



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ имени А.Н. Костякова»  
(ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»)

25-695 т.1

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ ОБОСНОВАНИЮ МЕЛИОРАЦИИ,  
ЭФФЕКТИВНОГО ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЗЕМЛЯХ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

ТОМ 1

25-00695





**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ГИДРОТЕХНИКИ И  
МЕЛИОРАЦИИ имени А.Н. КОСТЯКОВА»  
(ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГИМ им. А.Н. КОСТЯКОВА»)**

---

**НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ МЕЛИОРАЦИИ,  
ЭФФЕКТИВНОГО ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ  
НА ЗЕМЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КРЫМ**

**ТОМ 1**

Москва 2024

УДК 550.47; 626.87; 631.6; 556.18z  
ББК 26.821,45+40.6  
DOI 10.37738/VNIIGIM.2024.67.95.001  
ISBN 978-5-907464-94-0

Шевченко В.А., Максимов С.А., Кирейчева Л.В., Исаева С.Д., Дедова Э.Б., Бондарева Г.И., Добрачев Ю.П., Храбров М.Ю., Щербаков А.О., Бубер А.Л., Корнеев И.В., Яшин В.М., Головинов Е.Э., Данильченко А.Н., Стрельбицкая Е.Б., Жезмер В.Б., Ангольд Е.В., Рогачев Д.А., Бубер А.А., Губин В.К., Попова Н.П., Масляник В.И., Дунаева Е.А., Волкова Н.Е., Попович В.Ф., Научные подходы обоснованию мелиорации, эффективного водораспределения и водопользования на землях сельскохозяйственного назначения Республики Крым. Том 1. Под научной редакцией доктора технических наук, доцента Максимова С.А. /Шевченко В.А., Максимов С.А., Кирейчева Л.В., Исаева С.Д., Дедова Э.Б. и др./; ФГБНУ ФНЦ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова». 2024. 504с.

Настоящая работа посвящена развитию научного подхода к обоснованию мелиорации, эффективного водораспределения и водопользования на землях сельскохозяйственного назначения Республики Крым.

Продовольственная безопасность России зависит от интенсификации аграрного производства, которая обеспечивается путём осуществления мелиорации земель. Продуктивность сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях значительно выше, чем на богаре. Орошаемое земледелие обеспечивает стабильные и высокие урожаи даже в годы с экстремальными метеорологическими условиями. Республика Крым (РК) является одним из важных регионов Российской Федерации. Экономическое состояние Крыма зависит от аграрного сектора. Основная проблема развития орошаемого земледелия в Крыму заключается в дефиците водных ресурсов, который обусловлен географическими особенностями Крыма, несовершенством водохозяйственной инфраструктуры и системы управления водными ресурсами. Ухудшение качества воды, экологическое состояние орошаемых земель, а также угроза проявления негативных природных явлений требуют особого внимания. Цель работы - разработать научно-методическое обоснование и определить перспективы снижения дефицита водных ресурсов Республики Крым для эффективного обеспечения водой орошаемых земель сельскохозяйственного назначения с учётом использования нормативно-очищенных сточных вод.

Монография является итогом работы, выполненной коллективом авторов в 2023г по государственному контракту «Разработка научно-методического обоснования и определение перспективы снижения дефицита водных ресурсов Республики Крым для эффективного обеспечения водой орошаемых земель сельскохозяйственного назначения с учётом использования нормативно-очищенных сточных вод».

**В.А. Шевченко**, Директор ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Академик РАН, д.с.-х.н., гл. науч. сотр. проф. Научное руководство, организация исследований, заключение; **С.А. Максимов**, зав. отделом мелиорации земель, гл. науч. сотр. ФГБНУ ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, д.т.н., доцент, научное руководство, организация исследований, сбор и анализ информации, методы исследования, заключение. ТОМ 1 — Раздел 1, П 1.1; Раздел 2, П 2.2, П 2.3; Раздел 3, П 3.2; Раздел 4, П 4.5; Раздел 5, П 5.2; Раздел 6, П 6.2; Приложение А (ТОМ 1). ТОМ 2 — Раздел 7, П 7.2; Раздел 8, П 8.2, П 8.3; Раздел 9, П 9.1, П 9.3, П 9.4; Раздел 10, П 10.4, П 10.5, П 10.7; ЗАКЛЮЧЕНИЕ; Приложение А (ТОМ 1); **Л.В. Кирейчева**, научный руководитель направления, зав. отделом природоохранных и информационных технологий, д.т.н., гл. науч. сотр. ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», профессор, исследования, ТОМ 1 — Раздел 3, П 3.2; Раздел 4, П 4.1, П 4.4; ТОМ 2 — Раздел 7, П 7.1; ЗАКЛЮЧЕНИЕ; Приложение А (ТОМ 2); **С.Д. Исаева**, зав. отделом экосистемного водопользования и экономики, гл. науч. сотр. ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», д-р техн.

## СОДЕРЖАНИЕ

1 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ, АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПОЛУОСТРОВА, СОСТОЯНИЕ МЕЛИОРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ И ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕЛИОРАТИВНОГО, ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА, РЕСПУБЛИКИ КРЫМ.....	9
1.1 Природные условия Республики Крым. Агроклиматическое районирование территории полуострова, состояние мелируемых земель и основных элементов мелиоративного .....	9
1.1.1 Географическое описание .....	9
1.1.2 Почвы Крыма. Агрохимические и водно-физические свойства почв, бонитет сельхозугодий, бонитет пашни, индекс почвенного плодородия .....	14
1.1.2.1 Управление плодородием почв и мелиорация .....	25
1.1.3 Агроклиматические факторы: Коэффициент увлажнения, ГТК, биоклиматический потенциал.....	27
1.1.4 Гидрографическое районирование территории Республики Крым.....	35
1.1.5 Оценка водообеспеченности сельскохозяйственных земель в аридной зоне Крыма.....	40
1.2 Водное хозяйство Республики Крым.....	43
1.2.1 Водохозяйственная инфраструктура Крыма.....	44
1.2.1.1 Характеристики регулирующих ёмкостей и систем распределения речного стока.....	44
1.2.1.2 Характеристики трактов водоподачи .....	47
1.2.2 Использование водных ресурсов по отраслям экономики.....	48
1.2.2.1 Оценка потребности Республики Крым в пресной воде на современный расчётный и перспективный (до 2030 г.) уровни развития .....	64
1.2.3 Орошаемое земледелие Республики Крым.....	66
1.2.3.1 Состояние оросительных систем Крыма .....	66
1.2.3.2 Состояние мелиорируемых земель .....	71
1.2.3.3 Состояние орошаемого земледелия республики крым в связи с острым дефицитом водных ресурсов .....	72
1.2.3.4 Проблемы водообеспечения сельскохозяйственной отрасли Крыма.....	72
2 МЕТОДИКА ВОДНО-БАЛАНСОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И СОСТАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ СХЕМ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ И ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ.....	81
2.1 Методика водно-балансовых исследований и составление комплексных схем развития мелиорации и интегрированного управления водными ресурсами Республики Крым .....	81
2.1.1 Методика водно-балансовых исследований .....	81
2.2 Использование нормативно-очищенных сточных вод на основе действующих территориальных схем комплексного использования и охраны вод .....	104
2.2.1 Оценка экологического состояния вод речного бассейна Республики Крым .....	105

2.2.2 Экологическое состояние водных объектов и методы его оценки .....	106
2.3 Экологически обоснованные параметры дифференцированных режимов орошения основных сельскохозяйственных культур степной и сухостепной зон, учитывающие экологически безопасный уровень грунтовых вод на орошаемых землях, влагообеспеченность и урожайность сельскохозяйственных культур. 120	
2.3.1 Достоковые поливные нормы при дождевании .....	122
2.3.2 Расчет объемов водопотребления орошаемых земель.....	127
2.3.3 Расчёт водообмена в почве .....	129
2.3.4 Определение составляющих баланса поверхностных и почвенных вод..	136
<b>3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДООБОРОТА НА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ.....</b>	<b>143</b>
3.1 Технические предложения по повышению эффективности и экологической безопасности использования водных ресурсов при реализации технологий водооборота на гидромелиоративных системах.....	143
3.1.1.1 Обзор схем и конструкций гидротехнических сооружений на мелиоративных системах по задержанию поверхностного и подземного стока при реализации технологий водооборота на гидромелиоративных системах ..	146
3.1.2 Сооружения по снижению загрязнения водных ресурсов стоками с мелиорируемых земель и сельскохозяйственных территорий.....	159
3.1.3 Совершенствование работы сооружений по очистке сточных вод для нужд орошения с использованием современных средств цифровизации .....	166
3.2 Конструкции водооборотных оросительных систем и систем биологической очистки сточных вод с предприятий пищевой промышленности и орошаемых земель.....	170
3.2.1 Конструкции водооборотных оросительных систем и систем биологической очистки сточных вод.....	170
3.3 Очистка сточных вод в различных отраслях Республики Крым .....	188
3.3.1 Очистка сточных вод плодоовощной промышленности .....	188
3.3.2 Очистка сточных вод мясной промышленности .....	189
3.3.3 Очистка сточных вод рыбоперерабатывающей промышленности .....	192
3.3.4 Очистка сточных вод предприятий молочной промышленности .....	193
3.3.5 Очистка сточных вод хлебопекарной и кондитерской промышленности 196	
3.3.6 Очистка сточных вод винодельческой промышленности .....	198
3.3.7 Очистка жёстких и высокоминерализованных вод для условий Республики Крым .....	199
<b>4 МЕТОДИКА, АЛГОРИТМЫ И МОДЕЛИ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ, КАК ЕДИНАЯ СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И МЕЖХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ.....</b>	<b>220</b>
4.1. Определение цели управления и структура системы управления процессом планирования водопользования .....	225

4.1.1	Конструкция Северо-Крымского магистрального канала.....	225
4.1.2	Диспетчеризация Северо-Крымского магистрального канала .....	230
4.1.3	Водоучёт на СКК .....	230
4.1.4	Водопользователи.....	231
4.1.5	Использование орошаемых земель в зоне северо-крымского канала.....	234
4.1.6	Режим орошения.....	236
4.1.7	Водохранилища системы водоснабжения и обводнения Керченского полуострова.....	238
4.1.8	Потери воды из Северо-Крымского канала .....	242
4.1.9	Испарение с водной поверхности СКК.....	242
4.1.10	Примерный план-график распределения воды Северо-Крымского канала .....	243
4.1.11	Режим уровней Каховского водохранилища.....	244
4.1.12	Гидротехнические сооружения.....	245
4.2	Схемы функционирования системы управления водопользованием на оросительных системах .....	247
4.2.1	Структура и основные функции управления в области использования и охраны водных ресурсов крима при орошении .....	247
4.2.2	Геоинформационная веб-система поддержки принятия решений по интегральному управлению мелиоративно-водохозяйственным комплексом Республики Крым .....	256
4.2.3	Схемы функционирования системы управления водопользованием на межхозяйственной водораспределительной сети .....	259
4.2.3.1	Анализ причин образования непроизводительных сбросов воды .....	259
4.2.3.2	Автоматизация водораспределения .....	261
4.3	Алгоритмы оптимизации внутрихозяйственного водопользования и межхозяйственного водораспределения в условиях дефицита водных и энергетических ресурсов .....	261
4.3.1	Анализ исследований и публикаций, содержательная постановка задачи .....	261
4.3.2	Разработка гидродинамической модели управления водными ресурсами Северо-Крымского канала .....	268
4.3.2.1	Исходные данные для разработки гидродинамической модели.....	268
4.3.2.2	База исходных данных для гидродинамического моделирования .....	268
4.3.2.3	Описание структуры гидродинамической модели.....	279
4.3.2.4	Управление водозаборными сооружениями на СКК .....	288
4.4	Математическое и информационное обеспечение по задачам проектного и оперативного планирования водопользования для внутрихозяйственной оросительной сети и межхозяйственных оросительных систем .....	296
4.4.1	Рациональное планирование межхозяйственного водораспределения и управления водопользования на внутрихозяйственном уровне .....	296
4.4.2	Моделирование системного водораспределения в условиях дефицита водных ресурсов .....	309

4.4.2.1 Экономико-математическая модель оптимального распределения ограниченных водных ресурсов на межхозяйственных оросительных системах .....	309
4.4.2.2 Учёт стохастичности при моделировании системного водораспределения в условиях дефицита водных ресурсов .....	313
4.5 Методика анализа альтернативных вариантов использования водных ресурсов при орошении, с учётом тепло-влагообеспеченности вегетационного периода, дефицита водных ресурсов и планов водопользования сельскохозяйственных товаропроизводителей .....	317
<b>5 МЕТОДИКА И ПРОГРАММА ДЛЯ МНОГОФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ СХЕМ ВОДНО-РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА, С УЧЁТОМ ТЕПЛО-ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА, ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ, ВКЛЮЧАЯ ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОРМАТИВНО-ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ОРОШЕНИИ .....</b>	<b>330</b>
5.1 Многофакторный анализ и экспертная оценка альтернативных моделей водно-ресурсного обеспечения мелиоративного комплекса .....	331
5.1.1 Информационное обеспечение многофакторного анализа эффективности использования водных ресурсов .....	331
5.1.1.1 Методика и программа для многофакторного анализа эффективности использования водных ресурсов .....	331
5.1.1.2 Вопросы принятия решений по оптимизации использования ресурса ..	331
5.1.1.3 Методика проведения исследований и инструментальные аспекты исследований .....	335
5.1.1.4 Описание технологии управления поливами с помощью ИС .....	335
5.1.1.5 Имитационная модель роста растений .....	348
5.1.1.6 Подготовка входной информации для модели яровой пшеницы .....	348
5.1.1.7 Адаптация моделей яровой пшеницы и озимой пшеницы и проверка адекватности её функционирования .....	358
5.1.1.8 Результаты численных экспериментов и построение производственных функций .....	359
5.1.1.9 Расчёт доз вносимых удобрений под планируемый урожай .....	368
5.1.2 Выводы .....	369
5.2 Оценка различных вариантов схем водно-ресурсного обеспечения мелиоративного комплекса с учётом тепло-влагообеспеченности вегетационного периода, дефицита водных ресурсов, включая варианты использования нормативно-очищенных сточных вод при орошении .....	371
<b>6 МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ СЦЕНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ .....</b>	<b>389</b>
6.1 Исследования водообеспечения и водопользования на мелиоративных системах Республики Крым .....	389
6.1.1 Системное решение проблемы водообеспеченности объектов мелиоративного комплекса .....	389

6.1.2 Структура базы данных региональной схемы водообеспечения.....	392
6.1.2.1 Система управления базой данных (СУБД) .....	392
6.1.2.2 Оценка показателей забора (изъятия) водных ресурсов из водоисточника для нужд оросительных мелиораций и стоимости затрат на реконструкцию и ремонт элементов гидромелиоративной системы.....	396
6.1.2.3 Оценка показателей требований и забора (изъятия) водных ресурсов из водоисточника для нужд оросительных мелиораций.....	398
6.1.3 Оценка показателей стоимости затрат при реконструкции или ремонте элементов гидромелиоративной системы .....	399
6.1.4 Предварительная оценка работоспособности и эксплуатационной надежности Северо-Крымского канала на основании проведенного обследования.....	404
6.1.4.1 Организационная структура и проектные показатели эксплуатационных характеристик Северо-Крымского канала .....	405
6.1.4.2 Правила эксплуатации .....	411
6.1.4.3 Ремонтные работы.....	414
6.1.4.4 Насосы.....	417
6.1.4.5 Трасса Северо-Крымского канала.....	424
6.1.4.6 Водоучёт .....	425
6.1.4.7 Потери воды из Северо-Крымского канала .....	427
6.1.5 Выводы к подразделу .....	428
6.1.6 Исследования водообеспечения и водопользования на мелиоративных системах Республики Крым.....	428
6.2 Методы нормирования орошения.....	432
6.2.1 Научное обоснование режимов орошения.....	437
6.2.2 Проектные режимы орошения .....	441
6.2.3 Пример расчёта проектного режима орошения для условий степного Крыма на примере севооборотного участка на объекте представителе (ООО «Дружба народов» Красногвардейского района Республики Крым).....	448
6.2.4 Эксплуатационные режимы орошения. оперативное управление поливами .....	461
6.3 Планирование внутриводного водопользования и межхозяйственного водораспределения, с учётом дифференциации природно-климатических зон и водного баланса территории Республики Крым .....	464
6.3.1 Цель планирования водопользования .....	464
6.3.2 Принципы планового водопользования .....	468
6.3.3 Системные и внутриводные планы водопользования .....	469
6.3.4 Определение исходных материалов для планирования водопользования в пределах гидромелиоративной системы, ее части, орошаемого участка.....	471
6.3.5 Влияние особенностей природно-климатических условий и формирования водного баланса на планирование внутриводного водопользования и межхозяйственного водораспределения в условиях Крымского полуострова .....	473
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ .....	478
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	496