют гидротехнические сооружения, за которыми нужен регулярный уход и своевременное проведение текущих и капитальных ремонтов, а для этого необходимы финансовые средства, ранее поступавшие за счет поставок потребителям днепровской воды и отведения сбросных и дренажных стоков. В результате проводимые на водотранспортирующих, коллекторно-дренажных сетях работы были сведены к минимуму, что негативно отразилось на состоянии ряда гидротехнических сооружений.

Несмотря на это, ведение водохозяйственной деятельности в условиях резкого изменения водообеспеченности территории позволило сконцентрировать внимание на решении проблем, которым ранее не уделялось должного внимания. Реконструкция канализационных очистных сооружений и систем коммунального водоснабжения, активный переход на водосберегающие технологии в сельском хозяйстве, расчистка русел рек и др. в своей совокупности способствовали более рациональному использованию водных объектов Крымского региона.

Возобновление поставок днепровской воды по системе Северо-Крымского канала будет способствовать повышению водообеспеченности отраслей экономики и населения, достижению эффективного ведения сельскохозяйственного производства, улучшению экологического состояния водных объектов, что в своей совокупности создаст основу для устойчивого социально-экономического развития Республики Крым.

Вайль И. В., председатель Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым

В сложившихся политических и социально-экономических условиях для обеспечения устойчивого функционирования агропромышленного комплекса Российской Федерации, перехода на импортозамещение посевного материала и некоторых видов растениеводческой сельскохозяйственной продукции, необходимо рационально использовать все имеющиеся земельные ресурсы. Особенно это касается угодий, подходящих для эффективного возделывания семенников, овощей, фруктов и ягод.



Республика Крым по своим природно-климатическим и почвенным условиям относится к перспективным территориям выращивания широкого ряда культур, включая субтропические. Однако для эффективного осуществления сельскохозяйственной деятельности в регионе необходимо ведение орошения, так как это позволяет предупредить негативные последствия, обусловленные недостаточной естественной увлажненностью большей части территории Крымского полуострова. Проведение своевременных поливов позволяет не только существенно увеличить урожайность плодовоовощных культур и винограда, но и создать благоприятные условия для возделывания семенников сахарной свеклы, риса, сои, кукурузы и т. п.

Республика Крым по количеству собственных водных ресурсов относится к маловодообеспеченным регионам Российской Федерации, однако комплексное использование местных водных ресурсов, включая коллекторно-дренажные и очищенные сточные воды, позволит расширить площадь орошаемых земель, что в дальнейшем в сочетании с возобновлением поставок днепровской воды по системе Северо-Крымского канала будет способствовать эффективному с экономической точки зрения ведению сельскохозяйственной деятельности в регионе.

*Паштецкий В. С., член-корр. РАН, доктор сельскохозяйственных наук,
директор ФГБУН «НИИСХ Крыма»*

Население многих стран мира уже давно столкнулось с такими глобальными проблемами как дефицит водных ресурсов и ухудшение их качества. Нехватка воды затронула более 40 % жителей планеты Земля, причем прогноз на будущее предвещает еще большее обострение ситуации. На сегодняшний день в мире на 1 человека в среднем приходится около 750 м³ пресной воды в год, к 2050 г. данный показатель может сократиться до 450 м³.



Понимание необходимости реализации действий, направленных на решение этих двух глобальных проблем, на мировом уровне сформировалось уже более 30 лет тому назад. Благодаря этому отношение к водным объектам начало постепенно изменяться. Раньше процесс водопользования основывался на таких принципах, как:

- государство – единственная сторона, ответственная за развитие и управление водными ресурсами;
- оценка прибыли и убытков лишь применительно к продовольственному сектору;
- дифференцированное рассмотрение воды для производства и экосистем;
- расширение сельхозугодий для производства продукции;
- рассмотрение сохранения биоразнообразия как второстепенной задачи;
- классифицирование воды для потребностей экосистем как «потерянной» и т. п.

Сейчас при осуществлении водохозяйственной деятельности особое внимание уделяется:

- принятию водохозяйственных решений на прозрачной основе, с привлечением широких общественных кругов;
- рассмотрению вопросов водообеспечения сельского хозяйства с учетом поддержания благоприятной экологической обстановки в природных экосистемах;
- установлению лимитов водопотребления;
- учету биоразнообразия водных экосистем;
- экономической оценке экологических аспектов при согласованиях и принятии решений по использованию чистой воды и др.

К примеру, для достижения шестой цели «обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех», сформулированной мировым сообществом в Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 г., предусмотрено осуществление ряда задач, направленных на:

- улучшение качества водных ресурсов за счет значительного сокращения, а в перспективе и ликвидации сбросов отходов, уменьшения выбросов опасных химических веществ, сокращения вдвое доли неочищенных стоков, увеличение масштабов рециркуляции и повторного использования вод во всем мире;

- повышение эффективности водопользования за счет обеспечения устойчивого функционирования водозаборных и водотранспортирующих сооружений;

- обеспечение комплексного управления водными ресурсами на всех уровнях, учитывая при необходимости трансграничное сотрудничество;

- обеспечение охраны и восстановления связанных с водой экосистем;

- поддержка и укрепление участия населения в улучшении водного хозяйства и санитарии.

Следует отметить, что в последние годы на территории Республики Крым активно реализуются мероприятия, направленные на достижение рационального водопользования: модернизируются очистные канализационные сооружения; проводится реконструкция и капитальные ремонты на системах водоснабжения; осуществляются расчистки русел рек; при орошении сельскохозяйственных угодий предпочтение отдается капельному способу полива и многое другое. Хотя выполнение данных действий в своей совокупности и не позволит полностью устранить проблему дефицита собственных водных ресурсов, но это будет способствовать повышению эколого-экономической эффективности водопользования, что является неотъемлемой частью достижения устойчивого социально-экономического развития Крымского региона.

*Тарасенко В. С., доктор геолого-минералогических наук,
профессор, вице-президент Крымской академии наук*

| | |
|----------------|--|
| Глава 1 | ЗНАЧЕНИЕ ВОДЫ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА, УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА И ГОСУДАРСТВА |
|----------------|--|

1.1. Вода и человек

*«Вода, у тебя нет цвета, нет вкуса, нет запаха,
тебя невозможно описать, люди тобою наслаждаются,
при этом не ведая, что ты есть такое...»*

Нельзя сказать, что ты необходима для жизни – ты есть сама жизнь».
(Антуан де Сент-Экзюпери)

*«Вода имеет жизненно важное значение для выживания
и наряду с санитарией помогает в охране здоровья людей
и защите окружающей среды. От нее зависит все –
состояние наших организмов и наших городов,
работа промышленности и сельского хозяйства».*
(генеральный секретарь ООН Антониу Гутерриш)

Вода – самое распространенное вещество на Земле. Она необходима для существования всего живого. Общий объем воды на Земле составляет около 1,5 млрд км³, из них пресной – всего 2,5 %. Большая ее часть сосредоточена во льдах Гренландии и Антарктиды. Только менее 1 % пресных водных ресурсов можно использовать, причем на доступные поверхностные водоисточники приходится чуть более 0,01 % мировых запасов, однако они обладают одной немаловажной для развития человеческого общества особенностью – обновлением, которое обусловлено кругооборотом воды в природе (рисунок 1.1).

Жизнь человека во все времена была тесно связана с водой. Большую роль в возникновении и развитии древнейших цивилизаций сыграли великие реки: Нил, Ефрат, Тигр, Инд, Ганг, Хуанхэ. Наличие плодородных земель и источников воды, которые можно было использовать для хозяйственных и питьевых целей, способствовало переходу к оседлому образу жизни, а необходимость коллективного труда для сельскохозяйственного освоения земель, организации поливного земледелия содействовало развитию производительных сил, использованию имеющегося сырья, применению новых орудий труда, накоплению полученного опыта. Еще во времена древнейших цивилизаций начали строить гидротехнические сооружения,

представленные магистральными отводными каналами, акведуками, плотинами, дамбами. Это позволяло обеспечить развитие орошаемого земледелия, снизить негативное воздействие вод, создать водные торговые пути и т.п. Некоторые из этих гидротехнических сооружений сохранились до наших дней.

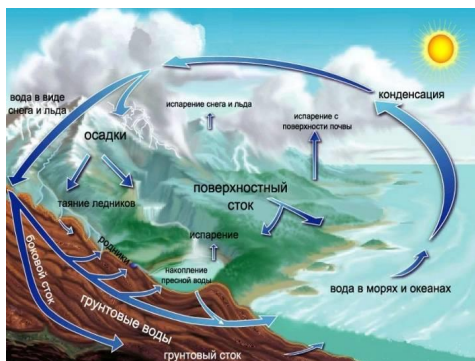


Рисунок 1.1 – Круговорот воды в природе [1]

К примеру, канал Хунгоу был построен в V в. до н. э. по приказу правителя царства У. Есть мнение, что данное гидротехническое сооружение было создано для снабжения войск в их борьбе с царством Ци. Данный канал соединил реки Хуайхэ и Янцзы [2]. Сейчас он является частью Великого канала, важнейшей внутренней водной артерии Китая, которая соединяет города Пекин и Ханчжоу.

Плотина Калланай была построена по приказу раджи Карикалана на р. Кавери во II в. до н. э. Длина сооружения 329 м, ширина – 20 м. Идея строительства плотины состояла в том, чтобы направить реку в районы дельты, где планировалось развитие орошения. Данное гидротехническое сооружение продолжает функционировать и в наши дни.

Основными критериями, определяющими значение и безопасность воды для человека и общества, являются ее количественные и качественные показатели.

Еще в древние времена люди осознавали необходимость проведения гидрологических наблюдений за стоком рек. К примеру, в Древнем Египте составление календаря было основано на тщательных наблюдениях за небесными светилами с одной стороны, и режимом р. Нил – с другой. Год делился на три сезона, по четыре месяца каждый. Месяц состоял из трех декад по десять дней. Начало года совпадало с

подъемом воды в Ниле, то есть с 19 июля, днем восхода наиболее яркой звезды – Сириуса [3].

Первые сведения о главных реках России относятся к глубокой древности. К примеру, описание Нижнего Днепра было сделано в V в. до н. э. В русских летописях, начиная с XII в. встречаются сведения о водных путях. Первым официальным изданием, в котором были приведены сведения о водотоках и озерах России является «Книга Большому Чертежу» (1552 г.), в которой представлено следующее описание водных объектов Крыма: «...в северной части полуострова вплоть до Евпатории имеются лишь копаные колодцы, а в горных районах до Бахчисарая и Феодосии встречаются также и родники [4]». Еще в 1836 г. официально была признана недостаточная водообеспеченность Крымского региона, что обосновало необходимость проведения детальных гидрологических изысканий. В данном направлении работали Головкинский Н. А., Кельтсер К. Д., Федоров Г. В., Павловский Н. Н., Потапов М. В., Шамов Г. И., Кочерин Д. И., Каракаш Н. И. и многие другие. Результаты их исследований нашли отражение в ряде публикаций: «Отчет о гидрологических изысканиях в Таврической губернии за 1887–1896 гг.», «Источники Чатырдага и Бабугана», «Материалы по водным изысканиям в Крыму», «Обзор речных долин горной части Крыма», «Гидрологические исследования верховьев р. Салгир для водоснабжения г. Симферополя», «Речной сток в верховьях Салгира до Симферополя» и др.

Систематические изучения водных объектов в России были начаты при Петре I. В 1715 г. на р. Нева у Петропавловской крепости был установлен первый водомерный пост. В Крымском регионе начало систематических наблюдений за расходными характеристиками стока положил Сикорский И. К., установивший на р. Аян в 1904 г. деревянный водослив. В дальнейшем для предупреждения занесения водосливных стенок по предложению Кочерина Д. И. стали использоваться подъемные конструкции данного вида гидротехнических сооружений. Обобщение собранных гидрологических сведений позволило подготовить основу для решения таких задач, как планирование процесса водопользования, обоснование целесообразности строительства гидротехнических сооружений, предназначенных для перераспределения водных ресурсов, защиты от вредного воздействия вод и т. п.

Первые представления о сложности состава природных вод сформировались еще в период становления и развития алхимии.

Однако сведения того времени в основном ограничивались характеристикой вкусовых качеств. Существенный вклад в изучение химического состава водных ресурсов внесли работы Ломоносова М. В. В своем учении он рассматривал природные воды как сложный раствор, качественные характеристики которого определяются окружающей средой. Разработка и усовершенствование методов химического анализа воды способствовали тому, что в XX веке особое внимание стало уделяться оценке качества данного вида ресурса, его влиянию на здоровье человека.

В России работы по изучению химического состава и гидрохимического режима природных вод получили особо интенсивное развитие с 1936 г. Были проведены обширные систематические наблюдения за химическим составом вод суши. Их организация стала возможна благодаря работе, посвященной созданию методики проведения гидрохимических исследований и проекта размещения пунктов наблюдений, выполненной Алехиным О. А., Воронковым П. П. и др. Обобщая полученные результаты, Алехин О. А. составил гидрохимическую карту рек СССР для межлетнего периода, а Воронков П. П. исследовал процесс формирования химического состава поверхностных вод степной и лесостепной зон Европейской территории СССР. В Крыму систематические гидрохимические наблюдения на реках начали осуществляться с 1938 г. Первое обобщение собранных материалов было выполнено в 1948–1949 гг. Алехиным О. А. В целом, сбор, анализ, оценка качественного состава водных ресурсов позволили создать информационную базу, необходимую для решения таких задач, как установление норм предельно-допустимых сбросов, выделение возможных источников загрязнения вод, обоснование выбора мест расположения рекреационных зон и т. п.

Невозможно недооценивать значение воды для человека и устойчивого развития общества, так как она вовлечена практически во все сферы, начиная с создания комфортных условий жизнедеятельности и заканчивая ведением промышленного производства. Следует отметить, что существующая связь в цепочке «вода-человек» является двусторонней, так как осуществляемая антропогенная деятельность оказывает значительное воздействие на экологическое состояние водных объектов. В первую очередь это влияет на качество водных ресурсов, что ограничивает возможности их хозяйственного использования. Таким образом, чтобы сохранить для будущих поколений такой жизненно важный ресурс, как «чистая»

вода, необходимо поддерживать баланс между обеспечением благоприятной экологической обстановки на водных объектах и удовлетворением социально-экономических потребностей человека, а это зависит не только от решений и действий, разрабатываемых на правительственном уровне, и их осуществления на практике, но и от бережного и уважительного отношения к данному ресурсу каждого жителя планеты Земля.

1.2. Глобальная стратегия устойчивого водопользования

Население каждой страны сталкивается с такими глобальными проблемами, как дефицит водных ресурсов и ухудшение их качества. Дефицит воды затронул уже более 40 % жителей планеты Земля, причем прогноз на будущее предвещает еще большее обострение ситуации. Это, в первую очередь, связано с увеличением численности населения. Только за последние 120 лет количество жителей на планете увеличилось в 4,7 раза, причем, согласно прогнозным данным, данная тенденция продолжится и дальше. На сегодняшний день в мире на 1 человека в среднем приходится около 750 м³ пресной воды в год, к 2050 г. данный показатель может сократиться до 450 м³.

Кроме того, водообеспеченность населения планеты сильно варьирует. Для оценки располагаемых водных ресурсов страны принят порог 1000 м³ на человека, ниже которого условия характеризуются как вододефицитные. По оценке Института мировых ресурсов, самыми необеспеченными водой странами являются: Египет – 30 м³; Израиль – 150 м³; Туркменистан – 206 м³; Молдова – 236 м³; Пакистан – 350 м³; Алжир – 440 м³; Венгрия – 594 м³; Узбекистан – 625 м³; Нидерланды – 676 м³; Бангладеш – 761 м³; Марокко – 963 м³; Азербайджан – 972 м³; ЮАР – 982 м³. Республика Крым, исходя из объемов располагаемых водных ресурсов, находится между Алжиром и Венгрией [5].

Проблема загрязнения водных ресурсов характерна практически для всех водоисточников (поверхностных и подземных). Это связано с увеличением оказываемого антропогенного воздействия. Сведения о поллютантах, которые могут присутствовать в воде и приводить к различным заболеваниям у человека, периодически обновляются Всемирной Организацией Здравоохранения.

На глобальном уровне разработкой решения водных проблем, с которыми сталкивается человечество, занимается созданная в 1945 г. Организация Объединенных Наций (ООН).

Вопросы, связанные с достижением устойчивого водопользования, были рассмотрены на следующих мероприятиях:

- конференция ООН по водным ресурсам (1977 г.);
- конференция ООН по окружающей среде и развитию (1992 г.);
- конференция ООН по окружающей человека среде (1992 г.);
- Всемирная встреча на высшем уровне по устойчивому развитию (2002 г.);
- Международная конференция высокого уровня по проведению Международного десятилетия действий «Вода для жизни» (2005–2015 гг.) и др.

В данном направлении также были разработаны и приняты такие документы, как: Повестка дня на XXI век, Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер, Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 г., Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий на 2015–2030 гг., Аддис-Абебская программа действий третьей Международной конференции по финансированию развития, Парижское соглашение в области изменения климата и др.

Шестая цель устойчивого развития Организации Объединенных Наций, сформулированная в Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 г., звучит как: «обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех». Ее достижение предполагает решение следующих задач в сфере регулирования водных взаимоотношений:

- обеспечение всеобщего и равноправного доступа к безопасной, недорогой питьевой воде, санузлам;
- улучшение качества водных ресурсов за счет ликвидации сбросов отходов, уменьшения выбросов опасных химических веществ, сокращения вдвое доли неочищенных стоков, увеличение масштабов рециркуляции и повторного использования вод во всем мире;
- повышение эффективности водопользования за счет обеспечения устойчивого функционирования водозаборных и водотранспортирующих сооружений;
- обеспечение комплексного управления водными ресурсами на всех уровнях, учитывая при необходимости трансграничное сотрудничество;
- расширение Международного сотрудничества по укреплению потенциала развивающихся стран в осуществлении деятельности и программ в области водоснабжения и санитарии, включая внедрение

современных водосберегающих технологий, применение альтернативных источников воды и т. п.;

- обеспечение охраны и восстановления связанных с водой экосистем;
- поддержку и укрепление участия населения в улучшении водного хозяйства и санитарии.

Каждый год Организация Объединенных Наций публикует доклад о состоянии водных ресурсов, в которых акцентирует внимание на различных водных проблемах. К примеру лозунгом 2019 г. стало «Не оставляя никого в стороне». Основное внимание в данном докладе было уделено проблеме социального неравенства в отношении создания комфортных условий проживания людей. «Совершенствование управления водными ресурсами и обеспечение всеобщего доступа к безопасной и финансово доступной питьевой воде, и санитарии имеет существенно важное значение для искоренения нищеты, созидания мирных и процветающих обществ и обеспечения такого положения, при котором «никто не будет забыт» на пути, ведущем к устойчивому развитию. При наличии коллективной воли эти цели вполне достижимы [6]».

В декабре 2016 г. Генеральная Ассамблея ООН приняла резолюцию, провозглашающую период 2018–2028 гг. Международным десятилетием действий «Вода для устойчивого развития». Это свидетельствует о понимании мировой общественностью необходимости переходить к рациональному водопользованию, основанному на комплексном управлении водными ресурсами, учитывающем достижение как социально-экономических, так и природоохранных задач; необходимость расширения сотрудничества и партнерства на всех уровнях для содействия реализации согласованных на Международном уровне действий, связанных с водными ресурсами, в том числе содержащихся в Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 г.

Российская Федерация активно участвует в мероприятиях и проектах ООН. К примеру, для достижения шестой цели устойчивого развития, касающейся непосредственно использования водных ресурсов, в РФ были выделены бассейновые округа; созданы бассейновые советы; разработаны схемы комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО); на примере бассейна р. Амур апробирован стратегический подход по общекосмополитической эколого-экономической оценке возможного развития гидроэнергетики и ее воздействия на экосистемы и социально-экономическое развитие

региона [7] и многое другое. Особое внимание уделяется вопросам трансграничного взаимодействия в области водных объектов, включая реализацию принципов интегрированного управления водными ресурсами, охрану водных экосистем, мониторинг и адаптацию к изменениям климата.

Список литературы

1. Круговорот воды. Особенности физико-химических свойств воды и её биологическое значение. Пути перемещения воды, вода в биосфере, круговорот воды в экосистеме. Поток энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://druzniy-center.ru/interesting/krugovorot-vody-v-prirode-okruzausij-mir.html>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Саинов, М. П. Гидротехника в Древнем Китае / М.П. Саинов, Н. П. Саинов // Вестник МГСУ. – 2010. – № 1. – С. 63–70.
3. Вигасин, А. А. История Древнего Востока / А. А. Вигасин, М. А. Дандамаев, М. В. Крюков, В. И. Кузищин, В. М. Массон, С. С. Соловьева, Д. В. Деопик, И. А. Ладынин, А. А. Немировский. – М.: Высшая школа, 2005. – 460 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6. Украина и Молдавия. Выпуск 4. Крым. – Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1966. – 180 с.
5. Грачева, Т. Д. Проблема водообеспеченности Республики Крым / Т. Д. Грачева, В. А. Мартюшин, М. А. Ким // Актуальные вопросы естественных и технических наук. – 2017. – С. 19–25.
6. Рабочее резюме Всемирного доклада ООН о состоянии водных ресурсов, 2019 г. – Перуджа: Бюро по программам для оценки глобальных водных ресурсов, 2019. – 22 с.
7. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2016 год / под ред. С. Н. Бобылева и Л. М. Григорьева. – М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2016. – 298 с.

Глава 2

ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА КРЫМА

2.1. Природно-климатические условия и их влияние на формирование и распределение водных ресурсов в регионе

Республика Крым расположена на территории Крымского полуострова, омываемого водами Черного и Азовского морей и соединенного с Восточно-Европейской равниной Перекопским перешейком, ширина которого составляет около 8 км (рисунок 2.1). Площадь региона – 26081 км². Республика Крым входит в состав Южного федерального округа и Северо-Кавказского экономического района.

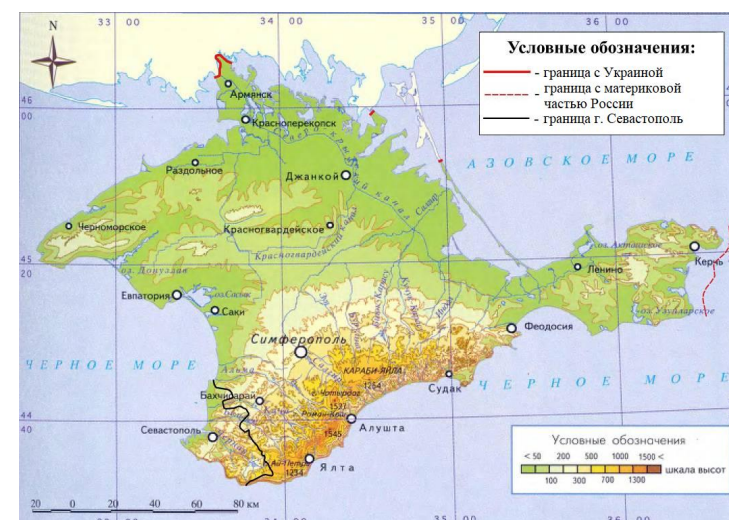


Рисунок 2.1 – Физико-географическая карта Крыма [1]

Крым характеризуется большим разнообразием природно-климатических условий, что обусловлено его географическим положением, рельефом поверхности и близостью моря.

Рельеф. Исходя из орографического строения, территория региона отчетливо разделена на две неравные по площади части: Степной и Горный Крым. На долю первой приходится более 70 % площади Республики. Степной Крым характеризуется в основном равнинным рельефом с абсолютными высотами 50–150 м. Его западная окраина – Тарханкутский полуостров имеет всхолмленный рельеф, а восточная – Керченский полуостров – гористый, при этом абсолютные высоты не достигают 200 м.

Горный Крым представлен тремя параллельными дугами гор, разделенными продольными долинами. Общей чертой в строении рельефа трех гряд – Главной, Внутренней и Внешней – является их асимметричность. Главная гряда с юга заканчивается отвесными обрывами, а северные ее склоны – выположены. Её наивысшими точками являются горы: Роман-Кош (Бабуган яйла, 1525 м), Эклизи-Бурун (яйла Чатыр-Даг, 1525 м), Ай-Петри (Ай-Петринская яйла, 1200 м). Внутренняя и Внешняя гряды, по своим абсолютным отметкам и относительно превышению относятся к предгорной зоне, образуют типичный куэстовый рельеф. Средняя абсолютная высота Внешней гряды составляет 250 м, а Внутренней – 500 м. Почти все реки Республики Крым берут начало в Крымских горах.

Геологическое строение. В тектоническом строении территории Крымского региона принимали участие различные по возрасту геологические формации – палеозойские, триасовые, юрские, меловые, палеогеновые, неогеновые, четвертичные. Условия их накопления, состав, участие в процессе образования гор определяют не только морфологические особенности рельефа, конфигурацию берегов, но и условия залегания и движения подземных вод.

Территория Республики Крым характеризуется тектонической неоднородностью, в ее пределах расположены две генетически разнородные части: складчато-горная и платформенно-равнинная.

Геологические структуры южной части Крымского региона характеризуются наличием альпийской складчатой зоны, представленной морфологически выраженными тремя горными грядами и Крымским складчатым поднятием. В пределах последнего выделяют ряд самостоятельных поднятий и сопредельных с ними синклиналиев. Крымские горы имеют преимущественно двухэтажное строение: нижний ярус сложен в основном флишевыми отложениями (переслаивающиеся слои песчаников, аргиллитов, алевролитов), а верхний – известняками, что способствует развитию карстовых процессов. Наиболее благоприятные условия для развития карста

сформировались на крымских яйлах, которые сложены верхнеюрскими известняками большой мощности, а их выровненный рельеф помогает задерживать атмосферные осадки. На платообразных крымских яйлах (Ай-Петри, Караби, Чатыр-Дага, Демерджи и др.) большая часть атмосферных осадков, просачиваясь по карстовым трещинам и каналам, формирует многочисленные родники и источники в горной и предгорной зоне, а также подземные водоносные горизонты, распространяющиеся далеко на север Крыма [2].

Геологические структуры равнинного Крыма образуют участок Скифской платформы с крупными, пологими образованиями, сложенными меловыми, палеогеновыми и неогеновыми отложениями на дислоцированных породах палеозоя, триаса и юры. Наиболее водообильными в Степном Крыму являются понт-меотический, сарматский водоносные комплексы и среднемиоценовый водоносный горизонт, породы которых большей частью представлены известняками. В целом $\frac{4}{5}$ территории Крымского региона сложены карстующимися породами. Это, в свою очередь, влияет как на химический состав подземных вод, так и их распределение в Республике.

Климат. Для Республики Крым главными климатообразующими факторами являются: радиационный режим, атмосферная циркуляция воздушных масс, рельеф, влияние Черного и Азовского морей [3].

В связи с тем, что регион расположен в относительно низких широтах, он получает большое количество солнечного тепла. Его величина изменяется от 6955 МДж/м² в год в районе мыса Сарыч, расположенного на юге полуострова, до 6764 МДж/м² в год в районе Перекопского перешейка (север Республики), от 5247–5317 МДж/м² в год на крайнем западе до 5095 МДж/м² в год на восточной окраине Крымского полуострова [2].

В Крыму выделяют четыре климатические области: степную, предгорную, горную и южнобережную.

В самом холодном месяце года (январе) средняя температура в Степном Крыму составляет –3 °С, в теплой части региона (Южном берегу Крыма (ЮБК)) – +3–4 °С, а в горах в этот период отмечается понижение температуры на 0,7 °С на каждые 100 м высоты. Для зимнего времени года характерна частая смена воздушных масс, что является причиной большой изменчивости температуры. В отдельные годы амплитуда ее колебания достигает 10–16 °С.

В июле почти на всей территории Республики средняя температура воздуха составляет +22–23 °С, на ЮБК – +23–24 °С, в предгорьях она снижается до +20–22 °С, а на наиболее высоких участках Крымских гор – до +16–17 °С.

Распределение осадков по территории региона весьма неравномерно, что связано с особенностями атмосферной циркуляции и рельефом поверхности. Большинство районов Республики относится к зоне недостаточного увлажнения. Количество осадков изменяется от 250 до 1000–1400 мм/год. В степной зоне за год выпадает 340–450 мм осадков, в предгорье – 350–500 мм, в горах – 550–1000 мм, на ЮБК – 340–550 мм [4].

Снежный покров в регионе формируется ежегодно, но отличается неустойчивостью. Для зимнего периода характерны частые оттепели, во время которых снег тает или смывается дождями. На побережье в теплые зимы снежный покров отсутствует.

Растительность. Естественный покров региона представлен большим разнообразием, включающим широкий спектр различных типов растительности, от пустынных солянковых сообществ Присивашских засоленных низменностей и ковыльно-типчаковых степей, расположенных на Керченском полуострове, до буковых, дубовых и хвойных лесов, сформировавшихся в горной местности. Вершины Главной гряды заняты густо-травяными луговыми степями или остепненными лугами. На ЮБК растительность близка к средиземноморскому типу.

На большей части территории растительный покров подвергся сильному антропогенному воздействию. Почти вся степная зона (87,2 %) и значительная часть предгорий (21,8 %) к 50-ым годам прошлого столетия была распахана. Остальные территории интенсивно используются для пастбищ и сенокосов. Влияние растительности на формирование поверхностного стока теснейшим образом связано со структурой растительных сообществ. Особо важная роль в этом отношении принадлежит лесам. Их вырубка существенно влияет на количественную составляющую водных экосистем: «расходы водотоков уменьшаются в среднем на 5 % при сокращении площадей леса на 10 %» [5].

Почвы. Почвенный покров региона отличается большим разнообразием. Это обусловлено сложностью геологического строения, большим спектром почвообразующих горных пород, рельефом местности.

В степном Крыму основными почвообразующими породами служат желто-бурые глины и суглинки, в предгорной зоне – элювий и делювий известняков, мергелей, глин, песчаников, конгломератов, а в горной, в том числе и на ЮБК – глинистые сланцы и песчаники таврической серии, а также юрские известняки, магматические породы и продукты их выветривания.

В северной и центральной частях Республики и на Керченском полуострове (зона засушливых степей), наиболее распространены южные черноземы, лугово-черноземные остепненные почвы, южные карбонатные черноземы. Для прибрежных территорий этой зоны характерны солонцы и солончаки, а также лугово-степные комплексы каштановых почв. В предгорной степи преобладают южные предгорные черноземы и дерново-карбонатные почвы. В предгорной и горной лесостепи распространены предгорные виды чернозёмов, дерново-карбонатные и бурые остепненные почвы. В зоне горных лесов (дубовые и буковые леса) развиты бурые горно-лесные, а в сосновых лесах – горно-лесные почвы. На яйлах преобладают плодородные горно-степные выщелоченные черноземы, перегнойно-карбонатные и горно-луговые черноземовидные почвы. В приморской зоне южного склона Главной гряды Крымских гор наиболее распространены коричневые, коричнево-солонцеватые, бурые остепненные и солончаковые почвы.

Самыми распространенными типами почв в Республике Крым являются черноземы южные мицелярно-карбонатные и черноземы карбонатные. На их долю приходится соответственно 23,7 и 12,5 % от общей площади региона [4]. Данные типы почв считаются подходящими для сельскохозяйственного использования, что в совокупности с благоприятными климатическими условиями способствует интенсивному развитию данной отрасли. Однако расширение площадей агроценозов оказывает негативное воздействие, как на объемы формирующегося стока водотоков, так и его качественный состав.

2.2. Структура экономики Республики Крым

Отличительными особенностями Республики Крым, определившими направления развития экономики, являются: приморское месторасположение, благоприятные почвенно-климатические условия, наличие полезных ископаемых, сочетание уникального природного разнообразия, представленного на

небольшой по площади территории, и сохранившихся до наших дней памятников исторического наследия. Базовые отрасли региона: пищевая промышленность, производство строительных материалов, сельское хозяйство, рекреация. Для устойчивого развития каждой из них необходимо располагать достаточным количеством воды.

Промышленность является ведущим сектором экономики региона. На ее долю в 2021 г. приходилось около 16 % валового регионального продукта. Территориальное распределение промышленных объектов в Республике неравномерное. Они в основном сконцентрированы в городах: Армянск, Евпатория, Керчь, Краснопереконск, Симферополь, Феодосия, а также в Бахчисарайском и Красногвардейском районах. Основными отраслями промышленности Республики Крым являются: топливно-энергетическая, добыча полезных ископаемых, производство пищевых продуктов и напитков, химических веществ, машин и оборудования, включая транспортные средства.

К крупным промышленным предприятиям Крымского региона относятся:

- в пищевой промышленности - ООО «ВО СТО КРАТ»; ООО «Консервный завод “Ахтиар”»; ООО «Консервный комбинат “Арктика”»; ООО «Фортуна Крым» и др.;

- в химической промышленности - Армянский филиал ООО «Титановые инвестиции»; АО «Крымский содовый завод»; ПАО «Бром»; ООО «Симферопольское ПО Крымпласт» и др.;

- в области машиностроения - ОАО «Судостроительный завод “Залив”»; АО «Электромашиностроительный завод “Фирма СЭЛМА”»; АО «Завод “Фиолент”» и др.

Сельское хозяйство оказывает существенный вклад в экономическое развитие Республики Крым. На его долю в 2021 г. приходилось около 6 % валового регионального продукта. Основополагающей задачей аграрного сектора является создание продовольственной базы, способной не только удовлетворять потребности населения и отдыхающих в основных видах продуктов питания, но и повысить экспортный потенциал таких направлений как виноградарство, виноделие, садоводство.

Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения в Республике Крым по состоянию на 2021 г. составляла 1,7 млн га, из них поливалось около 1,2 %.

Наиболее крупные сельскохозяйственные водопользователи Крымского региона: АО «Крымская фруктовая компания»,

ООО «Борис Агро», ООО «Яросвит-Агро», СПК «Правда», ООО «Фитосовхоз “Радуга”», АО ПАО «Массандра».

Животноводство Республики Крым представлено следующими подотраслями: птицеводство, свиноводство, овцеводство, молочное и мясное скотоводство.

К крупнейшим предприятиям региона относятся:

- по производству и переработки мяса - ООО «МПК “Скворцово”», ООО «Мясокомбинат “Дружба Народов”»;

- по производству и переработки молока - ООО «Новатор», ООО «ДК “Мегатрейд-Юг”», ООО «Крымский молочник», ООО «Юг Молоко».

Рекреация. Благодаря приморскому положению, мягкому климату, наличию бальнеологических ресурсов (целебные грязи и рапа, источники минеральных вод) и множеству достопримечательностей, представленных памятниками природы (грязевая сопка Вернадского, урочище Демерджи, гора Кошка, Мангуп, прибрежные аквальные комплексы у мысов Казантип, Опук, Плака, Хрони и др.) и культурного наследия (Воронцовский дворец, Генуэзская крепость, Ласточкино гнездо, Пантикапей, Чуфут-Кале Ханский дворец и мн. др.), Республика Крым обладает уникальным рекреационным потенциалом. Объекты курортно-туристического комплекса в основном сосредоточены на территории 7 городских округов (Алушта, Евпатория, Керчь, Саки, Судак, Феодосия, Ялта) и 6 муниципальных районов (Бахчисарайский, Ленинский, Раздольненский, Сакский, Симферопольский и Черноморский). Наибольшей популярностью среди туристов пользуются курорты Южного берега Крыма, на их долю приходится около 50 % отдыхающих. В среднем ежегодно территорию Крымского региона посещают более 6 млн туристов. На их обеспечение необходимо около 13 млн м³ воды.

Республика Крым относится к маловодообеспеченным регионам Российской Федерации. Согласно результатам оценки, собственные водные ресурсы полуострова составляют 0,5 тыс. м³/год на человека, что в 58 раз меньше, чем в среднем по России [6, 7]. Для перераспределения стока с целью снабжения водой населения и отраслей экономики региона ранее был создан мощный водохозяйственный комплекс, основу которого составлял Северо-Крымский канал, по которому сток реки Днепр подавался на полуостров. Прекращение с 2014 г. водоподачи от внешнего водоисточника привело к усилению дефицита водных ресурсов, что, в

свою очередь, отразилось на функционировании ряда водохозяйственных объектов. К примеру, изменился режим работы Северо-Крымского канала, который стали эксплуатировать круглогодично. В качестве источников наполнения данного сооружения начали использоваться сток реки Биюк-Карасу (рисунок 2.2) и подземные воды, подаваемые из Просторненского, Нежинского и Новогригорьевского водозаборов.



Рисунок 2.2 – Северо-Крымский канал в районе с. Новоивановка Нижнегорского района [8]

Кроме того, в 2014–2018 гг. на данном гидротехническом объекте была проведена реконструкция насосных станций НС-2, НС-16 и НС-3, что позволило обеспечить стабильную работу канала при низких уровнях и осуществлять подачу воды напрямую на станции водоподготовки.

Список литературы

1. Минеральные ресурсы Крыма и прилегающей акватории Черного и Азовского морей. Атлас / А. Я. Хмара и др. – Симферополь : Таврия-Плюс, 2001. – 80 с.
2. Трансформация структуры водного баланса в Крыму в XX веке – начале XXI века и ее оптимизация / под редакцией В. А. Бокова. – Симферополь : Крымский научный центр, 2011. – 193 с.
3. Климатический атлас Крыма. – Симферополь : Таврия-Плюс, 2000. – 118 с.
4. Половицкий, И. Я. Почвы Крыма и повышение их плодородия / И. Я. Половецкий, П. Г. Гусев. – Симферополь : Таврия, 1987. – 152 с.
5. Grambow, M. Nachhaltige Wasserbewirtschaftung: Konzept und Umsetzung eines vernünftigen Umgangs mit dem Gemeingut Wasser / M. Grambow, M. Becker, W. Binder, U. Drost und an. – Wiesbaden : Springer Vieweg, 2013. – 563 p.
6. Справочник по водным ресурсам / под редакцией Б. И. Стрельца. – К : Урожай, 1987. – 304 с.
7. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году». – М. : НИИ-Природа, 2019. – 290 с.
8. По Северо-Крымскому каналу пошла вода [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://sev.ik.news/po-severo-krymskomu-kanalu-poshla-voda/>, свободный. – Загл. с экрана.

3.1. Водотоки

Всего в Республике Крым насчитывается 1657 рек, ручьев и временных водотоков общей протяженностью 5996 км [1]. В основном среди них преобладают малые реки. Только Салгир и Чатырлык имеют территорию водосборной площади, превышающую 2000 км². На рисунке 3.1 приведены контуры водосборных бассейнов основных водотоков Крымского полуострова, выделенные с использованием ArcHydro и ArcView 9.3.

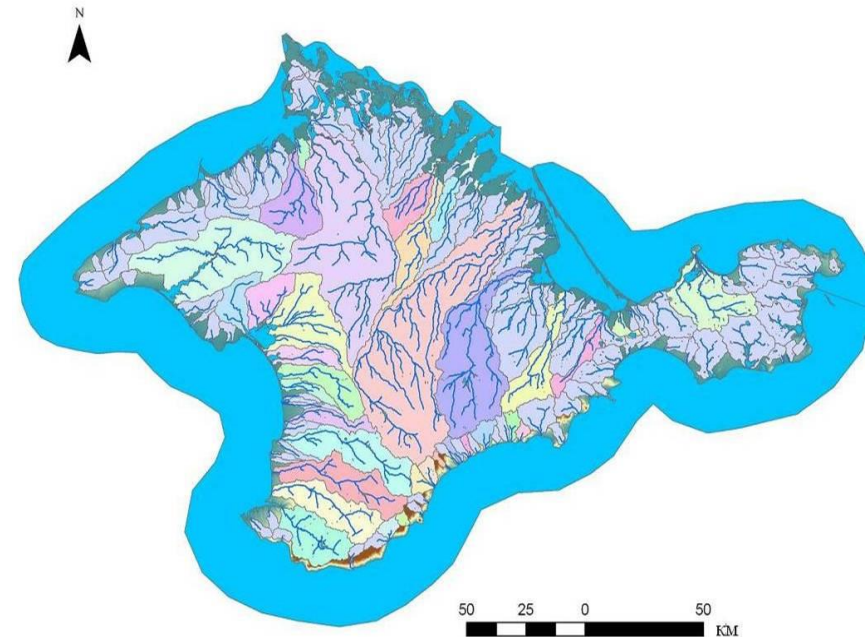


Рисунок 3.1 – Водосборные бассейны основных водотоков Крымского полуострова (автор Дунаева Е. А.)

По водному режиму, в соответствии с классификацией Зайкова Б. Д. [2], водотоки региона относятся к рекам с паводочным

режимом крымского подтипа. В годовом ходе уровней воды выделяется два периода: меженный летне-осенний и паводочный зимнее-весенний. На второй приходится в среднем около 80–95 % годового стока. Во время паводков расходы воды резко возрастают, а в меженный период часто наблюдается длительное пересыхание рек.

Гидрографическая сеть Крымского региона развита неравномерно. Средний коэффициент густоты речной сети составляет 0,22 км/км², наибольшее его значение наблюдается в верховьях бассейнов Альмы, Качи, Бельбека, Черной, Салгира, рек ЮБК (0,70–1,00 км/км²), а наименьшее – на яйлах, где совершенно отсутствует речная сеть (рисунок 3.2), что обусловлено геологическим строением Крымских гор (наличием закарстованных известняков).

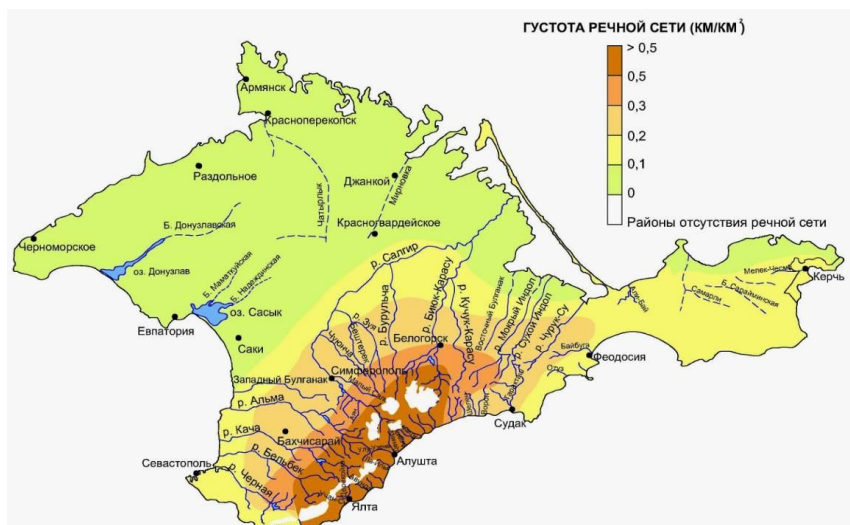


Рисунок 3.2 – Распределение речной сети по территории Крымского полуострова [2]

Хотя водотоки Республики Крым имеют ряд схожих черт (незначительная длина, малая водность), есть и отличия, существенно влияющие на эколого-экономическую эффективность использования их стока.

В западной части северного склона берут начало наиболее значительные по своей водности реки – Альма, Кача, Бельбек, Черная, Западный Булганак. Данные водотоки примерно до середины своего течения носят характер типичных горных потоков. Бассейны имеют

вытянутую вдоль реки форму, расширенную в верхней части. Их площадь в среднем составляет 500–600 км². Длина находится в пределах 40–60 км, средняя ширина – 5–10 км. Долины этих водотоков в верховьях узкие, V-образные. Их склоны облесены, расчленены притоками и балками. В предгорной зоне формы долин становятся изменчивыми. При пересечении второй и третьей гряд они сужаются и имеют вид ущелий с высокими скалистыми склонами; между грядками – расширяются, становясь пологими. В нижнем течении долины приобретают ящикообразную форму. Берега водотоков сложены суглинками со значительным включением обломочного материала. В верховьях они сливаются со склонами долины. На коротких притоках, в пределах ущелий, наблюдаются пороги, чередующиеся с глубокими котловидными ямами. Дно сложено галькой и щебнем, в низовьях – глинисто-илистыми отложениями. Руслу рек неустойчивы, после прохождения паводков деформируются, изменяя свое положение в плане. Берега и дно размываются, так как наносные мягкие породы легко поддаются разрушению. Особенно сильная деформация наблюдается в нижнем течении рек Альма, Кача и Бельбек. При впадении в море часть водотоков образует песчаные отмели, через которые в засушливое время вода фильтруется в море. Во время паводков они разрушаются [3].

Водотоки Южного берега Крыма отличаются небольшими размерами бассейнов (от 25–50 км² в западной до 75–160 км² в восточной части ЮБК). В основном в качестве истоков выступают места слияния целой системы горных оврагов, в верхних частях которых расположены выходы крупных карстовых источников. Долины рек в верховьях сужены, имеют вид ущелий со скалистыми, сильно расчлененными склонами. Постепенно они расширяются, становятся вначале V-образными, а в нижнем течении приобретают ящикообразную или трапецеидальную форму. Склоны долин во многих местах подвержены оползням. Во время ливневых паводков реки и ручьи несут много камней, крупных и мелких наносов, которые откладываются в среднем и нижнем течении, нередко заноса при этом прилегающие к ним сельхозугодья, территории населенных пунктов. Уклоны водотоков в верховьях весьма значительны. В ущельях некоторых рек образуются пороги и водопады. Меженный поток часто скрывается в обломочном материале и наносах, слагающих дно русла. Большинство рек ЮБК относятся к временным водотокам. Сток формируется только после дождей и при таянии снега. Дно рек очень неустойчиво, во время паводков происходят как размывы русел, так и

их намывы, что связано со значительным транзитом наносов. На некоторых водотоках в устьевой части дно укреплено каменными перемычками высотой до 1 м [3].

Реки, протекающие в юго-восточной части Крымского региона, берут начало на северных склонах Главной гряды и ее отрогов. Размеры бассейнов этих водотоков незначительные (100–160 км²). Их длина составляет 20–40 км, а средняя ширина – 5 км. Самой крупной среди них рекой является Индол. Площадь его водосборного бассейна составляет 324 км². Долины верховьев рек узкие, V-образные, в пределах предгорной зоны – ящикообразные, а на остальном протяжении – трапецеидальные или неясно выраженные. Гидрографическая сеть развита только в верхней горной части и представлена преимущественно балками. В нижнем течении реки притоков не имеют. Водотоки, протекающие через степную засушливую часть региона, отличаются маловодностью. Их поверхностный сток лишь в исключительных случаях достигает побережья Сиваша. В обычных условиях он поглощается гравелисто-галечниковыми отложениями [3].

На Керченском полуострове гидрографическая сеть развита слабо и в основном представлена балками и временными водотоками. Главный водораздел проходит по Парпачскому гребню. Наиболее разветвленная речная сеть характерна для северной и северо-восточной частей Керченского полуострова. Водотоки рассматриваемой группы являются самыми малоизученными в Республике Крым. Это обосновано их маловодностью и как следствие незначительным вкладом в развитие отраслей экономики. Наиболее крупной среди водотоков Керченского полуострова является р. Самарли, длина которой составляет 50 км, а площадь водосбора – 267 км² [3].

Бассейн Салгира охватывает северные склоны Главной гряды Крымских гор, зону предгорий и степную часть региона. Его площадь составляет 3750 км². Для его верховий характерен горный рельеф, в северном направлении сменяющийся на крупнохолмистый. В районе г. Симферополь и в восточной части бассейна выражены Внутренняя и Внешняя предгорные гряды, разделенные продольными долинами, в центральной части прослеживается только Внешняя гряда, возвышенность которой имеет вид плато, постепенно понижающегося к северу и переходящего в равнину. Бассейн Салгира имеет грушевидную форму. Он резко ассиметричен с сильно развитой правобережной частью. Средняя высота бассейна 400 м, причем 9 %

его площади находится в высотной зоне 600–1500 м, 22 % – 300–600 м и 69 % – ниже 300 м. Речная сеть главным образом развита в зоне выклинивания подземных вод (на высоте 600–1000 м), где расположено наибольшее количество источников, питающих водотоки. Примерно до середины течения основные реки бассейна носят характер горных потоков и представляют глубоко врезанные балки. Сама р. Салгир, берущая начало от слияния Ангары и Кизил-Кобы, вначале течет в ущелье, сложенном известняками, а затем у с. Заречное ее долина расширяется, приобретая ящикообразную форму. Самым крупным притоком Салгира считается р. Биюк-Карасу, длина которой составляет 86 км, а площадь водосбора – 1160 км² [3].

Почти все водотоки Степной части Республики Крым, за небольшим исключением (к примеру, р. Чатырлык), имеют незначительные длину (4–50 км) и площадь водосбора. Они обычно не достигают Сиваша и теряются в степи. Падение водотоков составляет 1,5–10 м, уклоны – порядка 0,7–2,5 % [3]. Самой крупной рекой Степной части региона является р. Чатырлык (длина 106 км, площадь водосбора 2250 км²).

Несмотря на небольшие размеры, водотоки Республики Крым имеют большое значение для обеспечения устойчивого развития региона, так как они выступают одним из основных источников пресной воды.

3.2. Озера

Почти все естественные водоемы региона расположены в низменной степной части Крымского полуострова. Исключение составляет небольшая группа озер, расположенных на яйлах Главной гряды. Большинство естественных водоемов соленые и мелководные (глубина менее 1 м).

По месторасположению озера Республики Крым делятся на следующие группы: Перекопскую, Тарханкутскую, Евпаторийскую, Керченскую и на яйлах.

Группа Перекопских соляных озер расположена в северной части Крымского региона в районе Перекопского перешейка. В ее состав входят следующие озера: Старое, Красное, Киятское, Кирлеутское, Круглое, Айгульское, Чайка, Пусурман. Почти все они имеют неправильную овально-продолговатую форму, вытянутую с северо-запада на юго-восток. Южные части озерных котлованов сужены, мелководны, северные – более расширены и местами глубоководны.

Площади водного зеркала этих водоемов подвержены значительным сезонным колебаниям. Основное наполнение озер происходит за счет подземных вод. Эти водоемы относятся к категории соляных озер с высокой концентрацией солей [3]. Самым крупным водным объектом в данной группе является оз. Айгульское, площадь его зеркала составляет 37,5 км², длина – 18 км, средняя ширина – 2 км, максимальная глубина – 3 м.

Тарханкутская группа соляных озер расположена на Тарханкутском полуострове вдоль побережья Черного моря. В ее состав входят следующие озера: Донузлав, Лиман, Большой и Малый Кипчак, Маякское, Ак-Мечетское, Панское, Джарылгач, Ярылгач и Бакальское. Все эти водоемы образовались в результате затопления морской водой приустьевых участков балок и отделения их от моря пересыпями. Форма озер Бакальское, Большой и Малый Кипчак овальная, а у остальных – неправильная, вытянутая в направлении с запада на восток. Концентрация солей в водах этих озер невелика, в среднем она составляет 2–11 ‰ [3]. Самым крупным водным объектом в данной группе является оз. Донузлав, площадь его зеркала составляет 48,2 км², длина – 30 км, средняя ширина – 1,7 км, максимальная глубина – 27 м.

Евпаторийская группа соляных озер расположена на побережье Черного моря в районе г. Евпатория. В ее состав входят следующие озера: Ойбурское, Аджибайчикское, Аирчинское, Галгасское, Соленое, Большое и Малое Ялы-Майнакское, Майнакское, Малое Отар-Майнакское, Сасык, Сакское, Кызыл-Яр, Богайлы. Данные водные объекты образовались в результате отделения от моря пересыпями узких морских заливов и затопленных устьев балок. Питание озер смешанное и осуществляется в основном за счет подземных и морских фильтрационных вод. В основном (за исключением оз. Аирчинское и Сасык) концентрация солей в этих водоемах летом достигает 10–25 ‰ [3]. Самым крупным водным объектом в данной группе является озеро Сасык, площадь его зеркала составляет 75,3 км², длина – 14 км, средняя ширина – 5,5 км, максимальная глубина – 1,2 м.

Керченская группа озер расположена на Керченском полуострове. В ее состав входят следующие озера: Ачи, Ациголь, Качик, Узунларское, Кояшское, Малое Элькинское, Киркояшское, Тобечикское, Чурбашское, Чокракское, Акташское, Карач-Коль, Марфовское. По происхождению водные объекты данной группы делятся на морские и континентальные. Морские озера в основном сосредоточены на побережье Черного и Азовского морей. Их питание

осуществляется за счет подземных источников и вод Сиваша. Соленость озер в летнее время достигает 22–26 ‰. В местах выхода подземных вод данные водоемы интенсивно зарастают водной растительностью. Континентальные озера удалены от побережья. Главную роль в их питании играет поверхностный сток, формирующийся во время снеготаянья и ливневых осадков. Соленость озер колеблется от 4 до 30 ‰, исключение составляет оз. Чурбашское (1,3–1,7 ‰) [3]. Самым крупным водным объектом в данной группе является оз. Акташское, площадь его зеркала составляет 26,8 км², длина – 8 км, средняя ширина – 3 км, максимальная глубина – 3 м.

Озера на яйлах представляют собой небольшие и непостоянные по площади и глубине пресноводные водоемы, занимающие на закарстованной поверхности нагорья округлые или вытянутые впадины. Их питание осуществляется за счет поверхностного стока, формирующегося в период снеготаянья или ливневых осадков. Водосборы данных водоемов незначительны, вследствие чего количество аккумулируемых вод ограничено. К данной группе озер относятся: Эгиз-голь, Каратау-голь, Большой Когей, Тавель-голь. Наиболее крупным среди них является оз. Большой Когей, площадь его зеркала составляет 0,11 км², длина – 1,4 км, наибольшая ширина – 0,05 км, максимальная глубина – 0,7 м.

Большинство соляных озера Крымского региона являются источником ценных бальнеологических ресурсов (грязь, рапа), способствующих развитию и устойчивому функционированию санаторно-курортного комплекса. К примеру, в образцах лечебных грязей Сакского озера содержание липидов в 2–3 раза выше, чем в илах Мертвого моря. По количеству витаминов (каротиноиды, аскорбиновая кислота, тиамин, токоферолы, ретинол и др.) они превосходят зарубежный аналог в 3–10 раз. Содержание аминокислот (валин, тирозин, серин, цистеин и др.) в илах Сакского озера так же в 2–3 раза больше, чем в грязях Мертвого моря [4]. Это в своей совокупности раскрывает широкий спектр возможности использования данного бальнеологического ресурса от косметологии до лечебной терапии более 100 заболеваний [5].

3.3. Водохранилища

Строительство первых водохранилищ было начато еще в 20-ые годы XX в. Это, в первую очередь, связано с целесообразностью расширения площадей орошаемых земель для удовлетворения

потребностей населения в продуктах питания, так как в засушливых природно-климатических условиях, характерных для региона, только проведение поливов могло гарантировать получение стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. В результате в 1934 г. было закончено строительство Альминского водохранилища, на основе которого была создана первая гидромелиоративная система Крыма, позволившая осуществлять полив на 1,8 тыс. га сельскохозяйственных угодий. За последующие четыре года были введены в эксплуатацию еще два водохранилища – Бахчисарайское и Тайганское. С 1956 г. начали функционировать Симферопольское водохранилище и привязанная к нему оросительная система на площади в 6,5 тыс. га. В 1971, 1974, 1977 и 1986 годах было построено еще четыре крупных гидроузла, предназначенных для развития орошаемого земледелия на территории Крымского региона – Белогорское, Балановское, Львовское и Кутузовское водохранилища.

Созданием крупных водоаккумулирующих сооружений также решалась проблема обеспечения питьевой водой населения городов. В 1933 и 1966 годах были построены Аянское и Партизанское водохранилища, предназначенные для водоснабжения г. Симферополь. В 1964 и 1980 годах введены в эксплуатацию Счастливиенский и Загорский гидроузлы, используемые для обеспечения хозяйственно-питьевых нужд населения Большой Ялты. Для водоснабжения Большой Алушты в 1979 г. было сооружено Изобильненское водохранилище.

Строительство Северо-Крымского канала повлекло за собой создание или реконструкцию ряда крупных наливных водоаккумулирующих сооружений, в основном предназначенных для обеспечения хозяйственно-питьевых нужд населения Восточного Крыма. В 1971 г. сдано в эксплуатацию Феодосийское водохранилище, в 1972 г. реконструировано Ленинское, в 1975 г. построены Станционное и Зеленоярское, в 1978 г. – Фронтное, а в 1986 г. – Самарлинское. С 1977 по 1981 гг. велась реконструкция сооруженного еще в 1952–1957 гг. на р. Чорох-Су Старо-Крымского водохранилища, после которой в маловодные годы данный гидроузел начал пополняться водами СКК.

Последним на территории Республики Крым было построено Межгорное водохранилище, предназначенное для водоснабжения городов Симферополь и Севастополь [6].

В таблице 3.1 приведены основные сведения по данным водохозяйственным объектам Крымского региона.

Таблица 3.1

Водохранилища Республики Крым (составлено на основе [6])

| Наименование водного объекта | Характеристики при НПУ | | Длина, км | Максимальная глубина, м |
|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------|-------------------------|
| | площадь водного зеркала, га | объем, млн м ³ | | |
| Водохранилища естественного стока | | | | |
| Альминское | 86,0 | 6,2 | 1,3 | 13,8 |
| Аянское | 42,0 | 3,9 | 1,5 | 24,5 |
| Балановское | 40,7 | 5,0 | 4,5 | 27,2 |
| Бахчисарайское | 99,5 | 6,9 | 0,9 | 16,6 |
| Белогорское | 225,0 | 23,3 | 4,6 | 29,0 |
| Загорское | 156,0 | 27,9 | 3,3 | 43,0 |
| Изобильненское | 61,0 | 13,3 | 4,0 | 70,0 |
| Кутузовское | 9,4 | 1,1 | 0,5 | 29,0 |
| Львовское | 27,8 | 2,2 | 0,6 | 20,0 |
| Партизанское | 220,0 | 34,4 | 4,5 | 40,0 |
| Симферопольское | 317,0 | 36,0 | 4,6 | 36,0 |
| Старо-Крымское | 43,0 | 3,2 | 0,9 | 22,2 |
| Счастливое-II | 70,0 | 11,8 | 1,5 | 53,0 |
| Тайганское | 196,8 | 13,8 | 2,0 | 16,5 |
| Наливные водохранилища | | | | |
| Зеленоярское | 51,0 | 3,0 | - | 8,0 |
| Ленинское | 212,0 | 7,7 | 2,5 | 8,0 |
| Межгорное | 400,0 | 50,0 | 4,0 | 33,0 |
| Самарлинское | 135,0 | 8,1 | - | - |
| Сокольское | 65,0 | 2,3 | 1,9 | 7,2 |
| Станционное | 270,0 | 24,0 | 3,2 | 22,4 |
| Феодосийское | 242,0 | 15,4 | 2,1 | 18,0 |
| Фронтное | 645,0 | 35,0 | 3,0 | 13,5 |

После перекрытия в 2014 г. внешнего водоисточника, наполнение большинства наливных гидроузлов осуществляется за счет перераспределения местного поверхностного (водотоки бассейна р. Биюк-Карасу) и подземного стока (Нежинский, Просторненский, Новогригорьевский водозаборы).

3.4. Пруды

Начало массового строительства прудов в Крымском регионе приходится на 1960–1980 гг. Причем большая часть из них создавалась без подготовки проектной документации. Проведенная в 1980–1990 гг.

инвентаризация прудов позволила оценить общую обстановку, касающуюся этих водных объектов (их наличие, техническое состояние, целевое использование). Так в конце 1990 г. на территории Крымского региона насчитывалось 843 пруда, из них 556 (66 %) использовались для целей орошения [7]. Последующее реформирование агропромышленного комплекса привело к изменению собственников и пользователей данных сооружений, целевого назначения некоторых из них, так же были построены новые объекты. По результатам инвентаризации прудов 2003 г., нашедшей отражение в справочных данных «Поверхностные водные объекты Крыма (справочник)» [1], на территории Крымского региона (без учета Севастополя) насчитывалось уже 1554 объекта. Следует отметить, что часть этих водоаккумулирующих сооружений официально не использовалась (120 прудов). В 2011 г. была проведена работа по корректировке материалов инвентаризации водоемов Республики Крым, в результате которой было установлено, что на территории Крымского региона насчитывалось 1872 пруда [6], из них не использовалось 476 объектов. На рисунке 3.3 отражено целевое использование этих водоаккумулирующих сооружений в 2003 и 2011 гг.

За период 2003–2011 г. произошло существенное увеличение доли прудов, водные ресурсы которых официально не применялись для каких-либо целей.

Перекрытие в 2014 г. внешнего водоисточника повлекло за собой ряд существенных изменений, которые отразились как на наполняемости части этих водоемов, так и их целевом использовании. В таблице 3.2 приведена информация по источникам наполнения прудов Республики Крым.

Из анализа таблицы 3.2 следует, что более 300 прудов наполнялось за счет внешнего водоисточника (СКК, сбросные воды). В период с 2014 по 2021 гг. в большинстве случаев данные водоаккумулирующие сооружения стояли пустыми.

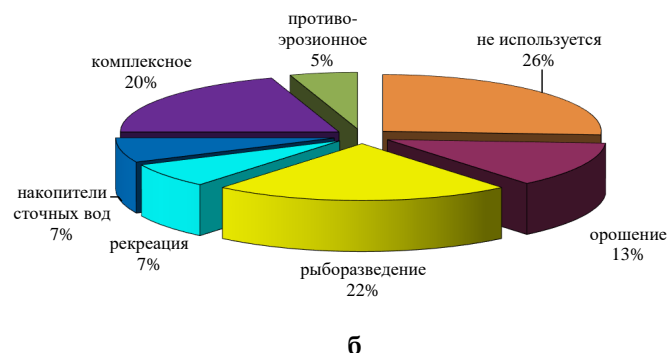
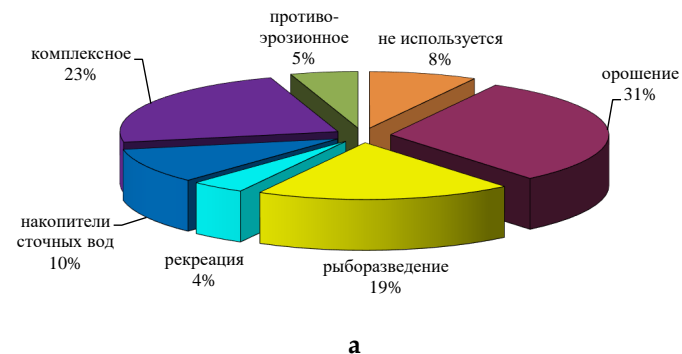


Рисунок 3.3 – Целевое использование прудов в Республике Крым (а – 2003 г., б – 2011 г.)

Таблица 3.2

Источники наполнения прудов Республики Крым [6]

| Источник наполнения | Количество прудов, ед. | Площадь водного зеркала, га | Проектный объем при НПУ, тыс. м ³ |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|--|
| Поверхностный сток, родники | 1377 | 6580 | 122837 |
| Подземные воды | 39 | 144 | 1900 |
| СКК | 168 | 3378 | 51262 |
| Сбросные воды | 147 | 2142 | 25214 |
| Сточные воды | 141 | 190 | 4657 |
| Итого по РК | 1872 | 12434 | 205870 |

Переход РК в законодательно-правовое поле РФ привел к изменению правил использования водных объектов, в том числе и

прудов. Для получения права пользования водоаккумулирующим сооружением или его частью необходимо оформить договор водопользования или получить решение о предоставлении водных объектов в пользование [8]. По состоянию на 30.01.2020 официально использовалось только около 8 % данных водных объектов. В настоящее время на большей части малых водоаккумулирующих сооружений не проводятся требуемые ремонтные работы и эксплуатационные мероприятия, а это в сочетании с длительным эксплуатационным сроком службы, который в большинстве случаев превышает 25 лет (рисунок 3.4), ведет к повышению риска возникновения аварийных ситуаций, с нанесением ущерба окружающей природной среде, и проживающему вблизи населению.

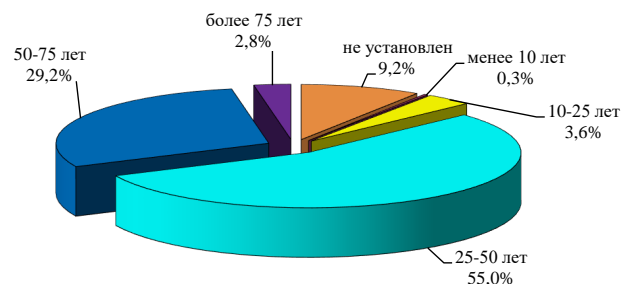
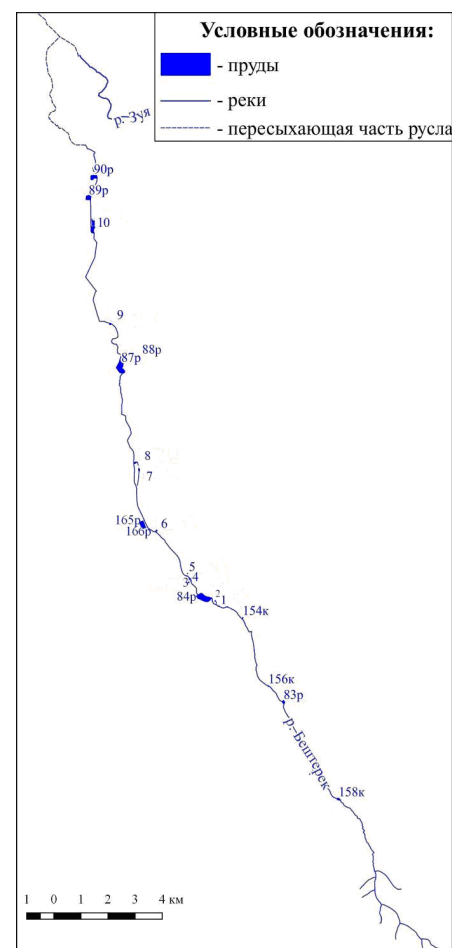


Рисунок 3.4 – Распределение прудов Республики Крым на группы в зависимости от срока эксплуатации

Следует отметить, что для полива приусадебных участков, расположенных вблизи от водотоков полей и для обустройства зон отдыха населения, неофициально организуется строительство небольших прудов, информация о которых в большинстве случаев не отражена в справочных материалах и водном реестре. К примеру, в ходе обследования водных объектов бассейна р. Бештерек, проведенного специалистами ФГБУН «НИИСХ Крыма» в 2019 г., было выявлено 10 прудов, не имеющих инвентаризационного номера (рисунок 3.5).



а



пруд 4 (с. Донское)



пруд 5 (с. Донское)



пруд 8 (с. Донское)



пруд 9 (с. Давыдово)

б

Рисунок 3.5 – Пруды бассейна р. Бештерек (а – схема расположения, б – внешний вид водоемов, не имеющих инвентаризационного номера)

В таблице 3.3 приведены координаты и площади водного зеркала этих водоаккумулирующих сооружений, полученные с помощью использования программного обеспечения QGIS 2.18 с применением

модуля QuickMapServices, инструментов оцифровки и модуля вычисления площадей. Более детальная информация по инвентаризованным прудам бассейна р. Бештерек представлена в приложении А.

Таблица 3.3

Краткая информация по малым водоаккумулирующим сооружениям бассейна р. Бештерек

| Номер пруда | Координаты | | Площадь водного зеркала, га |
|--|--------------|--------------|-----------------------------|
| | широта | долгота | |
| Беш_1 | 45°00'45.6"N | 34°14'39"E | 0,03 |
| Беш_2 | 45°00'46.9"N | 34°14'37.8"E | 0,02 |
| Беш_3 | 45°01'08.3"N | 34°13'54.2"E | 0,06 |
| Беш_4 | 45°01'12.3"N | 34°13'56.3"E | 0,09 |
| Беш_5 | 45°01'18.9"N | 34°13'51.8"E | 0,02 |
| Беш_6 | 45°02'09"N | 34°12'59.3"E | 0,15 |
| Беш_7 | 45°03'22.1"N | 34°12'33.1"E | 0,22 |
| Беш_8 | 45°03'28.5"N | 34°12'25.4"E | 0,11 |
| Беш_9 | 45°06'12.1"N | 34°11'47.3"E | 0,13 |
| Беш_10 | 45°08'14.6"N | 34°11'20.8"E | 1,83 |
| Итого по прудам, не имеющим инвентаризационный номер | | | 2,66 |

Следует отметить, что отсутствие информации по данным прудам (объема наполнения, площади водного зеркала, забора водных ресурсов) при проведении водохозяйственных балансовых расчетов снижает достоверность полученных результатов и, как следствие, может привести к формированию дисбаланса интересов водопользователей.

3.5. Система Северо-Крымского канала

Северо-Крымский канал представляет собой сложное гидротехническое сооружение, берущее начало на территории Украины. Его общая протяженность составляет 400,5 км, пропускная способность на границе Республики Крым – 225 м³/с. До 2014 г. подача воды в Северо-Крымский канал осуществлялась из Каховского водохранилища, а после перекрытия внешнего водоисточника – за счет стока р. Биюк-Карасу и подземных вод Нежинского, Просторненского и Новогригорьевского водозаборов.

Впервые идею строительства канала, по которому днепровская вода подавалась на территорию Крымского полуострова, высказал в 1846 г. директор Никитского ботанического сада – Стевен Х. Х. В 1916 г.

ее поддержал начальник Нижне-Днепровских изысканий Чиков В. В., а 21 сентября 1950 г. Центральным комитетом Всесоюзной коммунистической партии и Советом Народных комиссаров СССР было принято Постановление о создании Северо-Крымского канала с целью организации орошения земель северных районов Крымского региона. В 1961 г. было начато строительство первой очереди данного гидротехнического сооружения. 17 октября 1963 г. днепровская вода пришла в Краснопереконский район Крыма. За период с 1961 по 1975 гг. были построены основная магистральная и Красногвардейская ветки, Раздольненский и Азовский рисовые каналы. Это позволило более чем в 3 раза увеличить площадь орошаемых земель и улучшить снабжение питьевой водой населения восточной части Крымского региона [6].

Строительство второй очереди системы СКК осуществлялось в период с 1977 по 1986 гг. В результате был сооружен Соединительный канал с каскадом из пяти насосных станций, поднимающих воду на высоту 88 м. Это позволило обеспечить поливной водой наиболее засушливые районы равнинной части Крымского региона. Подача воды из СКК в Первомайский, Раздольненский, Черноморский и Сакский районы стала осуществляться по кратчайшему пути. В результате площадь орошаемых земель в регионе была доведена до 348 тыс. га [6].

Строительство третьей очереди системы Северо-Крымского канала было начато в 1986 г., но из-за сокращения финансирования данные работы не были завершены.

В таблице 3.4 приведена информация о протяженности Северо-Крымского канала и его основных веток.

Таблица 3.4

Протяженность СКК и его основных веток на территории Крымского региона [1]

| Наименование канала | Протяженность, км | | | |
|------------------------------------|-------------------|------------------|-----------------------------------|----------|
| | общая | в том числе | | |
| | | в земляном русле | в железобетонных плитах по пленке | в трубах |
| СКК | 293,4 | 141,0 | 120,7 | 31,7 |
| Раздольненский рисовый канал (РРК) | 47,3 | 9,9 | 37,4 | - |
| Азовский рисовый канал (АРК) | 43,3 | 24,2 | 19,1 | - |
| Красногвардейская ветка (КГВ) | 59,4 | 12,4 | 47,0 | - |
| Соединительный канал | 41,3 | 4,8 | 36,5 | - |
| Сакский канал | 58,5 | - | 56,7 | 1,8 |
| РЧ-2 | 60,6 | - | 56,3 | 4,3 |

После перекрытия внешнего водоисточника в 2014 г. СКК продолжал играть важную роль в обеспечении стабильного социально-экономического функционирования региона. По его руслу осуществлялась переброска местного стока для покрытия потребностей населения, промышленных предприятий восточной части Крымского региона.

3.6. Подземные воды

Пресные и слабо минерализованные (менее 1,5 г/дм³) подземные воды представляют собой важнейший природный ресурс региона. Их значимость для устойчивого социально-экономического развития Республики, а главным образом, для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населения, в связи с усилением дефицита водных ресурсов после перекрытия внешнего водоисточника значительно возросла.

На территории региона подземные воды распространены практически повсеместно, за исключением небольшого по площади участка на юго-восточной окраине Крымского полуострова (рисунок 3.6).

Согласно гидрогеологическому районированию, центральная и северная часть Республики относятся к Крымско-Кавказскому сложному бассейну пластовых вод I порядка, а южная входит в Крымско-Кавказский сложный бассейн пластово-блоковых, пластовых вод, вод кор выветривания и лавовых потоков. В пределах бассейнов I порядка выделяются два бассейна II порядка: Горно-Крымский бассейн напорных пластово-блоковых вод и Равнинно-Крымский артезианский бассейн [9].

В пределах этих артезианских бассейнов выделяется 14 месторождений пресных подземных вод (бассейны III порядка): Альминское, Северо-Сивашское, Белогорское, Западно-Крымское, Горное, Керченское, Агармышское, Симферопольское, Новоселовское, Судакское, Солыпром, Восточно-Крымское, Аэрофлотское, Сегада (рисунок 3.6).

В них, по мнению ряда ученых, сосредоточено до 75 % эксплуатационных запасов. Границы между месторождениями по большей части условные. В пределах каждого из них выделяются участки с разведанными и утвержденными запасами. Всего таких участков 102, в том числе: в Альминском месторождении – 23, Северо-Сивашском – 15, Белогорском – 17, Западно-Крымском – 14,

Горном – 14, Керченском – 1, Агармышском – 1, Симферопольском – 1, Новоселовском – 2, Судакском – 5, Солыпром – 3, Восточно-Крымском – 3, Аэрофлотском – 3, Сегада – 1 [11].

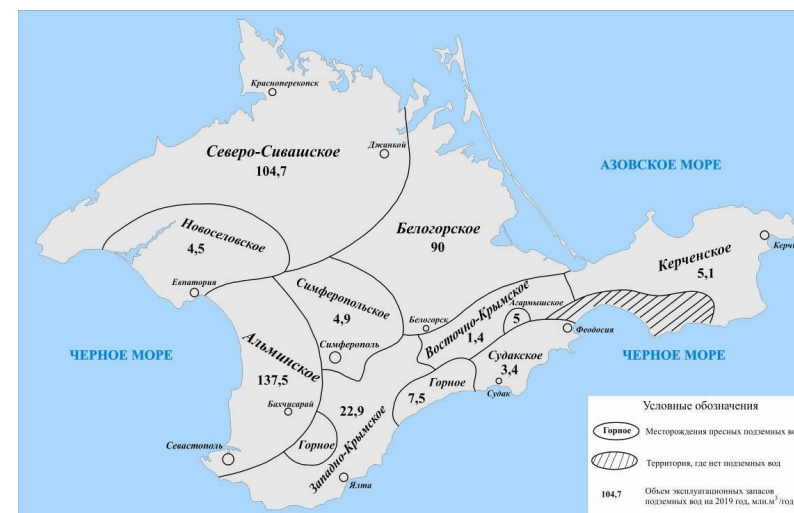


Рисунок 3.6 – Карта-схема эксплуатационных запасов подземных вод Крыма по месторождениям [10]

Разведанные и оцененные запасы подземных вод (с минерализацией до 1,5 г/дм³) составляют:

– по категории А+В – 636,847 тыс. м³/сут;

– по категории С₁+С₂ – 428,989 тыс. м³/сут,

где: А – освоенные, В – разведанные, С₁ – предварительно оцененные, С₂ – выявленные.

Общий объем эксплуатационных запасов подземных вод составляет 1065,836 тыс. м³/сут или 389,031 млн м³/год (таблица 3.5).

Наиболее крупными по запасам месторождениями в Республике Крым являются: Альминское – 137,5 млн м³/год, Северо-Сивашское – 104,7 млн м³/год, Белогорское – 90,0 млн м³/год. Наименьшим объемом утвержденных запасов характеризуется Керченский полуостров – 5,1 млн м³/год. Его территория по условиям распространения подземных вод делится на две части: юго-западную, которая практически лишена эксплуатационных запасов, и северо-восточную, где расположен ряд разобщенных малых артезианских бассейнов.

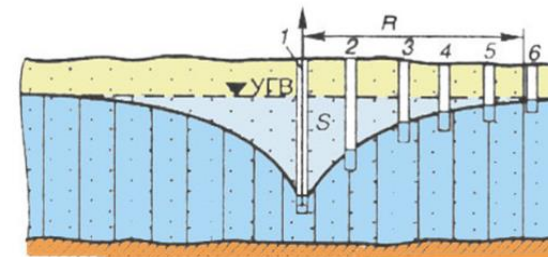
Таблица 3.5
Величина эксплуатационных запасов подземных вод с минерализацией до 1,5 г/дм³ [11]

| № п/п | Наименование месторождения | Утвержденные запасы | |
|----------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | | тыс. м ³ /сут | млн м ³ /год |
| 1 | Альминское | 376,628 | 137,469 |
| 2 | Северо-Сивашское | 286,711 | 104,650 |
| 3 | Белогорское | 246,501 | 89,973 |
| 4 | Западно-Крымское | 62,689 | 22,881 |
| 5 | Горное | 20,498 | 7,482 |
| 6 | Керченское | 13,900 | 5,074 |
| 7 | Агармышское | 13,600 | 4,964 |
| 8 | Симферопольское | 13,500 | 4,928 |
| 9 | Новоселовское | 12,451 | 4,545 |
| 10 | Судакское | 9,290 | 3,391 |
| 11 | Сольпром | 4,000 | 1,460 |
| 12 | Восточно-Крымское | 3,800 | 1,387 |
| 13 | Аэрофлотское | 2,230 | 0,814 |
| 14 | Сегада | 0,038 | 0,0134 |
| Всего по Крыму | | 1065,836 | 389,031 |

Так как пресные подземные воды имеют ограниченные запасы, то при их интенсивной добыче в водоносных горизонтах формируются депрессионные воронки, что не только затрудняет и удорожает их эксплуатацию, но и может привести к загрязнению и истощению подземных источников водоснабжения. Это связано с тем, что в зонах влияния депрессий усиливается вертикальная фильтрация воды, которая вызывает поступление в водоносные горизонты различных загрязняющих веществ с поверхности, а также подтягивание некондиционных вод из ниже и вышележающих водоносных слоев. С данной проблемой в Крымском регионе столкнулись еще около 45 лет назад. Тогда из-за бесконтрольного отбора подземных вод (в 1975 г. фактический водозабор подземных вод составлял около 750 млн м³, в том числе на орошение – 355 млн м³, что на 23 % больше естественного пополнения) в водоносные горизонты началось поступление соленых, а в приморской зоне – морских вод, из-за этого часть эксплуатационных скважин пришлось закрыть [12]. Пример депрессионной воронки представлен на рисунке 3.7.

На территории Крыма существует несколько депрессионных воронок, которые образовались еще во второй половине прошлого века, однако до сих пор, несмотря на значительное уменьшение отбора подземных вод, их размеры уменьшились незначительно. Все

водозаборы, находящиеся в зоне их влияния, эксплуатируются в сложных условиях объемного и химического истощения.



1 – эксплуатационная скважина; 2, 3, 4, 5, 6 – наблюдательные скважины;
УГВ – уровень грунтовых вод; R – радиус депрессионной воронки

Рисунок 3.7 – Схема депрессионной воронки [12]

Минеральные подземные воды имеют большое значение для развития санаторно-курортного комплекса Республики Крым. Они вскрыты, как правило, скважинами в отложениях от миоценового до палеозойского возраста. Разведано 8 месторождений минеральных вод: Евпаторийское «морское», Евпаторийское субтермальное, Сакское, Пятихатненское, Белоглинковское, Аджису, Феодосийское, Чокракское [9]. Запасы данной категории подземных вод (А+В+С₁) составляют 20806,8 м³/сут.

Согласно классификации подземных минеральных вод, предложенной Ивановым В. В. и Невраевым Г. А., в регионе выделяют 4 бальнеологические группы, а именно: без специфических компонентов и свойств, углекислые, сульфидные и йодо-бромные.

Наиболее распространены в Республике подземные воды первой бальнеологической группы. Они встречаются во всех структурно-тектонических регионах. По ионно-солевому и газовому составу минеральные воды данной группы делятся на 7 типов, среди которых наиболее интенсивно используются азотные, азотно-метановые гидрокарбонатно-хлоридные натриевые воды с минерализацией 2–5 г/дм³. Минеральные воды данного типа представлены тремя крупными месторождениями: Евпаторийским, Сакским и Белоглинковским.

Углекислые воды имеют ограниченное распространение на территории Республики Крым. Они преимущественно встречаются на Керченском полуострове. Наиболее известными и изученными являются Сент-Элинские, Султановский, Новый источники.

Минерализация подземных вод данной группы колеблется в пределах 9–14 г/дм³, а содержание углекислоты – 0,5–1,5 г/дм³.

Сульфидные минеральные воды широко распространены в Крымском регионе. Особенно часто они встречаются на Керченском полуострове, где имеются их утвержденные запасы на Чокракском месторождении. По химическому составу минеральные воды данной группы делятся на 6 типов, среди которых наиболее интенсивно применяются хлоридно-натриевые и кальциево-натриевые слабосульфидные воды с минерализацией 2–5 г/дм³. Сульфидные минеральные воды в Республике Крым, за исключением месторождения Аджи-Су, практически не используются.

Йодо-бромные минеральные воды широко распространены практически во всех геолого-структурных регионах Республики Крым. Почти все глубокозалегающие водоносные горизонты обогащены йодом и бромом. Минерализация подземных вод данной бальнеологической группы варьирует в пределах 10–74 г/дм³, содержание йода – 0,007–0,44 г/дм³, брома – 0,031–0,131 г/дм³ [13].

Список литературы

1. Лисовский, А. А. Поверхностные водные объекты Крыма / А. А. Лисовский, В. А. Новик, З. В. Тимченко, З. Р. Мустафаева. – Симферополь : Рескомводхоз АРК, 2004. – 113 с.
2. Багров, Н. В. Атлас Автономной Республики Крым / Н. В. Багров, Л. Г. Руденко и др. – Киев-Симферополь : ЗАО «Институт передовых технологий», 2003. – 80 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6. Украина и Молдавия. Выпуск 4. Крым. – Ленинград : Гидрометеорологическое издательство, 1966. – 180 с.
4. Чабан, В. В. Исследование сезонного изменения экологической обстановки Сакского соленого озера / В. В. Чабан, Н. А. Сурова // Вестник «Крымское качество». – 2007. – № 1 (9). – С. 56–60.
5. Пасынков, А. А. Экологические проблемы сохранения и использования бальнеологических ресурсов соленых озер Крыма / А. А. Пасынков, Л. М. Соцкова, В. И. Чабан // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. – 2014. – № 27 (66). – С. 97–117.
6. Лисовский, А. А. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: справочник / А. А. Лисовский, В. А. Новик, З. В. Тимченко, У. А. Губская. – Симферополь : КРП Учпедгиз, 2011. – 242 с.
7. Шавин, А. Ф. Орошаемое земледелие и водное хозяйство Крымской АССР / А. Ф. Шавин. – Симферополь : Государственный комитет Украины по водному хозяйству, 1991. – 264 с.
8. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.06 № 74-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/, свободный.
9. Гидрогеология СССР. Том VIII. Крым – М. : «Недра», 1971. – 364 с.
10. Хмара, А. Я. Минеральные ресурсы Крыма и прилегающей акватории Черного и Азовского морей / А. Я. Хмара, А. Н. Хлебников, В. Д. Иванова и др. – Симферополь : «Таврия – Плюс», 2001. – 81 с.
11. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2019 г. – Ижевск : ООО «Принт», 2020. – 360 с.

12. Лушик, А. В. Водоотбор и его влияние на подземные воды пригодные для хозяйственно-питьевого водоснабжения в Крыму / А. В. Лушик, Н. В. Горбатюк, В. И. Морозов // Строительство и техногенная безопасность. – 2016. – № 2 (54). – С. 83–91.

13. Устойчивый Крым. Водные ресурсы. – Симферополь : «Таврида», 2003. – 413 с.

4.1. Общая характеристика процесса водопользования в Крымском регионе

В истории развития водохозяйственного комплекса Крымского региона явно просматривается несколько периодов, характеризующихся существенными изменениями в структуре водопользования:

- до 1963 г. – потребность в водных ресурсах покрывалась только за счет местных водоисточников;

- 1964–2013 гг. – для целей водообеспечения населения и отраслей экономики совместно использовались днепровская вода, подаваемая по системе Северо-Крымского канала (СКК), и собственные водные ресурсы Крымского полуострова;

- в 2014–2021 гг. был осуществлен переход на водообеспечение за счет местных водных объектов.

С целью оценки водохозяйственной обстановки в Крымском регионе и перспектив снижения дефицита водных ресурсов в будущем рассмотрим более детально структуру водопользования на конец второго и начало третьего периода. На рисунке 4.1 приведены средние данные за 2009–2013 и 2015–2019 гг., характеризующие забор воды из различных водоисточников (в расчет не принят 2014 г.).

Из анализа данного рисунка видно, что после 2014 г. произошло увеличение объемов забора морской и подземной воды в 5,7 и 1,6 раза соответственно. Несмотря на прекращение поставок днепровской воды, на долю которой ранее приходилось более 80 % от общего водозабора, значительная часть водных ресурсов продолжает теряться при их транспортировке (рисунок 4.2).

Для снижения уровня потерь воды при транспортировке в соответствии с распоряжением Правительства РФ № 2668-р от 16 октября 2020 г. с 2021 г. в Республике Крым начались крупномасштабные работы по замене водопроводных труб (рисунок 4.3).

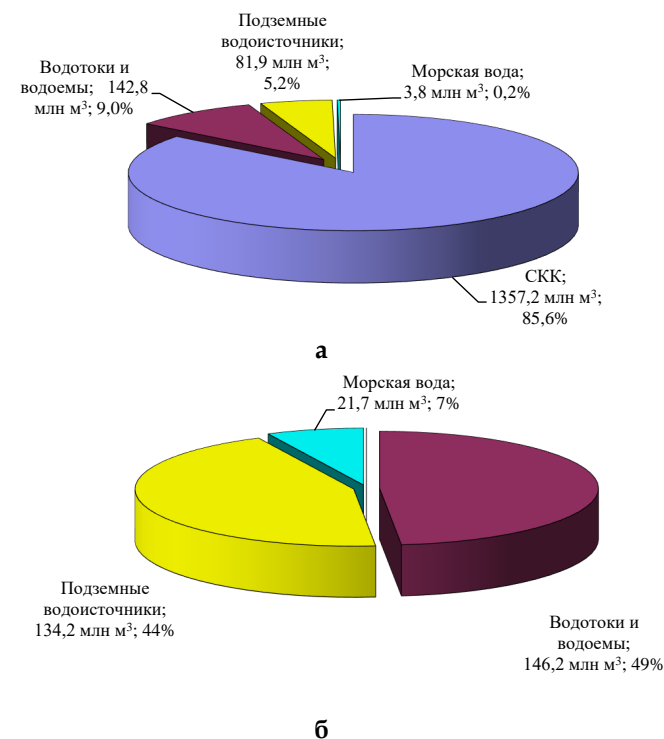


Рисунок 4.1 – Распределение забора воды по водоисточникам (а – 2009–2013 гг., б – 2015–2019 гг.)

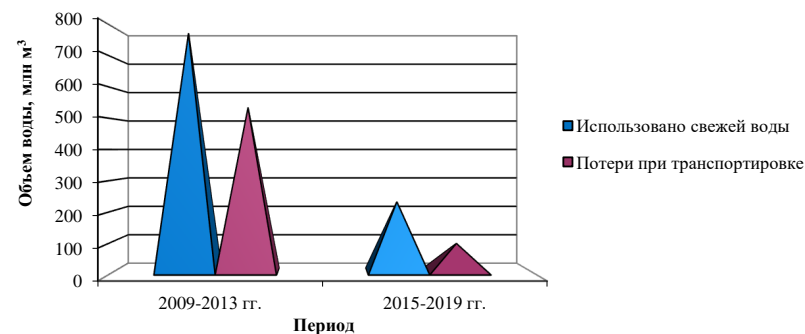


Рисунок 4.2 – Использование и потери водных ресурсов в Крымском регионе

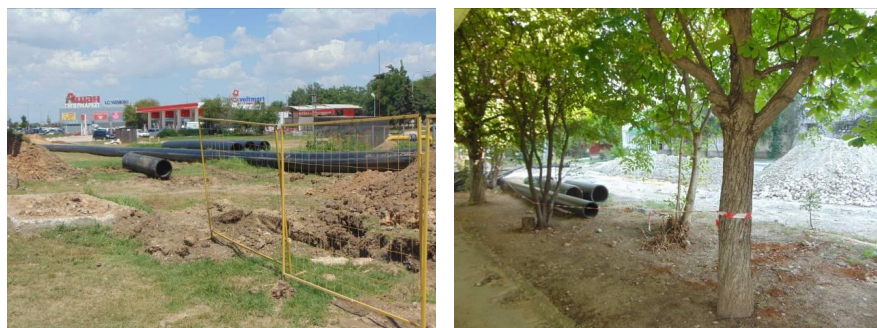


Рисунок 4.3 – Масштабная замена водопроводных сетей в г. Симферополе (а – ул. Киевская, вблизи гипермаркета «Ашан»; б – пересечение улицы Кечкеметской и проспекта Победы)

Неотъемлемой частью процесса водопользования является водоотведение. На рисунке 4.4 приведены средние данные за 2009–2013 и 2015–2019 гг., характеризующие степень очистки сточных вод, сбрасываемых в природные водные объекты Республики Крым.

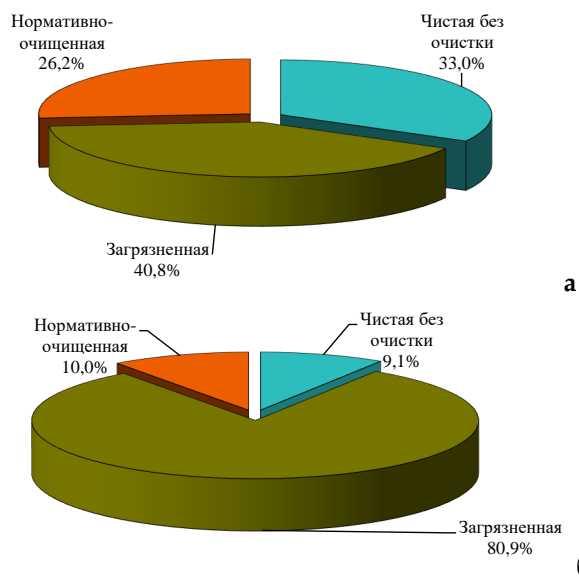


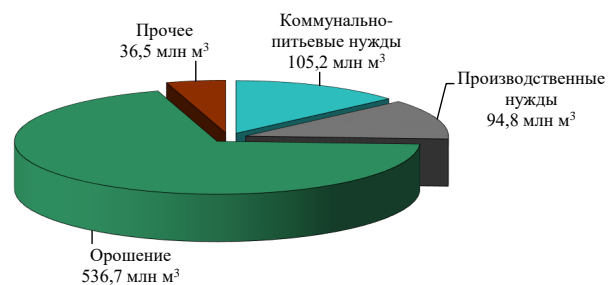
Рисунок 4.4 – Состояние сточных вод, сбрасываемых в природные водные объекты (а – 2009–2013 гг., б – 2015–2019 гг.)

Качество очистки сточных вод ухудшилось. Это, в первую очередь, обосновано тем, что большинство канализационных очистных сооружений (КОС) Крымского региона были сданы в эксплуатацию в 1975–1985 гг. Для решения данной проблемы с 2016 г. проводят широкомасштабные работы по строительству, модернизации и реконструкции канализационных очистных сооружений. Так, в 2017 г. сданы в эксплуатацию КОС пгт. Советский и Гвардейское (рисунок 4.5), а в 2020 г. окончено строительство КОС г. Саки. Также в рамках ФЦП «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополь до 2022 г.» и Республиканской адресной инвестиционной программы Республики Крым запланированы строительство/реконструкция девяти КОС, расположенных в селах Малый Маяк и Малореченское, поселках Кацавелли и Миндальное, пгт. Орджоникидзе, Красногвардейское, Черноморское, Ленино и Первомайское [1].

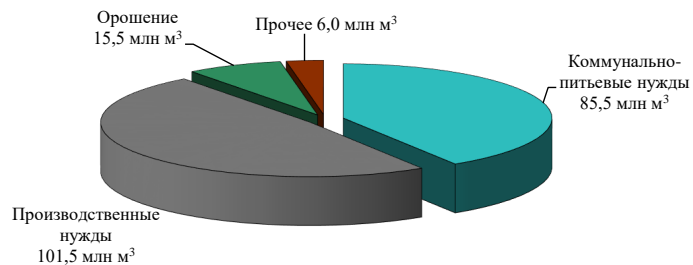


Рисунок 4.5 – Реконструированные канализационные очистные сооружения Республики Крым (а – пгт. Советский; б – пгт. Гвардейское)

Анализируя ситуацию в водохозяйственной сфере, следует отметить, что переход на использование только местных водоисточников привел к усилению дефицита водных ресурсов в целом по Республике Крым. Данная проблема затронула все отрасли народного хозяйства региона (рисунок 4.6), но больше всего пострадало сельское хозяйство. Однако благодаря совокупности предпринятых действий, направленных на увеличение площадей орошаемых земель (поиск дополнительных источников воды, выдача субсидий на строительство, реконструкцию и техническое перевооружение оросительных систем общего и индивидуального пользования и др.), ситуация постепенно изменялась в лучшую сторону (рисунок 4.7).



а



б

Рисунок 4.6 – Изменение отраслевой структуры водопотребления в Республике Крым (а – 2009–2013 гг., б – 2015–2019 гг.)

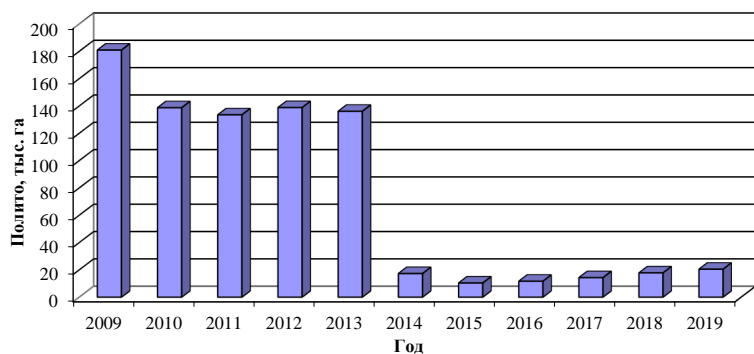


Рисунок 4.7 – Динамика изменения площадей политых земель в Республике Крым

Несмотря на предпринятый ряд действий, направленных на обеспечение населения достаточным количеством воды (переброска стока р. Биюк-Карасу, строительство новых скважин, увеличение забора подземных вод), проблема питьевого водоснабжения так до конца и не была решена. Так, к примеру, с сентября 2020 по апрель 2021 гг. в некоторых населенных пунктах Республики Крым был введен почасовой режим подачи воды населению. Это обосновано низким уровнем наполнения водохранилищ, являющихся одним из основных источников питьевого водоснабжения (рисунок 4.8). Для повышения водообеспеченности жителей Симферополя (столицы Республики Крым) стал вопрос о строительстве опреснительной установки в районе с. Николаевка Симферопольского района.



а



б

Рисунок 4.8 – Состояние водохранилищ Республики Крым в 2020 г. (а – Партизанское; б – Симферопольское)

Несмотря на усиление дефицита водных ресурсов, постепенная реализация комплекса мероприятий, включающих реконструкцию канализационных очистных и водотранспортирующих сооружений, переход на водосберегающие способы полива (капельное, внутрипочвенное орошение и др.), строительство новых, переоборудование и расчистку существующих подземных водозаборов, позволило улучшить водохозяйственную обстановку и повысить водообеспеченность населения и отраслей экономики, включая сельское хозяйство. Так, за период с 2015 по 2019 гг. в Республике введено в эксплуатацию почти 10 тыс. га орошаемых земель.

Собственные водные ресурсы Крымского региона ограничены, поэтому без внешнего водоисточника вернуться к уровню водопользования в сельском хозяйстве и промышленности, характерному для 2013 г., практически невозможно. Однако

использование альтернативных водных ресурсов (опресненных минерализованных, очищенных сточных, коллекторно-дренажных вод) в перспективе будет способствовать достижению рационального водопользования и устойчивому функционированию рекреационно-производственной сферы Республики.

4.2. Перспективы использования альтернативных водных ресурсов в Республике Крым

По мнению ряда ученых и ведущих специалистов, перспективными альтернативными источниками, которые могут частично покрыть дефицит собственных водных ресурсов региона, являются:

- для питьевого водоснабжения – опресненные морские, слабоминерализованные поверхностные и подземные воды, экстракт атмосферной влаги [2–4];

- для сельского хозяйства – очищенные сточные [5–11] и коллекторно-дренажные воды [12–15].

Использование каждого из этих видов альтернативных водных ресурсов имеет свои достоинства и недостатки. Выбор наиболее подходящего зависит от сочетания целого ряда факторов: удаленности источника от потребителей, качественного состава воды, цены водоподготовки и т.п. Рассмотрим перспективы использования каждого из них в Республике Крым.

4.2.1. Опреснение как способ решения проблемы питьевого водоснабжения

Одним из перспективных способов получения в Крымском регионе водных ресурсов, пригодных для коммунально-питьевого водоснабжения, является опреснение подземных и поверхностных вод (включая морскую) с минерализацией более 1,5 г/дм³ [16, 17].

Следует отметить, что в настоящее время существует множество методов опреснения: химические (химическое осаждение, ионный обмен), физические (дистилляция, обратный осмос или гиперфильтрация, электродиализ, вымораживание) и биологические, основанные на использовании способности некоторых фотосинтезирующих водорослей избирательно поглощать NaCl из морской воды. Многообразие методов объясняется тем, что ни один из

них не может считаться универсальным, приемлемым для любых условий.

С экономической точки зрения наиболее перспективными для условий Крыма являются два мембранных способа опреснения: электродиализ и обратный осмос.

Электродиализ считается одним из самых экологически безопасных и недорогих методов обессоливания. Принцип его действия основан на движении отрицательных и положительных ионов к электродам под воздействием электрического тока.

Обратный осмос – это метод получения пресной воды, при котором раствор под давлением проходит через специальную синтетическую мембрану, на которой задерживается до 98 % минеральных солей и различных примесей.

Исторически сложилось так, что широкомасштабное использование электродиализа началось ранее, хотя теория изучения обратного осмоса имеет более давнюю историю. Развитие технологии органического синтеза позволило создать ацетатные и полиамидные мембраны, в результате при выборе метода опреснения предпочтение стало отдаваться и обратному осмосу [18–20].

Большой опыт эксплуатации устройств обратного осмоса и электродиализа позволил выявить их сильные и слабые стороны [20–22], однако до сих пор ведутся исследования по разработке более совершенной технологии опреснения [23–25].

Существует целый ряд факторов, по которым можно проводить сравнение эффективности этих двух методов очистки воды. Основные из них:

- этап предварительной подготовки воды;
- продолжительность эффективной работы мембран;
- затраты электроэнергии на опреснение;
- степень извлечения воды.

Этап предварительной подготовки воды.

Обратноосмотические установки, в отличие от электродиализных аппаратов, чувствительны к различным примесям в исходной воде. Наиболее опасными для мембран являются соли жесткости.

Для борьбы с органическими загрязнениями используют гипохлорит, активированный уголь, биологическую обработку воды или электродеструкцию.

Следует отметить, что в последнее время стали применять более сложные схемы подготовки воды перед обратным осмосом, которые могут включать до 8 стадий. Существует мнение, что на

предварительную очистку может приходиться до 50 % стоимости установки, что соответственно сказывается на себестоимости полученной воды. В то же время, даже при опреснении морской воды методом электродиализа, схемы ее предварительной подготовки сравнительно просты (таблица 4.1).

Таблица 4.1

Типичные схемы предварительной подготовки воды перед опреснением

| Стадии предподготовки | Обратный осмос | Электродиализ |
|--------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 1 | фильтр грубой очистки | фильтр грубой очистки |
| 2 | картридж тонкой очистки | не требуется |
| 3 | обработка коагулянтом | -//- |
| 4 | фильтрация | -//- |
| 5 | обработка активным хлором | -//- |
| 6 | углеродный картридж | -//- |

Исходя из анализа данного фактора, следует подчеркнуть следующие преимущества, которые свидетельствуют в пользу выбора электродиализа:

1) не требуется высокое качество исходной воды;

2) возможность использования при остаточной концентрации в воде активного хлора до 1 мг/дм³. В случае обратного осмоса необходимо проведение дехлорирования, так как это позволяет защитить мембрану от разрушения из-за окисления свободным хлором.

Продолжительность эффективной работы мембран.

Мембраны обратноосмотических установок тонкие, чрезвычайно чувствительные к пересыханию. Свои качества они сохраняют на протяжении 6–12 месяцев и не подлежат восстановлению. Следует отметить, что мембраны являются довольно дорогостоящей частью установок, на их долю приходится около 50 % от общей стоимости.

Мембраны для электродиализных аппаратов грубые, композитные, чрезвычайно прочные, легко регенерируются растворами кислот. После высыхания они восстанавливают свои свойства. Срок службы мембран на капроновой или лавсановой основе составляет до 8 лет, а перфторированных – до 20 лет.

Затраты энергии на опреснение. Считается, что для опреснения морской воды рабочее давление в обратноосмотических установках должно быть 50–100 атмосфер, такая его величина достигается

благодаря работе мощных насосов, которые и потребляют большую часть электроэнергии [26]. Так, для опреснения 1 м³ морской воды в среднем необходимо около 10 кВт/ч электроэнергии. Если говорить о промышленных электродиализных установках, то на удаление 1 кг соли требуется 2 кВт/ч электроэнергии.

Таким образом, с экономической точки зрения при опреснении воды минерализацией выше 10 г/дм³ целесообразно использовать обратноосмотические установки.

Степень извлечения воды. В докладе, представленном на 12-м Международном симпозиуме по опреснению и повторному использованию воды в г. Ла-Валетте (Мальта), были представлены результаты применения электродиализа и обратного осмоса для опреснения соленоватых подземных вод (минерализация 1,6 г/дм³) для коммунально-питьевого водоснабжения небольшого сельского населенного пункта. В результате проведенного эксперимента при технологии обратного осмоса степень извлечения воды составила 70 %, а при электродиализе – 84 % [27].

Исходя из вышеизложенного, следует отметить, что при низком солесодержании в исходной воде и необходимости получения значительного объема воды предпочтение следует отдавать технологии электродиализа, а в случаях малой производительности применять обратный осмос. При обессоливании воды, предназначенной для хозяйственно-питьевого водоснабжения, капитальные затраты на обратноосмотические установки ниже, чем на электродиализные. Однако такие факторы, как сложная предварительная подготовка и низкий выход очищенной воды сводят на нет преимущества низких первичных капитальных вложений. В каждой конкретной ситуации, в зависимости от качества и свойств исходной воды, необходимых объемов водоподготовки и целевого использования, необходимо просчитывать, какой метод очистки является предпочтительным.

Хотя морские и слабоминерализованные подземные и поверхностные воды являются перспективным альтернативным источником воды для целей питьевого водоснабжения, масштабное развитие данного направления на территории Республики Крым сдерживает ряд факторов, а именно:

– цена опресненной воды (включая стоимость ее обогащения минеральными добавками);

– проблема утилизации получаемого в ходе обессоливания рассола [10, 16, 28].

Если преодоление первого ограничения возможно только на основе государственной поддержки, то в отношении второго разработан ряд установок, предназначенных не только для опреснения, но и получения товарных солей, к примеру, УКМВ-50 «Оазис». Работа данного устройства основана на использовании ветроэнергоагрегатов, методов обратного осмоса и термической утилизации солевых концентратов. Ее применение, в сравнении с другими аналогами, позволяет в значительной степени уменьшить объем образующегося после очистки рассола, который необходимо утилизировать, а также снизить затраты электроэнергии на опреснение. Еще одним достоинством УКМВ-50 «Оазис» является получение дополнительного сырья в виде карбоната кальция, магнезия, гипса и поваренной соли [29].

Первый этап оценки возможности использования УКМВ-50 «Оазис» в Республике Крым был проведен в 2018 г. На основе общей минерализации вод озер Донузлав, Сасык-Сиваш и Черного моря был произведен теоретический расчет по оценке технико-экономических характеристик (таблица 4.2). В зависимости от исходного водоисточника стоимость опресненной воды варьировала от 18,2 до 28,7 руб/м³.

Использование установок подобных УКМВ-50 «Оазис» позволит не только увеличить долю населения Крымского региона, использующего питьевую воду хорошего качества, но и решить вопрос утилизации рассола получаемого при опреснении воды.

Таблица 4.2

**Технико-экономические параметры опытной установки
УКМВ-50 «Оазис»**

| Источник исходной воды | Срок службы, лет | Стоимость установки, тыс. руб. | Стоимость эксплуатационных расходов в год, тыс. руб. | Стоимость опресненной воды, руб./м ³ |
|------------------------|------------------|--------------------------------|--|---|
| Озеро Донузлав | 10 | 28 754 | 7 845 | 18,16 |
| Озеро Сасык-Сиваш | 10 | 31 629 | 9 656 | 22,35 |
| Черное море | 10 | 34 592 | 12 400 | 28,70 |

В Республике Крым наиболее перспективными территориями, где целесообразно применение опреснения являются Феодосийско-

Судакский регион, Керченский полуостров, Западный и Северо-Западный Крым, а также населенные пункты центральной и восточной части полуострова, в которых существует необходимость улучшения качества подаваемой по водопроводным сетям воды.

Для реализации данного направления необходима детальная проработка всех имеющихся технологий опреснения с обязательным включением в проекты вопроса утилизации концентрата. Так же следует отметить, что согласно опыту Израиля, использование водоносных горизонтов в качестве накопительных резервуаров, позволяет обеспечить круглогодичную работу опреснительных установок, что, в свою очередь, будет способствовать снижению стоимости получаемой обессоленной воды. Впервые эту идею реализовала компания «Мекорот» еще в 1960-х годах. Ее суть заключается в том, что водоносные горизонты рассматриваются как резервуары для хранения воды, пополнение которых осуществляется при ее избытке, а откачка – при недостатке. Реализация данной идеи на практике требует создания разветвленной сети пьезометров и регулярного ведения мониторинга учета поставок и откачек воды. Каждый водоносный горизонт требует конкретных оперативных процедур и ограничений. К примеру, в прибрежной зоне необходима защита от проникновения морской воды [30].

4.2.2. Современные разработки в области получения пресной воды и перспективы их использования

Гелиоопреснение считается одной из самых передовых «зеленых» технологий, направленных на получение обессоленной воды с помощью использования солнечной энергии. Следует отметить, что на Крымском полуострове солнечная активность сравнима с уровнем северной части Италии, которая считается мировым лидером по количеству солнечной инсталляции. С этой точки зрения, гелиоопреснение является перспективным для Республики Крым методом получения дополнительных объемов воды, необходимых для повышения водообеспеченности населения и отраслей экономики.

Основным технологическим отличием гелиоопреснения от других дистилляционных установок является то, что для первоначального нагрева воды используются специальные теплообменники со стеклянной поверхностью, функционирующие от

солнечной энергии (рисунок 4.9). Это, в свою очередь, значительно снижает эксплуатационные расходы.



Рисунок 4.9 – Гелиоопреснительная установка [31]

Принцип работы гелиоопреснения заключается в том, что под воздействием солнечной радиации в емкости, заполненной соленой водой, происходит ее испарение. После этого очищенный от растворенных солей и микроорганизмов дистиллят, образующийся при конденсации пара на наклонных, охлаждаемых воздухом поверхностях, изготовленных из стекла или пластмассы, собирается в желобах, расположенных в нижней части установки, а оставшийся рассол удаляется в дренаж.

К достоинствам гелиоопреснения относятся общедоступность и неисчерпаемость солнечной энергии; экологическая безопасность; возможность использования практически в любой точке Крымского полуострова, к недостаткам – зависимость от погодных условий и времени суток; необходимость дублирования солнечных электростанций маневренными электростанциями сопоставимой мощности; высокая стоимость оборудования; необходимость периодической очистки отражающей поверхности от пыли; изменение микроклимата, обусловленное нагревом атмосферы.

В настоящее время разработаны опреснители, способные с 1 м² панели получать около 10 л воды в сутки. То есть, на станции площадью в 1 га ориентировочно можно обессолить около 100 м³ воды в сутки.

Использование технологии экстракции атмосферной влаги. Как известно, в 1 м³ воздуха содержится от 4 до 25 г водяных паров. Следует отметить, что эту влагу можно сделать доступной для человека. Одним из способов получения атмосферной воды является ее экстракция, то есть извлечение из воздуха путем конденсации за

счет разницы температур. Существует целый ряд установок, работа которых основана на использовании данной технологии. К ним относятся: «Airdrop» (иригационная система), «Water Seer», «Воздушный родник» и др. [32–34]. Рассмотрим более подробно устройство последней установки, разработанной и запатентованной специалистами ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (г. Москва). Ее целесообразно устанавливать на морском побережье или непосредственно на море в районах с дефицитом пресной воды. На рисунке 4.10 приведена общая схема установки.

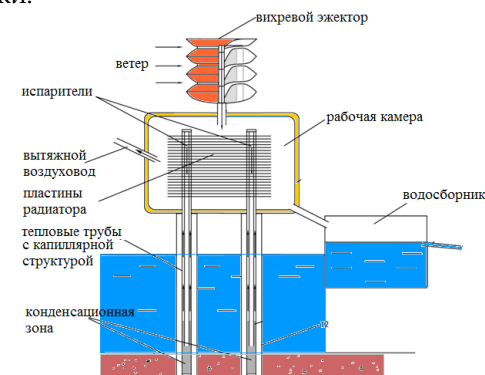


Рисунок 4.10 – Схема установки «Воздушный родник»

Конструкция установки «Воздушный родник» включает: вихревой эжектор, блок температурного разделения воздушного потока, конденсатор влаги, систему отвода воздуха, засыпку [34]. На рисунке 4.11 приведен внешний вид опытного образца, установленного в Никитском ботаническом саду.



Рисунок 4.11 – Опытный образец установки «Воздушный родник», смонтированный в Никитском ботаническом саду [35]

В зависимости от модификации и погодных условий данная установка позволяет получать от 1 до 18 м³ воды в сутки. В целом, внедрение технологии экстракции атмосферной влаги является перспективным для Республики Крым. Однако для его реализации необходимо предусмотреть разработку комплексного проекта по обводнению проблемных зон Крымского региона, включающую подбор оптимальных модификаций установки «Воздушный родник», выделение территорий, где использование данного оборудования будет экономически и экологически более эффективным в сравнении с другими альтернативными способами получения воды.

4.2.3. Возможности применения очищенных сточных вод в сельском хозяйстве Крымского региона

Согласно Всемирному докладу ООН «О состоянии водных ресурсов» за 2017 г. «сточные воды являются одним из важнейших компонентов цикла рационального водопользования, вода после использования слишком часто рассматривается как обуза, от которой следует избавиться, или как помеха, на которую не надо обращать внимания» [36]. Эксперты считают, что такой подход может подорвать другие усилия по достижению целей, включенных в Повестку дня в области устойчивого развития на период до 2030 г.

Использование очищенных сточных вод в сельском хозяйстве является наиболее перспективным и экономически эффективным способом их утилизации. Еще в середине XIX в. во многих городах Европы и Америки орошение сельскохозяйственных культур рассматривалось как способ утилизации бытовых сточных вод. В Великобритании так называемые сельскохозяйственные поля орошения были созданы уже в 1865 г., в Соединенных Штатах Америки – в 1871 г., во Франции – в 1872 г., в Германии – в 1876 г., в Индии – в 1877 г., в Австралии – в 1893 г. и в Мексике – в 1904 г. В большинстве этих стран побудительным стимулом к такому использованию сточных вод было предотвращение загрязнения рек, а не повышение урожайности; в Великобритании был такой девиз: «Сточные воды – в землю, а дождевые – в реки» [37]. Однако по мере роста городов и доли городского населения, пользующегося канализационными системами, поля орошения стали занимать слишком большие площади земли. Эта практика стала менее популярной, и с разработкой современных методов очистки сточных вод, таких, как биофильтрация и обработка активным илом, претерпела ряд изменений, а в ряде стран полностью прекратилась после первой мировой войны.

В настоящее время, для целей орошения используются в основном предварительно очищенные сточные воды, это позволяет снизить негативное воздействие на почву и качественный состав сельскохозяйственной продукции. Особенно актуален такой подход в вододефицитных регионах. Наибольших успехов в данном направлении достиг Израиль. В этой стране «из 530 млн м³/год произведенных сточных вод обрабатывается 476 млн м³/год (93 %) и 410 млн м³/год (86 %) повторно используется при орошении» [38].

Пик использования очищенных сточных вод для полива в Крыму приходится на 1985–1995 гг. В то время количество пригодных для орошения сточных вод составляло около 44 млн м³, из них фактически использовалось 18 % [39]. Солевой состав данной категории водного ресурса регулярно отслеживался. В таблице 4.3 приведены осредненные за 1989 г. данные по анионно-катионному составу очищенных сточных вод Республики Крым, а в таблице 4.4 результаты оценки пригодности данной категории воды для целей орошения по почвенно-мелиоративной классификации.

В 1989 г. очищенные сточные воды, сбрасываемые с крупных КОС Крымского региона, в основном классифицировались как ограниченно пригодные. Результаты проведенных Сало Т. Л., Дышлоком В. Е., Андрияненко Г. И., Чегринцом Г. Я. и Никулой Р. Г. в 1989–1990 гг. научно-исследовательских работ, посвященных оценке возможностей применения данной категории воды в орошаемом земледелии, показали, что использование очищенных сточных вод КОС Евпатория, Бондаренковские без предварительной водоподготовки привели к ухудшению мелиоративной обстановки на поливаемых участках.

Таблица 4.3

Солевой состав очищенных сточных вод в Крымском регионе в 1989 г. [39]

| Наименование КОС | Анионно-катионный состав, мг-экв/дм ³ | | | | | | | Минерализация, г/дм ³ |
|-------------------|--|-----------------|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------------------------|
| | HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | |
| Укромное | 2,2 | 3,0 | 2,3 | 3,8 | 1,8 | 4,3 | 0,2 | 0,56 |
| Евпатория | 7,6 | 23,4 | 11,7 | 6,4 | 5,6 | 21,7 | 0,6 | 2,57 |
| Мыс Ильи | 5,2 | 2,8 | 4,0 | 3,8 | 3,8 | 8,8 | 0,5 | 0,95 |
| Бондаренковские | 4,4 | 9,0 | 5,2 | 3,8 | 4,4 | 11,3 | 0,4 | 1,25 |
| Орджоникидзевские | 4,2 | 33,8 | 4,2 | 5,2 | 8,6 | 29,6 | 0,8 | 2,57 |
| Алушта | 3,6 | 1,6 | 0,9 | 3,2 | 1,0 | 2,4 | 0,2 | 0,46 |
| Судак | 6,0 | 9,0 | 4,0 | 3,8 | 5,0 | 11,7 | 0,6 | 1,31 |
| Бахчисарай | 4,0 | 5,4 | 1,1 | 4,4 | 2,0 | 5,0 | 0,2 | 0,72 |
| Джанкой | 6,0 | 10,4 | 4,9 | 5,7 | 6,3 | 9,3 | 0,4 | 1,39 |

Таблица 4.4

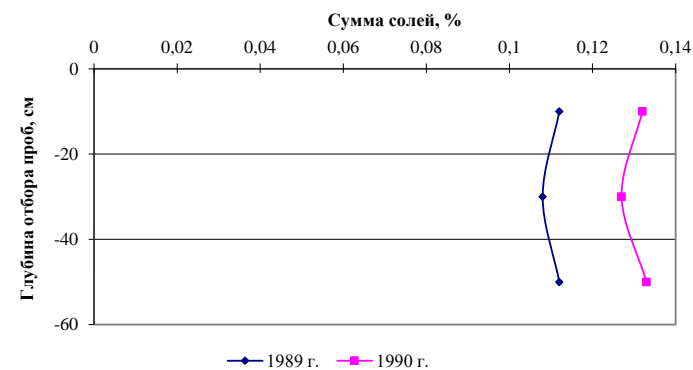
Результаты оценки пригодности очищенной сточной воды для целей орошения по данным 1989 г. (рассчитано авторами на основе материалов, приведенных в [39])

| Наименование КОС | Класс качества в зависимости от степени опасности развития | | | | | Итоговый класс воды |
|-------------------|--|----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------|
| | общего засоления * | хлоридного засоления | натриевого осолодцевания | магниевого осолодцевания | содообразования | |
| Укромное | I | II | III | I | I | III |
| Евпатория | IV | IV | IV | I | I | IV |
| Мыс Ильи | II | II | IV | II | I | IV |
| Бондаренковские | III | III | IV | II | I | IV |
| Орджоникидзевские | IV | IV | IV | III | I | IV |
| Алушта | I | I | II | I | I | II |
| Судак | III | III | IV | II | I | IV |
| Бахчисарай | II | III | III | I | I | III |
| Джанкой | III | IV | III | II | I | IV |

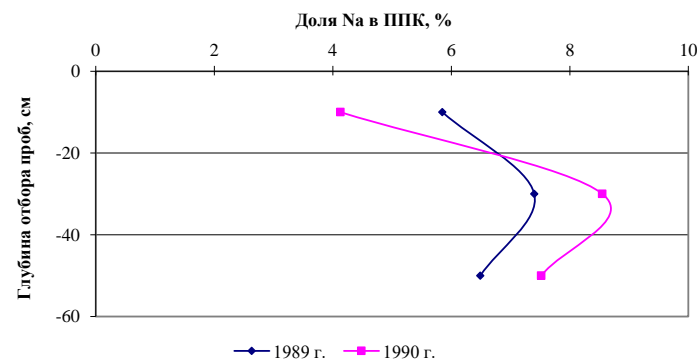
Примечание. * класс воды обозначен для почв с тяжелым механическим составом.

Так, к примеру, за период с 1989 по 1990 г. сумма солей в почве опытного участка, расположенного в совхозе «Береговой» Сакского района, увеличилась в среднем в 1,18 раза, а доля натрия в почвенном поглощающем комплексе на глубине 20–40 см – в 1,15 раза, что свидетельствует о развитии процессов засоления и натриевого осолодцевания (рисунок 4.12) [39].

Следует отметить, что солевой состав очищенных сточных вод, сбрасываемых с крупных канализационных очистных сооружений (таблица 4.5), за прошедшие 30 лет изменились незначительно (за исключением КОС Евпатория и Судак).



а



б

Рисунок 4.12 – Влияние сточных вод КОС Евпатория на почву опытного участка, расположенного в совхозе «Береговой» Сакского района (а – общее содержание водорастворимых солей; б – доля Na в почвенном поглощающем комплексе (составлено авторами на основе [39])

Из анализа таблицы 4.5 видно, что по ряду КОС минерализация очищенной сточной воды превышает 1000 мг/дм³, что свидетельствует о возможности развития на поливных участках таких неблагоприятных процессов как общее и хлоридное засоление. Это обосновано исходным качеством воды, подаваемой для удовлетворения коммунально-бытовых нужд. В отношении

КОС Евпатория возможной дополнительной причиной такого состава очищенных стоков являются сбросы лечебных минерализованных вод в систему водоотведения с объектов санаторно-курортного комплекса.

Таблица 4.5

Солевой состав очищенных сточных вод крупных КОС Республики Крым [39]

| Наименование КОС | Минерализация, мг/дм ³ | | | Хлориды, мг/дм ³ | | |
|------------------|-----------------------------------|---------|-------|-----------------------------|---------|--------|
| | 1989 г. | 2019 г. | Δ | 1989 г. | 2019 г. | Δ |
| Ужгородское | 560 | 522 | -38 | 106,5 | 73,8 | -32,7 |
| Евпатория | 2570 | 3714 | +1144 | 830,7 | 1312,0 | +481,3 |
| Мыс Ильи | 950 | 892 | -58 | 99,4 | 183,6 | +84,2 |
| Бондаренковские | 1250 | 1508 | +258 | 319,5 | 271,9 | -47,6 |
| Судак | 1310 | 809 | -501 | 319,5 | 75,9 | -243,6 |
| Бахчисарай | 720 | 915 | +195 | 191,7 | 145,1 | -46,6 |
| Джанкой | 1390 | 1187 | -203 | 369,2 | 360,8 | -8,4 |

Также следует отметить плохое техническое состояние канализационных очистных сооружений, что непосредственно влияет на качество очистки и, в ряде случаев, выступает причиной залповых сбросов загрязненных стоков (таблица 4.6).

Таблица 4.6

Сводная информация по крупным канализационным очистным сооружениям Республики Крым [40]

| Наименование КОС | Мощность, тыс. м ³ /сут | | Техническое состояние |
|------------------|------------------------------------|-------------|-----------------------|
| | проектная | фактическая | |
| Ужгородское | 170,0 | 107,4 | удовлетворительное |
| Евпатория | 63,0 | 40,0 | удовлетворительное |
| Мыс Ильи | 42,0 | 15,2 | удовлетворительное |
| Бондаренковские | 43,0 | 12,7 | неудовлетворительное |
| Саки | 6,0 | 5,9 | удовлетворительное |
| Судак | 5,0 | 5,0 | неудовлетворительное |
| Бахчисарай | 8,0 | 4,0 | удовлетворительное |
| Джанкой | 20,0 | 10,0 | неудовлетворительное |

Однако, несмотря на все вышеперечисленные сдерживающие факторы, очищенные канализационные сточные воды являются перспективным источником воды для повышения

водобеспеченности сельскохозяйственной отрасли Республики Крым. За последние 10 лет на территории региона в поверхностные водные объекты ежегодно поступает около 120 млн м³ воды данной категории. Основными водоприемниками очищенных сточных вод являются р. Салгир, Черное и Азовское моря. Если говорить о повторном использовании данной категории воды, то официально для целей орошения в основном забирается только восстановленный сток р. Салгир, большая часть которого представлена очищенными сточными водами, сбрасываемыми с КОС Ужгородское (около 40 млн м³ в год). На перспективу следует отметить, что, к примеру, использование очищенных канализационных стоков, поступающих с КОС Джанкой, Евпатория, Саки, Бондаренковские, может позволить ввести в оборот около 4,5 тыс. га орошаемых земель (таблица 4.7).

Таблица 4.7

Перспективные площади орошения с использованием очищенных сточных вод

| Наименование КОС | Сброс очищенных сточных вод в 2019 г., млн м ³ | Дополнительный объем воды для орошения, млн м ³ | Возможная площадь полива, тыс. га |
|------------------|---|--|-----------------------------------|
| Евпатория | 10,3 | 7,2 | 2,4 |
| Бондаренковские | 4,6 | 3,2 | 1,1 |
| Саки | 2,2 | 1,5 | 0,5 |
| Джанкой | 1,8 | 1,2 | 0,4 |

Однако для развития данного направления необходимы:

- проведение комплексных научно-исследовательских работ по оценке возможности использования очищенных сточных вод крупных канализационных очистных сооружений Крыма для целей орошения;
- увеличение количества отслеживаемых показателей, характеризующих качественный состав очищенных сточных вод (содержание ионов кальция, магния, натрия, более широкий спектр тяжелых металлов и др.);
- разработка региональных нормативно-правовых актов, регламентирующих организацию и ведение орошения данной категорией воды в Республике Крым, включая установление ее стоимости для сельхозтоваропроизводителей;

- усовершенствование процесса очистки сточных вод или их дополнительная водоподготовка;

- обустройство водоаккумулирующих и водотранспортирующих сооружений;

- контроль за соблюдением нормативных требований к использованию данной категории воды (выбор возделываемых культур, мест расположения планируемых участков полива, организация мониторинговых наблюдений за состоянием почвы и качеством выращенной продукции и т. п.) и др.

4.2.4. Достоинства и недостатки использования в степной части Крыма коллекторно-дренажных вод для целей орошения

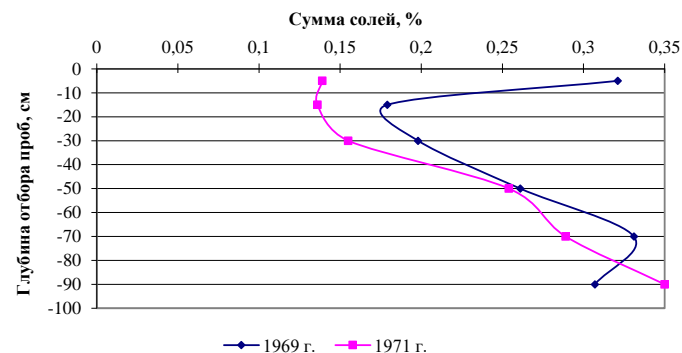
Оценкой возможностей использования коллекторно-дренажных вод для целей орошения занимались: Духовный В. А., Соколов В. И., Якубов Х. Э., Умаров П. Д., Кропина Е. А., Шомантаев А. А., Уринбаев С. и другие. Результаты проведенных исследований нашли отражение в ряде публикаций [41–45]. Данные работы объединяет общий вывод – в вододефицитных регионах целесообразно применять коллекторно-дренажные воды для целей орошения, но при этом в ряде случаев необходимо предусмотреть их дополнительную водоподготовку. В целом, использование коллекторно-дренажных вод для полива сельскохозяйственных культур имеет ряд достоинств:

- эффективно используются содержащиеся в данной категории воды питательные вещества;

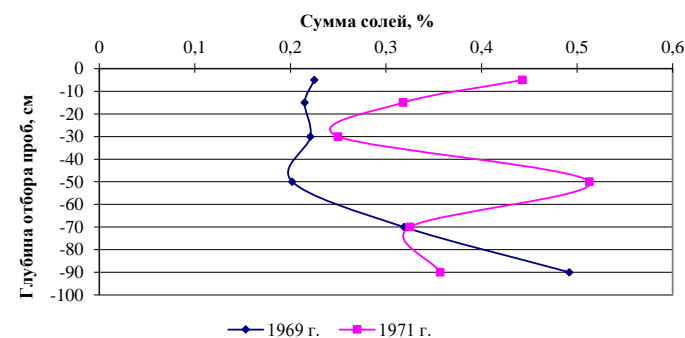
- уменьшается объем поллютантов, сбрасываемых в природные водные объекты;

- более рационально используются имеющиеся водные ресурсы.

К недостаткам, в первую очередь, относят возможность развития таких неблагоприятных почвенных процессов как общее и хлоридное засоление, натриевое осолонцевание. На рисунке 4.13 приведено изменение распределение солей по почвенному профилю на расположенных в совхозе «Искра» и колхозе «Им. Энгельса» Крымского региона опытных участках, на которых в 1969–1971 гг. проводили исследования по оценке целесообразности использования данной категории воды для целей орошения. Минерализация поливной воды в обоих случаях составляла около 2,5 г/дм³.



а



б

Рисунок 4.13 – Изменение распределения солей по почвенному профилю на опытных участках (а – совхоз «Искра» Нижнегорского района; б – колхоз «Им. Энгельса» Советского района (составлено на основе [46])

В совхозе «Искра» четко прослеживается процесс рассоления, а колхозе «Им. Энгельса» – накопления солей. Такое различие полученных результатов обусловлено хорошей дренируемостью территории опытного участка, расположенного в совхозе «Искра».

Таким образом, для предотвращения развития неблагоприятных почвенных процессов на землях, поливаемых слабоминерализованными коллекторно-дренажными водами, необходимо обеспечить их хорошую дренируемость, либо предусмотреть водоподготовку используемой воды (к примеру, ее

разбавление или обессоливание, выращивание в ней водорослей Ряска маленькая [47, 48]).

Коллекторно-дренажные воды являются одним из возможных перспективных альтернативных источников воды для развития орошаемого земледелия в степной зоне Крыма. Это обусловлено рядом факторов:

- основные источники очищенных сточных вод сосредоточены в предгорной и прибрежной зоне полуострова;

- опреснение морской воды потребует более значительных капиталовложений, что связано с ее высокой минерализацией [49];

- возобновление поставок воды от внешнего водоисточника по системе Северо-Крымского канала повлечет за собой увеличение объемов коллекторно-дренажных вод в регионе.

Однако вопрос использования данной категории вод в сельском хозяйстве Республики Крым требует детальной проработки. Это обосновано качественным составом коллекторно-дренажного стока, в первую очередь его высокой минерализацией, которая в основном колеблется от 2 до 7 г/дм³ [28].

В Российской Федерации существует целый ряд установок, которые можно было бы использовать для водоподготовки минерализованных коллекторно-дренажных вод. К примеру, к ним относится передвижной модуль ОПУ «Исток-СВ-20» ООО «Сибводразработка».

В 2015 г. были проведены экспериментальные исследования по обессоливанию коллекторно-дренажных вод ГК-4 вблизи г. Джанкой с использованием данной установки. Технологический процесс водоподготовки включал в себя последовательное проведение электрокоагуляции, осветления и фильтрования. Ниже на рисунке 4.14 приведен внешний вид данной установки.



Рисунок 4.14 – Передвижной модуль ОПУ «Исток-СВ-20»

Результаты химических анализов коллекторно-дренажных вод до и после очистки, а также оценки их пригодности по почвенно-мелиоративной классификации приведены в таблицах 4.8, 4.9 соответственно.

Таблица 4.8
Качественный состав коллекторно-дренажных вод ГК-4 до и после их доочистки

| Показатель | Единицы измерения | Качество воды | |
|-----------------|--------------------|---------------|-----------|
| | | на входе | на выходе |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Водородный | ед. | 7,32 | 7,33 |
| Сумма солей | мг/дм ³ | 2553 | 341 |
| Карбонаты | мг/дм ³ | 0 | 0 |
| Гидрокарбонаты | мг/дм ³ | 268 | 37 |
| Сульфаты | мг/дм ³ | 864 | 125 |
| Хлориды | мг/дм ³ | 667 | 71 |
| Кальций | мг/дм ³ | 280 | 32 |
| Магний | мг/дм ³ | 170 | 7 |
| Натрий+калий | мг/дм ³ | 304 | 69 |
| Общая жесткость | °Ж | 28 | 2,2 |

В результате водоподготовки качественные показатели коллекторно-дренажных вод ГК-4 существенно улучшились.

В настоящее время наиболее перспективными территориями для использования доочищенных коллекторно-дренажных вод являются земли Джанкойского, Краснопереконского, Нижнегорского и Раздольненского районов.

Таблица 4.9
Результаты оценки пригодности коллекторно-дренажных вод ГК-4 для целей орошения до и после их доочистки

| Место отбора пробы | Степень опасности развития | | | | | Класс воды |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|------------|
| | общего засоления | хлоридного засоления | натриевого осолонцевания | магниевого осолонцевания | содобразования | |
| р. Победная, ГК-4 (до очистки) | IV | IV | II | I | I | IV |
| р. Победная, ГК-4 (после очистки) | I | II | III | I | I | III |

Однако для разработки данного направления в Республике Крым необходимо предусмотреть реализацию ряда действий, включая:

- оценку объемов воды, сбрасываемой с коллекторно-дренажных сетей;
- обоснование площадей сельскохозяйственных угодий, оборудованных дренажем, на которых, исходя из почвенных условий, необходимо обеспечить регулирование уровня грунтовых вод;
- проведение необходимых текущих и капитальных ремонтов на коллекторно-дренажных сетях;
- обустройство новых или ремонт/реконструкцию существующих водоаккумулирующих сооружений для перераспределения дренажных вод;
- осуществление, при необходимости, их водоподготовки;
- проведение обязательных мониторинговых наблюдений на земельных участках, поливаемых коллекторно-дренажными водами, минерализация которых превышает 1 г/дм³.

Список литературы

1. Трансформация структуры водного баланса в Крыму в XX веке – начале XXI века и ее оптимизация / под редакцией В. А. Бокова. – Симферополь : Крымский научный центр, 2011. – 193 с.
2. Сейтумеров, Э. Э. О возможности использования слабоминерализованных вод озер Донузлав и Сасык-Сиваш для орошения и питьевого водоснабжения / Э. Э. Сейтумеров // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 1 (73). – С. 87-92.
3. Ляшевский, В. И. К проблеме опреснения морской воды в Крыму / В. И. Ляшевский, А. М. Джапарова // Таврический вестник аграрной науки. – 2015. – № 1 (3). – С. 63-68.
4. Иванютин, Н. М. Подземные воды Крыма. Проблемы и перспективы использования / Н. М. Иванютин // Таврический вестник аграрной науки. – 2015. – № 2. – С. 95-101.
5. Maiolo, M. A proposal for multiple reuse of urbanwastewater / M. Maiolo, D. Pantusa // Journal of Water Reuse and Desalination. – 2018. – Volume 8, Issue 4. – P. 468-478.
6. Abd-Elwahed, M. S. Influence of long-termwastewaterirrigationon soil quality and its spatial distribution / M. S. Abd-Elwahed // Annals of Agricultural Sciences. – 2018. – Volume 63, Issue 2. – P. 191-199.
7. Bemoussat, A. Irrigation with treated wastewaters and the protection of Hennaya groundwater-Tlemcen, Algeria / A. Bemoussat, M. Adjim, F. Bensaoula // Journal of Water and Land Development. – 2019. – Volume 43, Issue 1. – P. 19-27.
8. Малибаева, Ф. С. Оценка возможности использования канализационных сточных вод для орошения при нехватке оросительной воды / Ф. С. Малибаева, Б. А. Качалов // Europaische Fachhochschule. – 2016. – № 1. – С. 3-6.
9. Стратинская, Э. Н. Особенности использования сточных вод для орошения / Э. Н. Стратинская // Проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы научно-практической конференции студентов и молодых ученых. – 2006. – С. 52-54.
10. Ляшевский, В. И. Изучение возможностей использования очищенных сточных вод для орошения в Крыму / В. И. Ляшевский, М. В. Вердыш, В. И. Кременской // Таврический вестник аграрной науки. – 2016. – № 4 (8). – С. 121-129.
11. Волкова, Н. Е. Использование очищенных сточных вод в Крыму: опыт прошлого, реалии настоящего / Н. Е. Волкова, Р. Ю. Захаров // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – № 3 (27). – С. 144-159.

12. Кирейчева, Л. В. Основные направления снижения антропогенной нагрузки на водные объекты за счет уменьшения сброса дренажных вод с мелиорируемых территорий / Л. В. Кирейчева // Природообустройства. – 2015. – № 5. – С. 64-69.

13. Рашидов, Н. Способы очистки коллекторно-дренажных вод с помощью микроводорослей и их использование в сельском хозяйстве / Н. Рашидов, Л. Джумаев, М. Уракова // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. Сборник материалов IV Международной научной экологической конференции. – 2015. – С. 241-243.

14. Рекомендации по безопасному использованию коллекторно-дренажных вод на орошение. – Ташкент : Научно-информационный центр МКВК, 2007. – 24 с.

15. Лентяева, Е. А. Оценка дренажного стока с осушаемых территорий бассейна реки Волга / Е. А. Лентяева, Г. Х. Ялалова // Актуальные вопросы в науке и практике. Сборник статей IX Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 211-226.

16. Иванютин, Н. М. Возможность использования слабоминерализованных поверхностных и подземных вод для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения в Крыму / Н. М. Иванютин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2 (66). – С. 106-111.

17. Иванкова, Т. В. Современное состояние водообеспеченности Республики Крым и возможные дополнительные источники воды / Т. В. Иванкова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 3. – С. 4-11.

18. Джубари, М. К. Эффективность электродиализа при очистке промышленных сточных вод / М. К. Джубари, Н. В. Алексеева // Вестник технологического университета. – 2020. – № 7 (23). – С. 33-39.

19. Шапошник, В. А. Вехи истории науки (к 170-летию открытия ионного обмена и 130-летию электродиализа) / В. А. Шапошник, Т. В. Елисеева // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2020. – № 2 (20). – С. 305-314.

20. Джубари, М. К. Сочетание обратного осмоса и электродиализа для уточнения рекуперации воды в промышленных сточных водах / М. К. Джубари, Н. В. Алексеева, М. Ю. Балабанова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – № 4 (86). – С. 227-235.

21. Ромащенко, М. М. Обратный осмос / М. М. Ромащенко // Сборник трудов Международной научно-технической конференции молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2019. – С. 2290-2294.

22. Бирюк, В. В. Анализ методов и принципов работы установок для опреснения морской воды в Крымском регионе / В. В. Бирюк, Е. В. Благин, А. А. Горшкалев, С. В. Лукачев, Л. А. Ничкова, Г. А. Сигора, Т. Ю. Хоменко, А. А. Шиманов // Вестник Брестского государственного технического университета. Машиностроение. – 2016. – № 4 (100). – С. 18-22.

23. Высоцкий, С. П. Опреснение воды методом обратного осмоса / С. П. Высоцкий, Н. В. Цветкова // Вести автомобильно-дорожного института. – 2019. – № 2 (29). – С. 66-73.

24. Хамза, А. Е. Автоматизация процесса опреснения морской воды методом обратного осмоса / А. Е. Хамза, Х. А. Джабраиллов, К. Байтеш // Colloquium-journal. – 2019. – № 14-2 (38). – С. 125-129.

25. Титов, А. А. Применение электродиализа для получения гидроксида магния из морской воды / А. А. Титов, В. И. Быков, С. И. Ильина, Л. В. Равичев, В. Я. Логинов // Chemical Bulletin. – 2021. – № 4 (4). – С. 70-83.

26. Орлов, Н. С. Техничко-экономическое обоснование разработки систем опреснения на основе традиционных и возобновляемых энергоресурсов / Н. С. Орлов, С. И. Анисимов // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2018. – № 1 (53). – С. 95-112.

27. Сравнение техники электродиализа и обратного осмоса [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://eikos.kz/articles/sravnenie_tehniki_elektrodializa_i_obratnogo_osmosa/, свободный. – Загл. с экрана.

28. Волкова, Н. Е. Водообеспеченность аграрного сектора Республики Крым и пути ее повышения / Н. Е. Волкова, В. И. Ляшевский, В. В. Попович // Таврический вестник аграрной науки. – 2015. – № 1 (3). – С. 68-72.

29. Кострица, В. Н. Технология и установка опреснения воды с применением ветроэнергетического агрегата / В. Н. Кострица, А. С. Камруков, В. В. Багров, В. И. Крылов // Безопасность в техносфере. – 2016. – № 5 (6). – С. 48-52.

30. Water Management in Israel. Key Innovations and Lessons Learned for Water-Scarce Countries [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28097/119309-WP-PUBLIC-56p-WcmpeProof.pdf?sequence=1>, свободный. – Загл. с экрана.

31. Desolenator churns out clean drinking water using solar power [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://newatlas.com/desolenator-clean-drinking-water-power-sun/35299/>, свободный. – Загл. с экрана.

32. Семенов, И. Е. Автономная установка для конденсации пресной воды из атмосферного воздуха / И. Е. Семенов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – № 5. – С. 65–72.

33. Dorjiev, S. S. Extraction of fresh water from atmospheric air / S. S. Dorjiev, E. G. Bazarova, M. I. Rosenblum // Applied Solar Energy. – 2018. – № 6 (54). – P. 433–436.

34. Серебряков Р. А. Экстракция пресной воды из атмосферной влаги / Р. А. Серебряков // Агротехника и энергообеспечение. – 2021. – № 4 (33). – С. 86–106.

35. Питье. Архив актуальных новостей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.politicwar.ru/actualnews/pityo_hashtag2067.html, свободный. – Загл. с экрана.

36. 2017 UN World Water Development Report, Wastewater: The Untapped Resource [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2017-wastewater-the-untapped-resource/>, свободный. – Загл. с экрана.

37. Львович, А. И. Использование сточных вод за рубежом / А. И. Львович // МСХ СССР, 1968. – С. 207.

38. Орловский, Н. С. Водные ресурсы Израиля: опыт освоения / Н. С. Орловский, И. С. Зонн // Проблемы постсоветского пространства. – 2018. – № 5 (1). – С. 8–36.

39. Сало, Т. Л. Отчет о научно-исследовательской деятельности «Дать оценку пригодности биологически очищенных сточных вод городов Крымской области и изучить влияние их на агрометеорологические свойства почв» / Т. Л. Сало, В. Е. Дышлок, Г. И. Андрияненко, Г. Я. Чергинен, Р. Г. Никула. – Киев : УКРГИПРОВОДХОЗ, 1990. – 98 с.

40. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2019 г. – Ижевск: ООО «Принт», 2020. – 360 с.

41. Рекомендации по безопасному использованию коллекторно-дренажных вод на орошение. – Ташкент : Научно-информационный центр МКВК, 2007. – 24 с.

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

43. Уринбаев, С. Смягчение дефицита водных ресурсов с привлечением для орошения коллекторно-дренажных вод в Республике Узбекистан / С. Уринбаев, Ф. А. Бараев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 4 (60). – С. 98–104.

44. Кропина, Е. А. Перспективы повторного использования дренажно-сбросных вод для орошения / Е. А. Кропина, С. М. Васильев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 2. – С. 22–23.

45. Шахмалиева, С. М. Использование коллекторно-дренажных вод при поливе хлопчатника с целью рационального использования водных ресурсов / С. М. Шахмалиева // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользования: материалы VIII Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 391–395.

46. Лабода, В. Разработать методы повышения продуктивности использования оросительной воды и изучить условия использования воды с повышенной минерализацией: отчет о НИР / В. Лабода, И. А. Супряга. Желябовка: Крымская опытно-мелиоративная станция УкрНИИГиМ, 1971. – 110 с.

47. Хамидов, М. Х. Снижение минерализации коллекторно-дренажных вод / М. Х. Хамидов, У. А. Жураев // Аграрная наука. – 2016. – № 6. – С. 2–3.

48. Перспективы использования для орошения очищенных канализационных стоков и коллекторно-дренажных вод на территории Крыма. – Симферополь : ФГБУН «НИИСХ Крыма», 2017. – 32 с.

49. Захаров, Р. Ю. Предупреждение развития экологически опасных процессов на ранее орошаемых землях в Крымском регионе / Р. Ю. Захаров, Н. Е. Волкова // Экономика строительства и природопользования. – 2018. – № 2 (67). – С. 35–42.

Процесс управления водным хозяйством в Крымском регионе регламентируется рядом законодательных актов, основными из которых являются Водный кодекс РФ, закон «О регулировании водных отношений в Республике Крым», приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Федерального агентства водных ресурсов (Росводресурсы) № 195 от 15 сентября 2017 г. «О создании бассейнового совета Крымского бассейнового округа». Совокупно в этих нормативно-правовых документах довольно детально прописаны органы власти и организации, отвечающие за регулирование водных отношений, и функции, закрепленные за ними (рисунки 5.1 и 5.2) [1–9]. Следует отметить, что основные полномочия среди исполнительных органов власти в данной сфере закреплены за Министерством экологии и природных ресурсов Республики Крым, Государственным комитетом по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым, Министерством жилищно-коммунального хозяйства Республики Крым и созданным в 2017 г. коллегиальным органом – бассейновым советом Крымского бассейнового округа.

Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым проводит государственную политику, выполняет отраслевое, межотраслевое управление и функции по нормативно-правовому регулированию, надзору и контролю в сфере природопользования и экологии. Именно данный исполнительный орган государственной власти отвечает за выдачу лицензий на добычу подземных вод, разрешений на пользование водными объектами регионального и федерального значения, участвует в разработке нормативно-правовых актов, программ Республики Крым по охране и использованию водных ресурсов; осуществление надзора за соблюдением водного законодательства и мн. др. (рисунок 5.2) [4]. В связи с переданными РФ полномочиями в сфере водных отношений Министерству экологии и природных ресурсов РК отводится роль центрального звена в области использования и охраны водных ресурсов, формирующихся на территории РК.

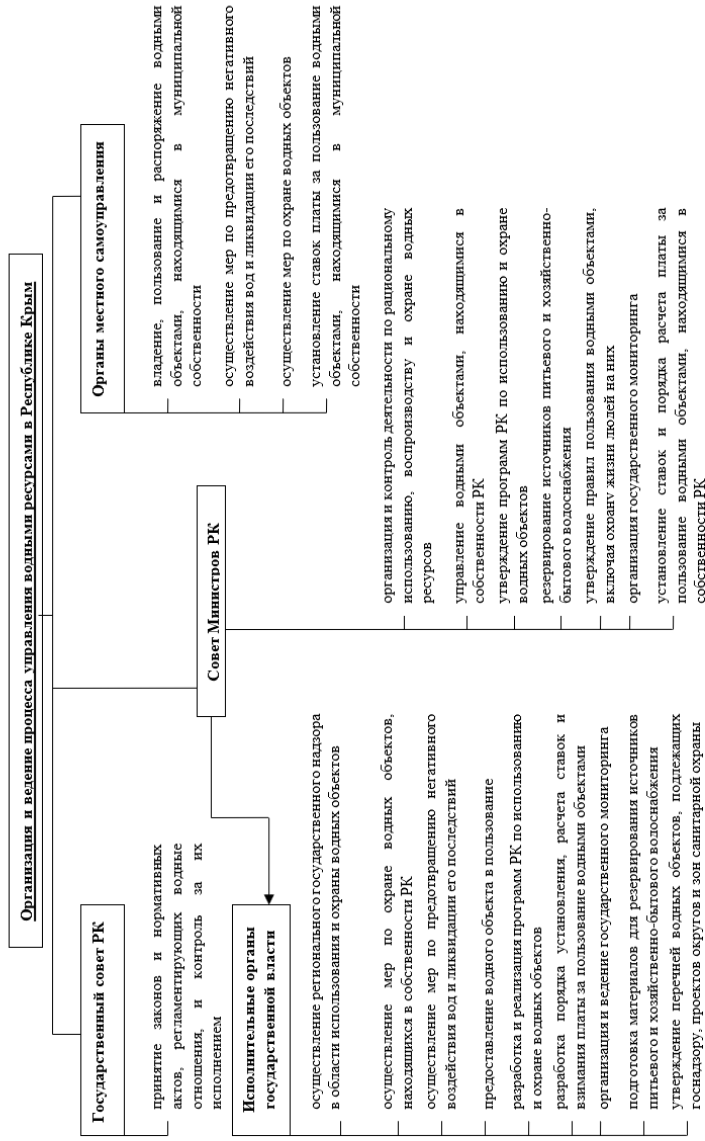


Рисунок 5.1 – Структура и функции органов власти Республики Крым в отношении управления водными ресурсами

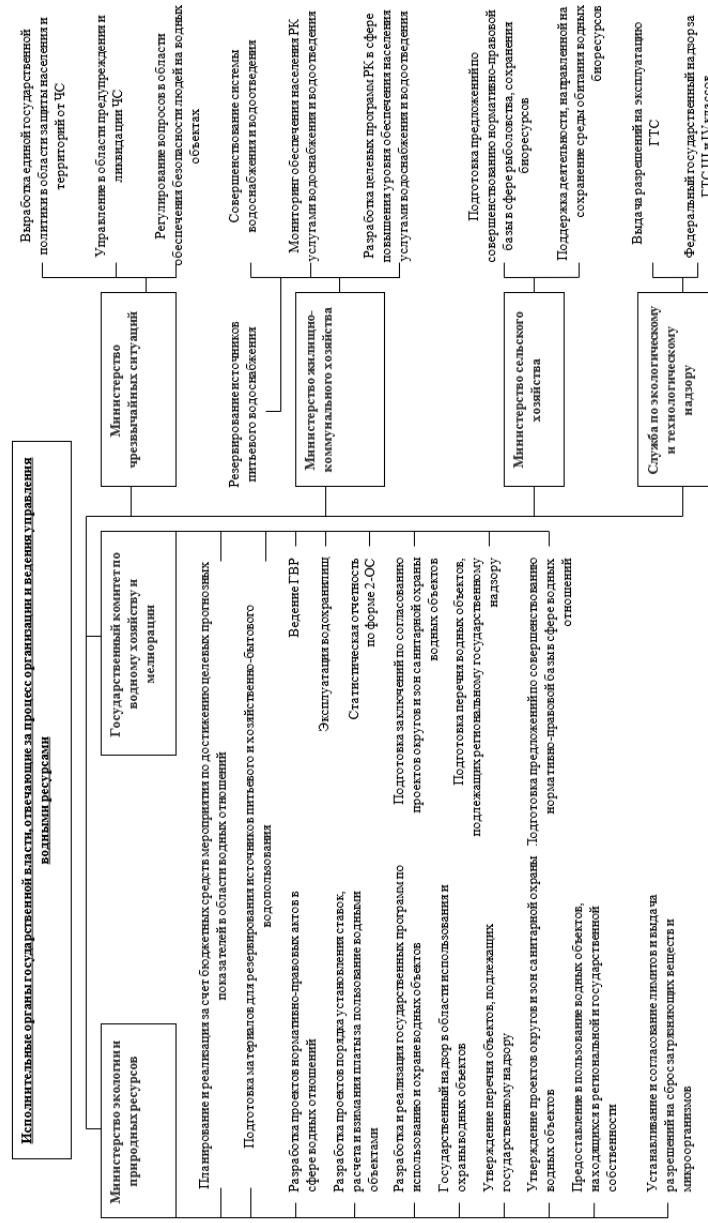


Рисунок 5.2 – Структура и функции органов исполнительной власти РК в отношении управления водными ресурсами

Государственный комитет по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым (Госкомводхоз РК) проводит государственную политику и выполняет функции по нормативно-правовому регулированию, контролю в области водного хозяйства и мелиорации земель. Именно данный исполнительный орган государственной власти отвечает за обеспечение функционирования и развития водохозяйственного комплекса региона, включая формирование и совершенствование мер, направленных на сохранение водоресурсного потенциала, его рациональное использование (рисунок 5.2) [8].

На рисунке 5.3 приведена структура Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации РК.

Также следует отметить работу подведомственных организаций Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым. К ним относятся:

- Государственное бюджетное учреждение Республики Крым «Крымская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция», которая отвечает за осуществление учета и комплексной оценки мелиоративного состояния орошаемых земель;

- Государственное автономное образовательное учреждение Республики Крым профессионального обучения и дополнительного профессионального образования «Джанкойская техническая школа»;

- Государственное бюджетное учреждение «Крымское управление водного хозяйства и мелиорации», отвечающее за реализацию целевых программ РФ и РК, осуществляющее эксплуатацию мелиоративных систем, проводящее мероприятия по предупреждению вредного воздействия вод и мн. др. В его состав входят 15 филиалов (рисунок 5.4).

Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Крым выполняет разработку, реализацию государственной политики и нормативно-правовое регулирование в области жилищно-коммунального хозяйства региона. Основной задачей данного исполнительного органа государственной власти является обеспечение комфортных и безопасных условий проживания населения и отдыхающих на территории Крымского региона [7]. Более детально функции Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Крым в сфере водных отношений приведены на рисунке 5.2. В ведении данного исполнительного органа государственной власти находится два предприятия, осуществляющие коммунальное водоснабжение и водоотведение в регионе – ГУП РК «Водоканал южного берега Крыма» и ГУП РК «Вода Крыма».

Первое предприятие обеспечивает водоснабжение и водоотведение населенных пунктов городского округа Ялта, а второе – большинства населенных пунктов степной и предгорной зоны Крыма. На рисунке 5.5 приведены филиалы ГУП РК «Вода Крыма».

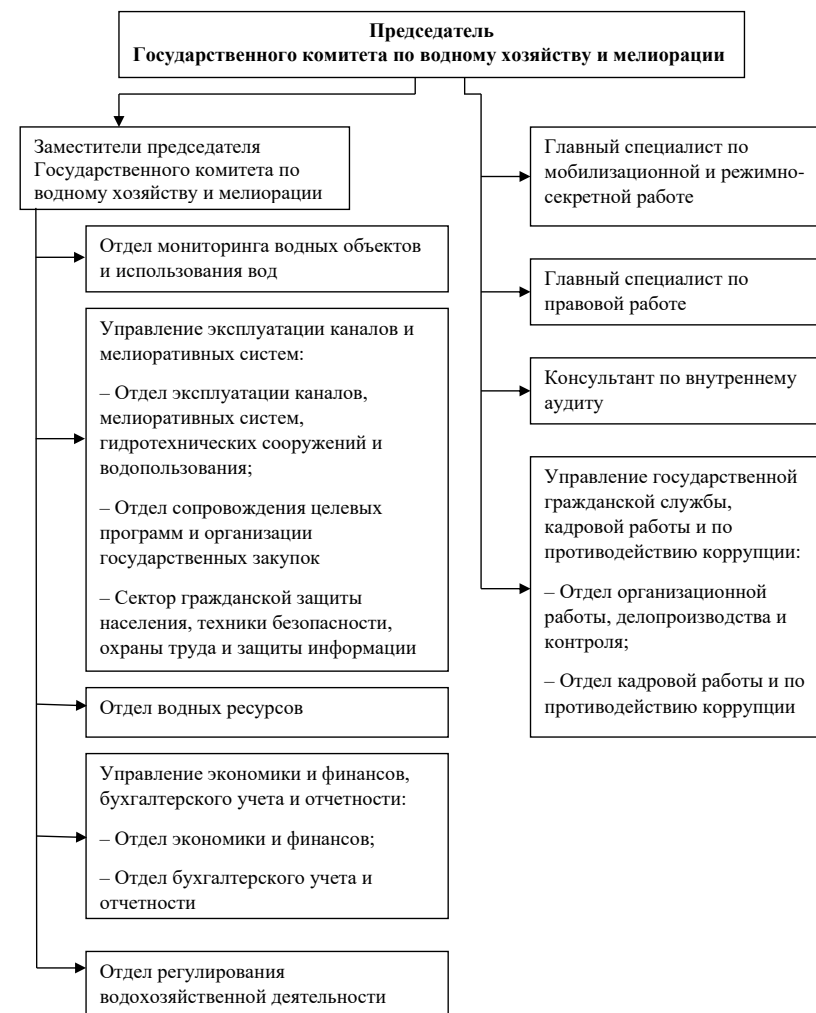


Рисунок 5.3 – Структура Госкомводхоза РК [10]

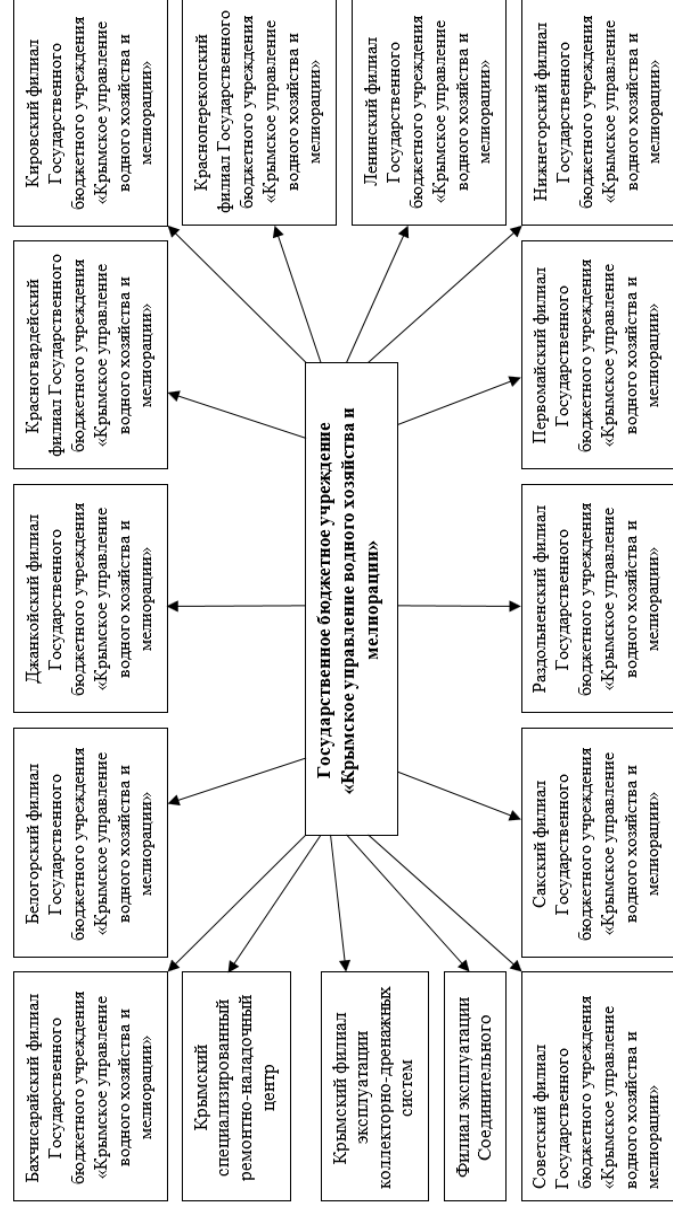


Рисунок 5.4 – Подведомственные организации Государственного бюджетного учреждения «Крымское управление водного хозяйства и мелиорации»

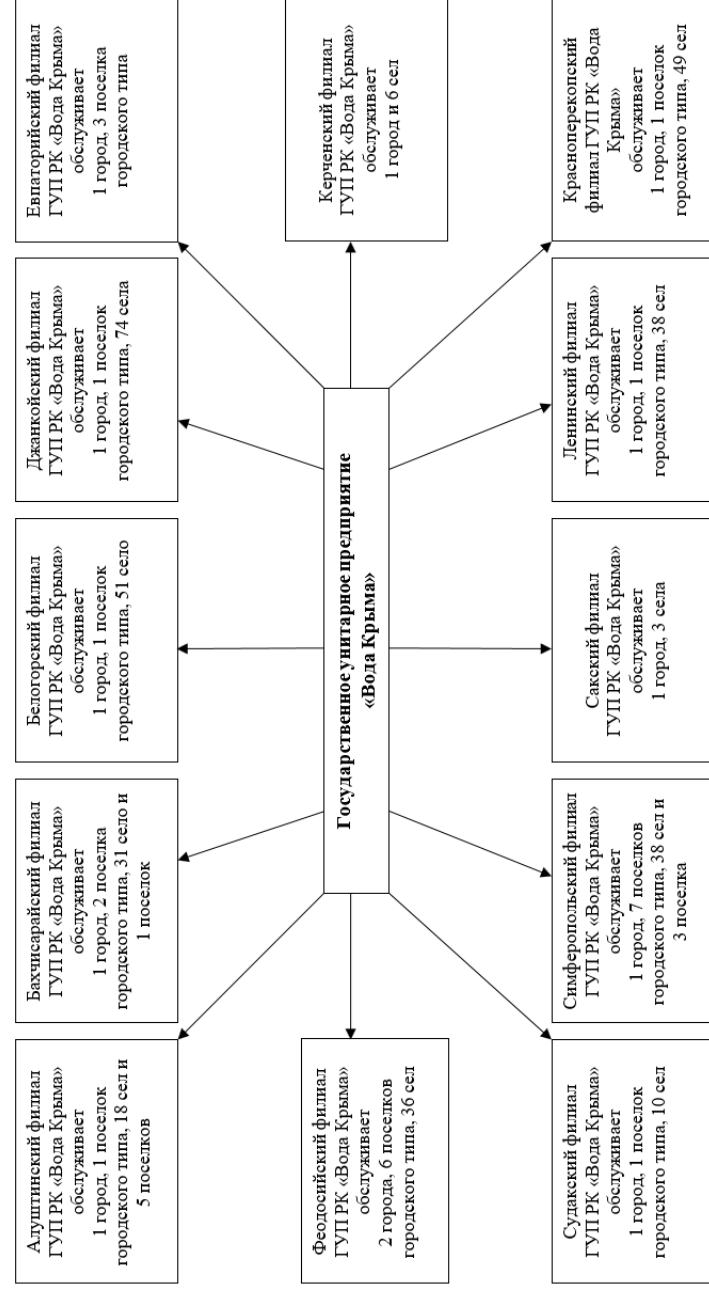


Рисунок 5.5 – Филиалы ГУП РК «Вода Крыма»

В настоящее время на территории Республики Крым действует Бассейновый совет Крымского бассейнового округа, отвечающий за координацию работы всех государственных структур, общественных организаций, различных групп водопользователей в сфере водных отношений (рисунок 5.6). Данный коллегиальный орган выполняет разработку рекомендаций по формированию перечня водохозяйственных мероприятий, направленных на охрану водных объектов, определение лимитов изъятия водных ресурсов и сброса сточных вод, обеспечение безопасной работы водохозяйственных систем, определение целевых показателей снижения негативного воздействия вод, формирование механизмов привлечения внебюджетных средств [3].

Несмотря на усиление дефицита водных ресурсов на территории Крымского региона, за последние годы был реализован целый ряд управленческих мероприятий, позволивших решить ряд водохозяйственных проблем, таких как:

- водоснабжение населения и промышленных объектов восточной части Республики Крым;
- улучшение качества очистки сточных вод г. Саки, пгт. Гвардейское, Советский и ряда других населенных пунктов;
- введение в оборот около 10 тыс. га орошаемых земель;
- улучшение экологической обстановки на реках Салгир и Малый Салгир в границе г. Симферополь;
- снижение уровня потерь в системах водоснабжения ряда населенных пунктов и многое другое.

Это в своей совокупности свидетельствует о слаженной и эффективной работе организаций, отвечающих за ведение водохозяйственной деятельности на территории Республики Крым. Однако следует отметить, что для стабилизации водохозяйственной обстановки в регионе еще необходима реализация целого ряда действий. К примеру, внедрение принципов интегрированного управления водными ресурсами, включая усовершенствование правовых и экономических механизмов регулирования водопользования.

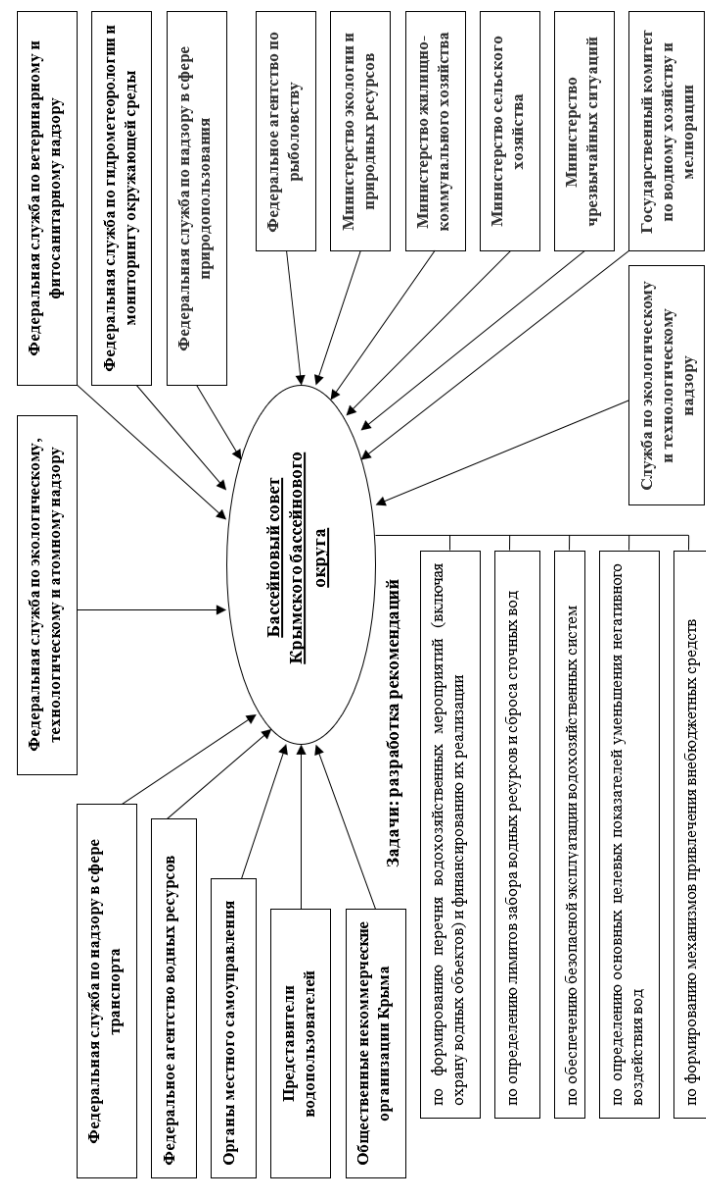


Рисунок 5.6 – Состав и задачи Бассейнового совета Крымского бассейнового округа

Список литературы

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.06 № 74-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/, свободный. – Загл. с экрана.
2. Закон Республики Крым «О регулировании водных отношений в Республике Крым» от 08.08.2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://md-crimea.ru/upload/FRGU_DOCS/0fb/Zakon-Respubliki-Krym-ot-21.08.2014.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
3. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ Федерального агентства водных ресурсов (Росводресурсы) от 15.09.2017 № 195 «О создании бассейнового совета Крымского бассейнового округа». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://gkvod.rk.gov.ru/document/show/101>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Постановление Совета Министров Республики Крым от 24.06.2014 года № 136 «Об утверждении Положения о Министерстве экологии и природных ресурсов Республики Крым» (с изменениями на 20 мая 2019 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rk.gov.ru/ru/document/show/126>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Постановление Совета Министров Республики Крым от 27.06.2014 № 146 «Об утверждении Положения о Министерстве сельского хозяйства Республики Крым». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://msh.rk.gov.ru/ru/document/show/805>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Постановление Совета Министров Республики Крым от 27.06.2014 № 151 «Об утверждении Положения о Министерстве чрезвычайных ситуаций Республики Крым». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rk.gov.ru/ru/document/show/245>, свободный. – Загл. с экрана.
7. Постановление Совета Министров Республики Крым от 17.01.2017 № 8 «Об утверждении Положения о Министерстве жилищно-коммунального хозяйства Республики Крым». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://mzhkh.rk.gov.ru/file/pub/pub_324255.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
8. Постановление Совета Министров Республики Крым от 27.06.2014 № 161 «Об утверждении Положения о Государственном комитете по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?doc_itself=&backlink=1&nd=219018426&page=1&rdk=5#10, свободный. – Загл. с экрана.
9. Постановление Совета Министров Республики Крым от 23.07.2014 № 224 «Об утверждении Положения о службе по экологическому и технологическому надзору Республики Крым». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://gkvod.rk.gov.ru/document/show/358>, свободный. – Загл. с экрана.
10. Структура Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://gkvod.rk.gov.ru/structure/5>, свободный. – Загл. с экрана.

6.1. Усиление дефицита водных ресурсов

По количеству собственных водных ресурсов Республика Крым не только входит в десятку самых маловодообеспеченных регионов Российской Федерации, но и возглавляет ее (рисунок 6.1). В среднем на одного жителя приходится примерно 0,5 тыс. м³ воды в год, что в 58 раз меньше среднего значения по России [1].

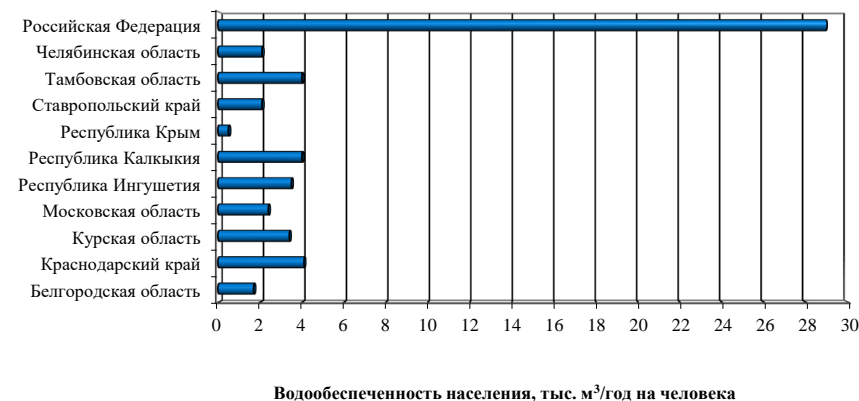


Рисунок 6.1 – Водообеспеченность ряда регионов Российской Федерации

Для решения данной проблемы была построена система Северо-Крымского канала, по которой днепровская вода подавалась в регион. До 2014 г. на долю внешнего водоисточника в среднем приходилось около 80 % от общего водозабора. Перекрытие СКК дамбой на территории Украины привело к формированию целого ряда негативных последствий, вызванных усилением дефицита водных ресурсов. К ним относятся:

- увеличение доли эксплуатируемых для целей питьевого водоснабжения подземных источников, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям;

- снижение производительности агропромышленного комплекса;

- ухудшение экологической обстановки на водных объектах;

- развитие неблагоприятных почвенных процессов на участках, где ранее поддерживался промывной режим.

Рассмотрим подробнее каждую из этих проблем.

Увеличение доли эксплуатируемых для целей питьевого водоснабжения подземных источников, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям. С 2015 г. в Республике Крым для покрытия нужд населения и отраслей экономики в водных ресурсах начали более интенсивно использовать подземные воды (рисунок 6.2).

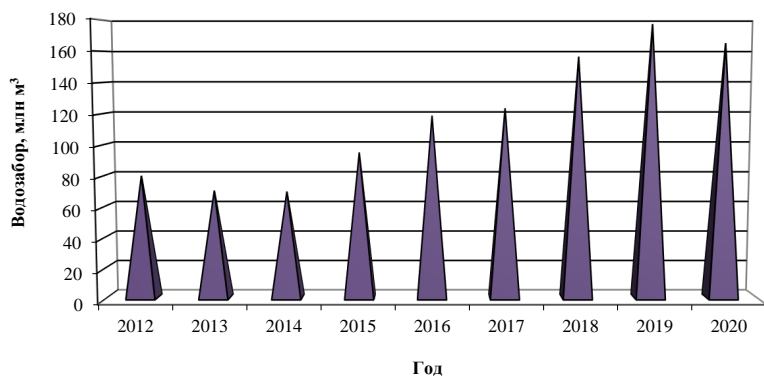


Рисунок 6.2 - Динамика забора подземных вод

В 2018–2020 гг. объем забора подземных вод увеличился более чем в 2 раза по сравнению с периодом 2012–2014 гг. Достижение данного показателя стало возможным благодаря увеличению объемов водоотбора и количества эксплуатируемых скважин, в том числе используемых для целей питьевого водоснабжения. Однако при этом возросла доля подземных водозаборов, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям (рисунок 6.3).

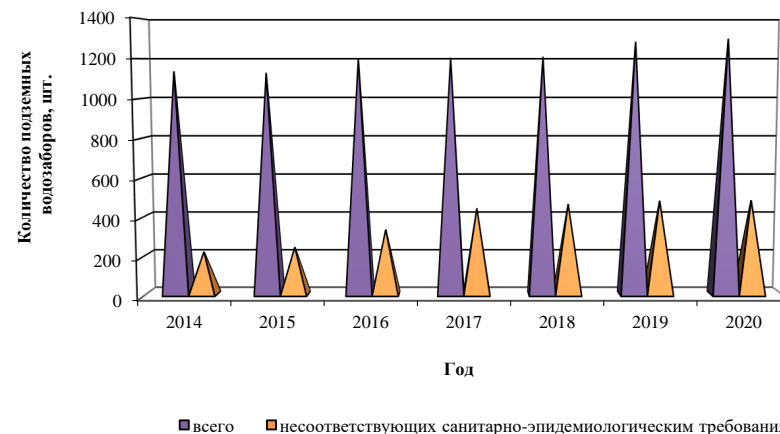


Рисунок 6.3 - Динамика изменения количества эксплуатируемых водозаборов, используемых для целей питьевого водоснабжения (составлено на основе [2–4])

Ниже на рисунке 6.4 приведена динамика изменения качественных показателей подземных вод, используемых для целей питьевого водоснабжения за период 2014–2020 гг.

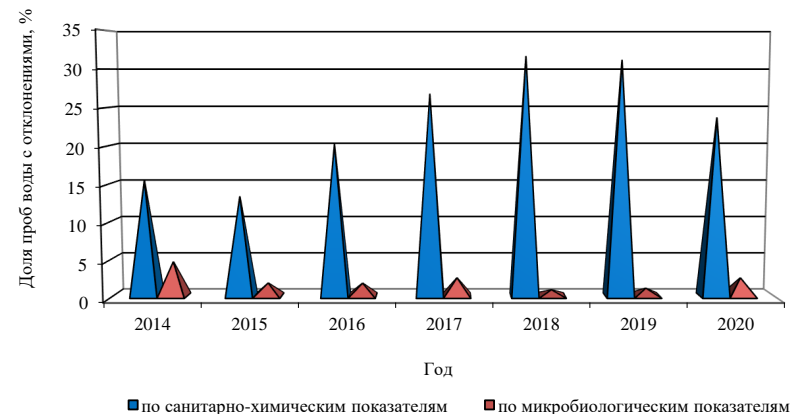


Рисунок 6.4 - Динамика изменения качественных показателей подземных вод, используемых для целей питьевого водоснабжения (составлено на основе [2–4])

С 2015 по 2019 гг. доля проб воды, не соответствующих санитарно-химическим требованиям, увеличилась более чем на 15 %. В 2020 г. данный показатель снизился на 7,5 %.

Наиболее неблагоприятная обстановка складывается в степной зоне Республики Крым, основным источником питьевого водоснабжения которого являются подземные воды. Ниже в таблице 6.1 приведена сведенная информация, отражающая динамику изменения доли населения данной части региона, обеспеченного качественной питьевой водой.

Таблица 6.1

Обеспеченность населения степной части Республики Крым качественной питьевой водой

| Наименование административно-территориального образования | Доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой, % | | | |
|---|--|---------|---------|---------|
| | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. | 2020 г. |
| г. Армянск | 0,0 | 0,0 | 100,0 | 100,0 |
| г. Джанкой | 94,1 | 94,0 | 94,0 | 94,5 |
| г. Евпатория | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| г. Красноперекоск | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| г. Саки | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Джанкойский район | 39,6 | 48,6 | 72,0 | 72,1 |
| Красногвардейский район | 0,0 | 98,2 | 97,7 | 97,6 |
| Красноперекоспский район | 6,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Ленинский район | 46,0 | 35,8 | 47,5 | 36,0 |
| Нижнегорский район | 53,4 | 95,6 | 79,4 | 78,8 |
| Первомайский район | 2,5 | 0,0 | 1,1 | 5,7 |
| Раздольненский район | 3,9 | 3,9 | 29,8 | 30,0 |
| Сакский район | 32,1 | 30,8 | 51,1 | 46,9 |
| Советский район | 86,3 | 86,4 | 91,2 | 91,2 |
| Черноморский район | 52,1 | 52,1 | 21,5 | 21,4 |

Наиболее неблагоприятная обстановка характерна для городов Саки, Красноперекоск и Евпатория, Ленинского, Первомайского, Раздольненского, Черноморского районов, причем по последнему фиксируется четкая тенденция ухудшения качества питьевой воды.

Снижение производительности агропромышленного комплекса. Большая часть Крымского региона по количеству выпадающих осадков относится к зоне рискованного земледелия.

Ведение орошения позволяло сглаживать негативное воздействие климатических факторов на ведение сельскохозяйственной деятельности. Однако прекращение поставок воды от внешнего водоисточника привело к существенному сокращению поливаемых площадей. Даже, несмотря на реализацию ряда государственных программ, направленных на поддержку сельхозтоваропроизводителей в Республике Крым, в 2020 г. было полито чуть более 21 тыс. га, то есть в 6,4 раза меньше уровня 2013 г. (136,1 тыс. га). Так же следует отметить, что из структуры посевных площадей был полностью исключен рис, значительно сократились посевы сои, рапса, люцерны, картофеля, овощей (таблица 6.2). Уменьшилось количество возделываемых позднеспелых гибридов подсолнечника, которые являются потенциально более урожайными.

Таблица 6.2

Изменение площадей посадок под основными видами сельскохозяйственных культур (составлено на основе [5, 6])

| Культура | Площади посадок под культурами, тыс. га | | |
|---------------------------|---|----------------------------|---------|
| | в среднем за 2009–2013 гг. | в среднем за 2016–2020 гг. | разница |
| Зерновые и зернобобовые | 614,96 | 517,96 | 97,00 |
| Подсолнечник | 51,24 | 86,66 | -35,42 |
| Соя | 13,10 | 0,30 | 12,80 |
| Рапс | 17,06 | 5,38 | 11,68 |
| Картофель | 21,68 | 4,44 | 17,24 |
| Овощи | 18,14 | 7,06 | 11,08 |
| Кормовые корнеплоды | 0,76 | 0,10 | 0,66 |
| Кукуруза на силос | 2,36 | 3,50 | -1,14 |
| Однолетние травы на сено | 22,72 | 11,36 | 11,36 |
| Многолетние травы на сено | 18,68 | 10,28 | 8,40 |
| Плоды и ягоды | 15,28 | 12,70 | 2,58 |
| Виноград | 26,10 | 13,27 | 12,83 |

Так как уровень урожайности в среднем практически не изменился, а по ряду культур увеличился (рисунок 6.5), именно сокращение посевных площадей (таблица 6.3) стало одной из основных причин снижения производительности агропромышленного комплекса по сравнению с периодом 2009–2013 гг.

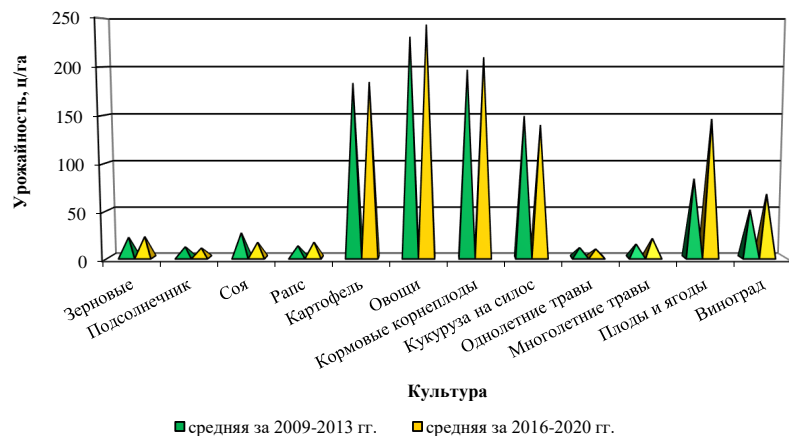


Рисунок 6.5 – Изменение урожайности сельскохозяйственных культур в Республике Крым за период с 2009 по 2020 гг. (составлено на основе [5, 6])

Таблица 6.3

Изменение производительности агропромышленного комплекса Республики Крым за период с 2009 по 2020 гг. (составлено на основе [5, 6])

| Культура | Произведено, тыс. т | | |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------|
| | в среднем за 2009–2013 гг. | в среднем за 2016–2020 гг. | разница |
| Зерновые и зернобобовые | 1334,04 | 1130,44 | 203,60 |
| Подсолнечник | 58,76 | 87,92 | -29,16 |
| Соя | 33,84 | 0,46 | 33,38 |
| Рапс | 19,44 | 8,54 | 10,90 |
| Картофель | 396,26 | 82,02 | 314,24 |
| Овощи | 418,86 | 171,82 | 247,04 |
| Кормовые корнеплоды | 15,02 | 2,10 | 12,92 |
| Кукуруза на силос | 55,50 | 41,14 | 14,36 |
| Однолетние травы на сено | 23,02 | 9,56 | 13,46 |
| Многолетние травы на сено | 25,72 | 20,84 | 4,88 |
| Плоды и ягоды | 105,86 | 124,50 | -18,64 |
| Виноград | 110,36 | 83,12 | 27,24 |

Ухудшение экологической обстановки на водных объектах. Чрезмерное изъятие стока, не соблюдение экологических попусков выступают основными причинами изменения качественных показателей водных ресурсов и способствуют снижению

рекреационной привлекательности водных объектов. Переход на водоснабжение от местных водоисточников повлек за собой усиление антропогенной нагрузки на ряд крымских рек. Ниже, в качестве примера, приведена динамика изменения водозабора из рек бассейна Салгира (рисунок 6.6).

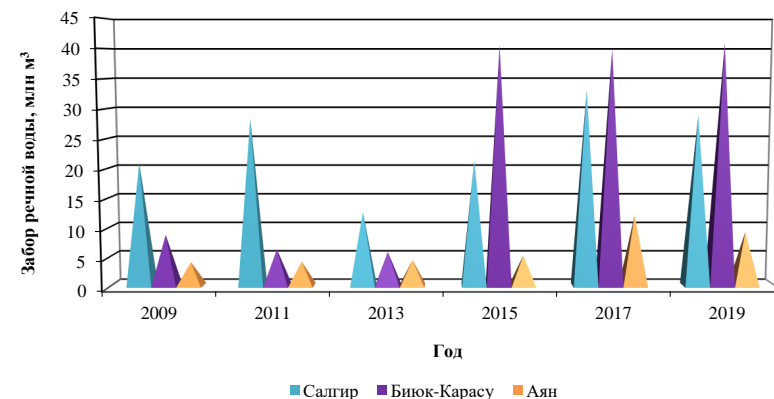


Рисунок 6.6 – Динамика забора водных ресурсов водотоков бассейна р. Салгир

Для рек Биюк-Карасу и Аян, в отличие от Салгира, характерно резкое увеличение объемов забора воды. Сток первого водотока интенсивно используется для водоснабжения населенных пунктов Восточного Крыма, а второго – для покрытия коммунально-бытовых нужд жителей г. Симферополь. Несмотря на то, что по р. Салгир в среднем не фиксируется существенного увеличения водозабора, антропогенная нагрузка на данный водоток значительно увеличилась. Это, прежде всего, обосновано сочетанием двух основных факторов:

- существенным сокращением объемов стока, поступающего от основных притоков этой реки;

- сбросом сточных вод с основного источника загрязнения р. Салгир – канализационных очистных сооружений Укромное (около 40 млн м³ в год).

Хотя экологическая обстановка на водных объектах зависит от водности года, в отношении р. Салгир она в целом характеризуется как неблагоприятная. Ниже в качестве примера приведена схема данного водотока (рисунок 6.7), на которой отражена трансформация качества

воды от истока к устью по осредненным данным за 2019 г. по показателю индекс загрязнения воды (ИЗВ).

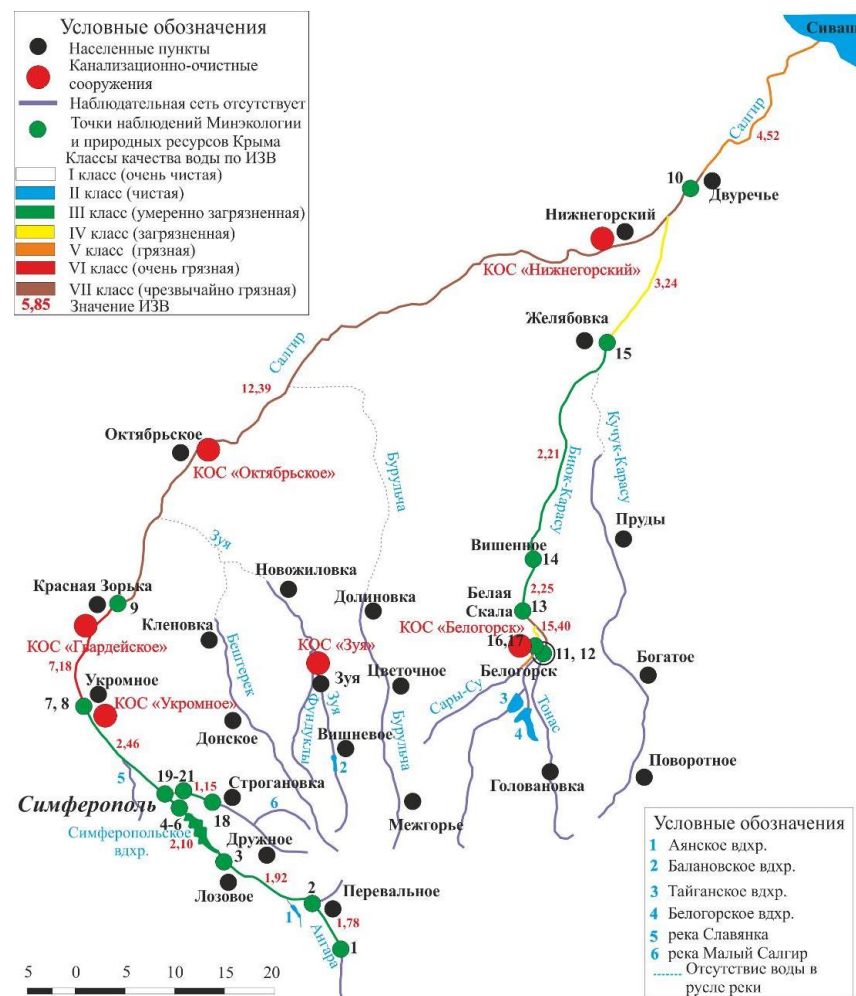


Рисунок 6.7 – Изменение качественного состава стока основных водотоков бассейна р. Салгир от истока к устью в 2019 г. [7]

Из анализа рисунка 6.7 наглядно видно, что качество воды в основном классифицируется, как умеренно загрязненное и чрезвычайно грязное, что в свою очередь свидетельствует о высоком

уровне антропогенной нагрузки, оказываемой на водотоки бассейна р. Салгир.

Развитие неблагоприятных почвенных процессов на участках, где ранее поддерживался промывной режим. Произошедшее в 2014 г. существенное сокращение площадей поливаемых земель оказало двоякое воздействие на почвенно-мелиоративную обстановку. С одной стороны, на ранее орошаемых землях фиксируется существенное уменьшение площадей, для которых характерен не допустимый уровень залегания грунтовых вод (рисунок 6.8), а с другой – начали постепенно развиваться такие неблагоприятные почвенные процессы как засоление и осолонцевание (таблица 6.4).

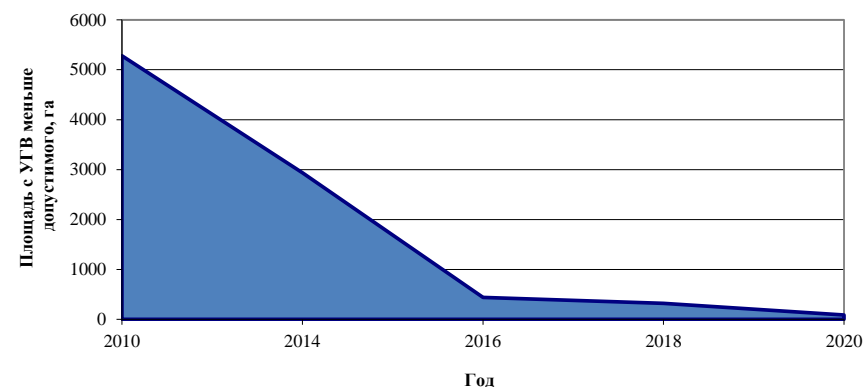


Рисунок 6.8 – Динамика изменения площадей, характеризующихся залеганием уровня грунтовых вод выше допустимого, на подконтрольных ГБУ «Крымская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция» землях

Развитие неблагоприятных почвенных процессов на участках, где ранее поддерживался промывной режим, подтверждается результатами проведенных научно-исследовательских работ. К примеру, согласно данным, полученным специалистами ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева» в 2015–2018 гг., во многих точках опробования на рисовых чеках, расположенных в береговой полосе залива Сиваш на территории Просторненского (Джанкойский район) и Пшеничненского (Нижнегорский район) сельских поселений, на четвертый и пятый годы после прекращения орошения отмечались признаки вторичного засоления, а именно появление в поровых растворах хлоридов кальция и магния,

присутствие которых было зафиксировано по более высокой активности хлорид-ионов по сравнению с активностью ионов натрия [8].

Таблица 6.4

Изменение площадей засоленных и солонцеватых сельскохозяйственных угодий на подконтрольных ГБУ «Крымская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция» землях, га

| Показатель | Год | | | | |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2010 | 2014 | 2016 | 2019 | 2020 |
| Площадь засоленных земель | | | | | |
| - всего | 20610 | 21890 | 21891 | 21648 | 22131 |
| - слабозасоленных | 17507 | 18623 | 18497 | 18520 | 18889 |
| - среднезасоленных | 2993 | 3146 | 3268 | 3017 | 3112 |
| - сильнозасоленных | 110 | 121 | 126 | 111 | 130 |
| Площадь солонцеватых земель | | | | | |
| - всего | 182283 | 181626 | 183266 | 187240 | 187482 |
| - слабосолонцеватых | 147725 | 148248 | 151524 | 154053 | 154176 |
| - среднесолонцеватых | 31669 | 31033 | 29478 | 30912 | 31023 |
| - сильносолонцеватых | 2889 | 2345 | 2264 | 2275 | 2283 |

В целом усиление дефицита водных ресурсов в Республике Крым стало одним из основных факторов, сдерживающих раскрытие производственного и рекреационного потенциала региона.

6.2. Проблемы, связанные с осуществлением коммунального водоснабжения и водоотведения

В 2020 г. доля населения Республики Крым, обеспеченного централизованным водоснабжением, насчитывала 95,1 % [4]. Согласно статистическим данным на этот период, протяженность водопроводных сетей составила 13099,6 км, из них нуждается в замене 7819,7 км (59,7 %). В 2020 г. было реконструировано 234,6 км труб системы водоснабжения [9].

В отношении объектов водоотведения складывается более неблагоприятная обстановка. Около 80 % сельских населенных пунктов не подключены к системам водоотведения. На конец 2020 г. протяженность канализационных сетей в Республике Крым составляла 2976,4 км, из них нуждается в замене 1926 км (64,7 %) [10]. На территории региона насчитывается 103 канализационных очистных

сооружения, среди которых около 70 % находятся в неудовлетворительном техническом состоянии [11].

Плохое техническое состояние объектов водоснабжения и водоотведения, недостаточное обустройство территорий населенных пунктов канализационными сетями, включая предназначенные для сбора и отведения ливневых вод, выступают причинами формирования ряда проблем, основными среди которых выступают следующие:

- нерациональное использование водных ресурсов;
- загрязнение водных объектов;
- развитие процессов техногенного подтопления.

Рассмотрим каждую из них по отдельности.

Нерациональное использование водных ресурсов. Согласно статистическим данным за 2020 г., объем утечек и неучтенных расходов из систем водоснабжения составил около 47 % от общего объема поданной в сеть воды. Следует отметить, что снижение данного показателя до 20 % позволило бы дополнительно ввести в оборот около 10–14 тыс. га орошаемых земель.

Загрязнение водных объектов. Основными причинами загрязнения водных объектов в Республике Крым являются: сбросы недостаточно очищенных и неочищенных сточных вод, фильтрация из сливных и выгребных ям домовладений, не подключенных к системам водоотведения; аварии на канализационных сетях, смывы с селитебных территорий и сельскохозяйственных угодий и др. Все это в своей совокупности ведет к ухудшению качественного состава поверхностных и подземных вод и, как следствие, наносит вред окружающей природной среде, включая здоровье человека.

В качестве примеров проявления данной проблемы рассмотрим последствия воздействия первых двух из перечисленных выше причин. Ниже в таблице 6.5 приведены результаты химических анализов проб воды, отобранных в 500 м до и после точки сброса сточных вод с самых крупных канализационных очистных сооружений Крымского полуострова, расположенных в с. Укромное Симферопольского района, техническое состояние которых характеризуется как удовлетворительное.

По ряду показателей фиксируется увеличение содержания загрязняющих веществ в речной воде, в том числе с превышением предельно допустимых концентраций в 500 м ниже места сброса с КОС Укромное (БПК₅ в 2,2 раза, аммиака и ионов аммония в 7,3 раза, нитратов в 1,5 раза, фосфатов в 42,2 раза).

В таблице 6.6 приведены результаты масштабных исследований качества воды родников, расположенных на территории г. Симферополь, проведенных в составе проекта «Вода для устойчивого развития и здоровья в Крыму», осуществленного в 2003–2005 гг. при участии Тарасенко В. С.

Таблица 6.6

Результаты анализов проб воды, отобранных из родников, расположенных на территории г. Симферополь [13]

| Показатель | Место расположения родника | | | | | | ПДК* [12] |
|-------------------------------|----------------------------|------------|--------------|-------------------|---------------|----------------|-----------|
| | ул. Ленина | ул. Титова | ул. Данилова | ул. Кечкетметская | ул. Бела Куна | ул. Воровского | |
| рН | 7,23 | 7,07 | 7,15 | 7,00 | 7,15 | 7,22 | 6,00-9,00 |
| Жесткость, мг/дм ³ | 9,20 | 10,00 | 7,00 | 13,60 | 6,60 | 7,60 | 10,00 |
| Аммиак, мг/дм ³ | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 1,50 |
| Нитраты, мг/дм ³ | 94,40 | 88,40 | 61,60 | 85,80 | 65,10 | 102,30 | 45,00 |
| Хлориды, мг/дм ³ | 67,00 | 77,00 | 41,00 | 172,00 | 63,00 | 40,00 | 350,00 |
| Железо, мг/дм ³ | 0,05 | 0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,05 | 0,30 |
| E. coli | 360,00 | 230,00 | 351,00 | 603,00 | 189,00 | 387,00 | 100,00 |

Примечание. * предельно допустимые концентрации приведены для водных объектов, расположенных в городской зоне.

В воде обследованных родников зафиксировано превышение предельно допустимых концентраций по наличию *E. coli*, что в свою очередь свидетельствует о загрязнении этих водных объектов фекальными стоками.

Развитие процессов техногенного подтопления. Значительные объемы воды, формирующиеся в результате утечек из сетей водоснабжения и водоотведения, недостаточной обустроенности территории населенных пунктов ливневой канализацией способствуют развитию целого ряда неблагоприятных последствий, к которым относятся: поднятие уровня грунтовых вод (УГВ), затопление и подтопление объектов инфраструктуры (дорог, тротуаров, подземных переходов и др.), подвальных помещений жилых зданий, активизация оползневых и карстово-суффозионных процессов.

В качестве примера в таблице 6.7 приведены данные, характеризующие уровни залегания грунтовых вод в юго-восточной части г. Симферополь.

Таблица 6.5

Результаты анализов проб воды, отобранных из р. Салгир специалистами Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым (2020 г.)

| Показатель | Результаты исследований проб воды, отобранных в створах | | Предельно допустимые концентрации [12] |
|--|---|--------------------------|--|
| | 500 м до КОС Укромное | 500 м после КОС Укромное | |
| Растворённый кислород, мгО ₂ /дм ³ | 9,925 | 7,425 | ≥4,000 |
| БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³ | 2,075 | 4,475 | <4,000 |
| Нефтепродукты, мг/дм ³ | 0,008 | 0,020 | 0,100 |
| Аммиак и ионы аммония, мг/дм ³ | 0,230 | 1,680 | 1,500 |
| Нитриты, мг/дм ³ | 0,138 | 1,098 | 3,000 |
| Нитраты, мг/дм ³ | 30,713 | 47,563 | 45,000 |
| Фосфаты, мг/дм ³ | 0,158 | 6,675 | 3,500 |
| Хлориды, мг/дм ³ | 67,785 | 89,513 | 350,000 |
| Сульфаты, мг/дм ³ | 114,093 | 114,715 | 500,000 |
| Свинец, мг/дм ³ | 0,011 | 0,011 | 0,010 |
| Цинк, мг/дм ³ | 0,028 | 0,023 | 5,000 |
| Железо, мг/дм ³ | 0,053 | 0,015 | 0,300 |
| Кадмий, мг/дм ³ | 0,002 | 0,002 | 0,001 |
| Марганец, мг/дм ³ | 0,015 | 0,017 | 0,100 |

Таблица 6.7

Динамика уровней залегания грунтовых вод в юго-восточной части г. Симферополь (данные собраны Сухорученко С. К.)

| Название улицы | Уровни залегания грунтовых вод, м | |
|----------------|-----------------------------------|---------------|
| | 1966–1970 гг. | 2004–2008 гг. |
| Беспалова | 2,2–5,4 | 0,9–3,0 |
| Зои Рухадзе | 3,2–7,5 | 0,8–4,2 |
| Промышленная | 3,15–7,4 | 0,2–4,1 |
| Бориса Хохлова | 3,2–4,5 | 1,1–3,6 |
| Рылеева | 5,6–6,9 | 0,3–2,0 |
| Радищева | 3,4–5,2 | 1,5–3,5 |
| Вернадского | 3,6–7,5 | 1,2–3,5 |

За период 1966–2008 гг. в юго-восточной части г. Симферополь было зафиксировано существенное поднятие УГВ (почти в 2 раза). Хотя данный процесс обоснован сочетанием целого ряда факторов (застройка территории, функционирование Симферопольского водохранилища, орошение приусадебных участков и т. п.), немаловажными среди них являются утечки из систем водоснабжения и водоотведения.

Следует отметить, что проведение своевременных текущих и капитальных ремонтов, реконструкций и внедрения современных достижений науки и техники на системах водоснабжения и водоотведения, увеличение территории населенных пунктов, в достаточной мере обустроенных канализационными сетями, включая предназначенные для сбора и отведения ливневых вод, будут способствовать не только улучшению экологического состояния и повышению рекреационной привлекательности водных объектов, расположенных на урбанизированной территории, но и более рациональному использованию водоресурсного потенциала Крымского региона.

6.3. Недостаток информационных данных, отражающих качественные и количественные характеристики водных ресурсов и их использование

Основой организации и ведения процесса водопользования является информация, характеризующая объемы формирования

водных ресурсов, их качественный состав, изъятие воды потребителями и др. Ограниченность располагаемых сведений ведет к целому ряду негативных последствий, таких как:

- несогласованность интересов водопользователей;
- ухудшение качества водных ресурсов;
- снижение рекреационной привлекательности водных объектов;
- повышение риска возникновения аварийных ситуаций и многое другое.

Всего на территории полуострова был открыт 191 гидропост (количество водотоков 1657). По большинству из них имеется ряд наблюдений от 11 до 30 лет. Однако, начиная с конца 1980-ых годов, прошла волна сокращений гидрологических постов [14, 15] и сейчас на территории Республики Крым их осталось всего 33 (32 речных и 1 озерный). За их функционирование отвечают специалисты ФГБУ «Крымское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (ФГБУ «Крымское УГМС»). В целом, получаемых гидрологических сведений недостаточно для оценки и уточнения приходной составляющей водохозяйственных балансов ряда эксплуатируемых водотоков Республики Крым. К примеру, это касается рек Зуя, Западный Булганак, Суджилка, Семь Колодезей и др.

Недостаток располагаемых гидрологических сведений в совокупности с наличием неофициальных водопользователей, не отчитывающихся об объемах забранных водных ресурсов для полива приусадебных участков, сельскохозяйственных полей, ведет к серьезным погрешностям при проведении водохозяйственных балансовых расчетов. К примеру, в ходе исследований, проведенных сотрудниками ФГБУН «НИИСХ Крыма» в 2019 г., было установлено, что фактический забор водных ресурсов из р. Малый Салгир более чем в 6 раз превышает статистические данные, приведенные в отчетности 2ТП-Водхоз [16].

Кроме того, следует отметить, что для обеспечения возможности стабильного водоотбора из реки производится не санкционированное расширение или углубление русла (рисунок 6.9).

Описанные в данной главе проблемы водохозяйственного комплекса Республики Крым не являются единственными причинами, препятствующими его устойчивому функционированию.



Рисунок 6.9 – Несанкционированное проведение работ по изменению русла реки Малый Салгир на территории с. Денисовка Симферопольского района

Существует еще целый ряд нюансов, сдерживающих рациональное ведение водохозяйственной деятельности. К ним относятся:

- нерациональное использование водных ресурсов;
- несовершенство социально-экономических механизмов, регулирующих процесс водопользования;
- небрежное отношение к водным объектам;
- отсутствие своевременных текущих и капитальных ремонтов на сооружениях, входящих в состав водохозяйственного комплекса;
- значительный уровень антропогенной нагрузки, оказываемой на водосборные территории, и мн. др.

В отечественной и зарубежной практике разработан целый ряд подходов и инструментов, направленных на решение перечисленных выше проблем. К ним относятся: гидрологическое моделирование, использование спутниковой информации и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), применение инновационных технологий, включая используемые для поиска подземных вод и осуществления дополнительной водоподготовки, различные методики и методы, предназначенные для оценки фактической обстановки, составления прогнозов, комплексные подходы к организации и ведению процесса управления водохозяйственной деятельностью и т. п. Следует отметить, что исходя из довольно сложной ситуации, сформировавшейся в Республике Крым в связи с резким изменением водообеспеченности региона, для решения водохозяйственных проблем целесообразно использовать комплекс инструментов, направленных на достижение рационального водопользования.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году». – М. : НИИ-Природа, 2019. – 290 с.
2. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе в 2014 г.». – Симферополь : Межрегиональное управление Роспотребнадзора по Республике Крым и городу Севастополю, 2015. – 136 с.
3. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе в 2017 г.». – Симферополь : Межрегиональное управление Роспотребнадзора по Республике Крым и городу Севастополю, 2018. – 300 с.
4. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе в 2020 г.». – Симферополь : Межрегиональное управление Роспотребнадзора по Республике Крым и городу Севастополю, 2021. – 356 с.
5. Республика Крым в цифрах. 2013. – Симферополь : Крымстат, 2014. – 200 с.
6. Статистический ежегодник. Республика Крым. 2020. – Симферополь : Крымстат, 2021. – 383 с.
7. Разработка подходов совершенствования Схемы комплексного использования и охраны водных объектов РК / отчет о НИР (этап 5). – Симферополь : ФГБУН «НИИСХ Крыма», 2020. – 133 с.
8. Хитров, Н. Б. Изменение засоленности почв и грунтовых вод рисовых систем Присивашской низменности после прекращения орошения / Н. Б. Хитров, Л. В. Роговнева, В. С. Пашпещкий // Бюллетень Почвенного института им. В. И. Докучаева. – 2020. – № 102. – С. 70–102.
9. О работе водопровода (отдельной водопроводной сети) в Республике Крым [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/0tEgtRT3/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4_%D1%81%D0%B0%D0%B9%D1%822020.pdf, свободный. – Загл. с экрана.
10. О работе канализационной (отдельной канализационной сети) в Республике Крым. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://crimea.gks.ru/storage/mediabank/FXNhGOwc/%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%B%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F2020%D1%81%D0%B0%D0%B9%D1%82.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
11. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2018 г. – Ставрополь : ООО РГ «Топ-эксперт», 2019. – 422 с.
12. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ № 2 от 28 января 2021 г. «Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/902083847>, свободный. – Загл. с экрана.
13. Результаты исследования качества воды в родниках Симферополя [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://ekomir.crimea.ua/activity/water2003/simf/analiz_rodn.shtml, свободный. – Загл. с экрана.
14. Лисовский, А. А. Поверхностные водные объекты Крыма (справочник) // А. А. Лисовский, В. А. Новик, З. В. Тимченко, З. Р. Мустафаева. – Симферополь : Рескомводхоз АРК, 2004. – 113 с.
15. Лисовский, А. А. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: справочник / А. А. Лисовский, В. А. Новик, З. В. Тимченко, У. А. Губская. – Симферополь : КРП Учпедгиз, 2011. – 242 с.
16. Изучение комплексных программ по выработке мероприятий для увеличения располагаемых водных ресурсов в планируемой перспективе, включая безотходные технологии, регулирование и территориальное распределение речного стока: отчет о НИР (этап 4). – Симферополь : ФГБУН «НИИСХ Крыма», 2019. – 126 с.

| | |
|----------------|---|
| Глава 7 | ИНСТРУМЕНТЫ ДОСТИЖЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ |
|----------------|---|

7.1. Использование инновационных технологий поиска глубокозалегающих подземных вод

Возможным перспективным дополнительным источником воды для территории Республики Крым могут быть ранее не разведанные запасы напорных глубокозалегающих подземных вод. До настоящего времени работы по поиску и оценке запасов данного вида водных ресурсов в Крыму не велись. Это обосновано в первую очередь тем, что традиционные методы поиска месторождений подземных вод имеют низкую эффективность, высокую стоимость, надёжно обеспечивают результативность бурения только на глубинах до 300 м. В таблице 7.1 представлена сравнительная характеристика различных методов поиска месторождений подземных вод, включая современные разработки в данном направлении.

Таблица 7.1

Сравнительные характеристики методов поиска месторождений подземных вод

| Название метода и принцип действия | Глубина обнаружения вод, м | Достоверность результатов, % | Недостатки или ограничения |
|--|----------------------------|------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Сейсморазведочный метод основан на обнаружении типов пород и их мощностей по отражённому сейсмическому сигналу | до 1000 | 40–60 | 1) перед началом работ требуется бурение нескольких скважин и привязка к ним; 2) дорогостоящий |
| Магниторазведочный метод основан на определении параметров магнитного поля Земли над месторождением | до 500 | 15–20 | 1) сильная зависимость от магнитных пород; 2) низкая достоверность результатов |

Продолжение таблицы 7.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|-------|--|
| Электроразведочный метод основан на определении электрического сопротивления пород по точкам профилирования. Его подразделяют на следующие виды: – метод вызванной поляризации (ВП); – метод вертикального электромагнитного зондирования (ВЭЗ) (универсальный); – метод вертикального электромагнитного профилирования (ВЭЗ-ВП); – метод переходных процессов (МПП) | до 200–500 до 200–500 до 2000 до 500 | 20–35 | 1) косвенный метод, который требует настройки на существующих скважинах и использования мощной силовой электроустановки с антенной большого радиуса; 2) не подходит для работы в горной и лесной местности; 3) получаемые результаты имеют невысокую достоверность |
| Комплексирование 2-х методов поиска основано на совместном использовании электроразведки и магниторазведки | до 500 | 55–65 | на достоверность результата существенно влияют магнитные аномалии в породах |
| Аэросъёмка основана на комплексной оперативной электроразведке и высокоточной магниторазведке, которые выполняются на летательных аппаратах | до 500 | 80–85 | 1) необходимы частые галсы на расстоянии 50 м друг от друга; 2) дорогостоящее обслуживание авиационной техники; 3) использование дорогостоящего нейронного источника Cr252 |

Продолжение таблицы 7.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|------------|-------|--|
| Резонансно-акустический метод основан на приёме отраженных акустических сигналов от водоносного коллектора | до 500 | 40-50 | не даёт оценку пористости водонасыщенных пород |
| Аэрокосмический метод в комплексе с резонансно-тестовой электроразведкой представляет собой комплексирование дистанционных аэрокосмических и электроразведочных методов | до 1200 | до 90 | 1) сложность в трассировании разрывных нарушений (при их малых амплитудах) и малых зон трещинноватости; 2) необходимость использования дорогостоящих аналоговых космоснимков |
| Метод ядерного магнитного резонанса основан на возбуждении протонов воды | до 100-120 | 90 | 1) необходимость наличия информации о предполагаемом расположении мест скопления подземных вод; 2) громоздкость используемого оборудования; 3) малая глубина обследования; 4) низкая оперативность проведения работ |
| Бурение поисковых скважин представляет собой вскрытие пластов пород буровым станком | до 1200 | 100 | 1) дорогостоящий; 2) зависит от результатов первичного обнаружения месторождений подземных вод |

В практике для исключения ошибок и увеличения достоверности результатов рекомендуется применять несколько методов по поиску источников подземных вод. Однако только их правильное сочетание позволяет получить достоверные результаты и значительно сокращает стоимость разведочных работ.

В ходе исследований ФГБУН «НИИСХ Крыма», проведенных в 2019 г. по тематике «Развитие методологии интегрального управления водными ресурсами и водохозяйственным комплексом Республики Крым в современных условиях», был апробирован новый оперативный инновационный подход поиска глубоких подземных вод, основанный на комбинации методов зондирования поверхности Земли с помощью данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), технологии расшифровки аналоговых фотоснимков и применения инновационных малогабаритных установок электроразведки. Работы выполняли в 2 этапа. На первом этапе, на основе анализа космических снимков (аналоговых и цифровых) в различных спектральных диапазонах и результатов радиолокационной съёмки территории регистрировались трассы тепловых полей над тектоническими разломами с водой. В результате получены первичные данные о наличии потоков и участков скоплений подземных вод, на основе которых были спланированы маршруты дальнейшей полевой разведки. На втором этапе, с помощью малогабаритных установок электроразведки и переносных приборов для записи электрических и магнитных полей (в трёх координатных осях – X, Y, Z) определяли более точные границы потоков подземных вод и глубины их залегания. Ширину разломов устанавливали по величине напряженности магнитного поля непосредственно на границах потоков, а глубину – с помощью установок точечной электроразведки («Феникс-10-01», «Цикл-Микро-05», «Поиск») и сейсмоакустического резонанса.

По предварительной оценке, количество глубинных тектонических разломов в Крыму, заполненных пресными водами, составляет более 20. В 2019 г. были проведены полевые обследования по двум сквозным потокам подземных вод, которые пересекают территории бассейнов рек Малый Салгир и Зуя (рисунок 7.1).

В ходе исследования была установлена ширина этих потоков, которая составила 435 и 500 м соответственно, и глубина – 480-760 и 458-745 м. Результаты выполненных полевых работ подтверждают самоизливающиеся ранее пробуренные скважины, расположенные в границах данных потоков (с глубинами 500, 800 и 1030 м). Отобранные

из них пробы воды имеют минерализацию до 1,5 г/дм³. Ниже, в качестве примера, в таблице 7.2 приведены результаты лабораторных исследований химического состава воды, отобранной из самоизливающейся скважины, расположенной в с. Новоалександровка Белогорского района.



Рисунок 7.1 – Карта-схема движения обследованных в 2019 г. сквозных потоков подземных вод [1]

Таблица 7.2

Результаты лабораторных исследований химического состава воды, отобранной из самоизливающейся скважины, расположенной в с. Новоалександровка Белогорского района

| Показатель | Единицы измерения | Значение |
|-------------------------------|--------------------|----------|
| Электропроводность | мСм/см | 0,9 |
| pH | ед. | 8,1 |
| Ионный состав: | | |
| НСО ₃ ⁻ | мг/дм ³ | 280,0 |
| Сl ⁻ | мг/дм ³ | 30,5 |
| Ca ²⁺ | мг/дм ³ | 20,0 |
| Mg ²⁺ | мг/дм ³ | 4,0 |
| Na ⁺ | мг/дм ³ | 72,0 |
| K ⁺ | мг/дм ³ | 7,3 |

7.2. Комплексные подходы к оценке качества питьевой воды, как инструмент разработки управленческих решений в коммунальной сфере

Значительная часть жителей Крымского региона, проживающая в степной части полуострова (особенно это касается Красноперекопского, Ленинского, Первомайского, Раздольненского, Сакского, Черноморского районов), использует для питьевых целей воду, качественный состав которой не соответствует нормативным требованиям (рисунок 7.2).

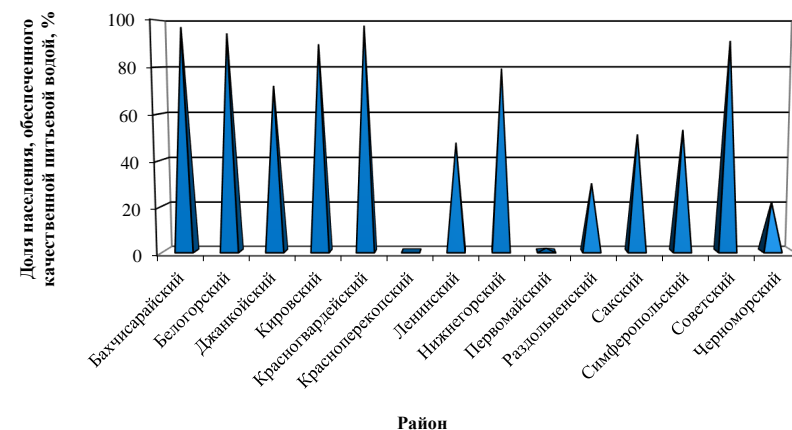


Рисунок 7.2 – Обеспеченность населения муниципальных районов Республики Крым качественной питьевой водой в 2019 г. (составлено на основе [2])

Это обосновано тем, что по большинству подземных водоисточников фиксируется превышение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в воде. Выделить среди них водозаборы, по которым необходимо в первую очередь проводить мероприятия, направленные на снижение негативного влияния на человека употребления воды плохого качества, используя как критерий отбора только регламентированные в нормативных документах допустимые значения содержания загрязняющих веществ, затруднительно. Это связано с необходимостью сопоставлять воздействие на организм различных поллютантов.

Исходя из результатов исследований, проведенных в данном направлении отечественными и зарубежными учеными (Икбал А. Б., Рахман М. М., Аль-Саффаи А. А. Й. Т., Зонг Ю. К., Хуанг Д. К., Абтахи М., Мохебби М. Р., Элубид Б. А., Джесураджа К. Кику П.Ф., Михайленко К. Ю., Сидоренкова Л. М. и др.) и нашедшими отражение в ряде публикаций [3–15], возможным способом решения данной проблемы является использование комплексных подходов к оценке качества питьевой воды. К ним относятся:

– расчет индекса качества питьевой воды (Drinking Water Quality Index – DWQI);

– определение показателя качества воды Совета министров окружающей среды Канады (Canadian Council of Ministers of the Environment water quality index – CCME WQI);

– интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности и др.

Рассмотрим каждый из них по отдельности.

Подход, основанный на расчете индекса качества питьевой воды, учитывает степень превышения допустимых нормативных значений отслеживаемых параметров и их уровень воздействия на здоровье человека. Комплексный показатель DWQI определяется по формуле (7.1):

$$DWQI = \sum (W_i \cdot q_i) \quad (7.1)$$

где q_i – оценка качества, рассчитывается по формуле (7.2):

$$q_i = \frac{C_i}{S_i} \cdot 100\% \quad (7.2)$$

где C_i – содержание параметра в образце;

S_i – допустимое нормативное значение отслеживаемого параметра;

W_i – относительный вес (значимость) каждого параметра. Данный показатель рассчитывается по формуле (7.3):

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (7.3)$$

где w_i – значимость каждого параметра;

n – количество отслеживаемых параметров [16].

Идентификация качества воды осуществляется в соответствии со шкалой, представленной в таблице 7.3.

Таблица 7.3

Диапазоны классификации качества воды на основе DWQI [16]

| Качество | Значение DWQI |
|--------------|---------------|
| Отличное | < 50 |
| Хорошее | 50–100 |
| Плохое | 100–200 |
| Очень плохое | 200–300 |
| Недопустимое | > 300 |

Среди недостатков данного подхода следует отметить то, что не учитывается частота превышения допустимых нормативных значений отслеживаемых параметров.

Методика, основанная на определении комплексного показателя CCME WQI, учитывает частоту и степень, с которыми отслеживаемые параметры превышают соответствующие нормы. Применение этого подхода позволяет проводить как пространственную, так и временную оценку качества воды.

Расчет комплексного показателя CCME WQI осуществляется по формуле (7.4):

$$CCMEWQI = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \quad (7.4)$$

где F_1 – количество параметров, не соответствующих допустимым требуемым значениям. Рассчитывается по формуле (7.5):

$$F_1 = \frac{m}{M} \cdot 100\% \quad (7.5)$$

где m – количество параметров, по которым было зафиксировано превышение допустимого нормативного значения;

M – общее количество отслеживаемых параметров;

F_2 – частота превышения отслеживаемыми параметрами допустимых нормативных значений. Рассчитывается по формуле (7.6):

$$F_2 = \frac{q}{M \cdot p} \cdot 100\% \quad (7.6)$$

где p – количество отборов проб;
 q – количество вариантов, когда параметры не соответствовали
 требуемому нормативному значению;

F_3 – степень несоответствия требуемому нормативному
 значению. Рассчитывается по формуле (7.7):

$$F_3 = \frac{nse}{0,01 \cdot nse + 0,01} \quad (7.7)$$

где nse – нормированная сумма превышений, которая
 рассчитывается по формуле (7.8):

$$nse = \frac{\sum e_i}{M \cdot p} \quad (7.8)$$

где e_i – амплитуда превышения [10].

Идентификация качества воды осуществляется в соответствии с
 шкалой, представленной в таблице 7.4.

Таблица 7.4

Уровни качества воды по показателю CCME WQI [10]

| Уровень | Значение CCME WQI |
|----------------------|-------------------|
| Отличный | 95–100 |
| Хороший | 80–94 |
| Допустимый | 65–79 |
| Предельно допустимый | 45–64 |
| Плохой | 0–44 |

Среди недостатков данного подхода следует отметить то, что не
 учитывается уровень опасности отслеживаемых веществ.

Методика интегральной оценки питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности учитывает содержание отслеживаемых физико-химических параметров воды, степень превышения ими установленных допустимых нормативных значений, вид и опасность воздействия на здоровье человека. Реализация данного подхода на практике предполагает расчет четырех комплексных показателей: ольфакторно-рефлекторного, неканцерогенного и канцерогенного рисков, интегрального показателя опасности питьевой воды [17].

Определение ольфакторно-рефлекторного риска осуществляется путем выбора максимального значения из всей группы полученных в результате расчета величин рисков по каждому из параметров, входящих в органолептическую группу (запах, привкус, цветность, мутность, pH, минерализация и т. п.). Расчет рисков осуществляется по формуле (7.9):

$$Risk = \left(\frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \right) \cdot \int_{-\infty}^{Prob} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (7.9)$$

где $Prob$ – промежуточная величина для перехода от концентрации каждого рассматриваемого параметра к риску для здоровья, который она создает. Данный показатель для большинства параметров определяется по формуле (7.10):

$$Prob = -2 + 3,32 \cdot \lg\left(\frac{C_i}{ПДК_i}\right) \quad (7.10)$$

где C_i – величина отслеживаемого параметра;

ПДК_{*i*} – допустимое нормативное значение [17].

Расчет неканцерогенного риска по каждому из отслеживаемых параметров осуществляется по формуле (7.11):

$$Risk = 1 - \exp\left(\frac{\ln(0,84) \cdot C_i}{(ПДК \cdot K_i)}\right) \quad (7.11)$$

где K_i – коэффициент запаса, принимаемый равным 100 для параметров с выраженной вероятностью отдаленных последствий и 10 для остальных случаев.

Суммарный неканцерогенный риск устанавливается по формуле (7.12) [17]:

$$Risk_{sum} = 1 - (1 - Risk_1) \cdot (1 - Risk_2) \cdot \dots \cdot (1 - Risk_n). \quad (7.12)$$

Оценка канцерогенного риска производится на основе использования экспоненциальной модели (формула 7.13) или, если уровни загрязнения воды незначительны, то есть находятся в значениях близких к порогам воздействия, по линейной модели (формула 7.15).

$$Risk = 1 - \exp(-SF_0 \cdot LADD) \quad (7.13)$$

где SF_0 – канцерогенный потенциал. Принимается в соответствии с [18],

LADD – среднесуточная доза, определяется по формуле (7.14):

$$LADD = \frac{C_i \cdot CR \cdot ED \cdot EF}{BW \cdot AT \cdot 365} \quad (7.14)$$

где CR – количество потребляемой воды;

ED – продолжительность воздействия;

EF – частота воздействия;

BW – масса тела человека;

AT – период осреднения экспозиции.

$$Risk = SF_0 \cdot LADD \quad (7.15)$$

Если ожидаемое значение суммарного канцерогенного риска превышает 0,001, расчет данного показателя осуществляется по формуле (7.12), в остальных случаях по формуле (7.16) [17]:

$$Risk_{sum} = Risk_1 + Risk_2 + \dots + Risk_n \quad (7.16)$$

Интегральный показатель опасности питьевой воды (ИП) определяется по формуле (7.17):

$$ИП = \frac{Risk_{po}}{ПЗ_{po}} + \frac{Risk_{нек}}{ПЗ_{нек}} + \frac{Risk_{канц}}{ПЗ_{канц}} \quad (7.17)$$

где $Risk_{po}$, $Risk_{нек}$, $Risk_{канц}$ – соответственно суммарные рефлекторно-ольфакторный, неканцерогенный и канцерогенный риски;

$ПЗ_{po}$, $ПЗ_{нек}$, $ПЗ_{канц}$ – приемлемые значения рефлекторно-ольфакторного, неканцерогенного и канцерогенного рисков, которые соответственно равны 0,1; 0,05; 0,00001 [17].

Превышение значений приемлемого риска хотя бы по одному из его видов свидетельствует о необходимости разработки и реализации перечня мер, направленных на улучшение качества воды.

Среди недостатков данного подхода следует отметить то, что не учитывается частота превышения допустимых нормативных значений отслеживаемых параметров.

Методика интегральной оценки питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности широко используется в РФ для проведения комплексной оценки качества подземных вод, применяемых для питьевого водоснабжения. Ниже, в качестве примера, приведены результаты расчета интегральных показателей опасности питьевой воды скважин/родников (таблица 7.5), расположенных в бассейне р. Зуя, полученные на основе данных мониторинговых наблюдений за 2018 г., предоставленных организациями, эксплуатирующими эти водохозяйственные объекты (ГУП РК «Вода Крыма», ООО «Крымская водная компания»).

Использование методики интегральной оценки питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности позволяет не только выделить, но и ранжировать подземные водозаборы (скважины, каптажные колодцы, родники) в порядке очередности проведения на них мероприятий, направленных на улучшение качественного состава подаваемой потребителям воды (4775, 4544, 4541, б/н, 4539).

Таблица 7.5

Комплексная оценка качественного состава вод подземных водозаборов, расположенных в бассейне р. Зуя и используемых для целей питьевого водоснабжения [1]

| № скважины/родника | Значение ольфакторно-рефлекторного риска | | Значение неканцерогенного риска | | Интегральный показатель |
|--------------------|--|------------|---------------------------------|------------|-------------------------|
| | расчетное | приемлемое | расчетное | приемлемое | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 31 | 0,020 | 0,1 | 0,002 | 0,05 | 0,239 |
| 30 | 0,051 | 0,1 | 0,016 | 0,05 | 0,836 |
| 386 | 0,058 | 0,1 | 0,017 | 0,05 | 0,924 |
| 140 | 0,069 | 0,1 | 0,002 | 0,05 | 0,718 |
| 29 | 0,020 | 0,1 | 0,001 | 0,05 | 0,226 |

Продолжение таблицы 7.5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------|--------------|-----|-------|------|--------------|
| б/н | <u>0,164</u> | 0,1 | 0,005 | 0,05 | <u>1,731</u> |
| 387 | 0,076 | 0,1 | 0,003 | 0,05 | 0,817 |
| 384 | 0,020 | 0,1 | 0,001 | 0,05 | 0,216 |
| 4541 | <u>0,249</u> | 0,1 | нд* | 0,05 | <u>2,490</u> |
| 4549 | 0,020 | 0,1 | 0,024 | 0,05 | 0,671 |
| 4544 | <u>0,184</u> | 0,1 | 0,042 | 0,05 | <u>2,681</u> |
| 14 | 0,020 | 0,1 | 0,009 | 0,05 | 0,390 |
| 4775 | <u>0,236</u> | 0,1 | 0,042 | 0,05 | <u>3,194</u> |
| 4538 | 0,043 | 0,1 | нд* | 0,05 | 0,430 |
| 4810 | 0,020 | 0,1 | 0,017 | 0,05 | 0,549 |
| 4811 | 0,020 | 0,1 | 0,002 | 0,05 | 0,235 |
| 4812 | 0,043 | 0,1 | 0,001 | 0,05 | 0,453 |
| 4814 | 0,031 | 0,1 | 0,005 | 0,05 | 0,410 |
| 4815 | 0,020 | 0,1 | 0,025 | 0,05 | 0,699 |
| 4539 | <u>0,102</u> | 0,1 | 0,020 | 0,05 | <u>1,420</u> |

Примечание. * отсутствуют данные.

7.3. Возможности использования современных цифровых технологий для решения водохозяйственных задач

В отечественной и зарубежной практике разработан целый ряд подходов и инструментов, направленных на решение актуальных для водохозяйственного комплекса Республики Крым оценочных и прогнозных задач. К ним относятся: географические информационные системы (ГИС), гидрологическое моделирование, дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) и др. Остановимся более детально на первых двух подходах.

Географические информационные системы – это аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение, распространение и интеграцию пространственно-координированных данных для решения научных и прикладных задач. Современные ГИС позволяют осуществлять широкий ряд функций:

- географическую привязку;
- генерирование новой информации на основе синтеза имеющихся сведений;
- отражение пространственно-временных связей объектов;

- оперативное обновление баз данных посредством использования новой поступающей информации.

В мировой и отечественной практике географические информационные системы широко используются для решения множества водохозяйственных задач. Они могут охватывать как широкий (комплексное управление водными ресурсами), так и узкий круг рассматриваемых вопросов (первичная инвентаризация водных объектов). Рассмотрим примеры использования ГИС-инструментария для решения различных водохозяйственных задач в мировой практике.

Обоснование выбора места расположения русловых водоаккумулирующих сооружений. Оценкой возможности использования географических информационных систем для решения данной водохозяйственной задачи занимались Виннаар Г., Дживитт Г. П. У. [19], Секар И., Рандхир Т. О. [20], Форхауэр К. Ф., Гамлет Д. М. [21], Гупта К. К., Деелстра Д. [22] и другие ученые и специалисты. Результаты проведенных ими работ доказали, что ГИС целесообразно использовать для обоснования выбора мест строительства водоаккумулирующих сооружений. К примеру, Виннааром Г., Дживиттом Г. П. У. и Хораном М. на основе применения геоинформационных технологий был разработан метод определения потенциальных участков, на которых целесообразно накапливать сток. Его использование на практике позволило существенно сократить затраты на проведение изыскательских работ и ускорить подготовку проектной документации по строительству водоаккумулирующих сооружений [19].

Мониторинг качественных показателей водных ресурсов. Оценке возможности использования географических информационных систем для отслеживания состояния поверхностных вод посвящены работы Цоеленга Л. Т., Маханагары П. [23], Дубе Т., Мутанга О. [24, 25], Маджози Н. П., Салама М. С. [26], Эштона П. Д., ванн Зила Ф. К. [27] и других ученых. Их объединяет общий вывод о том, что геоинформационные технологии в сочетании с данными дистанционного зондирования Земли и гидрологическими моделями целесообразно использовать для мониторинга качества поверхностных водных ресурсов. К примеру, в ходе исследований, проведенных Цоелингом Л. Т., Махангаром П., Малахлелом О. Е. и Олифантом Т. на плотине Ваал, было научно обосновано, что использование отображения светопоглощающего хлорофилла, выступающего показателем количества фитопланктона, в сочетании с

полевыми данными позволяет отслеживать состояние крупных водных объектов Южной Африки [23].

Определение объемов формирования речного стока. Оценкой возможности использования географических информационных систем для решения данной водохозяйственной задачи занимались Конго В. М. [28], Нилл Д. М., Сингх В. П. [29], Манчадо К., Ролдан-Валкарсе А. [30], Касадеи С., ди Франческо С. [31], Ганди Ф., Патель Д. Н. [32] и другие. Результаты проведенных ими работ доказали, что ГИС-технологии целесообразно использовать для оценки формирования и пространственно-временного распределения речного стока. Так, в работе «ArcDrain: A GIS Add-In for Automated Determination of Surface Runoff in Urban Catchments», авторы на примере г. Сантандер, расположенного в северной части Италии, с помощью надстройки ArcDrain не только довольно точно определили объем поверхностного стока, но и выделили городские территории, подверженные подтоплению [30].

Инвентаризация поверхностных водных объектов. Оценкой перспективы использования картирования водных объектов с помощью инструментария ГИС для повышения эколого-экономической эффективности ведения водохозяйственной и природоохранной деятельности занимались Джайн А. К., Сехон Х. К. [33], Лако Д. П., Турпе Ю. М. [34], Гобади Ю., Прадхан Б. [35], Шарма А., Паниграхи С. [36], Дунаева Е. А., Попович В. Ф. [37] и др. В своих работах авторы выделили целый ряд достоинств использования инструментария географических информационных систем для отслеживания количества, размеров, месторасположения водных объектов. К ним относятся: уточнение сведений водного реестра, повышение достоверности водохозяйственных балансовых расчетов, снижение риска наступления аварийных ситуаций на водоподпорных сооружениях, оценка деградации водно-болотных угодий, повышение эффективности мероприятий по предупреждению заболеваний и многое другое.

Управление эксплуатацией подземных вод. Оценке возможности использования географических информационных систем для повышения эффективности применения подземных вод для нужд населения и отраслей экономики посвящены работы Даса С., Пардешти С. Д. [38], Ву Ю., Яна Г. [39], Ли Б., Чена Л. [40] и др. Суть использованного авторами подхода для решения такой сложной водохозяйственной задачи как управление эксплуатацией подземных вод заключается в наложении и совместном анализе ряда тематических

карт, выполненных с помощью ГИС-инструментов и отражающих различные факторы, влияющие на качественные и количественные показатели данной категории вод.

Достижение рационального ведения водохозяйственной деятельности. Подходы к решению данной водохозяйственной задачи, основанные на комплексном использовании географических информационных систем и гидрологического моделирования, нашли отражение в работах Федра К. [41], Йохансона Б., Ютмана Т. [42], Патере Д. А., Патере А. Р. [43], Семлали И., Уадифа Л. [44], Уокера Д., Доулинга Т. [45] и других ученых и специалистов. Полученные ими результаты свидетельствуют о том, что правильно систематизированные и комплексно проанализированные данные представляют собой надежную основу для разработки рациональных управленческих решений в водохозяйственной сфере. Комплексное использование ГИС-инструментария и гидрологического моделирования позволяет не только избежать целого ряда ошибок, связанных с недостатком информационных данных и, как следствие, непониманием общей фактической обстановки, но и ускорять процесс разработки перечня мероприятий, направленных на достижение эффективного с эколого-экономической точки зрения водопользования.

Исходя из вышеизложенного, применение географических информационных систем позволяет успешно решать целый ряд водохозяйственных проблем, в том числе и экологического характера. Однако при этом ГИС целесообразно сочетать с гидрологическим моделированием.

Гидрологическое моделирование является одним из мощнейших инструментов планирования, разработки, проектирования, эксплуатации и управления водными ресурсами в речном бассейне. Чтобы понять значимость и возможности этого подхода для решения практических задач, детально рассмотрим процесс его возникновения и усовершенствования.

История развития гидрологического знания насчитывает более 120 лет. Еще в начале XX века в большинстве экономически развитых стран произошло формирование сетей гидрологического мониторинга, первоочередной целью которых являлось прогнозирование наводнений для снижения оказываемого ущерба. Это, в свою очередь, оказало существенное влияние на развитие методов описания гидрологических процессов. В период с 1900 по 1920 гг. в данном направлении были получены следующие

разработки:

- модель инфильтрации воды в почве, предложенная австралийскими учеными Грином В. и Эмптоном Г. [46];

- формулы расчета формирования талого стока Абельса Г. Ф. [46];

- линейная зависимость между интенсивностью снеготаяния и температурой воздуха, разработанная Финстервалдером С. и Шунком Х., а затем усовершенствованная Клайде Г. Д. [47];

- теория движения влаги в ненасыщенной зоне почвы, созданная Ричардсом Л. [48];

- зависимости суммарного испарения с поверхности речного бассейна от потенциального испарения и осадков, полученные Шрайбером П. и Ольдекопом Е. М. [48];

- концепция метода изохрон-изолиний равного времени добегания для расчета гидрографа стока в замыкающем створе французского инженера Имбо Э. [48] и др.

Начиная с 1930-х годов, в мировой практике стала актуальной задача разработки методов гидрологического прогнозирования, которые могли бы применяться при минимальных количествах, располагаемых данных. В результате в 1934 г. Шерманном Л. К. была создана концепция единичного гидрографа [49], сформировавшая по мнению Тодина Э. возможности для перехода в будущем от чисто эмпирических методов к созданию физически обоснованных моделей [50]. Так же за период 1930–1940 гг. для решения поставленной задачи были получены следующие разработки:

- теория формирования поверхностного стока, созданная Хортоном Р. [51];

- математические описания неустановившегося движения в русле, предложенные Великановым М. А. [52], Христиановичем С. А. [53], Ржаницыным Н. А. [54] и Бефани А. Н. [55];

- метод расчета испарения с водной поверхности и поверхности суши, разработанный английским физиком, метеорологом Пенманом Х. [56] и др.

После окончания Второй мировой войны во многих странах мира начался этап экономического роста, обусловленного вложением инвестиций в строительство дорог, плотин и ирригационных систем. Массовое расширение инфраструктуры требовало экономного расходования средств. В результате методы, которые применялись ранее Хортоном Р. и другими учеными, стали считаться неэффективными для решения проблем, связанных с распределением

воды [46]. В результате, начиная с 1950-х годов, происходит развитие теории линейных стационарных динамических систем в исследовании процессов формирования речного стока и движения паводковой волны по руслу. В данном направлении работали Нэш Д. Э., Калинин Г. П., Милуков П. И., Дуг Д. С. И., Кучмент Л. С. и др. Результаты их работ нашли отражение в ряде публикаций [57–61]. Кроме того, в период с 1950 по 1960 гг. продолжались исследования в области развития теории и математического описания процессов инфильтрации воды в почве, а также эвапотранспирации [62–66].

Появление в 1960-х гг. высокоуровневых алгоритмических языков программирования и быстродействующих на то время электронно-вычислительных машин (ЭВМ) способствовало созданию численных концептуальных моделей, в которых составляющие гидрологического цикла речного бассейна имели вид отдельных расчетных блоков, учитывающих накопленные за прошедшее время представления о процессах формирования стока (Stanford Watershed Model (SWM), Watershed Models of Dawdy and O'Donnell, Hydrologic Engineering Center (HEC-1)). Во многих публикациях, основанных на результатах исследований 1960–1970 гг., прослеживается стремление к созданию физически обоснованных гидрологических моделей с распределенными параметрами в таких областях, как описание движения воды в руслах водотоков, взаимодействие подземных и поверхностных вод [67–69]. Следует отметить, что, хотя большая часть из них не принимала во внимание пространственную неоднородность характеристик водосбора и входных воздействий, гидрологический цикл рассматривался как единое целое. Некоторые из разработанных в этот период моделей послужили основой для создания современных программных продуктов, которые используются для решения инженерных задач (например, USGS Precipitation-Runoff Modelling System (PMRS), Imperial College Rainfall-Runoff Modelling Toolbox, FLEX).

Начиная с 1970-х годов в гидрологии уделяется внимание проблемам качества воды. В период с 1970 по 1980 гг. развитие концептуальных моделей формирования речного стока направлено на расширение физического содержания при описании гидрологических процессов, учета информации о пространственном распределении влияния метеорологических условий на водосбор и т.п. При создании новых разработок в данном направлении использовалась не только идеология, заложенная в Stanford Watershed Model, но и описание пространственного распределения

гидрологических процессов при помощи априорных представлений о распределении вероятностей, динамике параметров и/или входных величин [70–73]. К примеру, в статье «A Physically Based, Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology», опубликованной в 1979 г., была предложена TOPMODEL – одна из известнейших концептуальных моделей «Contributing Area Model» (модели с изменяющимися переменными водосбора) [70]. Она особо широко распространилась в 1990-х гг. с появлением цифровых моделей рельефа, которые облегчили оценку и визуализацию морфометрических характеристик рельефа. В общем, лежащий в основе «Contributing Area Model» подход стал востребованным в дальнейшем при создании физически обоснованных гидрологических моделей и описания подсеточной изменчивости.

Также в этот период получил развитие подход, основанный на учете пространственного распределения характеристик бассейна. Ярким примером его реализации является разработанная Бергстромом С. концептуальная модель HBV. Изначально она была распространена в скандинавских странах, а затем стала использоваться для решения инженерных и исследовательских задач во всем мире [48].

В процессе накопления опыта применения физически обоснованных моделей все более явно выделялась проблема описания неопределенности, которая возникла из-за ошибок измерений, нехватки входных параметров и т. п. Это послужило импульсом для создания принципиально новых разработок. В их основу было заложено стохастическое описание источников неопределенности и динамики гидрологических процессов. Импульсом для развития моделирования в этом направлении стали результаты изысканий, проведенных Иглсоном П. [74, 75], в которых были выражены идеи динамико-стохастических моделей со случайными входами.

Благодаря полученным в 1970–1980-е гг. результатам в истории развития гидрологии этот период известен как период становления теории и практики физико-математического моделирования.

Исследования, посвященные разработке первых физико-математических моделей с распределенными параметрами, в которых описаны основные процессы формирования речного стока и приведены результаты их апробации на основе данных наблюдений на речных водосборах, были опубликованы в 1986 г. [76, 77]. Примером такой модели является Systeme Hydrologique Europeen (SHE), предназначенная для физически обоснованного, распределенного, непрерывного моделирования стока и отложений [71].

С 1990-х годов значительное внимание уделялось развитию направлений гидрологии, связанных с изучением пространственной организации процессов гидрологического цикла суши, их взаимодействием с экосистемами, океаном, атмосферой, и роли в глобальных процессах. Развитие технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), появление геоинформационных систем (ГИС), интернета, глобальных баз данных, а также средств обработки, хранения и передачи информации, способствовало объединению гидрологии в систему геофизических наук.

При разработке детальных физико-математических моделей с распределенными параметрами для описания, построения расчетной сетки, оценки пространственной изменчивости входных величин и параметров стали широко использовать ГИС-технологии.

К наиболее значимым разработкам в сфере гидрологии, полученным в период с 1990 по 2000 гг. относятся:

- внедрение подхода, основанного на переходе от описания процесса в точке к расчетной площади [78–80];
- концепция репрезентативного элементарного водосбора [81];
- использование для предоставления пространственной изменчивости почвенных гидрофизических параметров педотрансферных функций [82, 83];
- исследования гидрологических моделей, связанные с анализом их чувствительности к изменению граничных условий и параметров [84];
- применение в гидрологии численных методов оценки неопределенности (например, методов латинского гиперкуба, Монте-Карло) [85–87] и др.

Период с 2003 по 2012 гг. на Международном уровне прошел под девизом «Прогнозы в неосвоенных бассейнах». В эти годы проводились многочисленные исследования в области описания процессов формирования речного стока на гидрологически неизученных бассейнах. Фундаментальным трудом, содержащим обобщенные научные достижения этого десятилетия, стала работа «Runoff Prediction in Ungauged Basins. Synthesis a cross Processes, Places and Scales», подготовленная коллективом авторов [88].

Начиная с 2010-х годов математические модели гидрологии водосборных бассейнов стали общепринятыми инструментами для планирования, разработки, проектирования, эксплуатации и управления водными ресурсами. Однако, несмотря на множество разработок в области гидрологического моделирования, еще остается

ряд проблем, требующих решения. Например, отсутствие надежных прогнозов для развития и устойчивого управления водными ресурсами, разработки эффективных стратегий смягчения последствий наводнений, засух и т. п.

Таким образом, гидрологическое моделирование продолжает активно совершенствоваться и в наши дни. В настоящее время существует множество гидрологических моделей и способов их классификации (физические, эмпирические или концептуальные; концентрированные или распределенные (полураспределенные); детерминированные или стохастические и т. п.). Это обосновано тем, что их структура зависит от цели построения. Все гидрологические модели являются упрощенным представлением реального мира. Они могут быть физическими, аналоговыми или математическими. Последние на сегодняшний день являются наиболее простыми и универсально применимыми, а поэтому распространенными и быстро развивающимися с точки зрения научной основы и использования [89].

Наиболее часто гидрологические модели классифицируются на детерминированные и стохастические (рисунок 7.3).



Рисунок 7.3 – Классификация имитационных гидрологических моделей [90, 91]

Стохастические модели – это системы, поведение которых регулируется законами вероятности [92] или, если набор входных значений не требует получения одинаковых выходных данных, случайными составляющими [90]. В последнее время им уделяется большое значение. Это связано с тем, что гидрологические переменные (количество осадков, сток рек, уровень воды и т. д.) по своей сути преимущественно стохастические. Однако, несмотря на зависимость гидрологических процессов от времени и уровня

расчетной вероятности, все же остается некая детерминированная составляющая. Как следствие, стохастическое моделирование в первую очередь состоит из анализа временных рядов процесса. Обычно стохастическое моделирование использует такие методы как: регрессия, функция преобразования, нейронные сети (управляемые данными) и идентификация систем.

В детерминированных моделях однозначно определяются выходы для заданных входных данных и начальных граничных условий. Эти модели основаны на известных физических законах науки с учетом конкретных условий задач, свойств и внутренних связей исследуемого водного объекта, изучения реальных процессов для получения выходного отклика системы. Их подразделяют на динамические (концептуальные) модели стока с концентрированными параметрами; физико-математические, использующие уравнения математической физики для описания гидрологических процессов; эмпирические [93].

Создание большого количества моделей влечет за собой проблему выбора среди них наиболее подходящей. Это сложная задача, поскольку объективные подходы к ее решению еще не разработаны.

Выбор модели, которая бы подходила для конкретной гидрологической ситуации, важен для развития и управления водными ресурсами, гидрологического прогнозирования и планирования дальнейших исследований в области моделирования. Учеными были предложены различные методологии применения гидрологических моделей для прогнозирования. Практически все они учитывают одни и те же критерии и факторы, а именно: цель модели, тип моделируемой системы и гидрологического элемента, климатические и физико-графические характеристики водосбора, доступность данных, простоту модели, возможную однородность водосборов и возможность удобного обновления модели, на основе текущих гидрологических и метеорологических условий.

Структура модели должна соответствовать предполагаемой цели моделирования, заданным характеристикам водосбора и наличию исходных данных. Цель моделирования оказывает влияние на временной шаг и на вопросы, связанные с учетом гидрологических процессов. Применение одной модели не всегда удовлетворяет всем условиям исследования, поэтому часто прибегают к использованию двух и более моделей [90].

В Республике Крым существует множество задач, для решения которых целесообразно использовать гидрологическое моделирование. К ним относятся:

- составление прогнозов изменения качественных и количественных характеристик поверхностных водных ресурсов;
- актуализация информации по объемам формирования речного стока в зависимости от гидрологической обеспеченности года;
- анализ рисков наводнений, образования селей и других негативных воздействий вод;
- обоснование целесообразности выдачи разрешения на пользование водным объектом или его частью и т. п.

Оценкой возможностей использования гидрологического моделирования на территории Крымского полуострова занимались Землянкова А. А., Макарьева О. М., Нестерова Н. В., Федорова А. Д. [94], Иванов В. А., Прусов А. В. [95], Дунаева Е. А., Попович В. Ф. [96, 97], Лычак А. И., Бобра Т. В. [98]. В ходе проведенных ими исследований были использованы следующие модели: MWSWAT, SWAT, «Гидрограф». Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения данного инструментария в Республике Крым. Так, к примеру, гидрологическое моделирование качественных и количественных показателей стока, проведенное Дунаевой Е. А. и Поповичем В. Ф. для участка бассейна реки Салгир (от истока до Симферопольского водохранилища), дало возможность понять происходящие на данном водном объекте процессы и оценить уровень оказываемой на него антропогенной нагрузки [97].

Несмотря на то, что в настоящее время гидрологическое моделирование практически не используется в Крымском регионе, его внедрение будет способствовать разумному управлению располагаемыми водными ресурсами, включая снижение дисбаланса интересов водопользователей. Это обосновано повышением достоверности результатов, проводимых оценок количественных и качественных показателей речного стока.

Исходя из вышеизложенного, использование ГИС и гидрологического моделирования в Республике Крым позволит успешно решать широкий ряд оценочных и прогнозных водохозяйственных задач. Однако для этого необходимо предусмотреть подготовку высококвалифицированных специалистов, осуществить переход на использование современных компьютерных средств и технологий.

7.4. Комплексные подходы к оценке состояния прудов, включая их влияние на окружающую среду и соблюдение интересов человека

Одной из важных водохозяйственных задач Крымского региона является обеспечение безопасного функционирования прудов. Это обосновано сочетанием ряда факторов. К ним относятся:

- состояние данных водохозяйственных объектов (требуется проведение текущих и капитальных ремонтов, эксплуатационных мероприятий [99–101]);

- длительность срока их службы. Согласно анализу справочных данных: 55 % прудов имеют эксплуатационный срок службы от 25 до 50 лет, 32 % – более 50 лет [102];

- недостаточная проработанность экономических механизмов финансирования эксплуатационных мероприятий. В соответствии с Водным законодательством РФ, ответственными за проведение мероприятий по уходу за прудами и их водоохранными зонами являются балансодержатели этих водохозяйственных объектов или пользователи, получившие официальное разрешение применять аккумулируемые в них водные ресурсы для своих целей [103]. Однако в Республике Крым по состоянию на 30.01.2020 г. получены разрешения на право пользования водным объектом или его частью примерно на 10 % прудов. Остальные малые водоаккумулирующие сооружения эксплуатируются не официально или вообще не используются. Это в сочетании с длительным сроком службы большинства прудов ведет к снижению их уровня экологической безопасности.

Для разработки рациональных управленческих решений по обеспечению устойчивого функционирования данных водохозяйственных объектов необходимо проведение комплексной оценки их состояния и влияния на окружающую среду, соблюдение интересов водопользователей. В Российской Федерации разработан ряд подходов, направленных на решение данных задач при наличии минимального количества располагаемой информации, что является характерным для большинства малых водоаккумулирующих сооружений Республики Крым. К ним относятся:

- методика интегральной, качественно-количественной балльной оценки воздействия гидротехнических объектов на окружающую среду, детально прописанная в РД 153–34.2–02.409–003 «Методические указания по оценке влияния гидротехнических сооружений на окружающую среду»;

- оценка уязвимости гидротехнических сооружений, приведенная в ГОСТ Р 22.2.09-2015 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Экспертная оценка уровня безопасности и риска аварий гидротехнических сооружений. Общие положения» и др.

Рассмотрим более детально эти два подхода.

Методика интегральной, качественно-количественной балльной оценки воздействия гидротехнических объектов на окружающую среду основана на проведении дифференциально-интегрального, качественно-количественного анализа прямых и косвенных воздействий строительства и эксплуатации конкретного водохозяйственного сооружения по трем аспектам: экологическому, физическому, социально-экономическому. Следует отметить, что заложенные в данный подход принципы позволяют принять во внимание большое количество факторов, таких как уровень биологического разнообразия, общая биомасса, фауна, флора, использование водного объекта, плотность и здоровье населения, климат, свойства почв, геологическая среда и мн. др. Это способствует получению детальной оценки ситуации.

Расчет интегрального индекса качества окружающей среды производится по формуле (7.18):

$$IQ = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{n_i} IE_{ij} \quad (7.18)$$

где n_i - общее количество рассматриваемых элементов окружающей среды;

IE_{ij} - индекс воздействия, рассчитывается по формуле (7.19):

$$IE_{ij} = k_2 \cdot IVE_2 - k_1 IVE_1 \quad (7.19)$$

где $k_{1,2} = \pm 1$ - коэффициент, зависящий от роли (положительной, отрицательной) элемента окружающей среды;

$IVE_{1,2}$ - значения индексов ценности элемента для двух сравниваемых состояний.

Воздействие объекта на окружающую среду считается положительным, если $IQ > 0$, нейтральным при $IQ = 0$ и отрицательным при $IQ < 0$ [104].

Однако имеется ряд ограничений, сдерживающих использование данной методики, для обработки и анализа данных мониторинговых наблюдений за состоянием прудов:

- предложенный подход больше применим для обоснования расположения места строительства крупных гидротехнических объектов, оказывающих существенное воздействие на окружающую среду и интересы человека;

- определение значимости критериев осуществляется на основе использования девятибалльной шкалы сравнения влияния ГТС, что может стать причиной несопоставимости результатов проведенной оценки, выполненной разными экспертами за различные периоды времени по конкретному водохозяйственному сооружению;

- несмотря на негативные последствия аварийных ситуаций для окружающей среды и человека, не уделено должного внимания техническому состоянию конструктивных элементов.

Оценка уязвимости гидротехнических сооружений - это подход, основанный на комплексном анализе четырех критериев, отражающих состояние сооружения (b_1) и окружающей среды в зоне его влияния (b_2), соблюдение требований безопасной эксплуатации (b_3), готовность объекта к чрезвычайной ситуации (b_4) [105]. Заложенные в него принципы учитывают:

- соблюдение требований Российского законодательства в отношении обеспечения безопасного функционирования гидротехнических сооружений;

- влияние ГТС на прилегающие территории и интересы водопользователей;

- возможность снижения/исключения несопоставимости результатов оценок, выполненных различными экспертами, в разные периоды времени. Это обосновано тем, что в государственном стандарте четко регламентируются количество оцениваемых критериев и шкалы выбора балльных оценок.

Расчет коэффициента уязвимости (V) осуществляется по формуле (7.20):

$$V = V_0 \sum_{i=1}^4 \varphi_i \cdot b_i \quad (7.20)$$

где V_0 - нормирующий множитель показателя уязвимости, равен 0,33;

φ_i – коэффициент значимости i -го критерия, принимаемый в соответствии с ГОСТ Р 22.2.09–2015 ($\varphi_1=0,35$; $\varphi_2=0,15$; $\varphi_3=0,3$; $\varphi_4=0,2$) [105];

b_i – значение балла i -го критерия, которое устанавливается, исходя из отличительных признаков, приведенных в таблице 7.6.

К основным ограничениям использования данного подхода относятся:

- отсутствие шкалы идентификации состояния. Коэффициент уязвимости ГТС рассматривается как промежуточная характеристика для расчета показателя риска аварий на водохозяйственном сооружении;

- необходимость уточнения перечня факторов, по которым производится экспертная оценка. Их целесообразно сократить. Это обусловлено тем, что рассматриваемые объекты представлены в основном низконапорными гидроузлами, поэтому наступление на них аварийных ситуаций даже в самом неблагоприятном случае может повлечь только возникновение локальных чрезвычайных ситуаций.

Таблица 7.6

Шкала оценки критериев (составлено на основе [105])

| Балльная оценка | Отличительный признак |
|------------------|--|
| $b_i=0$ | отсутствие нарушений или полное соответствие требованиям безопасной эксплуатации |
| $0 < b_i \leq 1$ | наличие локальных повреждений/нарушений, которые могут быть устранены в ходе текущих эксплуатационных мероприятий или незначительные отступления от требований безопасности, не влекущие за собой нарушения режима работы сооружения |
| $1 < b_i \leq 2$ | существенные нарушения, требующие временного изменения эксплуатационного режима объекта |
| $2 < b_i \leq 3$ | разрушения конструктивных элементов/существенные нарушения требований безопасности, приводящие к необходимости проведения реконструкции или изменения эксплуатационного режима объекта |

Следует отметить, что среди этих двух подходов, последний наиболее применим для проведения комплексной оценки состояния прудов и их влияния на окружающую среду, соблюдение интересов водопользователей. Основной из указанных недостатков – отсутствие шкалы идентификации состояния может быть легко устранен, так как в ГОСТ Р 22.2.09–2015 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Экспертная оценка уровня безопасности и риска аварий гидротехнических сооружений. Общие положения» представлены диапазоны возможных балльных значений оценки критериев в зависимости от степени уязвимости (таблица 7.7).

Подставляя данные граничных значений в формулу расчета коэффициента уязвимости (7.20), можно получить его численные выражения, отражающие переход из одного состояния в другое. Результаты расчетов представлены в таблице 7.8.

Таблица 7.7

Диапазоны возможных балльных значений оценки [105]

| Степень уязвимости | Диапазон возможных балльных значений |
|--------------------|--------------------------------------|
| Отсутствует | $b_i=0$ |
| Малая | $0 < b_i \leq 1$ |
| Средняя | $1 < b_i \leq 2$ |
| Большая | $2 < b_i \leq 3$ |

Таблица 7.8

Классификация состояния по значению коэффициента уязвимости

| Степень уязвимости | Значение коэффициента уязвимости |
|--------------------|----------------------------------|
| Малая | $0 < V \leq 0,33$ |
| Средняя | $0,33 < V \leq 0,66$ |
| Большая | $0,66 < V \leq 1$ |

Ниже приведены результаты расчета коэффициентов уязвимости прудов, расположенных в бассейне р. Абдалка (таблица 7.9), полученные на основе данных мониторинговых обследований, осуществленных специалистами ГБУ РК «Крымское управление водного хозяйства и мелиорации» в 2014–2016 гг. и ФГБУН «НИИСХ Крыма» в 2019 г. Более детальная информация по данным водохозяйственным объектам приведена в приложении Б.

Наиболее неблагоприятная обстановка складывается по водоаккумулирующим гидроузлам 14р и 16р (коэффициент уязвимости 0,55 и 0,54 соответственно). Именно с них необходимо начать реализацию действий, направленных на обеспечение устойчивого функционирования данных водохозяйственных объектов.

Таблица 7.9

Результаты оценки уровня уязвимости прудов бассейна
реки Абдалка [1]

| Инвентаризационный номер | Значение показателя | | | | Коэффициент уязвимости | Уровень уязвимости |
|--------------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|--------------------|
| | b ₁ | b ₂ | b ₃ | b ₄ | | |
| 12р | 1 | 1 | 1 | 0 | 0,27 | малый |
| 13р | 1 | 2 | 1 | 0 | 0,32 | малый |
| 14р | 1 | 2 | 2 | 2 | 0,55 | средний |
| 15р | 1 | 2 | 1 | 0 | 0,32 | малый |
| 16р | 2 | 2 | 2 | 0 | 0,54 | средний |

Список литературы

1. Изучение комплексных программ по выработке мероприятий для увеличения располагаемых водных ресурсов в планируемой перспективе, включая безотходные технологии, регулирование и территориальное распределение речного стока : отчет о НИР (этап 4) : АААА-А16-1160022610115-4 / ФГБУН «НИИСХ Крыма» ; рук. Э. Э. Сейтумеров ; отв. исполн. : Н. Е. Волкова, Н. М. Иванов. – Симферополь, 2019. – 126 с.
2. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе в 2019 г.». – Симферополь : Межрегиональное управление Роспотребнадзора по Республике Крым и городу Севастополю, 2020. – 356 с.
3. Abtahi, M. A modified drinking water quality index (DWQI) for assessing drinking source water quality in rural communities of Khuzestan Province, Iran / M. Abtahi, N. Golchinpour, K. Yaghmaeian, M. Rafiee, M. Jahangiri-rad, A. Keyani, R. Saeedi // *Ecological Indicators*. – 2015. – Volume 53. – P. 283–291.
4. Mohebbi, M. R. Assessment of water quality in groundwater resources of Iran using a modified drinking water quality index (DWQI) / M. R. Mohebbi, R. Saeedi, A. Montazeri, K. A. Vaghefi, S. Labbafi, S. Oktaie, M. Abtahi, A. Mohagheghian // *Ecological Indicators*. – 2013. – Volume 30. – P. 28–34.
5. Elubid, B. A. Geospatial Distributions of Groundwater Quality in Gedaref State Using Geographic Information System (GIS) and Drinking Water Quality Index (DWQI) / B. A. Elubid, T. Huang, E. H. Ahmed, J. F. Zhao, K. M. Elhag, W. Abbass, M. M. Babiker // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2019. – Volume 16, Issue 5. – No. 731.
6. Jesuraja, K. GIS-based assessment of groundwater quality index (DWQI and AWQI) in Tiruchendur Coastal City, Southern Tamil Nadu, India / K. Jesuraja, S. Selvam, R. Murugan // *Environmental Earth Sciences*. – 2021. – Volume 80, Issue 7. – No. 243.
7. Iqbal, A. B. Assessment of Bangladesh groundwater for drinking and irrigation using weighted overlay analysis / A. B. Iqbal, M. M. Rahman, D. R. Mondal, N. R. Khandaker, H. M. Khan, G. U. Ahsan, M. Jakariya, M. M. Hossain // *Groundwater for Sustainable Development*. – 2020. – Volume 10. – No. 100312.
8. Al-Saffawi, A. A. Y. T. Water Quality of Nimrud District Wells Southeast of Mosul City for Drinking and Civil Purpose Using the Canadian Model of Water Quality / A. A. Y. T. Al-Saffawi // *Pakistan Journal of Analytical and Environmental Chemistry*. – 2019. – Volume 20, Issue 1. – P. 75–81.
9. Hurley, T. Adaptation and evaluation of the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) for use as an effective tool to characterize drinking source water quality / T. Hurley, R. Sadiq, A. Mazumder // *Water Research*. – 2012. – Volume 46, Issue 11. – P. 3544–3552.
10. Zong, Y. C. Safety evaluation of rural drinking water sources in Nang County, Tibet Autonomous Region of China / Y. C. Zong, D. C. Huang, X. L. Duan, G. H. Lu // *Applied Ecology and Environmental Research*. – 2019. – Volume 17, Issue 2. – P. 5081–5091.

11. Wagh, V. Development of CCME WQI model for the groundwater appraisal for drinking in Basaltic terrain of Kadava River basin, Nashik, India / V. Wagh, S. Mukate, D. Panaskar, U. Sahu, M. Aamalawar, A. Muley, Y. Lolage // *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*. – 2019. – Volume 48, Issue 12. – P. 1933–1940.
12. Sethy, S. N. Evaluation of groundwater quality in parts of the Southern Gangetic Plain using water quality indices / S. N. Sethy, T. H. Syed, A. Kumar // *Environmental Earth Sciences*. – 2017. – Volume 76, Issue 3. – No. 116.
13. Богданова В. Д. Гигиеническая оценка питьевой воды из подземных источников централизованных систем водоснабжения острова Русский / В. Д. Богданова, П. Ф. Кику, Л. В. Кислицына // *Анализ риска здоровью*. – 2020. – № 2. – С. 28–37.
14. Михайличенко К. Ю. Интегральная оценка качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения / К. Ю. Михайличенко, А. Ю. Коршунова, А. И. Курбатова // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. – 2014. – № 4. – С. 99–106.
15. Сидоренкова Л. М. Интегральная оценка качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения Смоленской области / Л. М. Сидоренкова, Е. Г. Майорова, В. А. Барсуков, А. В. Авчинников // *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. – 2017. – Т. 16. – № 1. – С. 165–172.
16. RadFard, M. Protocol for the estimation of drinking water quality index (DWQI) in water resources: Artificial neural network (ANFIS) and Arc-Gis / M. RadFard, M. Seif, A. H. G. Hashemi, A. Zarei, M. H. Saghi, N. Shalyari, R. Morovati, Z. Heidarinejad, M. R. Samaei // *MethodsX*. – 2019. – Volume 6. – P. 1021–1029.
17. Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности: Методические рекомендации. МР 2.1.4.0032-11. – М.: ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, 2011. – 37 с.
18. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду Р 2.1.10.1920-04. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
19. Winnaar, G. A. GIS-based approach for identifying potential runoff harvesting sites in the Thukela River basin, South Africa / G. A. Winnaar, G. P. W. Jewitt, M. Horan // *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. – 2007. – Volume 32, Issue 15–18. – P. 1058–1087.
20. Sekar, I. Spatial assessment of conjunctive water harvesting potential in watershed systems / I. Sekar, T. O. Randhir // *Journal of Hydrology*. – 2007. – Volume 334. – P. 39–52.
21. Vorhauer, C. F. GIS: a tool for siting farm ponds / C. F. Vorhauer, J. M. Hamlett // *Journal of Soil and Water Conservation*. – 1996. – Volume 51, Issue 5. – P. 434–438.
22. Gupta, K. K. Estimation of water harvesting potential for a semiarid area using GIS and remote sensing / K. K. Gupta, J. Deelstra, K. D. Sharma // *Remote sensing and geographical information systems for design and operation of water resources*. – 1997. – Volume 242. – P. 53–62.
23. Tsoeleng, L. T. Mapping chlorophyll-a concentrations in a cyanobacteria- and algae-impacted Vaal Dam using Landsat 8 OLI data / L. T. Tsoeleng, P. Mhangara, O. E. Malahlela, T. Oliphant // *South African Journal of Science*. – 2018. – Volume 114, Issue 9–10. – No. 4841.
24. Dube, T. Water quality monitoring in sub-Saharan African lakes: A review of remote sensing applications / T. Dube, O. Mutanga, K. Seutloali, S. Adelabu, C. Shoko // *African Journal of Aquatic Science*. – 2015. – Volume 40, Issue 1. – P. 1–7.
25. Dube, T. Evaluating the utility of the medium-spatial resolution Landsat 8 multispectral sensor in quantifying above ground biomass in the uMgeni catchment, South Africa / T. Dube, O. Mutanga // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. – 2015. – Volume 101. – P. 36–46.
26. Majazi, N. P. Remote sensing of euphotic depth in the shallow tropical inland waters of Lake Naivasha using MERIS data / N. P. Majazi, M. S. Salama, S. Bernard, D. M. Harper, M. G. Habte // *Remote Sensing of Environment*. – 2014. – Volume 148. – P. 178–189.
27. Ashton, P. J. Water quality management in the Crocodile River catchment, Eastern Transvaal, South Africa / P. J. Ashton, F. C. Van Zyl, R. G. Heath // *Water Science & Technology*. – 1995. – Volume 32, Issue 5–6. – P. 201–208.
28. Kongo, V. M. Preliminary investigation of catchment hydrology in response to agricultural water use innovations: A case study of the Potshini catchment, South Africa / V. M. Kongo, G. P. W. Jewitt // *Physics and Chemistry of the Earth*. – 2006. – Volume 31. – P. 976–987.

29. Hill, J. M. A computerized data base for flood prediction modeling / J. M. Hill, V. P. Singh, H. Aminian // *Journal of the American Water Resources Association*. - 1987. - Volume 23, Issue 1. - P. 21-27.
30. Machado, C. ArcDrain: A GIS Add-In for Automated Determination of Surface Runoff in Urban Catchments / C. Machado, A. Roldan-Valcarce, D. Jato-Espino, I. Andres-Domenech // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. - 2021. - Volume 18, Issue 16. - No. 8802.
31. Casadei, S. Small reservoirs for a sustainable water resources management / S. Casadei, S. di Francesco, F. Giannone, A. Pierleoni // *ADGEO*. - 2019. - Volume 49. - P. 165-174.
32. Gandhi, F. R. Estimation of surface runoff for subwatershed of Rajkot District, Gujarat, India using SCS - Curve number with integrated geo-spatial technique / F. R. Gandhi, J. N. Patel // *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. - 2019. - Volume 8, Issue 5. - P. 33-34.
33. Sekhon, H. K. Creation of Inventory of Water Bodies in Hoshiarpur District using Remote Sensing and GIS / H. K. Sekhon, A. K. Jain, H. Singh // *International Journal of Advancement in Remote Sensing, GIS and Geography*. - 2016. - Volume 4, Issue 1. - P. 32-41.
34. Lacaux, J. P. Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal / J. P. Lacaux, Y. M. Tourre, C. Vignolles, J. A. Ndione, M. Lafaye // *Remote Sensing of Environment*. - 2007. - Volume 106, Issue 1. - P. 66-74.
35. Ghobadi, Y. Use of multi-temporal remote sensing data and GIS for wetland change monitoring and degradation / Y. Ghobadi, B. Pradhan, K. Kabiri, S. Pirasteh, H. Z. M. Shafri, G. A. Sayyad // *Colloquium on Humanities, Science and Engineering (CHUSER)*. - 2012. - P. 103-108.
36. Sharma, A. Wetland Information system using remote sensing and GIS in Himachal Pradesh, India / A. Sharma, S. Panigrahy, T. S. Singh, J. G. Patel, H. Tanwar // *Asian Journal of Geoinformatics*. - 2015. - Volume 14, Issue 4. - P. 13-22.
37. Дунаева, Е. А. Инструментарий ГИС для первичной инвентаризации водных объектов и вопросы повышения эффективности их использования / Е. А. Дунаева, В. Ф. Попович // *Дни науки КФУ им. В. И. Вернадского: сборник тезисов участников I научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых, Симферополь, 26-30 октября 2015 г. - Симферополь: ООО "Актив", 2015. - С. 87-88.*
38. Das, S. Integration of different influencing factors in GIS to delineate groundwater potential areas using IF and FR techniques: a study of Pravara basin, Maharashtra, India / S. Das, S. D. Pardeshi // *Applied Water Science*. - 2018. - Volume 8, Issue 7. - No. 197.
39. Wu, Y. Spatiotemporal variation in groundwater level within the Manas River Basin, Northwest China: Relative impacts of natural and human factors / Y. Wu, G. Yang, L. Tian, X. Gu, X. Li, X. He, L. Xue, P. Li, S. Xiao // *Open Geosciences*. - 2021. - Volume 13, Issue 1. - P. 626-638.
40. Li, B. Assessment technique of karst aquifer water abundance in shale gas exploitation area based on multi-source information fusion technology - Fenggang shale gas area case / B. Li, L. Chen, Y. Chen // *Arabian Journal of Geosciences*. - 2019. - Volume 378. - No. 378.
41. Fedra, K. Interactive water resources planning and management-computer simulation with a friendly user-interface / K. Fedra // *Annual Review in Automatic Programming*. - 1985. - Volume 12, Issue 1. - P. 490-492.
42. Johansson, B. Hydrological maps development of a system for calculation and presentation / B. Johansson, T. Jutman // *Nordic Hydrology*. - 1986. - Volume 17, Issue 4-5. - P. 229-236.
43. Pathare, J. A. Prioritization of micro-watershed based on morphometric analysis and runoff studies in upper Darna basin, Maharashtra, India / J. A. Pathare, A. R. Pathare // *Modeling Earth Systems and Environment*. - 2020. - Volume 6. - P. 1123-1130.
44. Semlali, I. Using GIS and SWAT model for hydrological modelling of Oued Laou Watershed (Morocco) / I. Semlali, O. Latifa, K. Baba, A. Akhssas, L. Bahi // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. - 2017. - Volume 12, Issue 23. - P. 6933-6943.
45. Walker, J. An assessment of catchment condition in Australia / J. Walker, T. Dowling, S. Veitch // *Ecological Indicators*. - 2006. - Volume 6, Issue 1. - P. 205-214.
46. Sivapalan, M., The growth of hydrological understanding: technologies, ideas and societal needs shape the field / M. Sivapalan, G. Blöschl // *Water Resources Research*. - 2017. - No. 53. - P. 8137-8146.
47. Finsterwalder, S. Der Suldenferner / S. Finsterwalder, H. Schunk // *Zeitschrift des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins*. - 1887. - Volume 18. - P. 72-89.
48. Мотовилов, Ю. Г. Модели формирования стока в задачах гидрологии речных бассейнов / Ю. Г. Мотовилов, А. Н. Гельфан. - М.: РАН, 2018. - 300 с.
49. Бегам, Л. Г. Переход через водотоки / Л. Г. Бегам, Е. В. Болдаков, М. М. Журавлев, Л. Л. Липшван, Б. Ф. Перевозников, Г. Я. Волченков, М. К. Дружный. - М.: «Транспорт», 1973. - 456 с.
50. Todini, E. Hydrological catchment modelling: past, present and future / E. Todini // *HESS*. - 2007. - Volume 11, Issue 1. - P. 468-482.
51. Horton, R. E. The role of infiltration in the hydrologic cycle / R. E. Horton // *Transactions of the American Geophysical Union*. - 1933. - Volume 14, Issue 1. - P. 446-460.
52. Великанов, М. А. Динамика русловых потоков / М. А. Великанов. - Ленинград: ОНТИ НКТП СССР, 1936. - 224 с.
53. Христианович, С. А. Некоторые новые вопросы механики сплошной среды: Неустановившееся движение в каналах и реках. Математическая теория пластичности. Движение грунтовых вод / С. А. Христианович, С. Г. Михлин, Б. Б. Девисон. - Ленинград: Академия наук СССР, 1938. - 407 с.
54. Ржаницын, Н. А. Речная гидравлика. Ч. 2. Движение волн перемещения / Н. А. Ржаницын. - Ленинград: Энергоиздат, 1934. - 145 с.
55. Бефани А. Н. Теория и расчет стока со склонов переменной ширины / А. Н. Бефани // *Труды ОГМИ*. - 1949. - № 4. - С. 177-204.
56. Penman, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass / H. L. Penman // *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical*. - 1948. - Volume 193, Issue 1032. - P. 120-145.
57. Nash, J. E. The form of the instantaneous unit hydrograph / J. E. Nash // *International Association of Hydrological Sciences*. - 1957. - Volume 3. - P. 114-121.
58. Калинин, Г. П. Приближенный расчет неустановившегося движения водных масс / Г. П. Калинин, П. И. Милоков // *Труды ЦИП*. - 1958. - № 66. - С. 72.
59. Dooge, J. C. A general theory of the unit hydrograph / J. C. Dooge // *Geophysical Research*. - 1959. - Volume 64, Issue 2. - P. 241-256.
60. Кучмент, Л. С. Определение функции влияния для линейных моделей стока / Л. С. Кучмент // *Труды Гидрометцентра СССР*. - 1968. - № 25. - С. 3-12.
61. Кучмент, Л. С. Определения функций влияния для линейных моделей стока с несколькими входами / Л. С. Кучмент // *Метеорология и гидрология*. - 1969. - № 6. - С. 65-69.
62. Будаговский, А. И. Впитывание воды в почву / А. И. Будаговский. - М.: Академия наук СССР, 1955. - 139 с.
63. Philip, J. R. The theory of infiltration: 1. The infiltration equation and its solution / J. R. Philip // *SoilScience*. - 1957. - Volume 83. - P. 345-357.
64. Miller, E. E. Physical theory for capillary flow phenomena / E. E. Miller, R. D. Miller // *Journal of Applied Physics*. - 1956. - Volume 27. - P. 324-332.
65. Brooks, R. H. Hydraulic properties of porous media / R. H. Brooks, A. T. Corey // *Hydrology papers Colorado state university*. - 1964. - No. 3. - P. 1-27.
66. Monteith, J. L. Evaporation and the Environment in the State and Movement of Water in Living Organisms / J. L. Monteith // *Proceedings of the Society for Experimental Biology*. - 1965. - P. 205-234.
67. Dawdy, D. R. Mathematical models of catchment behavior / D. R. Dawdy, T. O'Donnell // *Journal of the Hydraulics Division*. - 1965. - Volume 91, Issue 4. - P. 123-137.
68. Freeze, R. A. Blueprint for a physically-based, digitally-simulated hydrologic response model / R. A. Freeze, R. L. Harlan // *Journal of Hydrology*. - 1969. - Volume 9, Issue 3. - P. 237-258.
69. Кучмент, Л. С. Математическое моделирование речного стока / Л. С. Кучмент. - Ленинград: Гидрометгеоиздат, 1972. - 190 с.
70. Beven, K. J. A Physically Based, Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology / K. J. Beven, M. J. Kirkby // *Hydrological Sciences Bulletin*. - 1979. - Volume 24, Issue 1. - P. 43-69.
71. Natale, L. A stable estimator for large models 1: Theoretical development and Monte Carlo experiments / L. Natale, E. Todini // *Water Resources Research*. - 1976. - Volume 12, Issue 4. - P. 667-671.
72. Natale, L. A stable estimator for large models 2: Real world hydrologic applications / L. Natale, E. Todini // *Water Resources Research*. - 1976. - Volume 12, Issue 4. - P. 672-675.

73. Boyd, M. J. A storage-routing model relating drainage basin hydrology and geomorphology / M. J. Boyd // *Water Resources Research*. - 1978. - Volume 14, Issue 2. - P. 921-928.

74. Eagleson, P. S. Dynamics of flood frequency / P. S. Eagleson // *Water Resources Research*. - 1972. - Volume 8, Issue 4. - P. 878-898.

75. Eagleson, P. S. Climat, soil and vegetation / P. S. Eagleson // *Water Resources Research*. - 1978. - Volume 14, Issue 5. - P. 705-776.

76. Abbott, M. B. An introduction to the European Hydrologic System-Systeme Hydrologique European, SHE, 1: History and philosophy of a physically-based, distributed modeling system / M. B. Abbott, J. C. Bathurst, J. A. Cunge, P. E. O'Connell, J. Rasmussen // *Journal of Hydrology*. - 1986. - Volume 87. - P. 45-59.

77. Abbott, M. B. An introduction to the European Hydrologic System-Systeme Hydrologique European, SHE, 2: Structure of a physically-based, distributed modeling system / M. B. Abbott, J. C. Bathurst, J. A. Cunge, P. E. O'Connell, J. Rasmussen // *Journal of Hydrology*. - 1986. - Volume 87. - P. 61-77.

78. Blöschl, G. Scale issues in hydrological modelling - a review / G. Blöschl, M. Sivapalan // *Hydrological Processes*. - 1995. - Volume 9, Issue 3-4. - P. 251-290.

79. Blöschl, G. Scaling issues in snow hydrology / G. Blöschl // *Hydrological Processes*. - 1999. - P. 2149-2175.

80. Kuchment, L. S. Statistical self-similarity of spatial variations of snow cover: verification of the hypothesis and application in the snowmelt runoff generation models / L. S. Kuchment, A. N. Gelfan // *Hydrological Processes*. - 2001. - Volume 15, Issue 18. - P. 3343-3355.

81. Reggiani, P. Modeling of hydrological responses: the representative elementary watershed as an alternative blueprint for watershed modeling / P. Reggiani, J. Schellekens // *Hydrological Processes*. - 2003. - Volume 17, Issue 4. - P. 3785-3789.

82. Шейн, Е. В. Педотрансферные функции: состояние, проблемы, перспективы / Е. В. Шейн, Т. А. Архангельская // *Почвоведение*. - 2006. - № 10. - С. 1205-1217.

83. Scaap, M. G. Rosetta: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions / M. G. Scaap, F. J. Leij, M. T. van Genuchten // *Journal of Hydrology*. - 2001. - Volume 251. - P. 163-176.

84. Кучмент, Л. С. Чувствительность гидрологических систем / Л. С. Кучмент, Ю. Г. Мотовилов, Н. А. Назаров. - М.: Наука, 1990. - 143 с.

85. Oudin, L. Impact of biased and randomly corrupted inputs on the efficiency and the parameters of watershed models / L. Oudin, C. Perrin, T. Mathevet, V. Andreassian, C. Michel // *Journal of Hydrology*. - 2006. - Volume 320, Issue 1-2. - P. 62-83.

86. McIntyre, N. Estimation and propagation of parametric uncertainty in environmental models / N. McIntyre, H. Wheeler, M. Lees // *Journal of Hydroinformatics*. - 2002. - Volume 4, Issue 3. - P. 177-198.

87. Butts, M. B. An evaluation of the impact of model structure on hydrological modeling uncertainty for stream flow simulation / M. B. Butts, J. T. Payne, M. Kristensen, H. Madsen // *Journal of Hydrology*. - 2004. - Volume 298, Issue 1-4. - P. 242-266.

88. Blöschl, G. Runoff prediction in ungauged basins: synthesis across processes, places and scales / G. Blöschl, M. Sivapalan, T. Wagener, A. Viglione, H. Savenije et al. - Cambridge: Cambridge University, 2013. - 484 p.

89. Mokoena, M. P. ECOMAG model: an evaluation for use in South Africa / M. P. Mokoena, E. Karangazwiri, J. M. Kahinda, D. A. Hughes. - Republic of South Africa: Water Research Commission, 2013. - 52 p.

90. Гебрехиот, А. А. Hydrological modeling for ungauged basins of arid and semiarid regions: review / А. А. Гебрехиот, Д. В. Козлов // *Вестник МГСУ*. - 2019. - Т. 14, № 8. - С. 1023-1036.

91. Refsgaard, J. C. Terminology, modeling protocol and classification of hydrological model codes / J. C. Refsgaard // *Distributed hydrological modeling*. - 1996. - P. 17-39.

92. Руководство по гидрологической практике. Том II. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. - Женева: Всемирная Метеорологическая Организация, 2012. - 324 с.

93. Novotny, V. Watershed Models / V. Novotny // *Encyclopedia of Ecology*. - 2009. - P. 3748-3759.

94. Землянкова, А. А. Моделирование формирования стока горной реки Дерекойки (полуостров Крым) / А. А. Землянкова, О. М. Макарьева, Н. В. Нестерова, А. Д. Федорова //

Сборник докладов Международной научной конференции Четвертые Виноградовские чтения. Гидрология от познания к мировоззрению. - 2020. - С. 78-83.

95. Иванов, В. А. Оценка пространственно-временной изменчивости поверхностного стока Крыма (гидравлическая модель) / В. А. Иванов, А. В. Прусов // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. - 2005. - № 13. - С. 126-150.

96. Дунаева, Е. А. Використання зовнішніх інформаційних ресурсів (WEB) для моделювання річкового стоку / Е. А. Дунаева, В. Ф. Попович, В. М. Панютін // *Вісник НУВГП. Серія «Технічні науки»*. - 2011. - № 3 (55). - С. 85-92.

97. Дунаева, Е. А. Анализ динамики количественных и качественных характеристик водных ресурсов с использованием открытых ГИС и агрогидрологических моделей / Е. А. Дунаева, В. Ф. Попович, В. И. Ляшевский // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. - 2015. - № 1 (17). - С. 127-141.

98. Лычак, А. И. Прогнозное моделирование геоэкологических ситуаций в Крыму с использованием SWAT-модели / А. И. Лычак, Т. В. Бобра, В. О. Яшенков // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География*. - 2011. - № 3. - С. 116-121.

99. Лисовский, А. А. Проблемы использования водных ресурсов прудов Крыма / А. А. Лисовский, З. В. Тимченко // *Строительство и техногенная безопасность*. - 2005. - № 11. - С. 204-206.

100. Садыкова, Г. Э. Обоснование использования рекультивируемых прудов-накопителей для повышения водообеспеченности вододефицитных территорий Крыма / Г. Э. Садыкова, Т. А. Иваненко, И. А. Бабчинская // *Экономика строительства и природопользования*. - 2020. - № 1 (74). - С. 24-35.

101. Борисенко, М. Н. Проблемы и перспективы инновационного развития сельских территорий Крыма / М. Н. Борисенко, Н. Е. Волкова, Н. А. Голубкина и др. - Симферополь: ИТ «Ариал», 2019. - 252 с.

102. Лисовский, А. А. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: справочник / А. А. Лисовский, В. А. Новик, З. В. Тимченко, У. А. Губская. - Симферополь: КРП Учпедгиз, 2011. - 242 с.

103. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.06 № 74-ФЗ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/, свободный. - Загл. с экрана.

104. Методические указания по оценке влияния гидротехнических сооружений на окружающую среду. РД 153-34.2-02.409-2003. - СПб.: ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева», 2003. - 94 с.

105. ГОСТ Р 22.2.09-2015. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Экспертная оценка уровня безопасности и риска аварий гидротехнических сооружений. - М.: Стандартинформ, 2016. - 24 с.

Рациональное водопользование – это комплекс мер, обуславливающий эффективное использование всех имеющихся водных ресурсов с учетом экономической, социальной и экологической составляющих.

Его реализация на практике предполагает обеспечение достижения баланса между социально-экономическими потребностями общества и поддержанием благоприятной экологической обстановки на водных объектах.

В течение XX века подход к комплексному использованию водных ресурсов постепенно изменялся. Первоначально он предполагал совместное рассмотрение двух видов ресурсов: водных и земельных, рыбных и гидроэнергетических, гидроэнергетических и земельных (Концепция взаимосвязанного использования водных и земельных ресурсов, Концепция комплексного развития водосборного бассейна на основе гидроэнергетического строительства и др.), а во второй половине столетия сформировалось представление о взаимосвязи всех ресурсов бассейна и возможности организации рационального водопользования с учетом стремления к достижению устойчивого развития.

Остановимся более детально на двух широко используемых в современной практике методологических подходах достижения рационального водопользования:

- концепции комплексного использования и охраны природных ресурсов речных бассейнов;
- интегрированном управлении водными ресурсами (ИУВР).

8.1. Схема комплексного использования и охраны водных объектов, как механизм обеспечения рационального применения водоресурсного потенциала

Основопологающим документом Российской Федерации, закладывающим основы достижения рационального использования

водоресурсного потенциала, является Схема комплексного использования и охраны водных объектов.

Согласно ст. 33 Водного Кодекса РФ, Схема комплексного использования и охраны водных объектов включает в себя систематизированные материалы о состоянии водных объектов, их использовании и является основой осуществления водохозяйственных мероприятий и мероприятий по охране водных объектов, расположенных в границах речных бассейнов [1].

Согласно приказу Министерства природных ресурсов РФ № 169 от 4 июля 2007 г. «Об утверждении методических указаний по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИВО)» основной задачей разработки Схем является формирование инструментария принятия управленческих решений по достижению устанавливаемых Схемами целевых показателей качества воды водных объектов рассматриваемого речного бассейна и уменьшения негативных последствий наводнений и других видов воздействия вод [2].

Согласно результатам исследований ряда российских ученых, Схема, как механизм рационализации использования водоресурсного потенциала, не позволяет решать ряд проблемных вопросов, так как «вне поля зрения оказались проблемы обоснования стратегических решений, связанных с регулированием стока, планированием мероприятий по охране от вредного воздействия вод, развитием деятельности по строительству и реконструкции очистных сооружений на промышленных и коммунально-бытовых предприятиях и мн. др.» [3]. По мнению Лидвиной М. В. и Краснощекова В. Н., это связано с тем, что водный объект рассматривается как отдельная часть природной среды, а не как целостная система, состоящая из ряда взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов. В данном случае не учитываются основные свойства ландшафтов, факторы их изменения в процессе хозяйственной деятельности (открытость, структура, целостность, функционирование), и, следовательно, причинно-следственные связи: «причина – процесс – следствие» [4]. В Схеме нет мероприятий прямого действия, она является основой для разработки и принятия решений на федеральном и региональном уровнях. Так, к примеру, в статье «О методологической поддержке схем комплексного использования и охраны водных объектов» авторы подчеркивают, что основной документ, регламентирующий разработку Схем – это указание, которое не содержит ссылок на методы разработок, поэтому

их необходимо дополнить рекомендациями с описанием методов решения ключевых задач на базе современного уровня развития водохозяйственной науки, математических методов и вычислительной техники [3].

В области СКИОВО методами оптимизации могут быть охвачены задачи по обновлению стратегии развития водного хозяйства в целом; выбора вариантов развития водохозяйственных систем, водоохраных мероприятий; вододеления и межбассейновых и внутрибассейновых перебросок стока и пр. Вильдяев В. М., Логунов О. Ю. в своей работе «Проблемы разработки и практического использования схем комплексного использования и охраны водных объектов» указывают, что «разработанные Схемы могли бы стать средством информационной и интеллектуальной поддержки управленческих решений по бассейнам рек, но для этого они должны быть разработаны на геоинформационной основе и переданы в виде ГИС-проектов (вместе с шейп-файлами) заказчику, при этом сотрудники территориальных органов, отвечающих за управление водными ресурсами, должны иметь навыки работы с геоинформационными системами» [5].

Рассмотрим более детально разработанную для Крымского региона Схему комплексного использования и охраны водных объектов бассейнов рек Республики Крым. Подготовка данного проекта выполнена ООО «ВЕД» на основании Государственного контракта № 43 от 13.09.2016 г. по заказу Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейнов рек Республики Крым включает в себя семь книг и Проект нормативов допустимого воздействия на водные объекты, расположенные на территории Республики Крым.

1-я книга «Общая характеристика речных бассейнов, расположенных на территории РК» посвящена обобщению информации о водных объектах региона, включая: их деление на гидрологические единицы и водохозяйственные участки; гидрологические и гидрогеологические характеристики, хозяйственное освоение территорий водосборов; описание существующей водохозяйственной инфраструктуры; правовое регулирование водных отношений [6].

Во 2-ой книге «Оценка экологического состояния и ключевые проблемы речных бассейнов, расположенных на территории Республики Крым» на основе оценки экологического состояния

поверхностных и подземных водных объектов, масштабов хозяйственного освоения водосборов, обеспеченности населения и отраслей экономики водными ресурсами и подверженности территории региона негативному воздействию вод были выделены ключевые проблемы водохозяйственного комплекса Республики: дефицит воды, использование подземных вод, техническое состояние инфраструктуры, развитие процессов подтопления и формирование чрезвычайных ситуаций, связанных с негативным воздействием вод, состояние экосистем [7].

В 3-ей книге «Целевые показатели водных объектов, расположенных на территории Республики Крым» сформулирован перечень и установлены значения целевых показателей, которые были разделены на 6 основных групп [8] (таблица 8.1).

Таблица 8.1
Целевые показатели, установленные для водных объектов Республики Крым [8]

| Ключевая проблема | Группа целевых показателей |
|--|--|
| Состояние экосистем | Качество воды в водных объектах |
| | Экологическое состояние водных объектов |
| | Развитие государственной системы мониторинга водных объектов |
| Дефицит воды | Водообеспечение населения и объектов экономики |
| Проблемы, связанные с использованием подземных вод | |
| Состояние инфраструктуры | Развитие водохозяйственной инфраструктуры |
| Подтопление и чрезвычайные ситуации | Уменьшение последствий наводнения и других видов негативного воздействия вод |

В 4-ой книге «Водохозяйственные балансы и балансы загрязняющих веществ водных объектов, расположенных на территории Республики Крым» приведены результаты расчетов показателей, характеризующих формирование и использование водных ресурсов, выполненных в соответствии с «Методикой расчета водохозяйственных балансов водных объектов», утвержденной Приказом МПР России от 30.11.2007 г. № 314, для среднего, средне маловодного и маловодного по обеспеченности года в разрезе

водохозяйственных участков [9], отражающих текущую обстановку и прогнозное развитие ситуации на 2030 г.

5-ая книга «Лимиты и квоты на забор водных ресурсов из водных объектов бассейнов рек Республики Крым и сброс сточных вод» содержит сводные данные по результатам расчетов показателей, отражающих допустимые нормы изъятия водных ресурсов и сброса сточных вод в разрезе водохозяйственных участков на современном этапе и прогнозе на 2030 г. [10].

В 6-ой книге «Перечень мероприятий по достижению целевого состояния речных бассейнов, расположенных на территории Республики Крым» приведен ряд действий, реализация которых позволит достичь целевых показателей состояния водных объектов, отражающих их оптимальное с экологической и экономической точки зрения использование. Предложенный перечень мероприятий включает: капитальный ремонт/реконструкцию конструктивных элементов большинства водохранилищных гидроузлов; устройство опреснительных установок; реконструкцию/строительство канализационных очистных сооружений, систем водоотведения и водоподачи, берегоукрепительных и защитных гидротехнических сооружений; проведение агролесомелиораций и др. [11].

7-ая книга «Сводный доклад «Варианты программ мероприятий по достижению целевого состояния речного бассейна, их основные экологические, технико-экономические и социальные показатели, сравнительная комплексная оценка» посвящена детальному описанию вариативных проработок программ мероприятий по трем подпрограммам:

- Водообеспечение и водоснабжение;
- Качество воды;
- Предотвращение вредного воздействия вод.

Следует отметить, что в качестве возможных способов повышения водообеспеченности Крымского региона рассматривалась возможность реализации таких масштабных дорогостоящих мероприятий, как переброска стока р. Кубань и строительство атомного опреснительного комплекса. В ходе обоснования установлено, что их использование на территории Республики Крым не целесообразно [12].

Таким образом, проект «Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейнов рек Республики Крым» в основном содержит информацию о современном и перспективном состоянии бассейнов рек, результатах оценки экологической обстановки,

наличия и доступности для удовлетворения потребностей водопользователей водных ресурсов, обобщенные сведения о техническом состоянии сооружений водохозяйственной инфраструктуры, перечень ключевых проблем, характерных для водного хозяйства Республики Крым, и ряд проработанных предложений по достижению рационального водопользования. Однако в данном документе не уделено внимание оценке возможности использования очищенных канализационных и коллекторно-дренажных вод для повышения водообеспеченности сельскохозяйственной отрасли, недостаточно проработан вопрос использования малых водоаккумулирующих сооружений, не рассмотрена обострившаяся после перекрытия внешнего водисточника проблема несогласованности интересов водопользователей и мн. др.

Отдельно следует упомянуть недостатки, касающиеся представления информации и разработки предложений по улучшению водохозяйственной обстановки. К ним относятся:

- попеременное использование двух подходов предоставления данных (в разрезе водохозяйственных участков и административно-территориальных единиц) затрудняет проведение анализа, основанного на сопоставлении информации, отражающей уровень антропогенной нагрузки, оказываемой на водные объекты. К примеру, распределение земельного фонда приведено только по районам, что затрудняет оценку такого показателя, как сельскохозяйственная освоенность водосборной территории рек, объединенных в водохозяйственные участки, хотя во второй книге СКИОВО Республики Крым к основным источникам загрязнения водных объектов отнесен сток с агроландшафтов;

- проведение анализа фактической ситуации без уделения внимания причинам, которые привели к развитию неблагоприятных экологических процессов. К примеру, среди источников загрязнения водных объектов детально рассматриваются только официально зарегистрированные точки сброса сточных вод;

- ошибки и неточности, допущенные при разработке предложений по достижению целевых показателей. К примеру, при описании действующей сети государственного мониторинга за загрязнением поверхностных вод упомянуты не все организации, осуществляющие данный вид наблюдений. Это требует, в свою очередь, корректировки установленного целевого показателя, характеризующего эффективность работы системы оценки динамики

качественного состава водных ресурсов, включая оптимизацию количества и размещения пунктов наблюдений;

- разработка документа на длительный период времени (15 лет). Следует отметить, что реализация намеченного в нем перечня действий по улучшению водохозяйственной обстановки не является гарантией достижения целевых показателей, что может привести к необходимости внесения существенных корректировок в намеченные планы. Особенно это касается решения проблемы дефицита водных ресурсов, предупреждения процессов негативного воздействия вод.

В целом, в российском законодательстве недостаточно полно проработаны механизмы, направленные на устранение/снижение негативных последствий дефицита водных ресурсов. Это обосновано тем, что Российская Федерация относится к водообеспеченным странам мира. По объему формирующегося речного стока она занимает второе место после Бразилии [13]. Это оказало влияние на организацию и ведение водохозяйственной деятельности, включая разработку регламентирующей ее нормативно-правовой базы.

В Республике Крым при ограниченном количестве собственных располагаемых водных ресурсов необходимы контроль и четкое планирование их распределения между водопользователями, включая соблюдение требуемых экологических и санитарных попусков, разработка и реализация механизмов, направленных на бережное отношение к воде и ее экономное использование, рациональное применение всех располагаемых водоисточников и т.п. Это подразумевает необходимость усовершенствования существующей системы управления водохозяйственной деятельностью, включая разработку нормативных актов регионального значения, регламентирующих охрану и использование водных объектов Республики Крым.

8.2. Интегрированное управление водными ресурсами, как методологический подход по усовершенствованию процесса организации и ведения водохозяйственной деятельности

Интегрированное управление водными ресурсами - это методологический подход, направленный на обеспечение разумного управления водоресурсным потенциалом в процессе социального и экономического развития для достижения равенства и экологической устойчивости общества. В данной концепции в совокупности рассматриваются водный сектор, землепользование и связанные с

ними ресурсы с целью достижения максимально возможного с экономической точки зрения результирующего благосостояния и повышения водного равенства в обществе при минимальном ущербе для устойчивости жизненно важных экосистем [14]. Следует подчеркнуть, что данный методологический подход не содержит четко сформулированной программы действий с необходимым набором механизмов для ее реализации. Уровень социально-экономического развития, природные условия, организация управления водохозяйственной деятельностью, нормативно-правовая база, осведомленность и заинтересованность различных групп водопользователей в ведении процесса устойчивого водопользования и т.п. являются факторами, которые определяют модель реализации основных принципов ИУВР на практике.

В целом, реализация интегрированного управления водными ресурсами - это непрерывный процесс (рисунок 8.1), который предполагает последовательное осуществление шести этапов:

- анализ фактической ситуации;
- выбор водной стратегии;
- разработка и утверждение плана ИУВР;
- реализация намеченных мероприятий;
- оценка достигнутых результатов;
- формирование виденья водной политики.

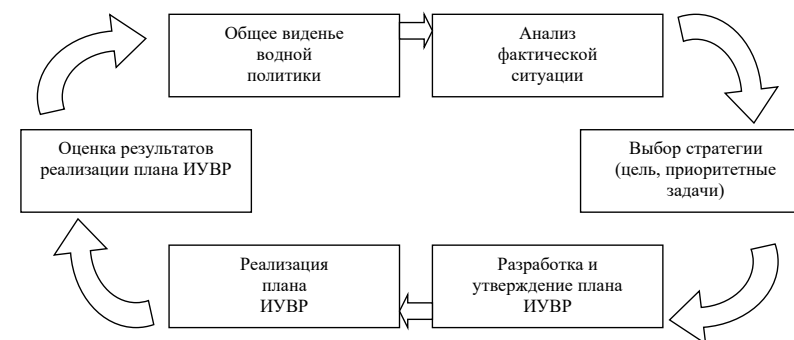


Рисунок 8.1 - Этапы реализации интегрированного управления водными ресурсами [15]

Рассмотрим каждый из обозначенных на рисунке 8.1 этапов.

Анализ фактической ситуации. Первым шагом в реализации принципов интегрированного управления водными ресурсами

является оценка современной ситуации в водохозяйственной сфере, которая предполагает проведение водохозяйственных балансовых расчетов, оценку экологического состояния водных объектов, эффективности использования водоресурсного потенциала, уровня безопасности гидротехнических сооружений, пригодности воды для различных нужд и многое другое. Итогом выполнения данного этапа является перечень основных проблем, препятствующих ведению рационального водопользования на рассматриваемой территории, выделение сильных и слабых сторон управления водохозяйственным комплексом, определение характерных черт процесса ведения водохозяйственной деятельности, на которые следует обратить внимание при разработке управленческих решений [15].

Выбор стратегии. На данном этапе прорабатываются возможные пути решения выявленных проблем. Для каждой задачи выбирается соответствующая стратегия, оценивается ее выполнимость, а также соответствие общей цели – ведению устойчивого водопользования. Так как масштаб трансформации водных объектов, вследствие строительства гидротехнических сооружений и осуществления антропогенной деятельности на водосборной площади, довольно большой, на этом этапе осуществляется расстановка приоритетов выполнения разработанных мероприятий. Для этого производится ранжирование установленных задач в зависимости от возможного эффекта их реализации, оказываемого на ситуацию в целом. Основным результатом данного этапа являются установленные приоритетные целевые показатели, характеризующие процесс достижения устойчивого водопользования [15].

Разработка и утверждение плана ИУВР. Реализация данного этапа предполагает создание рабочей группы, состоящей из представителей всех заинтересованных сторон, которая в дальнейшем будет курировать разработку и утверждение плана ИУВР. Проект документа разрабатывается на основе анализа текущей ситуации, с учетом природно-климатических и социально-экономических особенностей региона. В обязательном порядке в план ИУВР включен анализ финансовых затрат на реализацию предусмотренных мероприятий. Целесообразным считается создание нескольких черновых вариантов данного документа, так как это позволит учесть не только приоритетные и выполняемые направления, но и возможные задачи на перспективу. Первые этапы плана ИУВР рекомендуется концентрировать на конкретных водных проблемах, объектах или проблемных областях. Это, благодаря быстрому

получению видимых результатов, позволяет показать правительству преимущества применения интегрированного управления водными ресурсами в сравнении с более длительными и масштабными методологическими подходами, к которым относится разработка схем комплексного использования и охраны водных объектов. Основным результатом данного этапа является разработанный и согласованный на всех уровнях план ИУВР [15].

Реализация плана ИУВР в большинстве случаев начинается с модернизации системы управления водохозяйственным комплексом. Это подразумевает необходимость создания Координационного комитета по внедрению/реализации принципов ИУВР, в состав которого рекомендуется включать представителей органов исполнительной и законодательной власти, науки, общественных организаций, коммерческих структур, осуществляющих деятельность в сфере водоснабжения и водоотведения, различных групп водопользователей [15]. В ходе осуществления данного этапа вместе с реализацией мероприятий, направленных на решение конкретных водохозяйственных проблем, при необходимости проводится усовершенствование нормативно-правовой базы, экономических инструментов, применение которых будет способствовать более экономному использованию воды пользователями, регулированию формирования и распределения денежного потока на реализацию водохозяйственных мероприятий на водных объектах, повышению заинтересованности сельхозтоваропроизводителей в использовании для целей орошения очищенных сточных и коллекторно-дренажных вод и т. п.

Оценка результатов реализации плана ИУВР обычно проходит раз в пятилетку. Главная цель реализации данного этапа – установить, насколько достигнутая система управления водными ресурсами и водохозяйственным сектором соответствует принципам ИУВР и целям устойчивого развития.

Анализ достигнутых результатов должен осуществляться высококвалифицированными специалистами, что подразумевает проведение широкомасштабных обследований по всем направлениям, прописанных в плане ИУВР. Отчет о выполненной проверке должен отражать нерешенные проблемы водохозяйственного комплекса (или его отдельных частей), их воздействие на водопользователей, развитие региона внедрения, окружающую среду и общество в целом и быть согласован на правительственном уровне.

Основным результатом данного этапа является перечень выявленных нерешенных и новых, спровоцированных проведенными действиями проблем, препятствующих эффективному эколого-экономическому использованию водных объектов, которые необходимо учесть при доработке плана интегрированного управления водными ресурсами [15].

Формирование видения водной политики является завершающим этапом цикла реализации интегрированного управления водными ресурсами. Его цель заключается в проведении оценки эффективности реализации выбранной стратегии управления водными объектами и водохозяйственной деятельностью. В ходе осуществления данного этапа формируется понимание стратегических идей, отражающих видение дальнейшего развития водных отношений, основанных на поддержании баланса между потребностями людей, отраслей экономики и благоприятной экологической обстановки на водных объектах. Это своего рода полное переосмысление существующего порядка и выход на более высокую ступень водохозяйственного мышления.

Новое видение должно быть долгосрочным и объединять различные направления и процессы развития, то есть увязывать их с задачами, реализация которых запланирована на среднесрочный и краткосрочный периоды. При этом необходим честный, открытый диалог и партнерство между всеми участниками процесса, так как решение таких задач невозможно в одиночку.

Видение может быть оформлено в виде документа, описывающего перспективное состояние водохозяйственного комплекса, обычно на 15–20 лет вперед, в котором в том числе должны быть поставлены максимально высокие и сложные цели (даже недостижимые).

Начинать реализацию данного этапа следует с формирования представления будущего развития водохозяйственного комплекса и в последующем переводить оценку достижения установленных целей и задач в русло политики, законодательства и практических действий. Видение водной политики может быть составлено для различных уровней от национального (регионального) до локального. Это будет способствовать увеличению шансов ее успешной реализации.

Основным результатом данного этапа является установление перечня показателей устойчивого управления водными ресурсами, который в дальнейшем даст основу для оценки продвижения работ по реализации следующего цикла ИУВР [15].

8.2.1. Мировой опыт использования ИУВР

В 2002 г. в Йоханнесбурге на Всемирном Саммите по устойчивому развитию Международное сообщество поставило перед собой цель «до 2005 г. разработать планы по интегрированному использованию водных ресурсов и повышению эффективности водопользования» [14]. На основе собранных и структурированных результатов, полученных в данном направлении, был разработан ряд руководств по внедрению принципов ИУВР на практике:

– Руководство по интегрированному управлению водными ресурсами в бассейнах [16];

– Руководство по интегрированному управлению водными ресурсами в трансграничных бассейнах рек, озер и водоносных горизонтах [17];

– Планы интегрированного управления водными ресурсами – учебное пособие и руководство по применению [15] и т. п.

Данные документы отражают спектр знаний, необходимых для решения многих сложных проблем, где всеобъемлющей целью является координация развития водного сектора, землепользования и связанных с ними ресурсов с целью достижения эффективного с эколого-экономической точки зрения водопользования [14]. Обозначенные выше документы являются основой для внедрения принципов ИУВР, однако приведенные в них подходы необходимо адаптировать к конкретным условиям.

В мировой практике наибольших успехов в реализации принципов интегрированного управления водными ресурсами достигла Франция – страна в достаточной мере обеспеченная водными ресурсами, которые довольно равномерно распределены по территории [18]. Это обосновано тем, что еще в 1919 г. в законодательстве этой страны был закреплен бассейновый подход к управлению водными ресурсами. В 1920–1930 гг. реализована программа развития р. Роны, согласно которой были объединены усилия по улучшению условий судоходства и выработке электроэнергии, то есть комплексно рассматривались два направления использования водотока. Основные принципы интегрированного управления во Франции стали реализовываться с 1964 г., еще до того, как они официально были сформулированы на мировом уровне.

На рисунке 8.2 приведена структура управления водными ресурсами, реализованная во Франции.



Рисунок 8.2 – Структура управления водными ресурсами, реализованная во Франции [18]

В принятии решений по организации и ведению процесса управления водными ресурсами участвуют все группы водопользователей, представители которых входят в состав местных, бассейновых и национального советов.

В модели ИУВР Франции достаточно полно реализованы основные принципы интегрированного управления, о чем свидетельствуют ее основные черты: речной бассейн рассматривается как единица управления, применена децентрализованная институциональная организация, осуществляется бассейновое планирование, водопользователи участвуют в принятии управленческих решений, широко применяются финансовые инструменты (платежи – загрязнитель и пользователь платит, субсидии – помощь тому, кто очищает и лучше управляет ресурсом) [19]. Это делает данную модель наглядным примером при внедрении интегрированного управления водными ресурсами в других странах или регионах.

Несмотря на то, что признание идеи интегрированного управления водными ресурсами на мировом уровне произошло более 25 лет назад, данное направление продолжает довольно активно развиваться. В настоящее время исследователи ставят перед собой следующие задачи:

- разработка универсальных механизмов, позволяющих комплексно оценивать ситуацию в водохозяйственной сфере, выделять проблемные моменты, на которые необходимо обратить внимание при организации и осуществлении ИУВР. В данном направлении работали Vinod Kumar T. M. [20], Manzano-Solís L. R. [21], Apostolaki S. [22], Hansson K. [23], Araral E. [24], Koop S. H. A. [25], Macian-Sorribes H. [26], Zhou Q. [27], Bertule M. [28] и другие. Результаты их исследований нашли отражение в ряде публикаций. Одним из многочисленных примеров такой разработки, предложенной мексиканскими учеными Manzano-Solís L. R., Díaz-Delgado C., Gómez-Albores M. A., Mastachi-Loza C. A. и Soares D. [21], является структурно-аналитический метод e-MICMAC, позволяющий выделять целевые показатели, которые существенно влияют на эффективность системы управления водными ресурсами;

- оценка эффективности реализации и последующего функционирования моделей ИУВР на практике. В данном направлении работали Duncan A. E. [29], Van den Brandeler F. [30], Bhat A. [31], Godinez-Madriral J. [32], Júnior W. S. [33], Serra-Llobet A. [34], Gilabert-Alarcón C. [35] и другие. Результаты их исследований нашли отражение в ряде публикаций, в которых акцентируется внимание на недостатках моделей ИУВР, ошибках, допущенных при их реализации. К примеру, Van den Brandeler F., Gupta J. и Hordijk M. в статье «Megacities and rivers: Scalar mismatches between urban water management and river basin management» подчеркивают, что городское управление водными ресурсами (особенно это касается мегаполисов) часто ведется без учета проблем, характерных для речных бассейнов, что в значительной мере снижает эффективность мероприятий, направленных на комплексное развитие территории с учетом экологической составляющей. По мнению авторов, проблема скалярного несоответствия между управлением речными бассейнами и управлением водными ресурсами крупных городов требует разработки и отображения в моделях ИУВР [30];

- разработка новых, более совершенных подходов по управлению водными ресурсами. К примеру, Evers M., Höllermann B., Almoradie A. D. S., Santos G. G., Taft L. в статье «The pluralistic water

research concept: A new human-water system research approach» предложили для лучшего понимания взаимодействия между человеком и водными системами использовать плюралистический подход PWR (плюралистические исследования воды), объединяющий физические и социальные науки, что позволит проводить всесторонний анализ взаимодействий и отношений между человеком и водой. Внедрение этого подхода будет способствовать лучшему пониманию связанных с водой вопросов и устойчивому развитию территорий [36].

В целом в мировой практике внедрение ИУВР считается перспективным направлением, так как его реализация способствует решению большинства водных проблем, таких как ухудшение экологического состояния водных объектов, недостаточная обеспеченность населения и отраслей народного хозяйства достаточным количеством воды соответствующего качества; наводнения и подтопление территорий и т. п. Однако при разработке и внедрении моделей ИУВР вместе с накопленным опытом необходимо учитывать природно-климатические условия, особенности социально-экономического развития территории, на которой планируется реализация данного подхода, действующую структуру управления водным хозяйством и другое.

8.2.2. Разработки по внедрению интегрированного управления водными ресурсами в Республике Крым

Исследования по оценке целесообразности использования концепции ИУВР при организации и ведении водохозяйственной деятельности в Крыму были начаты в 2003 году в ходе реализации проекта «Вода для устойчивого развития и здоровья в Крыму», выполненного при финансовой поддержке Голландской организации Novib-Netherlands Organization for International Development Cooperation. Крымские специалисты, участвовавшие в проекте, пришли к выводу, что «в сложившихся реалиях стратегия водообеспечения РК должна быть разработана и осуществлена на основе использования интегрированного подхода в управлении водными ресурсами» [37, 38]. Для реализации этой идеи была начата разработка модели ИУВР, а именно:

– выделены основные проблемы, характерные для водохозяйственного комплекса региона (рисунок 8.3);

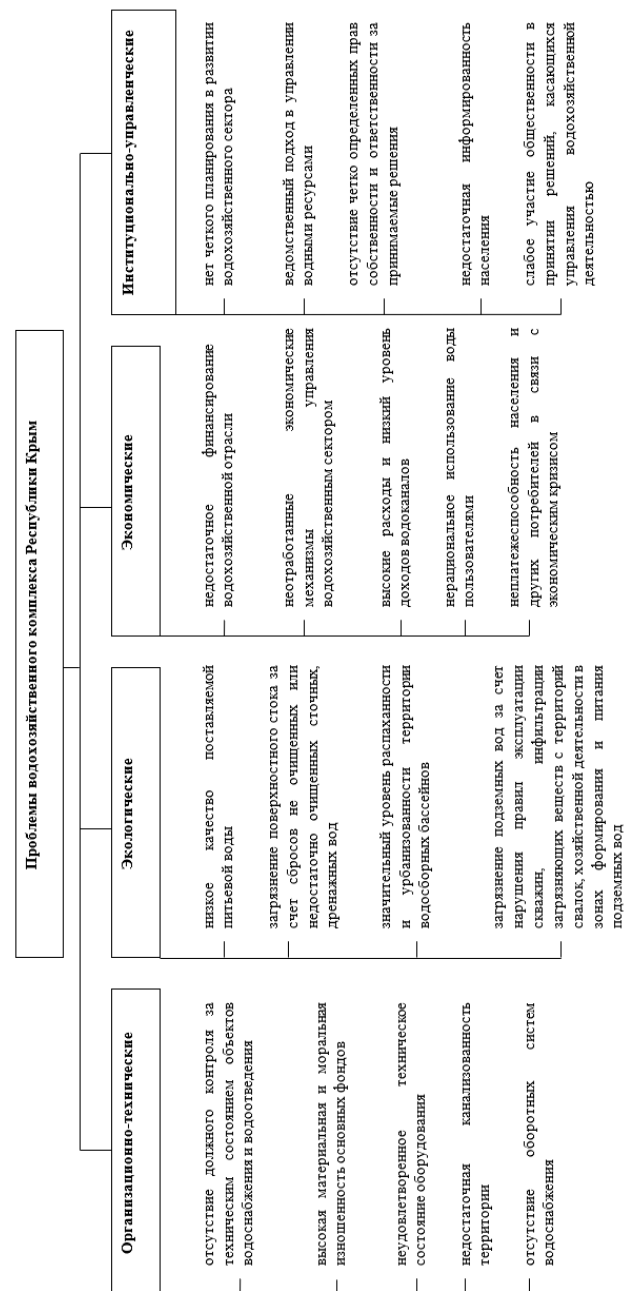


Рисунок 8.3 – Основные проблемы водохозяйственного комплекса Республики Крым до перекрытия внешнего водосточника [38]

- определены приоритетные цели: устойчивое гарантированное водоснабжение населения и отраслей экономики, создание условий для поддержания водных экосистем в экологически устойчивом состоянии, рациональное использование воды, снижение риска негативного воздействия вод, участие в управлении водными ресурсами всех заинтересованных сторон [38–40];

- начаты институциональные преобразования. Созданы Крымское бассейновое управление водными ресурсами, специалисты которого отвечали за управление в части использования, охраны и воспроизводства водных ресурсов, осуществление мероприятий по экологическому оздоровлению поверхностных вод, обеспечение потребностей населения, отраслей экономики водными ресурсами, функционирование системы государственного мониторинга вод и осуществление контроля за соблюдением требований водного законодательства [41] и Бассейновый совет реки Салгир.

Завершение выполнения проекта «Вода для устойчивого развития и здоровья в Крыму» и недостаточный уровень финансирования для реализации предложенных мероприятий способствовали тому, что разработка идеи внедрения ИУВР в Крымском регионе так и не была доведена до логического завершения. Кроме того, последующий переход в новое нормативно-правовое поле и перекрытие внешнего вод источника привели к целому ряду изменений, которые не были учтены в ранее полученных разработках, а именно:

- был упразднен ряд государственных структур, вовлеченных в процесс управления водными ресурсами. К примеру, было ликвидировано Крымское бассейновое управление водными ресурсами, а часть его полномочий возложено на Государственный комитет по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым; упразднен Республиканский комитет Автономной Республики Крым по охране окружающей природной среды, а на его основе создано Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым;

- изменилась нормативно-правовая база. В целом, водное законодательство РФ и Украины схожи, но имеется ряд отличий, которые в дальнейшем могут повлиять на процесс принятия решений в водохозяйственной сфере. Например, в случае непосредственной эксплуатации водных объектов (рек, прудов, озер, морей и т.п.) необходимо получить право пользования водным объектом или его

частью. При этом пользователь обязан отчитываться не только об объемах отбора/сброса воды, но и вести мониторинговые наблюдения за качественными и количественными показателями стока на эксплуатируемом участке, поддерживать благоприятную обстановку в водоохранной зоне;

- усилился дефицит водных ресурсов, что потребовало разработки комплекса мероприятий по устранению/смягчению негативных последствия перекрытия внешнего вод источника и мн. др.

Исследования по оценке перспектив реализации принципов интегрированного управления водными ресурсами в Республике Крым были продолжены специалистами ФГБУН «НИИСХ Крыма» в 2016–2021 гг. в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования № 0834-2015-0002: «Развитие методологии интегрального управления водными ресурсами и водохозяйственным комплексом Республики Крым в современных условиях». В ходе выполнения данной научной работы были составлены «Методические рекомендации по реализации интегрированного управления водными ресурсами в Республике Крым», которые включают: обзор современного состояния исследований в области внедрения концептуального подхода ИУВР, рекомендуемую для Крыма схему реализации интегрированного управления водными ресурсами, методологический подход по комплексной оценке устойчивости функционирования речных водохозяйственных систем, перечень научно обоснованных мероприятий по достижению рационального использования водоресурсного потенциала, нормативно-правовые основы реализации ИУВР в Крымском регионе.

На рисунках 8.4 и 8.5 приведены адаптированная к условиям Республики Крым схема внедрения интегрированного управления водными ресурсами, и рекомендуемая структура управления водохозяйственным комплексом, учитывающая реализацию основополагающих принципов ИУВР. Следует отметить, что для учета особенностей формирования, освоения территорий водосборов, хозяйственного использования водных ресурсов водотоков в регионе целесообразно дополнительно организовать еще как минимум 3 бассейновых совета.

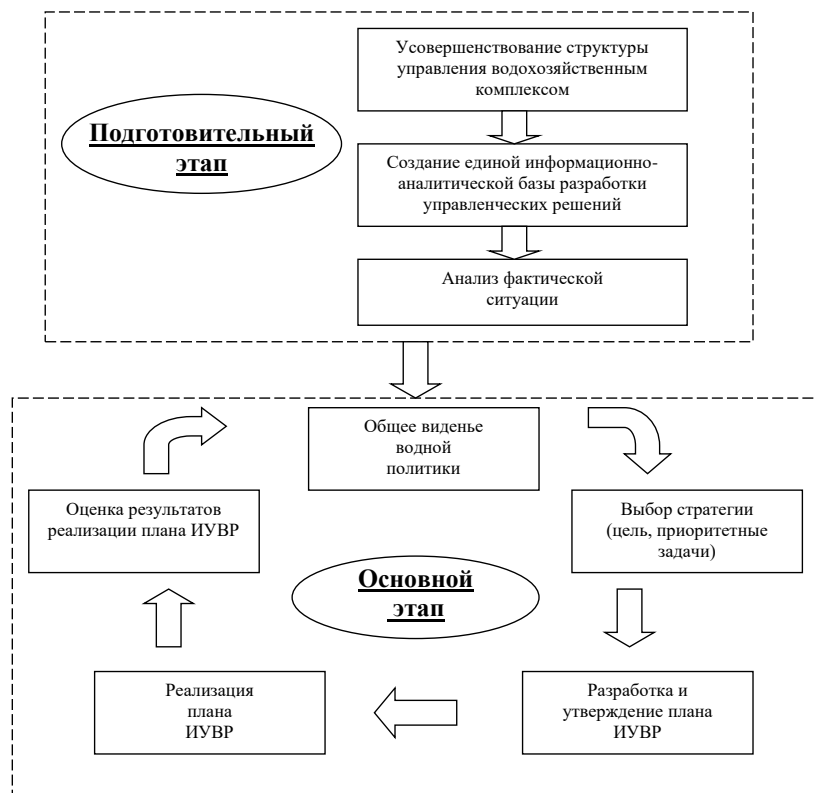


Рисунок 8.4 – Рекомендуемая схема реализации принципов интегрированного управления водными ресурсами на территории Республики Крым

Непосредственно сам переход к интегрированному управлению водными ресурсами потребует принятия ряда законодательных и нормативно-правовых актов, регламентирующих основные правила по составлению планов ИУВР в РК (методические рекомендации) и создание дополнительных бассейновых советов, подконтрольных Бассейновому совету Крымского бассейнового округа, рабочей группы, курирующей реализацию данного направления в регионе, единого информационного аналитического центра.

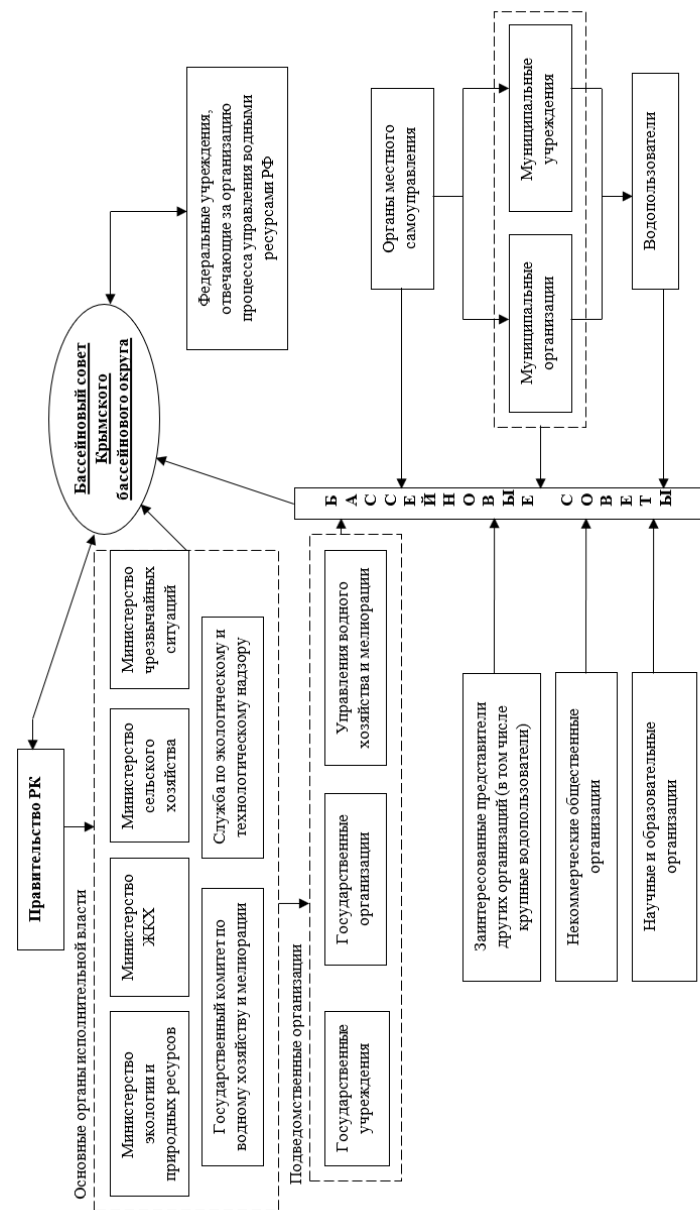


Рисунок 8.5 – Рекомендуемая структура управления водохозяйственным комплексом в Республике Крым с элементами ИУВР [42]

Кроме того, необходимо будет предусмотреть усовершенствование и разработку ряда нормативно-правовых и экономических механизмов, направленных на снижение дефицита водных ресурсов и улучшение экологической обстановки на водных объектах, то есть решение двух основополагающих проблем Крымского региона. Условно их можно разделить на три группы, отвечающие соответственно за использование водных ресурсов, стимулирование водоохраной деятельности и вовлечение в оборот очищенных канализационных, коллекторно-дренажных и солоноватых вод. Рассмотрим более детально каждую из них.

Регулирование использования водных ресурсов. Основными задачами реализации данной группы механизмов являются строгий контроль формирования, использования воды на различные нужды и планирование при ее распределении. В нормативно-законодательных актах Российской Федерации и Республики Крым предусмотрен ряд рычагов регулирования данных действий. К ним относятся:

- ведение мониторинга количественных характеристик поверхностного и подземного стока;
- оформление права пользования водным объектом или его частью;
- получение лицензии на бурение скважин и добычу подземных вод;
- штрафы за незаконное использование водных ресурсов и т. п. [43–45].

Следует отметить, что для повышения эффективности реализации данных механизмов на практике в Крымском регионе необходимо предусмотреть дополнение и уточнение ряда региональных документов, отражающих распределение полномочий и функции организаций, участвующих в организации и ведении водохозяйственной деятельности (Министерства экологии и природных ресурсов Республики Крым, Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым; сельских, поселковых советов и др.). В них целесообразно отразить следующее:

- разработку новой ценовой политики, основанной на внедрении дифференцированного подхода, исходя из объемов потребленного ресурса, категории воды (техническая, питьевая) и вида водопользования (коммунально-бытовое, промышленное, орошение, рыборазведение, рекреация);
- формирование баз данных о количестве малодобитных скважин и колодцев, используемых для целей орошения

приусадебных и дачных участков, месте их расположения, глубине и объемах отбора воды;

- включение в перечень видов водопользования, на которые необходимо оформлять решение о пользовании водным объектом или его частью, полив приусадебных и дачных участков. Для этого следует предусмотреть разработку упрощенной схемы, содержащей сведения о месте расположения точки водозабора, участке полива, предполагаемом объеме водоотбора, с последующим ведением отчетности об использовании водных ресурсов и проведенных мероприятиях по благоустройству эксплуатируемого водного объекта. В условиях дефицита собственных водных ресурсов это необходимо не только для уточнения сведений, отражающих фактическое применение водных ресурсов, но и для защиты прав данной группы водопотребителей;

- включение в полномочия органов местного самоуправления функции надзора за соблюдением водного законодательства по вопросам изъятия водных ресурсов на объектах, находящихся в региональной, федеральной собственности и расположенных на территории данных административных образований.

Стимулирование водоохраной деятельности. Основной задачей реализации данной группы механизмов является предупреждение/снижение негативного воздействия антропогенной деятельности на водные объекты. Как было отмечено ранее, действующих нормативно-законодательных документов РФ и РК, регламентирующих взимание платы за загрязнение водных ресурсов, недостаточно для обеспечения устойчивого функционирования водных объектов.

Для улучшения экологической обстановки на них в региональных актах Республики Крым, отвечающих за повышение эффективности ведения водоохраной деятельности, целесообразно предусмотреть реализацию следующих действий:

- согласование правил землепользования и застройки административных образований таким образом, чтобы максимально были защищены не только водоохранные зоны, но и области формирования водоресурсного потенциала Крымского региона;
- расширение и уточнение перечня отслеживаемых показателей, оптимизация размещения пунктов наблюдения за качеством водных ресурсов государственной мониторинговой сети;
- включение в полномочия органов местного самоуправления функции надзора за соблюдением водоохранного законодательства на

водных объектах, находящихся в региональной, федеральной собственности и расположенных на территории данных административных образований.

В целом, по мнению ряда ведущих специалистов и ученых, работающих в сфере водного хозяйства, в Российской Федерации целесообразно предусмотреть переход к риск-ориентированному подходу, суть которого заключается в том, что вероятность воздействия на живые организмы и его возможные негативные эффекты определяются для каждого из загрязняющих веществ на основании информации о его свойствах. При этом уровень допустимого риска учитывает оснащенность предприятий наилучшими доступными технологиями (НДТ). Только после этого принимается решение о способах защиты водных объектов и размере платежа за загрязнение [46–49]. Следует отметить, что использование риск-ориентированного подхода позволит использовать на практике разработанные в РФ информационно-технологические справочники по НДТ для отраслей промышленности и ЖКХ [50].

Вовлечение в оборот очищенных канализационных, коллекторно-дренажных и солоноватых вод. Основными задачами реализации данной группы механизмов являются: повышение водообеспеченности сельскохозяйственной и промышленной отраслей, уменьшение объемов сброса загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами. Следует отметить, что в нормативно-законодательных актах РФ и РК недостаточно проработан вопрос использования ограниченно пригодных вод. Так, в настоящее время утратил силу СанПиН 2.1.7.573–96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения», в котором пошагово был прописан процесс организации орошения данной категорией воды, включая контроль качества выращенной продукции и мониторинг состояния земель [51]. Среди действующих нормативных документов, частично требования к качеству сточных вод прописаны в принятом в 2021 г. СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [52], однако в нем не регламентируется оценка солевого состава данной категории воды, ее питательной ценности и т. п.

Для внедрения в практику данных альтернативных источников воды необходимо предусмотреть:

– разработку региональных нормативных актов, описывающих процесс организации и ведения орошения ограничено пригодными водами, начиная с разработки и согласования проектов и заканчивая мониторинговыми наблюдениями за состоянием почв, требованиями к качеству полученной сельскохозяйственной продукции;

– установление и согласование цены ограниченно пригодной по качеству воды, используемой для нужд сельского хозяйства и промышленности;

– предоставление сельхозтоваропроизводителям в случае использования очищенных канализационных вод льгот и субсидий, так как реализация данного процесса требует дополнительных затрат на проведение мониторинговых наблюдений за состоянием почв, оценку качества полученной продукции.

Комплексная реализация данных механизмов будет способствовать рациональному использованию водоресурсного потенциала, устранению дисбаланса интересов водопользователей, улучшению экологической обстановки на водных объектах.

В целом, внедрение интегрированного управления водными ресурсами, является перспективным направлением для Республики Крым. Его реализация позволит решить целый ряд существующих проблем экологического, социального и экономического характера. Кроме того, как было отмечено ранее, первые шаги по внедрению данного методологического подхода в практику уже были сделаны и получен первый опыт оценки возможностей и трудностей реализации данного направления, что является неплохой основой для проведения дальнейших работ.

Список литературы

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.06 № 74-ФЗ [Электронный ресурс]: <http://www.consultant.ru>. – Режим доступа : http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/, свободный. – Загл. с экрана.
2. Методические указания по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов : утверждены приказом МПР РФ от 4 июля 2007 года № 169 [Электронный ресурс]: <http://base.garant.ru>. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/12155160/>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Пряжинская, В. Г. О методологической поддержке схем комплексного использования и охраны водных объектов [Электронный ресурс] / В. Г. Пряжинская, Л. К. Левит-Гуревич, Д. М. Ярошевский / <http://www.municipal-sd.ru/>. – Режим доступа : <http://www.municipal-sd.ru/pdf-files/water/9.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Ледвина, М. В. Схемы комплексного использования и охраны водных объектов: содержание и проблемы реализации / М. В. Ледвина, В. Н. Краснощеков // Природообустройство. – М. : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – № 2. – С. 105–109.

5. Вильдяев, В. М. Проблемы разработки и практического использования схем комплексного использования и охраны водных объектов [Электронный ресурс] / В. М. Вильдяев, О. Ю. Логунов / [\[http://npncvp.ru/\]](http://npncvp.ru/). – Режим доступа : <http://npncvp.ru/publikstatyi/SKIVOproblems.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.

6. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейнов рек Республики Крым. Книга 1. Общая характеристика речных бассейнов, расположенных на территории Республики Крым [Электронный ресурс]: [\[https://gkvod.rk.gov.ru/\]](https://gkvod.rk.gov.ru/). – Режим доступа : https://gkvod.rk.gov.ru/uploads/gkvod/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpX MIGfT_1.pdf, свободный. – Загл. с экрана.

7. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейнов рек Республики Крым. Книга 2. Оценка экологического состояния и ключевые проблемы речных бассейнов, расположенных на территории Республики Крым [Электронный ресурс]: [\[https://gkvod.rk.gov.ru/\]](https://gkvod.rk.gov.ru/). – Режим доступа : https://gkvod.rk.gov.ru/uploads/gkvod/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpTхr9uG_2.pdf, свободный. – Загл. с экрана.

8. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейнов рек Республики Крым. Книга 3. Целевые показатели водных объектов, расположенных на территории Республики Крым [Электронный ресурс]: [\[https://gkvod.rk.gov.ru/\]](https://gkvod.rk.gov.ru/). – Режим доступа : https://gkvod.rk.gov.ru/uploads/gkvod/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpo UXd2y_3.pdf, свободный. – Загл. с экрана.

9. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейнов рек Республики Крым. Книга 4. Водохозяйственные балансы и балансы загрязняющих веществ водных объектов, расположенных на территории Республики Крым [Электронный ресурс]: [\[https://gkvod.rk.gov.ru/\]](https://gkvod.rk.gov.ru/). – Режим доступа : https://gkvod.rk.gov.ru/uploads/gkvod/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpmPShTZ_4.pdf, свободный. – Загл. с экрана.

10. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейнов рек Республики Крым. Книга 5. Лимиты и квоты на забор водных ресурсов из водных объектов бассейнов рек Республики Крым и сброс сточных вод [Электронный ресурс]: [\[https://gkvod.rk.gov.ru/\]](https://gkvod.rk.gov.ru/). – Режим доступа : https://gkvod.rk.gov.ru/uploads/gkvod/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpgebDm_5.pdf, свободный. – Загл. с экрана.

11. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейнов рек Республики Крым. Книга 6. Перечень мероприятий по достижению целевого состояния речных бассейнов, расположенных на территории Республики Крым [Электронный ресурс]: [\[https://gkvod.rk.gov.ru/\]](https://gkvod.rk.gov.ru/). – Режим доступа : https://gkvod.rk.gov.ru/uploads/gkvod/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/php8fpY3C_6.pdf, свободный. – Загл. с экрана.

12. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейнов рек Республики Крым. Книга 7. Сводный доклад «Варианты программ мероприятий по достижению целевого состояния речного бассейна, их основные экологические, технико-экономические и социальные показатели, сравнительная комплексная оценка» [Электронный ресурс]: [\[https://gkvod.rk.gov.ru/\]](https://gkvod.rk.gov.ru/). – Режим доступа : https://gkvod.rk.gov.ru/uploads/gkvod/attachments//d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/phpQtooeF_7.pdf, свободный. – Загл. с экрана.

13. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году». – М. : НИИ-Природа, 2019. – 290 с.

14. Джонч-Клаусен, Т. Интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР) и планы повышения эффективности водопользования до 2005 г. почему, что и как? [Электронный ресурс] / Т. Джонч-Клаусен. – Режим доступа : <https://docplayer.ru/45296351-Integririvanoe-upravlenie-vodnymi-resursami-iuvr-i-planu-povysheniya-effektivnosti-vodopolzovaniya-do-2005-g-pochemu-cto-i-kak.html>, свободный. – Загл. с экрана.

15. Планы интегрированного управления водными ресурсами: учебное пособие и руководство по применению [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.cawater-info.net/library/rus/gwp/iwrm_plans.pdf, свободный. – Загл. с экрана.

16. Руководство по интегрированному управлению водными ресурсами в бассейнах [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.cawater-info.net/library/rus/gwp/handbook_iwrm_rus.pdf, свободный. – Загл. с экрана.

17. Руководство по интегрированному управлению водными ресурсами в трансграничных бассейнах рек, озер и водоносных горизонтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://docplayer.ru/415660669-Rukovodstvo-po-integririvanomu-upravleniyu-vodnymi->

resursami-v-transgranichnyh-basseynah-rek-ozer-i-vodonosnyh-gorizontov.html, свободный. – Загл. с экрана.

18. Калениченко, Л. А. Французский досвід управління водними ресурсами – приклад для України / Л. А. Калениченко // Водне господарство України. – 2005. – № 4. – С. 40–42.

19. Муравская, М. Л. Правовые аспекты интегрированного управления водными ресурсами на основе бассейнового принципа / М. Л. Муравская // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. – 2013. – № 4. – С. 726–731.

20. Vinod Kumar, T. M. Smart water management for smart Kozhikode metropolitan area / T. M. Vinod Kumar, C. Mohammed Firoz, P. Bimal, P. S. Harikumar, P. Sankaran // Advances in 21st Century Human Settlements. – Singapore : Springer, 2019. – P. 241–306.

21. Manzano-Solis, L. R. Use of structural systems analysis for the integrated water resources management in the Nenetzingo river watershed, Mexico / L. R. Manzano-Solis, C. Diaz-Delgado, M. A. Gómez-Albores, C. A. Mastachi-Loza, D. Soares // Land Use Policy. – 2019. – Volume 87. – No. 104029.

22. Apostolaki, S. Using a systemic approach to address the requirement for Integrated Water Resource Management within the Water Framework Directive / S. Apostolaki, P. Koundouri, N. Pittis // Science of the Total Environment. – 2019. – Volume 679. – P. 70–79.

23. Hansson, K. Coping with complex environmental and societal flood risk management decisions: An integrated multi-criteria framework / K. Hansson, A. Larsson, M. Danielson, L. Ekenberg // Sustainability. – 2011. – No. 3 (9). – P. 1357–1380.

24. Araral, E. Water Governance 2.0: A Review and Second Generation Research Agenda / E. Araral, Y. Wang // Water Resources Management. – 2013. – Volume 27, Issue 11. – P. 3945–3957.

25. Koop, S. H. A. Application of the Improved City Blueprint Framework in 45 Municipalities and Regions / S. H. A. Koop, C. J. van Leeuwen // Water Resources Management. – 2015. – Volume 29, Issue 13. – P. 4629–4647.

26. Macian-Sorribes, H. Definition of efficient scarcity-based water pricing policies through stochastic programming / H. Macian-Sorribes, M. Pulido-Velazquez, A. Tilmant // Hydrology and Earth System Sciences. – 2015. – Volume 19, Issue 9. – P. 3925–3935.

27. Zhou, Q. Models, simulations and games for water management: A comparative Q-method study in The Netherlands and China / Q. Zhou, I. S. Mayer // Water (Switzerland). – 2017. – Volume 10, Issue 1. – No. 10.

28. Bertule, M. Monitoring water resources governance progress globally: Experiences from monitoring SDG indicator 6.5.1 on integrated water resources management implementation / M. Bertule, P. Glennie, P. K. Bjørnsen, J. Newton, J. Harlin // Water (Switzerland). – 2018. – Volume 10, Issue 12. – No. 1744.

29. Duncan, A. E. The effectiveness of water resources management in Pra Basin / A. E. Duncan, N. De Vries, K. B. Nyarko // Water Policy. – 2019. – Volume 21, Issue 4. – P. 787–805.

30. Van den Brandeler, F. Megacities and rivers: Scalar mismatches between urban water management and river basin management / F. Van den Brandeler, J. Gupta, M. Hordijk // Journal of Hydrology. – 2019. – Volume 573. – P. 1067–1074.

31. Bhat, A. Policy, politics, and water management in the Guadalquivir River Basin, Spain / A. Bhat, W. Blomquist // Water Resources Research. – Volume 40, Issue 8. – P. W08S071–W08S0711.

32. Godínez-Madriral, J. Production of competing water knowledge in the face of water crises: Revisiting the IWRM success story of the Lerma-Chapala Basin, Mexico / J. Godínez-Madriral, N. Van Cauwenbergh, P. van der Zaag // Geoforum. – 2019. – Volume 103. – P. 3–15.

33. Júnior, W. S. Water: Drought, crisis and governance in Australia and Brazil / W. S. Júnior, C. Baldwin, J. Camkin, S. Neto, T. F. Smith // Water (Switzerland). – 2016. – Volume 8, Issue 11. – No. 493.

34. Serra-Llobet, A. Integrated water resource and flood risk management: Comparing the US and the EU / A. Serra-Llobet, E. Conrad, K. Schaefer // E3S Web of Conferences. – 2016. – Volume 7. – No. 20006.

35. Gilabert-Alarcón, C. Regulatory challenges for the use of reclaimed water in Mexico: A case study in Baja California / C. Gilabert-Alarcón, S. O. Salgado-Méndez, L. W. Daesslé, L. G. Mendoza-Espinosa, M. Villada-Canela // Water (Switzerland). – 2018. – Volume 10, Issue 10. – No. 1432.

36. Evers, M. The pluralistic water research concept: A new human-water system research approach / M. Evers, B. Höllermann, A. D. S. Almoradie, G. G. Santos, L. Taft // Water (Switzerland). – 2017. – Volume 9, Issue 12. – No. 933.

37. Устойчивый Крым. Водные ресурсы / Гл. ред. В. С. Тарасенко. – Симферополь: «Таврида», 2003. – 413 с.

38. Паштецкий, В. С. Концепция программы интегрированного управления водными ресурсами в АР Крым / В. С. Паштецкий, В. И. Ляшевский, В. С. Тарасенко // Таврийський вісник аграрної науки. – 2013. – № 2. – С. 5–11.

39. Тарасенко, В. С. Интегрированное управление водными ресурсами в Республике Крым / В. С. Тарасенко, В. С. Паштецкий, А. А. Попова, Э. Э. Сейтумеров, Н. М. Иванютин, В. В. Юдин // Труды Крымской Академии наук. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – С. 4–16.

40. Программа действий по созданию системы интегрированного управления водными ресурсами в АРК. – Симферополь: Издательство КРАЭМ, 2005. – 140 с.

41. Турдибаев, Э. Крымское бассейновое управление водных ресурсов [Электронный ресурс] / Э. Турдибаев. – Режим доступа: <http://www.eccsa-water.net/content/view/73/27/lang,russian/>, свободный. – Загл. с экрана.

42. Тарасенко, В. С. Интегрированное управление водными ресурсами – путь к улучшению водохозяйственной обстановки в Республике Крым / В. С. Тарасенко, Н. Е. Волкова, Н. М. Иванютин // Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24, № (9). – С. 64–71.

43. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.06 № 74-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/, свободный. – Загл. с экрана.

44. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.01 № 195-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/0dccc7e45e580575732df25b337143deb37ba917e/, свободный. – Загл. с экрана.

45. Закон РФ «О недрах» от 21.02.92 № 2395-1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343/, свободный. – Загл. с экрана.

46. Данилов-Данильян, В. И. Водные ресурсы России: состояние, использование, охрана, проблемы управления / В. И. Данилов-Данильян // Экономика. Налоги. Право. – 2019. – № 5. – С. 18–31.

47. Данилов-Данильян, В. И. Оценка современных подходов к управлению качеством поверхностных вод и их охране / В. И. Данилов-Данильян, Е. В. Венецианов, Г. В. Аджиенко, М. А. Козлова // Вестник Российской академии наук. – 2019. – Т. 89, № 12. – С. 1248–1259.

48. Венецианов, Е. В. Актуальные вопросы совершенствования системы управления охраной водных ресурсов / Е. В. Венецианов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2016. – № 4. – С. 86–102.

49. Венецианов, Е. В. Современные проблемы оценки, регулирования и мониторинга качества поверхностных вод / Е. В. Венецианов, Г. В. Аджиенко, А. А. Возняк, М. А. Чиганова // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2018. – № 1. – С. 47–59.

50. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.02 № 7-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/, свободный. – Загл. с экрана.

51. СанПиН 2.1.7.573–96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 54 с.

50. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 года № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21. "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://umk.nadum.ru/media/sub/962/documents/%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%9F%D0%B8%D0%BD_1.2.3685-21_%D0%BE%D1%82_28.01.2021_2.pdf, свободный. – Загл. с экрана.

Одно из первых упоминаний об оросительных системах в Крыму датируется VI в. до н. э. и связано с ведением орошаемого садоводства и виноградарства в Херсонесе. Источником воды для этих целей была р. Черная [1]. Начало бурного развития орошаемого земледелия на Крымском полуострове отождествляют с приходом днепровской воды в регион по системе Северо-Крымского канала. Так, в 1965 г. произошел резкий скачок площади политых земель с 18,8 тыс. га в 1964 г. до 98,2 тыс. га. То есть фактически произошло увеличение в 5,2 раза. Ниже на рисунке 9.1 приведена динамика изменения средней величины политой площади орошаемых земель по периодам в Крыму.

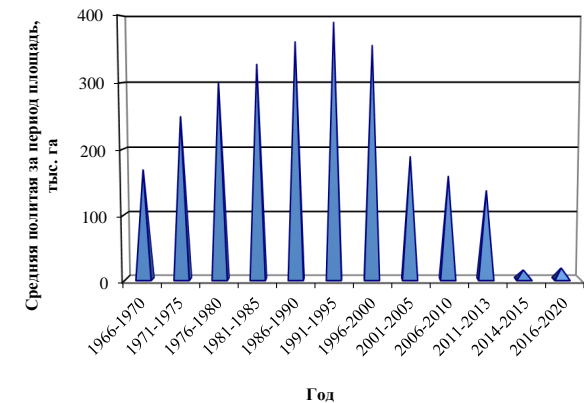


Рисунок 9.1 – Средняя площадь полива орошаемых земель в Крыму по периодам с 1966 по 2020 гг. [1–4]

Своего пика орошаемое земледелие достигло в период с 1986 по 2000 гг., затем начался резкий спад в 2001–2005 гг., основной причиной которого стал распад СССР в 1991 г. Вследствие произошедших событий на эксплуатацию мелиоративных систем практически перестали выделяться ассигнования, что привело к тому, что на мелиоративных системах не проводились своевременные текущие и капитальные ремонты, а насосно-силовое оборудование, средства

полива, запорно-регулирующая арматура с течением времени существенно изнашивались. Постепенно негативное влияние данных факторов росло. В результате реформирования коллективных сельскохозяйственных предприятий на основе частной собственности на землю и имущество путем обеспечения всем членам колхозов и совхозов права свободного выхода из этих предприятий с земельными участками (паями) и имущественными паями, которое было проведено согласно Приказа Президента Украины «Про невідкладні заходи щодо прискорення реформування аграрного сектора економіки» [6] произошло резкое сокращение площади поливных земель на территории Крыма.

Следующий скачок снижения площадей поливных земель, вследствие прекращения поставок днепровской воды в Крым, произошел в 2014 г. и стал критической точкой для орошаемого земледелия региона. Если до этого периода водохозяйственный комплекс обеспечивал нужды народного хозяйства на 80 % за счет внешнего водисточника и только на 20 % собственными поверхностными и подземными водными объектами, то в 2014 г. пришлось все потребности в воде перекрывать только местным стоком. Это привело к тому, что для основного потребителя днепровской воды, поступающей по Северо-Крымскому каналу – орошаемого земледелия – данный водный ресурс стал резко ограничен. В итоге площади полива в сравнении с 2013 г. сократились в 7,7 раза и в 2014 г. составили 17,3 тыс. га, а в 2020 г. достигли 21,4 тыс. га.

Согласно проектным данным, общая площадь орошаемых земель в Республике Крым составляет 397,2 тыс. га. Ниже в таблице 9.1 приведено распределение данной категории земель по муниципальным образованиям.

Основная площадь проектных орошаемых земель приходится на степную зону Крымского полуострова – Джанкойский, Красногвардейский, Красноперекопский, Нижнегорский, Первомайский и Раздольненский районы. На данных территориях поливы в основном осуществлялись днепровской водой, подаваемой по системе СКК. Ниже, в таблице 9.2 приведены итоги фактически поливных земель за 2013, 2014 и 2020 гг.

Таблица 9.1

Распределение орошаемых земель по муниципальным образованиям [4, 7]

| Наименование муниципального подразделения | Общая площадь территории, тыс. га | Орошаемые земли | |
|---|-----------------------------------|-----------------|------|
| | | тыс. га | % |
| Бахчисарайский район | 158,9 | 8,8 | 5,5 |
| Белогорский район | 188,7 | 6,8 | 3,6 |
| Джанкойский район | 266,7 | 72,2 | 27,1 |
| Кировский район | 120,8 | 14,8 | 12,3 |
| Красногвардейский район | 176,6 | 46,9 | 26,6 |
| Красноперекопский район | 123,1 | 37,0 | 30,1 |
| Ленинский район | 291,9 | 6,5 | 2,2 |
| Нижнегорский район | 121,2 | 37,4 | 30,9 |
| Первомайский район | 147,4 | 40,0 | 27,4 |
| Раздольненский район | 123,1 | 34,7 | 28,2 |
| Сакский район | 225,7 | 47,0 | 20,8 |
| Симферопольский район | 175,2 | 16,0 | 9,1 |
| Советский район | 107,9 | 19,5 | 18,1 |
| Черноморский район | 150,9 | 5,5 | 3,6 |
| округ г. Симферополь | 10,7 | 0,0 | 0,0 |
| округ г. Алушта | 60,0 | 2,2 | 3,7 |
| округ г. Армянск | 16,2 | 0,0 | 0,0 |
| округ г. Джанкой | 2,6 | 0,0 | 0,0 |
| округ г. Евпатория | 6,5 | 0,0 | 0,0 |
| округ г. Керчь | 10,8 | 0,0 | 0,0 |
| округ г. Красноперекопск | 2,2 | 0,0 | 0,0 |
| округ г. Саки | 2,9 | 0,0 | 0,0 |
| округ г. Судак | 53,9 | 1,4 | 2,6 |
| округ г. Феодосия | 35,0 | 0,2 | 0,6 |
| округ г. Ялта | 28,3 | 0,4 | 1,4 |
| Итого по региону | 2607,5 | 397,2 | 15,2 |

Таблица 9.2

Итоги поливных сезонов

| Наименование муниципального образования | Полиито, тыс. га | | |
|---|------------------|---------|---------|
| | 2013 г. | 2014 г. | 2020 г. |
| Бахчисарайский район | 4,11 | 3,56 | 3,98 |
| Белогорский район | 1,62 | 1,38 | 0,65 |
| Джанкойский район | 36,30 | 1,23 | 0,83 |
| Кировский район | 2,77 | 0,09 | 0,82 |
| Красногвардейский район | 17,14 | 1,44 | 4,08 |
| Красноперекопский район | 14,77 | 1,68 | 0,49 |
| Ленинский район | 1,27 | 0,00 | 0,12 |
| Нижнегорский район | 7,74 | 1,85 | 1,22 |
| Первомайский район | 10,33 | 1,35 | 1,41 |
| Раздольненский район | 12,66 | 0,22 | 0,32 |
| Сакский район | 14,19 | 0,27 | 2,08 |
| Симферопольский район | 6,81 | 2,04 | 1,97 |
| Советский район | 3,16 | 0,00 | 0,71 |
| Черноморский район | 0,77 | 0,00 | 0,16 |
| округ г. Алушта | 1,44 | 1,43 | 1,46 |
| округ г. Судак | 0,81 | 0,61 | 0,78 |
| округ г. Феодосия | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| округ г. Ялта | 0,26 | 0,15 | 0,25 |
| Итого по региону | 136,17 | 17,30 | 21,35 |

Если в 2013 г. поливалось около 35 % орошаемых земель степной зоны Крымского региона, то в 2014 г. этот показатель значительно уменьшился и составил чуть более 2 %, а в 2020 г. – около 3 %. Площади поливаемых земель, сосредоточенные в Бахчисарайском, Белогорском, Симферопольском муниципальных районах и на территории сельскохозяйственных зон городов Алушта, Судак, Ялта, изменились не значительно. Это обосновано тем, что в этих зонах в основном сосредоточены местные водоисточники (таблица 9.3).

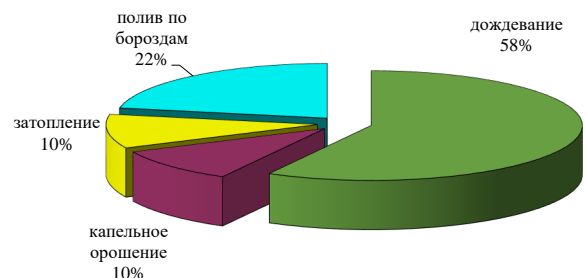
Таблица 9.3

Распределение проектных орошаемых земель, привязанных к местному стоку, по муниципальным образованиям [6]

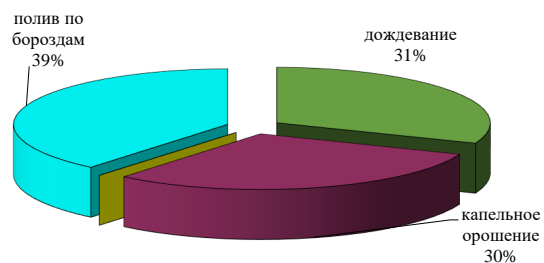
| Наименование муниципального образования | Проектная площадь орошаемых земель, привязанных к местному стоку | |
|---|--|--------|
| | га | % |
| Бахчисарайский район | 8,78 | 100,00 |
| Белогорский район | 6,81 | 100,00 |
| Джанкойский район | 0,75 | 1,04 |
| Кировский район | 1,74 | 11,76 |
| Красногвардейский район | 0,04 | 0,00 |
| Красноперекопский район | 0,00 | 0,00 |
| Ленинский район | 0,02 | 0,00 |
| Нижнегорский район | 8,00 | 21,39 |
| Первомайский район | 0,00 | 0,00 |
| Раздольненский район | 0,00 | 0,00 |
| Сакский район | 0,40 | 0,85 |
| Симферопольский район | 8,03 | 50,19 |
| Советский район | 0,95 | 4,87 |
| Черноморский район | 1,26 | 22,91 |
| округ г. Алушта | 2,18 | 100,00 |
| округ г. Судак | 1,39 | 100,00 |
| округ г. Феодосия | 0,10 | 50,00 |
| округ г. Ялта | 0,37 | 100,00 |
| Итого по региону | 40,81 | 10,27 |

Следует отметить, что в период с 2014 по 2020 гг. увеличить площади поливаемых земель удалось за счет обустройства новых точек водоотбора из поверхностных водных объектов (в основном р. Салгир) и введения в эксплуатацию новых скважин.

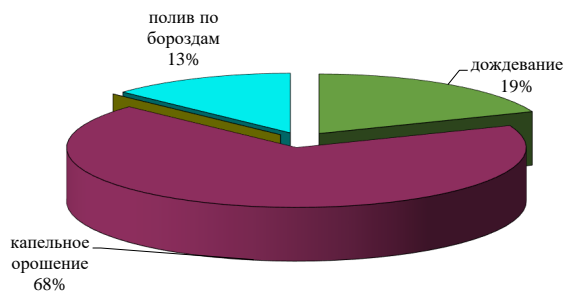
Сформировавшаяся тенденция сокращения площади поливаемых земель в степной зоне Республики Крым существенно сказалась на использовании дождевания, как способа полива сельскохозяйственных культур, ведь значительная часть существующей дождевальной техники закреплена за хозяйствами данной территории. В результате произошло существенное изменение соотношения долей основных для Крыма способов полива в структуре орошаемых земель (рисунок 9.2).



а



б



в

Рисунок 9.2 – Распределение политых земель по способам полива (а – 2013 г., б – 2014 г., в – 2020 г.) [2, 4]

За период с 2014 по 2020 гг. произошло существенное увеличение доли земель, политых капельным способом орошения, считающегося одним из самых водосберегающих, а на дождевании, наоборот, уменьшение с 58 до 20 % орошаемых земель. Следует отметить, что еще до перекрытия внешнего водоисточника парк дождевальной техники в основном состоял из машин, эксплуатировавшихся более 20 лет.

Ниже на рисунке 9.3 приведена структура парка дождевальной техники в 2014 г.

На категории ШБУ и прочие, куда включены новые модели дождевальных машин зарубежных фирм-производителей (Bauer, Valley, Irtec, Irrimes и др.), приходится всего 10 %. Обновление поливных машин началось с 2001 г., причем за период в 13 лет было приобретено около 200 ед., а весь парк дождевальной техники в 2014 г. насчитывал 1306 ед. Своего наибольшего упадка полив дождеванием за последние 25 лет достиг в 2015 г. Данным способом было полито 1616 га, из 1298 ед. техники работало 24, причем из них использовали только 4 машины современного образца. За последние годы часть машин была списана или продана, а оставшиеся в большинстве случаев требовали проведения ремонтов, а для этого в сложившихся условиях не хватало средств и комплектующих.

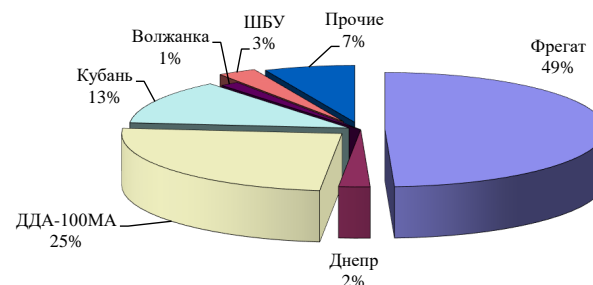


Рисунок 9.3 – Структура парка дождевальной техники в 2014 г.

Перекрытие внешнего водоисточника, произошедшее в 2014 г., негативно отразилось и на работе водохозяйственного комплекса в целом. Это обосновано тем, что его основу, прежде всего, составляют гидротехнические сооружения, за которыми нужен регулярный уход и своевременное проведение текущих и капитальных ремонтов, а для этого необходимы финансовые средства, ранее поступающие за счет поставок потребителям днепровской воды и отведения сбросных и дренажных стоков. В результате, проводимые на водотранспортирующих, оросительных, коллекторно-дренажных сетях работы сведены к минимуму, что негативно отразилось на состоянии ряда гидротехнических сооружений, часть из которых и в 2014 г. требовала проведения ремонта/реконструкции (таблица 9.4).

Таблица 9.4

Итоги инвентаризации оросительных сетей, проведенной в Республике Крым в 2014 г.

| Наименования показателя | Всего | Из них требует | | | |
|----------------------------|---------|----------------------|-------|----------------|-------|
| | | капитального ремонта | | восстановления | |
| | | км | % | км | % |
| Межхозяйственная сеть | | | | | |
| Всего | 1426,75 | 311,74 | 21,85 | 126,63 | 8,88 |
| в т. ч. закрытые | 208,80 | 122,00 | 58,43 | 0,98 | 0,47 |
| облицованные | 916,21 | 146,75 | 16,02 | 0,10 | 0,01 |
| Водосборно-сбросная сеть | 64,30 | 2,40 | 3,73 | - | - |
| Напорные трубопроводы | 336,97 | 62,88 | 18,66 | - | - |
| Внутрихозяйственная сеть | | | | | |
| Постоянная в/х сеть, всего | 5264,89 | 816,40 | 15,51 | 665,70 | 12,64 |
| в т. ч.: открытая | 2356,94 | 266,10 | 11,29 | 108,30 | 4,59 |
| из них: облицовано | 1110,97 | 135,10 | 12,16 | 133,70 | 12,03 |
| закрытая сеть | 1941,19 | 407,20 | 20,98 | 284,90 | 14,67 |

В 2014 г. около 30 % межхозяйственных и внутрихозяйственных оросительных сетей нуждалось в проведении ремонтно-восстановительных работ.

С 2022 г. возобновлены поставки днепровской воды по системе Северо-Крымского канала. Это позволит в дальнейшем обеспечить устойчивое развитие орошаемого земледелия в Республике Крым, но для этого потребуются реализации ряда действий, направленных на улучшение технического состояния оросительных, коллекторно-дренажных систем, водоаккумулирующих сооружений.

Также необходимо предусмотреть:

- обеспечение планируемых поливных земель необходимым количеством специалистов, работоспособной дождевальной техники и оборудования;

- проведение масштабных обследований гидротехнических сооружений региона, обеспечивающих забор, поставку, аккумуляцию, регулирование, перекачку оросительных вод, сбор и отведение коллекторно-дренажных;

- выделение объектов/участков, на которых необходимо первоочередное улучшение их технического состояния и осуществление ремонтно-восстановительных работ;

- предусмотрение лизинговых программ на приобретение дождевальной техники и увеличение объемов субсидирования по

введению в оборот новых площадей орошаемых земель, выделенных на Крымский регион;

- создание дополнительных учебных мест по подготовке специалистов (техников, инженеров) в области гидротехники и мелиорации;

- проведение курсов по повышению квалификации инженеров гидротехников, которые будут направлены на их ознакомление с особенностями нормативно-правовой базы РФ, регламентирующей строительство и эксплуатацию гидротехнических сооружений, использование водных ресурсов в агарном секторе, современными разработками в данной сфере.

Следует отметить, что при разработке и реализации перечня действий, направленных на расширение площадей орошаемых земель и создание условий для их эффективной эксплуатации, необходимо использовать современные достижения науки и техники. К примеру, в работах Щедрина В. Н., Карпенко Н. П., Косиниченко Ю. М., Юрченко И. Ф., Турапина С. С., Ольгаренко Г. В. нашли отражение новые подходы и методы по оценке безопасности гидротехнических сооружений [8–15], использование которых позволит выделить водохозяйственные объекты или их участки, требующие первоочередного проведения ремонтно-восстановительных работ. В публикациях Дубенка Н. Н., Терлеева В. В., Ольгаренко Г. В., Майера А. В., Ламскова М. И. и др. описаны современные ресурсосберегающие, экологически безопасные технологии орошения, реализация которых будет способствовать повышению эффективности сельскохозяйственной деятельности [16–20].

С научно-методической точки зрения для обеспечения устойчивого развития орошаемого земледелия в Республике Крым необходима реализация следующих принципов:

- внедрение новейших энерго- и водосберегающих технологий водораспределения, водоотвода, способов и техники полива;

- переход к адаптивно-ландшафтным экологически-безопасным системам земледелия, которые максимально учитывают особенности естественных ландшафтов, эколого-мелиоративное состояние орошаемых земель, направленность почвенных процессов и режимов;

- внедрение рациональной структуры посевных площадей и севооборотов, ориентированных на рыночные условия ведения хозяйства с обязательным включением в севообороты многолетних бобовых трав;

- проведение работ по химической мелиорации орошаемых земель на принципиально новых основах, которые базируются на современной диагностике степени солонцеватости, ресурсосбережении, использовании в качестве химических мелиорантов местных кальциевых соединений с их эколого-токсикологической оценкой;

- переход на нормируемое водопользование, компенсационные и адаптивные принципы планирования поливов с применением водоохраных и почвозащитных экологически-безопасных режимов орошения;

- усовершенствование системы информационного обеспечения орошения путем разработки и внедрения программно-информационных комплексов, базирующихся на использовании данных системы мониторинга орошаемых земель, совмещении имеющейся почвенной, агрохимической, почвенно- и гидрогеолого-мелиоративной информации на единой картографической основе с применением геоинформационных технологий и расширением сети информационно-советательных служб и др.

Развитие орошаемого земледелия позволит повысить продовольственную безопасность региона. Особенно это касается обеспечения потребностей населения и отдыхающих региона в овощебахчевой и плодово-ягодной продукции. Ниже, в таблице 9.5 приведено обоснование необходимости расширения площадей возделывания данных групп культур.

Таблица 9.5

Потребность Республики Крым в овощебахчевой и плодово-ягодной продукции (расчеты проводили на основе данных [21-24])

| Показатель | Культура | | | |
|---|-----------|----------------|-----------------|-------|
| | картофель | овоще-бахчевые | плодово-ягодные | |
| Необходимо произвести для обеспечения потребностей населения и отдыхающих, тыс. т: | 2020 г. | 191,0 | 264,9 | 199,3 |
| | 2030 г. | 245,6 | 340,5 | 256,2 |
| Произведено в 2020 г., тыс. т | 71,7 | 168,9 | 123,7 | |
| Средняя урожайность на орошении, т/га | 16,3 | 17,3 | 11,1 | |
| Рекомендуемая площадь возделывания для удовлетворения потребности на 2030 г., тыс. га | 15,07 | 19,65 | 23,08* | |

Примечание. * площадь под плодоносящими насаждениями.

Также возобновление поставок днепровской воды по системе Северо-Крымского канала позволит возобновить/расширить в Крымском регионе возделывание таких влаголюбивых культур как рис, соя, рапс, кукуруза на зерно, семенники сахарной свеклы, что в свою очередь внесет свой вклад в обеспечение устойчивого функционирования агропромышленного комплекса Российской Федерации, включая переход на импортозамещение посевного материала и некоторых видов растениеводческой сельскохозяйственной продукции.

Список литературы

1. Водное хозяйство Крыма: история развития, современное состояние / Республиканский комитет по водному хозяйству Автономной Республики Крым. – Симферополь: Доля, 2003. – 78 с.
2. Годовой отчет по технической эксплуатации оросительных систем Крыма за 2014 год – Симферополь: Государственный комитет по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым, 2014. – 105 с.
3. Орошаемое земледелие и водное хозяйство Крымской АССР. – Симферополь: Управление мелиорации и водного хозяйства Крымской АССР, 1991. – 256 с.
4. Звіт з технічної експлуатації зрошувальних систем Криму у 2013 р. – Симферополь: Держводагенство України, 2013. – 114 с.
5. Про невідкладні заходи щодо прискорення реформування аграрного сектора економіки»: указ президента України от 03.12.1999 № 1529/99 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://search.ligazakon.ua/L_doc2.nsf/link1/U1529_99.html, свободный. – Загл. с экрана.
6. Волкова, Н. Е. Повышение роли водопользователя в системе орошаемого земледелия на примере Республики Крым / Н. Е. Волкова, Р. Ю. Захаров // Строительство и техногенная безопасность. – 2010. – № 30. – С. 192-203.
7. Общая площадь земель муниципальных образований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst35/DBInet.cgi#1>, свободный. – Загл. с экрана.
8. Турапин, С. С. Методические рекомендации по правилам эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений / С. С. Турапин, Г. В. Ольгаренко. – Коломна: ИП Воробьев О. М., 2015. – 68 с.
9. Щедрин, В. Н. Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов, О. В. Воеводин, А. П. Кажанов, А. С. Штанько, С. П. Жук. – Новочеркасск: Российский НИИ проблем мелиорации, 2014. – 171 с.
10. Косиниченко, Ю. М. Модель малого водохранилища как объекта проведения оценки целесообразности дальнейшего его использования / Ю. М. Косиниченко, М. Ю. Косиниченко, Е. А. Савенкова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2012. – № 3. – С. 123-136.
11. Карпенко, Н. П. Теоретическое обоснование структуры классификатора критериев безопасности ГТС мелиоративного водохозяйственного комплекса / Н. П. Карпенко, И. Ф. Юрченко // Природообустройство. – 2015. – № 1. – С. 12-15.
12. Попов, А. Н. О ликвидации прудов, малых, средних водохранилищ с последующей рекультивацией ложа и береговой полосы / А. Н. Попов, В. И. Штыков. – Екатеринбург: Российский научно-исследовательский институт использования и охраны водных ресурсов, 2013. – 112 с.
13. Ляпичев, Ю. П. Гидрологическая и техническая безопасность гидросооружений / Ю. П. Ляпичев. – М.: РУДН, 2008. – 222 с.
14. Стефанишин, Д. В. Прогнозирование аварийности проектируемых и строящихся плотин на основе результатов статистического анализа произошедших аварий / Д. В. Стефанишин // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – 2008. – Т. 251. – С. 3-9.
15. Салямова, К. Д. Статистический анализ поврежденных и разрушений грунтовых плотин / К. Д. Салямова, М. А. Ахмедов // Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды. Сборник докладов Международной научно-технической конференции. – 2018. – С. 104-113.

16. Дубенок, Н. Н. Новые подходы к технологии орошения садовых культур и виноградников / Н. Н. Дубенок, А. В. Майери // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 3 (59). – С. 343–355.

17. Дубенок, Н. Н. Управление технологией орошения многолетних насаждений при дождевании / Н. Н. Дубенок, А. В. Майери // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 3 (63). – С. 311–318.

18. Терлеев, В. В. Почвенно-гидрографическое информационное обеспечение прецизионного ирригационного земледелия / В. В. Терлеев, Е. А. Дунаева, Р. С. Гиневский, В. А. Лазарев, А. Г. Топаж // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 2 (26). – С. 244–260.

19. Ольгаренко, Г. В. Результаты научно-технической деятельности ВНИИ «Радуга» в области разработки технологий и техники орошения / Г. В. Ольгаренко, Д. Г. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 6. – С. 5–8.

20. Шедрин, В. Н. К обоснованию экологических норм водопотребности различных типов почв для оптимизации мелиоративного состояния и почвенного плодородия / В. Н. Шедрин, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2018. – № 1 (29). – С. 105–121.

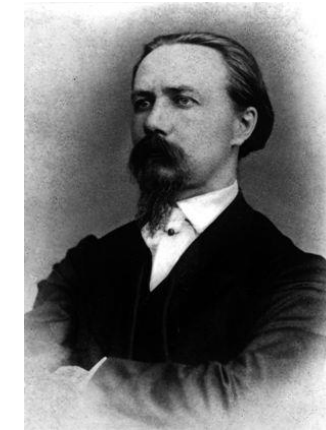
21. Стратегия социально-экономического развития Республики Крым до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://business.rk.gov.ru/medias/files/strategy-full.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.

22. Об основных характеристиках туристического потока Республики Крым, Министерство курортов и туризма Республики Крым [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://mtur.rk.gov.ru/rus/file/mtur_Harakteristiki_turizma.pdf, свободный. – Загл. с экрана.

23. Статистический ежегодник. Республика Крым. 2020. – Симферополь : Крымстат, 2021. – 383 с.

24. Приказ Минздрава России от 19.08.2016 № 614 (ред. от 01.12.2020) «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://mzdrav.rk.gov.ru/ru/document/show/3716>, свободный. – Загл. с экрана.

10.1. Известные ученые, занимавшиеся изучением водных объектов Крыма



**Николай Алексеевич Головкинский
(1834–1897 гг.)**

Николай Алексеевич Головкинский – известный русский геолог и гидрогеолог, профессор и ректор Императорского Новороссийского университета.

Родился в ноябре 1834 г. в г. Ядринск Казанской губернии. Его отец служил следователем земского суда и за усердную работу получил дворянство. Благодаря этому у Николая Алексеевича появилась возможность обучаться в университете. Сначала Головкинский Н. А. учился в частном пансионе Бруна, а затем во 2-ой гимназии г. Казани. Однако полного курса он так и не прослушал, а экзамены сдавал экстерном. В 1852 г. Николай Алексеевич был зачислен на медицинский факультет в Императорский Казанский университет, но разочаровался в выбранной специальности и спустя 2,5 года отчислился. Головкинский Н. А. участвовал в Восточной войне. За заслуги во время Крымской компании он был награжден

памятной бронзовой медалью на Андреевской ленте. В 1857 г. Николай Алексеевич был демобилизован в звании поручика.

Выйдя в отставку Головкинский Н. А., снова поступил в Императорский Казанский университет, но уже на естественное отделение физико-математического факультета. В 1861 г. он закончил обучение со степенью кандидата и получил должность хранителя музея при минералогическом кабинете. Через год его командировали в Германию для прохождения стажировки, по окончании которой он уехал во Францию.

Спустя два года Николай Алексеевич стал приват-доцентом Императорского Казанского университета и начал углубленно заниматься геологией. В 1865 г. Головкинский Н. А. защитил магистерскую, а в 1867 г. докторскую диссертацию. Спустя год была издана его известная фундаментальная работа «О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна», в которой впервые была раскрыта роль колебательных движений при накоплении геологических осадков.

В 1871 г. Николай Алексеевич начинает работать в Новороссийском университете на кафедре минералогии. Его коллегами в то время были такие известные научные деятели как: Сеченов И. М., Ковалевский А. О., Мечников И. И. В апреле 1877 г. Головкинского Н. А. назначили ректором Новороссийского университета. На этой должности он проработал четыре года [1].

В 1886 г. Николай Алексеевич ушел в отставку и перебрался в Крым, где устроился работать на должность гидрогеолога Таврической земской управы. В течение более десяти лет Головкинский Н. А. проводил детальные гидрогеологические изыскания в различных районах Крыма. Результаты, проведенных им работ, нашли отражение в «Отчете о гидрологических изысканиях в Таврической губернии за 1887–1896 гг.». Для водоснабжения Равнинного Крыма Николай Алексеевич предложил использовать артезианские воды. Именно по его предложению в 1897 г. в г. Саки была построена первая в России артезианская обсерватория, в которой велись наблюдения за уровнем и дебетом воды. Она была возведена над глубокой скважиной и представляла собой каменную башню высотой более 8 м с покрытым железом деревянным верхом. На основании результатов гидрологических работ, проведенных Головкинским Н. А., в последующие годы было пробурено и введено в эксплуатацию много артезианских скважин.

Также Николай Алексеевич занимался изучением условий питания ряда водотоков Горного Крыма, в частности источников Чатыр-Дага и Бабуган-яйлы. На основе полученных результатов в 1893 г. была опубликована работа «Источники Чатырдага и Бабугана», которая имела большое значение в дальнейшем изучении водных ресурсов Крыма [2].

Умер Головкинский Н. А. 21 июня 1897 года в Крыму в Профессорском уголке.

В благодарность за его вклад в изучение водных ресурсов Крыма в его честь был назван водопад на склонах Бабуган-яйлы, а вблизи горы Капель воздвигнут памятник.



Август Николаевич Олиферов
(1925–2018 гг.)

Август Николаевич Олиферов – известный учёный в области географии и гидрологии, доктор географических наук. Один из основоположников географического направления в селеведении.

Родился Август Николаевич 12 августа 1925 г. в Феодосии в семье лесничего. Свою трудовую деятельность начал в 1942 г. на должности браковщика в механическом цехе завода № 10 Наркомата боеприпасов (г. Пермь). В 1943 г. Олиферов А. Н. поступил на торпедное отделение факультета морского оружия Военно-Механического института, но проучился там недолго и был отчислен по состоянию здоровья. С 1945 по 1949 гг. Август Николаевич обучался на геолого-географическом

факультете Пермского государственного университета им. А. М. Горького. Затем он поступил в аспирантуру на кафедру гидрологии географического факультета им. М. В. Ломоносова, а в 1954 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Методика полевых и лабораторных исследований стока».

С 1954 по 1961 гг. Олиферов А. Н. работал на Крымской горно-лесной опытной станции, сначала на должности младшего научного сотрудника, а затем заведующего отделом горных мелиораций. В 1957 г. Август Николаевич был назначен научным руководителем группы гидрологии и гидротехники китайско-советского отряда Средне-Хуанхейской противоэрозийной экспедиции Академии наук Китая, в ходе которой он провел масштабные гидрографические исследования.

С 1961 г. он начал работать на должности старшего научного сотрудника отдела карстологии и селей Института минеральных ресурсов АН УССР, а в 1966–1974 гг. был куратором Министерства геологии по селям и осуществлял методическое руководство производственными исследованиями.

С 1974 г. Олиферов А. Н. стал преподавать в Симферопольском государственном университете им. М. В. Фрунзе и вел курсы по предметам «Физическая география материков и океанов», «Методика полевых географических исследований».

В 1986 г. в специализированном совете при Институте геофизики АН УССР Август Николаевич защитил докторскую диссертацию «Физико-географические факторы селеформирования и ландшафтно-технические противоселевые системы в горных странах юга Европейской части СССР».

В 1997 г. он был назначен заведующим кафедрой геоэкологии Таврического экологического института, при этом по совместительству продолжил преподавательскую деятельность в Симферопольском государственном университете им. М. В. Фрунзе, переименованном в 1999 г. в Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, а в 2014 г. – в Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского.

Август Николаевич вел активную общественную деятельность. Был академиком Крымской академии наук, Международной академии технологий и инженеринга, членом Русского географического общества, межрегиональной общественной организации «Селевая ассоциация», входил в состав специализированных ученых советов Таврического национального университета им. В. И. Вернадского,

Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского и редакционных коллегий научных журналов «Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского» (серия «Геология. География»), «Вопросы развития Крыма», «Культура народов Причерноморья», «Геополитика и экогеодинамика», «Устойчивое развитие Крыма» [3].

Одним из аспектов исследовательской деятельности Олиферова А. Н. было изучение крымских рек. Им были обобщены и проанализированы многолетние материалы по режиму водотоков Крымского региона, изучена гидрологическая роль леса, проведены расчеты по оценке гидроэнергетического потенциала водотоков Крымского полуострова.

За свою научную и трудовую деятельность Август Николаевич получил ряд наград: медаль Государственного совета КНР «Китайско-Советская дружба»; медали Верховного Совета СССР «За доблестный труд», «Ветеран труда», «Тридцать лет победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» и др. [3].

Он был удостоен почетных званий «Заслуженный деятель науки и техники Автономной Республики Крым» и «Ветеран труда».

Скончался Олиферов А. Н. 18 марта 2018 г. в Крыму.



Анатолий Васильевич Лущик
(1933–2020 гг.)

Анатолий Васильевич Лущик – доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный гидрогеолог, почетный разведчик недр.

Родился 15 октября 1933 г. в г. Новгород-Северском Черниговской области УССР. В 1962 г. окончил геологоразведочный факультет Днепрпетровского горного института им. Артема по специальности «Горный инженер-гидрогеолог».

Свою трудовую деятельность Анатолий Васильевич начал в 1962 г. работая в должности гидрогеолога экспедиции 4-го района 2-го Гидрогеологического управления Министерства геологии СССР в г. Уссурийск. С 1964 по 1965 гг. он работал в г. Чита старшим научным сотрудником отдела специальных исследований Забайкальского научно-исследовательского института, а в 1965 г. переехал в Крым, где устроился гидрогеологом в Северо-Крымскую гидрогеологическую партию Крымской геологоразведочной экспедиции, в которой проработал более 10 лет.

В 1973 г. в специализированном совете при Всесоюзном институте гидрогеологии и инженерной геологии в г. Москва Анатолий Васильевич защитил кандидатскую диссертацию «Изменение гидрогеологических условий равнинного Крыма под влиянием водоотбора» (научные руководители – д. г.-м. н., профессор Коноплянцев А.А. и д. г.-м. н. Гольдберг В. М.).

С 1975 г. Лущик А. В. начал работать научным сотрудником в Институте минеральных ресурсов, где подготовил свою докторскую диссертацию «Гидрогеологические основы оценки сейсмической опасности техногенно освоенных территорий Крымско-Карпатского региона», которую защитил в 1992 г. На специализированном совете при Институте геологических наук Национальной академии наук Украины ему присвоили степень доктора геолого-минералогических наук.

С 1994 г. Анатолий Васильевич начал преподавать на кафедре инженерной экологии Национальной академии природоохранного и курортного строительства, переименованной в дальнейшем в Академию строительства и архитектуры Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. С 2012 по 2014 гг. он принял активное участие в работе Крымского экспертного совета по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений Министерства строительства и архитектуры Республики Крым.

Под руководством Лущика А. В. были подготовлены и защищены три диссертации на соискание ученой степени кандидата геологических наук, и одна – на соискание ученой степени доктора технических наук.

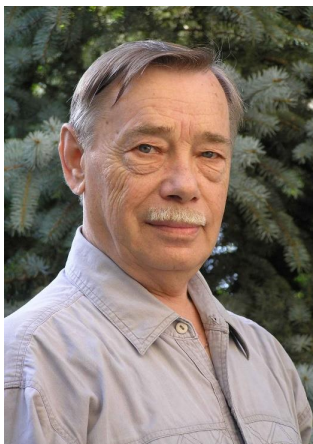
Анатолий Васильевич активно участвовал в общественной деятельности. Он являлся: членом Крымской академии наук; входил в состав специализированных ученых советов по защите диссертационных работ при Институте геологических наук Национальной академии наук Украины, Таврическом национальном университете им. В. И. Вернадского, Национальной академии природоохранного и курортного строительства и редакционных коллегий научных журналов «Сейсмологический бюллетень Украины» (2011–2014 гг.), «Спелеология и карстология» (2009–2014 гг.), «Экология окружающей среды и безопасность жизнедеятельности» (2001–2010 гг.).

За свой плодотворный труд Лущик А. В. был награжден медалями «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения Владимира Ильича Ленина» (1970 г.), «За трудовое отличие» (1972 г.), «За заслуги в разведке недр» (1984 г.), «Ветеран труда» (1985 г.). Так же Анатолий Васильевич был удостоен почетных званий «Заслуженный деятель науки и техники АР Крым» (2000 г.), «Почетный разведчик недр» (1995 г.); лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники (2010 г.) [3].

Результатом его научной деятельности стало издание многочисленных трудов по нескольким направлениям: изучение формирования подземных вод, оценка экологической безопасности, изучение состояния селезащитных мероприятий, оценка региональной сейсмической опасности на территории Республики Крым.

Одним из основных направлений его работы было изучение динамики подземных вод Крыма и основ их рационального использования. Анатолий Васильевич считал, что на территории региона целесообразно создать бассейновые инспекции, комплексно контролирующие использование вод по отдельным гидрологическим областям (Альминская, Северо-Сивашская, Белогорская, Симферопольская и др.). По его мнению, в основу работы этих структур должен быть заложен системный подход и использование современных достижений науки и техники, что позволит оперативно оценивать состояние поверхностных и подземных водных ресурсов и делать прогнозы ожидаемых изменений условий водоснабжения [4].

Скончался Анатолий Васильевич в начале 2020 г. Следует отметить, что он настолько был предан своему делу, что продолжал делиться своими знаниями и опытом со студентами практически до конца своей жизни.



Юрий Георгиевич Юровский
(1939–2020 гг.)

Юрий Георгиевич Юровский – известный ученый гидрогеолог, доктор геолого-минералогических наук, кандидат географических наук, профессор, член Крымской Академии наук.

Родился Юрий Георгиевич 20 октября 1939 г. в Симферополе. Свою трудовую деятельность начал в 1963 г. После окончания Ленинградского гидрометеорологического института (ЛГМИ) по распределению работал на должности начальника гидрометеостанции Усть Миль (бассейн р. Алдан) в Якутском управлении гидрометеослужбы, начальником гидрометеостанции Чернышевский (бассейн р. Вилюй). Принимал участие в строительстве Вилюйской ГЭС – первой гидроэлектростанции на вечной мерзлоте.

В 1966 по 1970 гг. работал на кафедре гидрогеологии, а в период 1970–1973 гг. проходил обучение в очной целевой аспирантуре ЛГМИ и защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата географических наук.

С 1973 по 1981 гг. работал старшим научным сотрудником научно-исследовательского сектора ЛГМИ, а также руководил экспедициями на шельфах Охотского, Японского (о. Сахалин), Баренцева, Черного и других морей.

В 1981 г. Юровский Ю. Г. переехал на родину и свою трудовую деятельность продолжил в Институте минеральных ресурсов Министерства Геологии УССР (Крымском отделении УкрГГРИ) старшим и ведущим научным сотрудником, а затем заведующим

лабораторией комплексных исследований прибрежной зоны моря. Был членом Государственной комиссии по Крымской АЭС.

В 1993 г. защитил докторскую диссертацию в Институте геологических наук НАН Украины (специальность 04.00.10 Геология океанов и морей) по теме: «Особенности природных процессов в областях субмаринной разгрузки подземных вод».

С 1999 по 2012 гг. – профессор кафедры Инженерной геологии, оснований и фундаментов Национальной академии природоохранного и курортного строительства (НАПКС). Юрий Георгиевич вел активную общественную деятельность: являлся членом коллегии Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым; входил в состав специализированного Ученого совета по защитах кандидатских и докторских диссертаций при Институте геологических наук НАН Украины (г. Киев), а также советов Севастопольского Национального Технического университета и НАПКС в г. Симферополь.

Область его научных интересов была обширная: морская геология и гидрогеология прибрежной зоны и шельфа, береговые процессы и берегозащита, геохимия, экология и др. Юрий Георгиевич, является автором 178 научных работ, из них 12 монографий.

За свою плодотворную научную и трудовую деятельность Юровский Ю. Г. получил ряд наград: медали «Ветеран труда» и им. А. И. Лучицкого, Золотую медаль им. В. И. Вернадского, Благодарность Председателя Верховной Рады Республики Крым. Ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники Республики Крым», «Почетный разведчик недр Украины», лауреат Премии Министерства геологии СССР и др.

Скончался Юровский Ю. Г. 18 февраля 2020 года в Крыму.

10.2. Заслуженные работники водного хозяйства Крыма



Дмитрий Илларионович Кочерин
(1889–1928 гг.)

Дмитрий Илларионович Кочерин – выдающийся советский инженер-гидролог, основоположник учения о речном стоке.

Родился Кочерин Д. И. 25 октября 1889 г. в семье крестьянина Ярославской губернии. Первоначальное образование он получил в Кабановском училище Галичского уезда. В 1909 г. после сдачи экстерном экзаменов на аттестат зрелости он поступил в Петроградский политехнический институт на инженерно-строительное отделение.

Свою трудовую деятельность в Крыму Кочерин Д. И. начал в 1915 году, когда после окончания обучения был принят на должность заведующего гидрометрическим отделом партии Крымских водных изысканий [5], где внес большой вклад в развитие гидрометрических работ в Крыму. Так в 1916 г. измерялись расходы 120 водотоков и около 1200 источников Крымского региона. Именно он ввел в практику гидрометрических работ стационарные водомерные сооружения, представленные каменными, перегораживающими русло, стенками, оборудованными водосливами и лотками. Эти сооружения применялись на реках с резко изменяющимся водным режимом и бурным течением, где наблюдения с помощью вертушек были затруднены. Для целей предотвращения заиления и занесения гидрометрических сооружений Кочериным Д. И. был предложен и построен на р. Ангара подъемный трехметровый водослив, опускающийся в поток только во время проведения наблюдений. Так

же им разработана достаточно простая по своей конструкции максимальная рейка, представляющая собой металлическую трубку с отверстиями и вставным стержнем, на который наворачивалась окрашенная бумага. Суть работы данного устройства заключалась в том, что краска смывалась водой до наивысшего уровня в реке. Для повышения точности гидрометрических измерений, проводимых с помощью поплавков, Кочерин Д.И. опытным путем получил коэффициенты (от 0,54 до 0,82), меняющиеся от особенностей русла. Так же он составил и опубликовал ряд инструкций, регламентирующих ведение гидрометрических работ на крымских реках.

С конца 1921 г. Кочерин Д. И. стал начальником Управления крымского водного хозяйства (Крымводхоза). Под его руководством было разработано новое положение о водопользовании в Крыму, проведены масштабные работы по изучению водных ресурсов Крыма. К примеру, для упорядочивания водопользования в 1922 г. им были организованы экспедиционные исследования рек Салгир и Биюк-Карасу, цель которых заключалась в оценке речного стока, определении объемов воды, используемых для целей орошения. Полученные в результате гидрометрических наблюдений и экспедиционных работ материалы позволили Кочерину Д. И. подготовить монографию о речном стоке в верховье р. Салгир, которая, к сожалению, так и не была опубликована.

С 1923 г. Кочерин Д. И. переехал в Москву, где сначала работал инженером Главного управления государственных сооружений, затем старшим инженером в Главном электротехническом управлении Всесоюзного Совета народного хозяйства СССР по отделу гидроэлектростанций, а в 1928 г. стал преподавать в Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева [5].

Труды Дмитрия Илларионовича посвящены учению о речном стоке. Он доказал, что его распределение по территории носит зональный характер. В 1927 г. Кочерин Д. И. впервые составил для Европейской части СССР карты: среднего многолетнего стока, испарения с поверхности речных бассейнов, коэффициентов стока. Ввел в практику проведения гидрологических расчетов модульные коэффициенты и создал метод вычисления изменчивости средних годовых расходов. Им были собраны и обработаны сведения по 178 снеговым и ливневым максимальным расходам рек и дана качественная и количественная их характеристика. Так же Дмитрий

Илларионович первым предложил при расчете водосливных отверстий учитывать регулирующее влияние водохранилища.

Погиб Кочерин Д. И. в возрасте сорока лет в результате аварии на железной дороге, возвращаясь из поездки в Крым.



Александр Федорович Шавин
(1927–2002 гг.)

Александр Федорович Шавин – Лауреат Государственной премии СССР, заслуженный мелиоратор Украины.

Родился Александр Федорович 15 октября 1927 г. в с. Рождествено Перемышльского района Калужской области. В 1945 г. он семнадцатилетним юношей приехал в Москву, чтобы поступить в Тимирязевскую академию. Однако судьба распорядилась иначе. Знакомство Шавина А. Ф. с деканом Московского гидромелиоративного института им. В. Р. Вильямса Третьяковым А. А. изменило его решение. В результате Александр Федорович поступил именно в этот институт. Первые годы учебы были для него очень трудными. Карточная система на продукты, ежедневные проблемы с питанием, перебои с электроэнергией усложняли студенческую жизнь Шавина А. Ф. Но, несмотря на все эти трудности, он считал время обучения в институте самой счастливой порой своей жизни, так как в этот период он смог реализовать свое неумное стремление к познанию наук, обучаться у таких выдающихся ученых как Костяков А. Н., Замарин Е. А., Шаров И. А., Потапов М. В., Агроскин И. И., Прокофьев И. П. В 1950 г. после защиты диплома

Александр Федорович был направлен в Астрахань, где работал прорабом, а затем начальником строительного участка по строительству водохранилищ и ГЭС в степной зоне Астраханской области. В 1953 г. Шавин А. Ф. направился в Крым для прохождения военной службы. После ухода в запас, сначала по рекомендации Сакского райкома комсомола его приняли на работу в сельскохозяйственный техникум, а после его упразднения – в Крымский облводхоз, где он сначала работал старшим инженером, начальником Салгирской оросительной системы, а затем заместителем начальника и начальником Крымского областного управления водного хозяйства и мелиорации (Крымводхоза). В 1963 г. в Крыму началось строительство системы Северо-Крымского канала (СКК), которое фактически стало смыслом жизни Шавина А. Ф. и его становлением как руководителя многотысячного коллектива водохозяйственных организаций, обеспечивающих развитие и освоение орошаемого земледелия в Крыму.

Следует отметить, что строительство первой очереди СКК позволило более чем в 3 раза увеличить площадь орошаемых земель, в результате чего средняя урожайность по Крымской области составила 32,4 ц/га; в степной зоне (Джанкойский, Красногвардейский районы) стали возделывать виноград, так же получило развитие рыбководство. Кроме того, следует отметить, что приход днепровской воды позволил решить многовековую проблему водоснабжения населенных пунктов Керченского полуострова.

За успешно проделанную работу по организации строительства первой очереди системы Северо-Крымского канала в 1971 г. Шавину А. Ф., а также его коллегам Концевенко А. К., Коломийцевой Л. П., Чистяковой Г. Н. и Кузьминой З. Д. было присвоено звание «Заслуженный мелиоратор Украины».

За время работы Александра Федоровича на должности начальника Крымводхоза была построена и сдана в эксплуатацию вторая очередь, составлен технический проект и начато строительство третьей очереди СКК.

В 1978 г. Шавин А. Ф. был удостоен Государственной премии СССР за участие и создание системы Северо-Крымского канала и организацию высокоэффективного освоения орошаемых земель в зоне его влияния. Кроме того, Александр Федорович был награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени; золотой, серебряной и бронзовой медалями ВДНХ за заслуги в области мелиорации.

С 1988 г. Александр Федорович являлся пенсионером республиканского значения, но до последнего дня продолжал трудиться в гидромелиорации, являясь членом редколлегии журнала «Мелиорация и водное хозяйство». Им были подготовлены и изданы книги «Орошаемое земледелие Крыма» (1989 г.) и «Орошаемое земледелие и водное хозяйство Крымской Автономной Республики» в трёх частях (1992 г.). Следует отметить, что Шавин А. Ф. сумел создать мощный кадровый потенциал, который и сегодня обеспечивает работу водохозяйственного комплекса Крыма [5].

Скончался Александр Федорович 9 марта 2002 г. в г. Симферополь.

В благодарность за его вклад в развитие водохозяйственного комплекса Крыма в г. Симферополь при входе в Государственный комитет по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым была установлена мемориальная доска.



Виктор Федорович Лемешев
(1939–2013 гг.)

Виктор Федорович Лемешев – заслуженный мелиоратор Украины, лауреат премии Совета министров и заслуженный работник агропромышленного комплекса Автономной Республики Крым.

Родился Виктор Федорович в 1939 г. в с. Кандыбино Николаевской области. Он рано потерял родителей, в 1944 г. на фронте погиб его отец, а год спустя умерла мать. Воспитанием Лемешева В. Ф. занималась бабушка. Потеря близких ему людей

закалила характер Виктора Федоровича и способствовала формированию сильной и целеустремленной личности.

В 1958 г. он окончил Каховский гидромелиоративный техникум, а в 1969 г. Украинский институт инженеров водного транспорта. Первое знакомство Виктора Федоровича с водным хозяйством Крыма состоялось в 1957 г., когда он проходил практику на строительстве Салгирской оросительной системы, именно тогда он понял, что не ошибся в выборе профессии.

Свою трудовую деятельность Лемешев В. Ф. начал в 1958 г. на должности нивелировщика. Он довольно быстро продвигался по службе и в 1962 г. был назначен на должность старшего инженера строительно-монтажного управления № 6, расположенного в с. Светиловка Полтавской области.

В 1963 г. Виктор Федорович вернулся в Крым, где участвовал в первом пуске днепровской воды на полуостров. С тех пор его жизнь была связана с Северо-Крымским каналом. «В мелиорации я прошел большую школу, и очень приятно сознавать, что столько полезных для Крыма объектов построено при моем участии», – признался спустя годы Лемешев В. Ф. в интервью журналисту газеты «Крымские известия». На строительстве системы Северо-Крымского канала Виктор Федорович прошел путь от прораба до начальника строительно-монтажного управления № 1, расположенного в пгт. Нижнегорский Крымской области. В 1975 г. его назначили на должность главного инженера Крымского областного управления мелиорации и водного хозяйства, а в 1988 г. Виктор Федорович прошел по конкурсу на должность начальника Управления мелиорации и водного хозяйства Крыма. Шли годы, менялись составы правительства и названия организации, возглавляемой Лемешевым В. Ф., самого Виктора Федоровича восемь раз отправляли в отставку, но благодаря его опыту, знаниям и умениям снова возвращали на прежнюю должность. Лемешев В. Ф. возглавлял Управление мелиорации и водного хозяйства Крыма, переименованное к тому времени в Республиканский комитет Крыма по водному хозяйству, до 2003 г.

Многие специалисты, работавшие и работающие в водохозяйственном комплексе Крыма, считают, что именно благодаря усилиям Виктора Федоровича получилось сохранить коллектив мелиораторов в годы финансовой нестабильности, последовавшие за распадом СССР, укрепить позиции орошаемого земледелия и приумножить традиции отрасли.

За добросовестный многолетний труд Лемешев В. Ф. получил множество наград (медали «За доблестный труд», ордена «Знак почета», «Дружба народов», «За заслуги» и др.) и был удостоен звания заслуженный мелиоратор Украины, лауреат премии Совета министров и заслуженный работник агропромышленного комплекса Автономной Республики Крым.

Умер Виктор Федорович Лемешев 24 августа 2013 г.



**Владимир Моисеевич Панютин
(1954–2018 гг.)**

Владимир Моисеевич Панютин – заслуженный работник водного хозяйства, который посвятил свою жизнь развитию мелиорации в Крымском регионе.

Родился Владимир Моисеевич в августе 1954 г. в г. Ровно в семье военного. Высшее образование получил в Украинском институте инженеров водного хозяйства. За успехи в учебе был удостоен Ленинской стипендии. Заочно окончил аспирантуру.

С 1980 г. Панютин В. М. начал работать в сфере водного хозяйства Крыма. За шесть лет он прошел путь от старшего инженера-гидрометра Красногвардейского управления оросительных систем до главного инженера Салгирского межрайонного управления водного хозяйства, которое он возглавил в 1986 г. и занимал эту должность на протяжении почти 30 лет.

Под его руководством строились и расширялись водохозяйственные объекты и обеспечивалась их надежная эксплуатация. Владимир Моисеевич был инициатором внедрения

новых инновационных идей. К примеру, он принимал активное участие в проекте «К интегрированному управлению водными ресурсами», проводившемся с участием зарубежных специалистов (провинция Северный Брабант, Нидерланды). В ходе этого сотрудничества для улучшения экологического состояния, восстановления и охраны вод ряда крымских водотоков был создан Бассейновый совет р. Салгир.

За добросовестный труд и вклад в развитие водохозяйственного комплекса Крыма, городов Симферополь и Алушта, Мирновского сельского поселения Панютину В. М. было присвоено звание «Заслуженный работник водного хозяйства Автономной Республики Крым» и вручены награды: почетные знаки "Почетный работник Госводхоза Украины" и "За заслуги перед Алуштой"; юбилейные медали "В память 1450-летия основания Алушты", "100-летия города Алушты", "220 лет Симферополю" и "225 лет Симферополю".

Умер Владимир Моисеевич в 2018 г.

Список литературы

1. Професори Одеського (Новоросійського) університету. – Одеса: ОНУ ім. І. І. Мечникова, 2005. – Т. 1 – С. 31–35.
2. Позаченок, Е. А. Учебное пособие по изучению дисциплины «Водные ресурсы и водное хозяйство Крыма» / Е. А. Позаченок, З. В. Тимченко. – Симферополь: ТНУ-КАПКС, 2003. – 107 с.
3. Профессора Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского / А. А. Непомнящий, Д. А. Ломакин, В. А. Грушецкая и др. – Белгород: КОНСТАНТА, 2018. – 428 с.
4. Устойчивый Крым. Водные ресурсы / Гл. ред. В. С. Тарасенко. – Симферополь: «Таврида». – 2003. – 413 с.
5. Заволодько, Н. Н. Водное хозяйство Крыма: история развития, современное состояние / Н. Н. Заволодько, З. В. Тимченко, В. А. Новик, Р. Н. Хромова. – Симферополь: Доля, 2003. – 82 с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Чистой воды на планете Земля с каждым годом становится все меньше. Это обусловлено совокупностью целого ряда факторов: увеличением численности населения, не соблюдением экологических требований, использованием неэффективных технологических решений и устаревшего оборудования, экономическим кризисом, человеческим менталитетом и т. п. Понимание того, что эту проблему необходимо решать, так как без воды нет будущего, сформировалось у мировой общественности еще в конце XX века. Сейчас одной из основных задач устойчивого развития на период до 2030 г. на Международном уровне признано обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех.

Республика Крым является одним из самых маловодообеспеченных регионов Российской Федерации. Прекращение поставок воды от внешнего водоисточника в совокупности с использованием изношенного оборудования, устаревших технологий в водохозяйственной сфере, низкой культурой водопользования, потребительского отношения к воде и водным объектам привели к ухудшению социально-экономической и водно-экологической обстановки на Крымском полуострове.

В книге «Водные ресурсы – основа устойчивого развития Крыма» приведена информация о современном состоянии водохозяйственного комплекса региона (водные объекты, их использование, структура управления), предпринятых действиях, направленных на снижение негативного воздействия дефицита водных ресурсов; затронута проблема качества питьевой воды; приведены Международный опыт по управлению водными ресурсами и план действий по достижению устойчивого водопользования в Республике Крым, включая развитие орошаемого земледелия.

В целом на территории региона необходимо продолжить осуществление начатых еще в 2014 г. мероприятий, направленных на более рациональное использование водных ресурсов (замена сетей коммунального водоснабжения, переход на капельный полив и т. п.) и улучшение экологического состояния водных объектов (реконструкция канализационных очистных сооружений; расчистка русел рек и др.), но при этом следует уделить внимание техническому состоянию водоаккумулирующих, водотранспортирующих, коллекторно-дренажных систем, повышению экономической эффективности орошения за счет использования водосберегающих

технологий и всех располагаемых источников воды, включая альтернативные.

По мнению авторов данной книги, поставленные задачи вполне выполнимы при тесном сотрудничестве властей, ученых, специалистов водного сектора, различных групп водопользователей и общественности.

Приложение А
Пруды бассейна р. Бештерек

ПРИЛОЖЕНИЯ



Рисунок А.1 - Пруд 158к Симферопольского района

Таблица А.1

Общие характеристики пруда 158к

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Год строительства | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 44°56.892 | 34°17.981 | 0,70 | 7,60 | 1960 | орошение |

Таблица А.2

Качественные показатели аккумулируемого стока пруда 158к

| Дата обследования | Температура воды, °С | Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³ | Минерализация, мг/дм ³ | рН |
|-------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-----|
| 15.05.2019 | 12,9 | 10,4 | 214,0 | но* |

*Примечание. * не определялось.*



Рисунок А.2 – Пруд 83р Симферопольского района



Рисунок А.3 – Пруд 156к Симферопольского района

Таблица А.3

Общие характеристики пруда 83р

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Год строительства | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 44°58.801 | 34°16.479 | 0,50 | 13,35 | 1964 | орошение |

Таблица А.4

Качественные показатели аккумулируемого стока пруда 83р

| Дата обследования | Температура воды, °С | Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³ | Минерализация, мг/дм ³ | рН |
|-------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-----|
| 15.05.2019 | 18,6 | 8,9 | 293,0 | но* |

Примечание. * не определялось.

Таблица А.5

Общие характеристики пруда 156к

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Год строительства | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 44°59.098 | 34°16.099 | 0,04 | 0,75 | 1985 | орошение |



Рисунок А.4 – Пруд 154к Симферопольского района



Рисунок А.5 – Пруд 84р Симферопольского района

Таблица А.6

Общие характеристики пруда 154к

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Год строительства | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 45°00.436 | 34°15.389 | 0,24 | 2,40 | 1963 | перекачка воды |

Таблица А.7

Качественные показатели аккумулируемого стока пруда 154к

| Дата обследования | Температура воды, °С | Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³ | Минерализация, мг/дм ³ | рН |
|-------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-----|
| 15.05.2019 | 17,1 | 10,7 | 372,0 | но* |

Примечание. * не определялось

Таблица А.8

Общие характеристики пруда 84р

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Год строительства | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 45°00.897 | 34°14.163 | 8,49 | 344,28 | 1986 | орошение |

Таблица А.9

Качественные показатели аккумулируемого стока пруда 84р

| Дата обследования | Температура воды, °С | Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³ | Минерализация, мг/дм ³ | рН |
|-------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-----|
| 15.05.2019 | 19,6 | 10,1 | 375,0 | 7,8 |

Таблица А.10

Солевой состав воды пруда 84р, мг/дм³

| Ионно-катионный состав | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------------|
| HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | NH ₄ ⁺ |
| 225,7 | 15,3 | 90,4 | 1,06 | 76,0 | 26,4 | 50,0 | но* |

Примечание. * не определялось.



Рисунок А.6 – Пруд 166к Симферопольского района



Рисунок А.7 – Пруд 165к Симферопольского района

Таблица А.11

Общие характеристики пруда 166к

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Год строительства | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 45°02.243 | 34°12.676 | 1,04 | 37,63 | 1982 | орошение |

Таблица А.12

Качественные показатели аккумулируемого стока пруда 166к

| Дата обследования | Температура воды, °С | Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³ | Минерализация, мг/дм ³ | рН |
|-------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-----|
| 17.05.2019 | 20,4 | 8,9 | 250,0 | но* |

Примечание. * не определялось.

Таблица А.13

Общие характеристики пруда 165к

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Год строительства | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 45°02.252 | 34°12.656 | 2,55 | 108,70 | 1982 | орошение |



Рисунок А.8 – Пруд 87р Симферопольского района



Рисунок А.9 – Пруд 88р Симферопольского района

Таблица А.14

Общие характеристики пруда 87р

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Год строительства | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 45°05.557 | 34°12.080 | 11,50 | 390,00 | 1962 | орошение |

Таблица А.15

Качественные показатели аккумулируемого стока пруда 87р

| Дата обследования | Температура воды, °С | Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³ | Минерализация, мг/дм ³ | рН |
|-------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-----|
| 15.05.2019 | 21,7 | 9,2 | 480,0 | 7,6 |

Таблица А.16

Соле шшвой состав воды пруда 87р, мг/дм³

| Ионно-катионный состав | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------------|
| HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | NH ₄ ⁺ |
| 393,4 | 68,2 | 40,0 | 2,9 | 64,0 | 26,9 | 77,9 | 0,1 |

Таблица А.17

Общие характеристики пруда 88р

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Год строительства | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 45°08.084 | 34°11.302 | 2,30 | 35,00 | 1988 | орошение |

Таблица А.18

Качественные показатели аккумулируемого стока пруда 88р

| Дата обследования | Температура воды, °С | Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³ | Минерализация, мг/дм ³ | рН |
|-------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-----|
| 15.05.2019 | 20,1 | 9,0 | 480,0 | 7,9 |

Таблица А.19

Солевой состав воды пруда 88р, мг/дм³

| Ионно-катионный состав | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------------|
| HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | NH ₄ ⁺ |
| 219,6 | 34,1 | 170,0 | 3,1 | 76,0 | 7,84 | 81,4 | 0,1 |



Рисунок А.10 – Пруд 89р Симферопольского района



Рисунок А.11 – Пруд 90р Симферопольского района

Таблица А.20

Общие характеристики пруда 89р

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Год строительства | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 45°08.711 | 34°11.285 | 2,70 | 135,00 | 1986 | хозяйственные нужды |

Таблица А.21

Качественные показатели аккумулируемого стока пруда 89р

| Дата обследования | Температура воды, °С | Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³ | Минерализация, мг/дм ³ | рН |
|-------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-----|
| 15.05.2019 | 23,8 | 9,3 | 385,2 | 7,7 |

Таблица А.22

Солевой состав воды пруда 89р, мг/дм³

| Ионно-катионный состав | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------------|
| HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | NH ₄ ⁺ |
| 220,2 | 61,3 | 140,0 | 1,1 | 54,0 | 3,3 | 88,5 | 0,3 |

Таблица А.23

Общие характеристики пруда 90р

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Год строительства | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 45°09.146 | 34°11.437 | 3,60 | 180,00 | 1986 | орошение |

Таблица А.24

Качественные показатели аккумулируемого стока пруда 90р

| Дата обследования | Температура воды, °С | Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³ | Минерализация, мг/дм ³ | рН |
|-------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-----|
| 15.05.2019 | 21,7 | 9,2 | 510,0 | 7,9 |
| 26.07.2019 | 25,9 | 7,3 | 345,0 | но* |

Примечание. * не определялось.

Таблица А.25

Солевой состав воды пруда 90р, мг/дм³

| Ионно-катионный состав | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------------|
| HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | NH ₄ ⁺ |
| 222,6 | 52,8 | 170,0 | 1,1 | 78,0 | 10,1 | 88,5 | 0,1 |

Приложение Б
Пруды бассейна р. Абдалка



Рисунок Б.1 – Пруд 12р, г. Симферополь

Общие характеристики пруда 12р

Таблица Б.1

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Собственник | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 44°59.038 | 34°10.983 | 0,03 | 2,00 | РФ | рекреация |

Качественные показатели аккумулируемого стока пруда 12р

Таблица Б.2

| Дата обследования | Температура воды, °С | Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³ | Минерализация, мг/дм ³ | рН |
|-------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-----|
| 30.04.2019 | 13,7 | 9,6 | 540,0 | 7,7 |

Солевой состав воды пруда 12р, мг/дм³

Таблица Б.3

| Ионно-катионный состав | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------------|
| HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | NH ₄ ⁺ |
| 286,0 | 30,6 | 112,5 | 9,4 | 164,0 | 14,6 | 63,7 | следы |



Рисунок Б.2 – Пруд 13р, г. Симферополь

Общие характеристики пруда 13р

Таблица Б.4

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Собственник | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 44°59.143 | 34°10.859 | 0,20 | 3,00 | РФ | рекреация |

Качественные показатели аккумулируемого стока пруда 13р

Таблица Б.5

| Дата обследования | Температура воды, °С | Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³ | Минерализация, мг/дм ³ | рН |
|-------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-----|
| 30.04.2019 | 15,5 | 9,3 | 553,0 | 7,7 |

Солевой состав воды пруда 13р, мг/дм³

Таблица Б.6

| Ионно-катионный состав | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------------|
| HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | NH ₄ ⁺ |
| 314 | 35,8 | 114,7 | 17,0 | 138,0 | 21,3 | 67,3 | 0,1 |



Рисунок Б.3 – Пруд 14р, г. Симферополь

Таблица Б.7

Общие характеристики пруда 14р

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Собственник | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 44°59.297 | 34°10.594 | 3,00 | 75,00 | РФ | рекреация |



Рисунок Б.4 – Пруд 15р, г. Симферополь

Таблица Б.8

Общие характеристики пруда 15р

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Собственник | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 44°58.927 | 34°07.909 | 5,30 | 45,00 | РФ | рекреация |

Таблица Б.9

Качественные показатели аккумулируемого стока пруда 15р

| Дата обследования | Температура воды, °С | Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³ | Минерализация, мг/дм ³ | рН |
|-------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-----|
| 30.04.2019 | 16,8 | 9,0 | 780,0 | 7,7 |

Таблица Б.10

Солевой состав воды пруда 15р, мг/дм³

| Ионно-катионный состав | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------------|
| HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | NH ₄ ⁺ |
| 317,0 | 71,6 | 244,8 | 12,1 | 140,0 | 21,3 | 127,4 | 0,1 |



Рисунок Б.5 – Пруд 16р, г. Симферополь

Таблица Б.11

Общие характеристики пруда 16р

| Координаты | | Площадь водного зеркала при НПУ, га | Объем наполнения при НПУ, тыс. м ³ | Собственник | Проектное назначение |
|------------|-----------|-------------------------------------|---|-------------|----------------------|
| долгота | широта | | | | |
| 44°58.780 | 34°07.787 | 1,60 | 46,00 | РФ | рекреация |

Таблица Б.12

Качественные показатели аккумулируемого стока пруда 16р

| Дата обследования | Температура воды, °С | Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³ | Минерализация, мг/дм ³ | рН |
|-------------------|----------------------|--|-----------------------------------|-----|
| 30.04.2019 | 15,9 | 9,3 | 772,0 | 7,8 |

Таблица Б.13

Солевой состав воды пруда 16р, мг/дм³

| Ионно-катионный состав | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------------------|
| HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | NH ₄ ⁺ |
| 311,0 | 76,7 | 224,9 | 12,0 | 154,0 | 19,0 | 127,4 | 0,1 |

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Вайль И. В., председатель Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым.

Волкова Н. Е., старший научный сотрудник ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Гусева В. Н., ведущий специалист Управления эксплуатации каналов и мелиоративных систем Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым

Джапарова А. М., специалист ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Дунаева Е. А., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая Отделом мониторинга и моделирования агроэкосистем, заместитель директора по научно-инвестиционной и технологической деятельности ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Захаров Р. Ю., кандидат технических наук, заведующий кафедрой Природообустройства и водопользования ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».

Зубоченко А. А., заведующая лабораторией агрохимических исследований ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Иванютин Н. М., научный сотрудник ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Ковалев Н. И., кандидат технических наук, заведующий лабораторией ядерно-химических технологий и радиационно-технологического контроля ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Кременской В. И., научный сотрудник ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Паштецкий В. С., член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Подвалова С. В., младший научный сотрудник ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Попович В. В., научный сотрудник ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Для заметок

Тарасенко В. С., доктор геолого-минералогических наук, профессор, советник администрации ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Умерова Л. Р., младший научный сотрудник ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Юнчик Ю. А., младший научный сотрудник ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Научное издание

**ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ - ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО
РАЗВИТИЯ КРЫМА**

Коллективная монография

Под редакцией: чл.-корр. РАН, д. с.-х. н. Паищецкого В. С.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 12,56. Печ. л. 8,84.
Знаков с пробелами 353 678. Знаков без пробелов 310 354. Тираж 500 экз.

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТИПОГРАФИЯ «АРИАЛ»
295015, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Севастопольская, 31-а/2,
тел.: +7 978 71 72 901, e-mail: it.arial@yandex.ru, www.arial.3652.ru

Отпечатано с оригинал-макета в типографии «ИТ «АРИАЛ»
295015, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Севастопольская, 31-а/2,
тел.: +7 978 71 72 901, e-mail: it.arial@yandex.ru, www.arial.3652.ru

В книге представлен обобщенный анализ фактической обстановки в водохозяйственном комплексе Республики Крым и предложены подходы достижения рационально организованного процесса водопользования, учитывающие природно-климатические, социально-экономические особенности региона.

Монография предназначена для широкого круга читателей: преподавателей, студентов, специалистов, работающих в сфере водного и сельского хозяйства, а также тех, кто интересуется вопросами рационального использования и охраны земельных и водных ресурсов.

