

ISSN 2313-2248

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал

Выпуск № 3(75)/2019

Новочеркасск

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал
ФГБНУ «РосНИИПМ»
Издается с июня 1978 года
Выходит четыре раза в год

Выпуск № 3(75)/2019

Июль – сентябрь 2019 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор – академик РАН, доктор технических наук, профессор В. Н. Щедрин

Заместитель главного редактора – доктор сельскохозяйственных наук А. Н. Бабичев

Ответственный секретарь – Л. И. Юрина

Редакторы: доктор технических наук, профессор А. В. Колганов; доктор технических наук, профессор Ю. М. Косиченко; доктор сельскохозяйственных наук, профессор Г. Т. Балакай; доктор технических наук Ю. Ф. Снопич; кандидат технических наук А. А. Чураев; чл.-кор. РАН, доктор технических наук, профессор НИМИ им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ В. И. Ольгаренко; кандидат технических наук О. А. Баев; кандидат физико-математических наук М. В. Власов; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент В. Д. Гостищев; кандидат сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаева; кандидат технических наук Ю. Е. Домашенко; кандидат технических наук С. Л. Жук; кандидат технических наук А. Л. Кожанов; кандидат технических наук А. А. Кузьмичёв; кандидат технических наук, доцент С. А. Манжина; кандидат сельскохозяйственных наук В. А. Монастырский; кандидат технических наук В. Иг. Ольгаренко; кандидат технических наук В. В. Слабунов; кандидат технических наук, доцент А. И. Тищенко; кандидат технических наук А. С. Штанько; кандидат сельскохозяйственных наук Р. Е. Юркова

Технический редактор, выпускающий – Е. А. Бабичева

Литературный редактор – А. И. Литовченко

Переводчик – В. В. Кульгавюк

Адрес редакции: 346421, Ростовская область,
г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190

Тел./факс: (8635) 26-86-24
<http://www.rosniipm.ru/ppeoz>
e-mail: transfer-rosniipm@yandex.ru

**Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
Свидетельство ПИ № ФС 77-61083 от 19 марта 2015 г.**

Подписано в печать 16.09.2019. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 17,1. Тираж 500 экз. Заказ № 31

ФГБНУ «РосНИИПМ»
346421, Ростовская область,
г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190

Отпечатано ИП Белоусов А. Ю.
346421, Ростовская область,
г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190 «Е»

ISSN 2313-2248



9 772313 224008

Дата выхода в свет 30.09.2019
Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ

Научно-практическая конференция «Актуальные проблемы мелиорации», посвященная Дню поля – 2019

VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации»

Васильев С. М., Ляшков М. А., Домашенко Ю. Е. Пути решения проблемы регулирования водных ресурсов в контуре оросительной системы	5
Штанько А. С., Шкура В. Н. Водозаборное сооружение из канала для капельных оросительных систем	9
Митяева Л. А. Инновационные подходы при агрохимическом обследовании земель сельскохозяйственного назначения	15
Лыгов М. Н. О возможностях регулирования качества плодов томата при капельном орошении электролизованной водой	19
Слабунова А. В., Клишин И. В. Техническое состояние оросительных систем Ростовской области	24
Назарова М. В. Температура в почвенном слое на лесомелиорируемой территории при наличии и отсутствии растительного экрана на поверхности почвы.....	29
Рыжаков А. Н., Мартынов Д. В. К вопросу проектирования и строительства рыбоходно-нерестового канала Кочетовского гидроузла	32
Абраменко И. П., Белковский Р. Б., Решетняков Д. А. Организационно-экономические инструменты повышения эффективности водохозяйственного комплекса на региональном уровне.....	37
Чернявский Ю. В., Турко С. Ю. Инвестиции в лесомелиорацию в засушливых зонах Европейской территории России.....	41
Филимонова В. М., Чураев А. А. Определение коэффициента полезного действия по расчетным участкам канала Р-1 Райгородской оросительной системы.....	44
Манжина С. А., Ванеева П. Д., Куприянова С. В. Возможности использования метода экспертных оценок для определения эффективности нормативно-методической документации в мелиоративном секторе АПК РФ.....	48
Чембарисов Э. И., Рахимова М. Н., Мирзакобулов Ж. Б., Шодиев С. Р. Мелиоративные характеристики коллекторно-дренажных вод Сырдарьинской области Узбекистана	54
Пономаренко Т. С., Бреева А. В., Ковалев С. В. Результаты проведения верификации цифровой гидродинамической модели на примере реки Кундрючья.....	59
Лыгов М. Н. К вопросу об оптимальной организации функциональных комплексов системы мониторинга и управления орошением	64
Нецепляев Д. А., Коржов В. И., Гонзалез-Гальего М. Р., Белоусов А. А. Автоматизация моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций	70
Азизов О. Р., Газарян А. С., Насырова Н. Р., Исмаилов Н. М. Повышение безопасности сопрягающих сооружений насосных станций с переходными процессами.....	74

Пономаренко Т. С., Кузьмичёв А. А., Бреева А. В. Гидрологическая характеристика бассейна реки Салгир.....	78
Медведева Л. Н. Конвергентная платформа SMART AGRICULTURE – драйвер развития инноваций, создания научно-образовательного центра Land reclamation – in the name of the future и виртуального мелиоративного парка.....	84
Бубер А. А., Федотова Е. В. Методы оценки диффузного загрязнения водного объекта – р. Малый Караман.....	91
Шевченко А. В., Штанько А. С. Повышение точности определения параметров кривой, характеризующей впитывающую способность почвы.....	97
Митяева Л. А., Ляшков М. А., Домашенко Ю. Е., Васильев С. М. Оценка солевого состава чернозема обыкновенного после полива сточными водами различного качества в лабораторных условиях.....	106

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Штанько А. С., Шкура В. Н. Параметры корневых систем яблони сорта Айдаред, произрастающей на черноземах Ростовской области.....	111
Кожанов А. Л. Нормативно-техническое обеспечение проектирования мелиоративных систем двойного регулирования водного режима почв.....	116

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Слабунов В. В., Воеводин О. В. Анализ правовой и нормативной документации в области использования и формирования фонда типовой проектной документации мелиоративных объектов.....	121
Воеводин О. В., Слабунов В. В. Современное состояние фонда и обеспечивающих ресурсов типовой проектной документации мелиоративных объектов.....	126
Слабунова А. В., Клишин И. В. Анализ нормативного обеспечения и технического состояния мелиоративных объектов РФ.....	131

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Гаевая Э. А. Элементы агротехнологии возделывания ярового ячменя в почвозащитных севооборотах.....	137
Гринько А. В., Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Приемы возделывания нута в условиях Ростовской области.....	143

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ

Научно-практическая конференция «Актуальные проблемы мелиорации», посвященная Дню поля – 2019

VI Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации»

УДК 626.81

С. М. Васильев, М. А. Ляшков, Ю. Е. Домашенко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В КОНТУРЕ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

В данной статье проведен анализ проблемы регулирования водных ресурсов на оросительной системе и определены пути ее решения в условиях дефицита водных ресурсов. Выявлен ряд факторов, вызывающих дефицит водных ресурсов. Определены направления, обеспечивающие повышение эффективности использования орошаемых земель и создание благоприятной экологической обстановки.

Ключевые слова: водные ресурсы, оросительная система, автоматизация водораспределения, планы водопользования, порядок и сроки подачи воды.

S. M. Vasilyev, M. A. Lyashkov, Yu. E. Domashenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

WAYS OF SOLVING THE PROBLEM OF WATER RESOURCES MANAGEMENT IN THE IRRIGATION SYSTEM CONTOUR

The analysis of the problem of water resources regulation in the irrigation system is given and ways to solve it in the context of water resources shortages are determined. A number of factors causing water scarcity are identified. The directions of increasing the efficiency of the irrigated land use and the creation of a favorable environmental situation have been identified.

Key words: water resources, irrigation system, water distribution automation, water use plans, procedure and time limits for water supply.

Водное хозяйство России раздроблено, и процесс водопользования управляется отдельными министерствами и ведомствами, которые решают схожие задачи и дублируют функции, хотя именно совокупность всех водохозяйственных систем и сооружений обеспечивает устойчивое развитие экономики страны и способствует решению ряда экономических, экологических и социальных проблем. Водопользователи исключены из процесса управления водным хозяйством страны. Это приводит к образованию ряда проблем, среди наиболее важных можно выделить следующие [1, 2]:

- неудовлетворительное состояние большинства источников водных ресурсов страны;

- несоблюдение законодательства в области регулирования водохозяйственной деятельности;
- несовершенство тарифной политики в части водопользования и водоотведения;
- недостаток финансовых ресурсов;
- коррупция и хищение финансовых ресурсов;
- малое использование инновационных и энергосберегающих технологий;
- отсутствие квалифицированных кадров и, как следствие, большое количество неадекватных решений в области водопользования и др.

Целью работы является анализ проблемы регулирования водных ресурсов на оросительной системе и определение пути ее решения в условиях дефицита водных ресурсов и экологической обстановки.

Низкая эффективность системы управления водным хозяйством способствует образованию других проблем водохозяйственного комплекса, к которым можно отнести нерациональное водопользование, неудовлетворительное качество воды в водных объектах, ухудшение технического состояния, что приводит к дефициту водных ресурсов на оросительных системах. С увеличением размеров водопотребления возрастают требования к качеству организации управления водопользованием и обеспечению оптимальности решений при планировании распределения водных ресурсов [2].

Анализируя сложившуюся ситуацию, можно выделить ряд факторов, вызывающих дефицит водных ресурсов на оросительных системах [3]:

- использование устаревших водоемких способов орошения и поливной техники;
- высокий процент потерь воды при транспортировке по оросительным каналам различного уровня;
- недостаточная степень оснащенности оросительных систем техническими средствами автоматизации водораспределения;
- отсутствие экономических принципов, которые позволяли бы реализовывать прогрессивные водосберегающие технологии оросительной мелиорации.

Основные факторы, вызывающие дефицит водных ресурсов, представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Блок-схема основных факторов, вызывающих дефицит водных ресурсов

Сведение потерь оросительной воды к минимуму и обеспечение соответствия между объемами водозабора и водопотребления возможно при условии существенного повышения качества управления водопользованием путем автоматизации узловых сооружений оросительной сети.

При автоматизации особое значение должно придаваться средствам математического описания и алгоритмизации процессов, происходящих в системе управления водораспределением. С одной стороны, они должны обеспечивать возможность имитационного моделирования поведения системы в различных режимах работы, с другой – обеспечивать достаточную точность расчета уровней, расходов и других параметров, обладать достаточным быстродействием, учитывать особенности конкретной оросительной системы, быть простыми в реализации [4].

В основу современного водопользования положен принцип обеспечения соот-

ветствия между водозабором и потреблением воды в хозяйствах за счет составления планов водопользования с учетом особенностей каждого хозяйства, потребности в воде всех водопользователей системы, КПД каналов, водообеспеченности источника орошения в планируемом году [5].

Принципами повышения эффективности управления водопользованием занимались такие ученые, как В. Н. Щедрин, В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, С. М. Васильев и др. Они установили, что оптимальное планирование и управление водопользованием при низком техническом уровне оросительных систем приводит к потерям воды и ухудшает мелиоративную обстановку.

Анализ источников позволяет сделать вывод, что необходима разработка новых и совершенствование имеющихся методов планирования и организации водопользования на оросительных системах как основа для дальнейшего эффективного развития мелиоративной науки и практики. На первое место выходит вопрос разработки технологий и систем управления при наличии дефицитов водных ресурсов за счет оптимизации водопользования на всех уровнях иерархии управления на основе экономико-математических методов и методов системного анализа; совершенствование технологий планирования водопользования и оперативности за счет применения информационных технологий; создание более гибких систем управления сложными объектами, позволяющих комплексно решать вопросы природопользования и охраны окружающей природной среды, более полно учитывать почвенно-климатические, организационные, социально-экономические аспекты исследуемых регионов в современных условиях хозяйствования [6].

Для повышения эффективности использования орошаемых земель и создания благоприятной экологической обстановки в агроландшафтах Российской Федерации с недостаточным и неустойчивым естественным увлажнением выделяется ряд направлений [6]:

- совершенствование имеющихся и разработка новых методологий планирования и реализации планов водопользования на основе повышения технического уровня внутрихозяйственных и межхозяйственных оросительных систем;
- совершенствование технологических процессов управления водопользованием;
- применение водознергосберегающих и экологически безопасных технологий и техники орошения, а также экономически целесообразных режимов орошения сельскохозяйственных культур для конкретных почвенно-климатических зон (рисунок 2).



Рисунок 2 – Блок-схема направлений повышения эффективности использования орошаемых земель

При планировании водопользования должно быть выдержано условие оптимального обеспечения оросительной водой и доведения ее в необходимых количествах и в нужные агротехнические сроки до растений.

Распределение воды между водопотребителями производится на основе лимитов, графиков водоподачи и договоров с водопотребителями. Лимиты водопотребления на определенный период времени (год, вегетационный сезон и т. п.) и календарный график подачи воды устанавливаются исходя из намеченной площади полива сельскохозяйственных культур, оптимального поливного режима применительно к природным условиям данной зоны и мелиоративного состояния орошаемых угодий [7].

Управление технологическими процессами водопользования имеет иерархическую структуру с разделением уровней по вертикали и горизонтали. Основными задачами ее являются [8]:

- планирование водопользования и водораспределения;
- оперативное планирование водопользования и водораспределения;
- оптимизация подачи воды на орошение в условиях дефицита водных, энергетических и других видов ресурсов.

Повышение эффективности управления водопользованием на оросительной системе приводит к сведению потерь оросительной воды к минимуму, обеспечению соответствия между объемами водозабора и водопотребления.

Оптимальное согласование технологических режимов водозабора (водоподачи) и водопотребления определяет эффективность работы оросительных систем. Сочетание ступенчатой водоподачи с плавно изменяющимся, а в некоторых случаях прерывистым водопотреблением является особенностью наиболее распространенных оросительных систем.

Большая пространственная рассредоточенность объектов оросительной системы, значительное запаздывание протекания гидравлических процессов оперативного управления водораспределением даже с применением традиционных методов автоматизации не обеспечивают в полной мере согласования режимов водоподачи и водопотребления, что приводит к образованию непроизводительных сбросов воды и снижению качества поливов.

Главной задачей регулирования водопользования является своевременное удовлетворение потребностей хозяйств в воде при минимизации непроизводительных сбросов и предотвращение аварийных ситуаций за счет поддержания в створах водовыдела уровня воды в диапазоне изменения от минимума до максимума, допустимых для конкретных участков канала. Также система регулирования должна обеспечивать эксплуатацию каналов в неосновных режимах: заполнения и опорожнения либо участков канала, либо оросительной системы в целом [9].

Выводы

1 Российская Федерация обладает огромным запасом водных ресурсов, однако наличие большого количества проблем делает нашу страну расточительным и неэффективным водопользователем, который наносит непоправимый вред экологическому состоянию водных ресурсов и страны в целом.

2 Планирование и реализация водопользования на оросительных системах в настоящее время осуществляется при наличии дефицита водных ресурсов и не дает ощутимого эффекта при низком техническом уровне оросительных систем.

3 Модели планов водопользования для современных оросительных систем позволяют осуществить планирование водопользования на оросительных системах и установить размеры, порядок и сроки подачи воды хозяйствам, обслуживаемым данной оросительной системой, для конкретных почвенно-климатических и социально-экономических условий при широком применении современных ЭВМ.

Список использованных источников

1 Айдаркина, Е. Е. Основные проблемы водопользования России и пути их решения / Е. Е. Айдаркина // Гуманитарные и социально-экономические науки. – 2012. – № 5. – С. 143–147.

2 Оптимизация распределения водных ресурсов для различных уровней технической схемы Райгородской ОС / С. М. Васильев, А. В. Акопян, В. В. Слабунов, И. Н. Калайда // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 4(16). – С. 60–77. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec297-field6.pdf.

3 Найденов, С. В. Оптимизация водораспределения на оросительных системах при дефиците водных ресурсов / С. В. Найденов, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 1(69). – С. 132–136.

4 Ганкин, М. З. Автоматизация и телемеханизация производственных процессов / М. З. Ганкин. – М.: Колос, 1977. – 336 с.

5 Бочкарев, Я. В. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов в гидромелиорации: учеб. для вузов / Я. В. Бочкарев, Е. Е. Овчаров. – М.: Колос, 1981. – 335 с.

6 Информационные технологии планирования водопользования в хозяйствах / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, О. П. Кисаров, В. И. Селюков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2012. – № 78(04). – С. 1–12. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/31.pdf>.

7 Щедрин, В. Н. Основные правила и положения эксплуатации мелиоративных систем и сооружений, проведения водоучета и производства эксплуатационных работ: монография. В 2 ч. Ч. 1 / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 395 с.

8 Ольгаренко, В. И. Плановое водопользование на оросительных системах в условиях дефицита водных ресурсов / В. И. Ольгаренко, В. И. Ольгаренко, В. Т. Ткаченко // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с междунар. участием. – Новочеркасск: Лик, 2018. – С. 95–100.

9 Щедрин, В. Н. Совершенствование конструкций открытых оросительных систем и управления водораспределением / В. Н. Щедрин. – М.: Мелиорация и вод. хозяйство, 1998. – 160 с.

УДК 631.674.6:627.83

А. С. Штанько, В. Н. Шкура

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ВОДОЗАБОРНОЕ СООРУЖЕНИЕ ИЗ КАНАЛА ДЛЯ КАПЕЛЬНЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Целью исследования является разработка конструктивных решений водозаборного сооружения из мелиоративного канала с учетом требований и потребностей капельных оросительных систем. В результате исследований разработаны два варианта водозаборных сооружений, обеспечивающих непрерывный, стабильный и безопасный забор очищаемой от мусора и биогенных загрязнителей воды из каналов для ее последующей подачи в системы капельного орошения.

Ключевые слова: мелиоративный канал, водозабор, сооружение, водозаборный оголовок, сорорыбозаградительное устройство, промывка.

A. S. Shtanko, V. N. Shkura

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

WATER INTAKE STRUCTURE FROM A CANAL FOR DRIP IRRIGATION SYSTEMS

The object of the research is to develop structural solutions for water intake structures from a reclamation canal, taking into account the requirements and needs of drip irrigation

systems. As a result of research, two variants of water intake structures that provide continuous, stable and safe water withdrawal from canals cleaned from debris and biogenic pollutants for its subsequent supply into drip irrigation systems have been developed.

Key words: reclamation canal, water intake, structure, water intake cap, trash-and-fish screen, flushing.

Введение. Системы капельного орошения предъявляют особые требования к качеству очистки оросительной воды и содержанию в ней загрязнителей. В связи с этим оросительные системы данного типа обязательно содержат в составе технической компоненты узел водоподготовки, включающий фильтры грубой и тонкой очистки, проектируемые в соответствии с требованиями используемых капельных микроводовыпусков [1, 2]. Ресурс работы фильтрующих элементов узлов водоподготовки напрямую зависит от вида и содержания загрязнителей в поступающей из источника орошения воде. В связи с этим водозаборные сооружения, изымающие воду из источника орошения (в данном случае из мелиоративных каналов) и подающие ее в трубопроводную сеть капельных оросительных систем, должны обеспечить надежную и бесперебойную подачу предварительно очищенной от засорителей минерального и органического, природного и техногенного происхождения воды в водоводы систем капельного орошения. Анализ известных авторам работ и исследований позволяет установить дефицит информации о предварительной очистке изымаемой для нужд орошения природной воды от засорителей биогенного и техногенного характера и конструкций для такой очистки. Имеющиеся конструкции, как правило, обладают низкой эффективностью очистки забираемой оросительной воды, особенно от мелкофракционных загрязнителей и засорителей биогенного характера, включают подвижные элементы конструкции, которые, функционируя в водной среде, понижают общую надежность сооружения, имеют малоэффективные устройства для очистки фильтрующего элемента, предусматривают прерывистость в работе в связи с необходимостью промывки или замены фильтрующего элемента и имеют ряд других недостатков. В связи с этим возникла необходимость в разработке эффективных конструкций водозаборных сооружений из мелиоративных каналов, обеспечивающих защиту систем капельного орошения от попадания в них засорителей, что и было определено целью настоящего исследования.

Материалы и методы. Информация о существующих конструкциях водозаборных сооружений из каналов была получена путем проведения информационного поиска по патентным и литературным источникам, в результате которого был выявлен ряд аналогов. Наиболее близкими из них являются водозаборные сооружения по патентам SU № 684089 [3], RU № 2040635 [4], RU № 2606282 [5] и SU № 881191 [6]. При разработке конструктивных решений водозаборного сооружения из каналов для капельных систем орошения использовались методы поискового конструирования.

Результаты и обсуждение. В результате проведенных исследований предложено водозаборное сооружение из каналов для систем капельного орошения, конструктивное решение которого проиллюстрировано рисунками 1–3. Водозаборное сооружение включает: водоприемный трубопровод 1; два водопроводящих трубопровода 2 с размещенными в смотровом колодце 3 запорно-регулирующими устройствами 4; размещенные в различных зонах канала 5 водозаборные оголовки 6, оборудованные соробиозаградителями 7, корпус которых состоит из водонепроницаемого основания 8 и каркаса полусферической формы 9, покрытого фильтрующей мелкоячеистой сеткой 10, встроенного в полусферический корпус пневмопромывного устройства 11, подсоединенного посредством воздухоподводящего трубопровода 12 к компрессору и состоящего из системы воздухораспределительных трубчатых коллекторов 13, оборудованных разнопротяженными гибкими насадками 14.

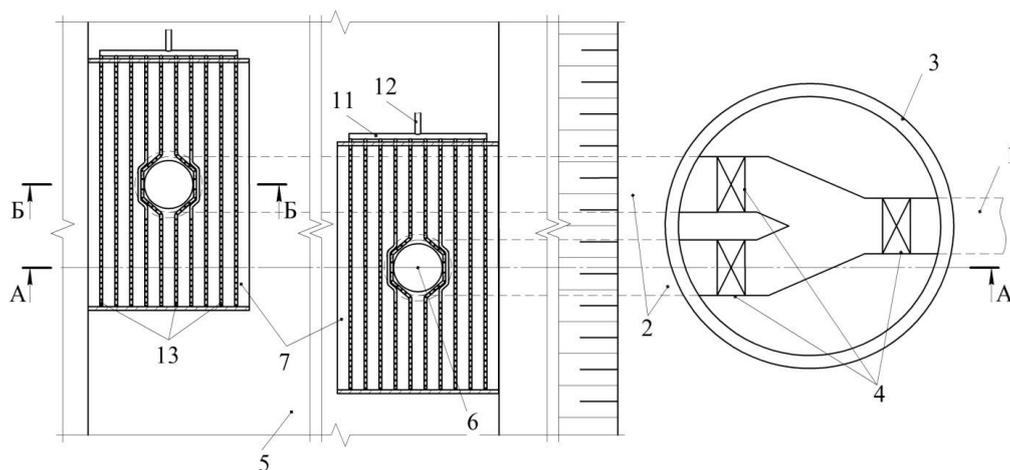


Рисунок 1 – План водозаборного сооружения

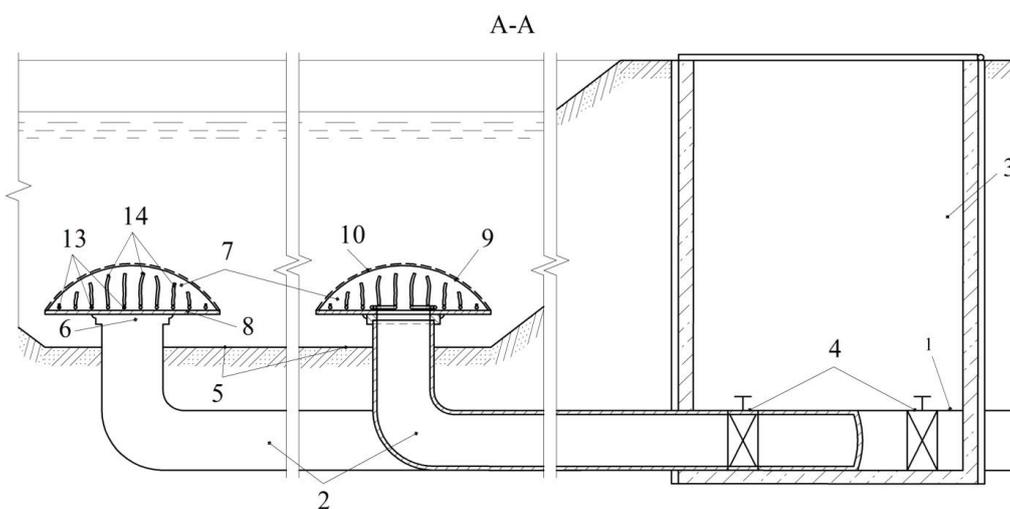


Рисунок 2 – Продольный разрез А – А

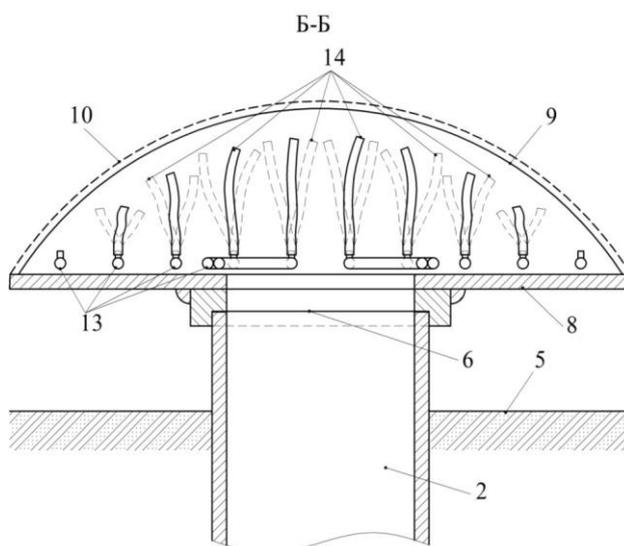


Рисунок 3 – Разрез Б – Б

Водозаборное устройство функционирует следующим образом. Путем управления задвижками 4 осуществляется регулируемый забор воды из канала через один из водозаборных оголовков 6, оборудованных соробиоградителями 7. При этом вода проходит через фильтрующую мелкоячеистую сетку 10, натянутую на сферический

каркас 9, предотвращающую попадание в водозаборный оголовок 6 сора и загрязнителей биогенного характера (животного и растительного происхождения). Сферическая форма каркаса 9 позволяет увеличить площадь фильтрующей поверхности и обеспечивает уменьшение габаритов соробиезаградителя 7. Защита фильтрующей сетки 10 от контакта с крупногабаритными плавающими предметами (бревнами и т. п.) обеспечивается размещением оголовка 6 в придонных слоях воды. При накоплении загрязнителей на фильтрующей сетке 10 одного из соробиезаградителей 7 производится его очистка. При этом путем управления задвижками 4 забор воды осуществляется через другой (очищенный) водозаборный оголовок 6, расположенный на противоположном участке дна канала 5. При такой компоновке сор и загрязнители с очищаемого соробиезаградителя 7 уносятся ниже по течению и не попадают в зону забирающего воду другого оголовка 6. Очистка соробиезаградителя производится путем подачи сжатого воздуха в систему воздухораспределительных трубчатых коллекторов 13, который через гибкие насадки 14 под давлением подается в направлении фильтрующего сетчатого полотна 10. Разная в соответствии с формой сферы каркаса 9 длина гибких насадков повышает равномерность силового воздействия водовоздушного потока на осевший загрязнитель. При этом гибкие насадки 14 совершают хаотичные колебания и тем самым увеличивают эффективность и площадь очистки фильтрующей сетки одним насадком. Водовоздушная смесь интенсивно проходит через фильтрующую сетку 10, отбивает от фильтрующей сетки 10 и поднимает на поверхность канала 5 загрязнители, которые далее отводятся от оголовка 6 течением воды. После окончания очистки подача воздуха прекращается, при этом гибкие насадки принимают близкое к горизонтальному положение и не создают препятствий для движения воды в полости оголовка.

Предложенное конструктивное решение водозаборного сооружения имеет недостатки, которые в определенных условиях могут оказаться существенно ограничивающими область его применения. К ним относятся стеснение живого сечения водного потока водозаборными оголовками и забор оросительной воды только из придонных слоев канала. В связи с этим в процессе проведения исследований была предложена альтернативная конструкция водозаборного сооружения, конструктивное решение которого проиллюстрировано представленными рисунками 4–8.

Водозаборное сооружение располагается в облицованном мелиоративном канале 1, встроено в его откос 2 и включает водоприемник 3, сорозаградительное устройство 4, водозаборная часть которого выполнена в виде решетчатого каркаса с мелкоячеистым сетчатым покрытием 5, перемещающееся относительно опорного шарнира 6, трос 7, подъемный механизм 8, водоотводящий трубопровод 9 и регулирующее устройство (задвижку) 10.

В рабочем положении сорозаградительное устройство 4 расположено в плоскости откоса 2 и перекрывает вход в водоприемник 3. Вода из канала 1 проходит через мелкоячеистое сетчатое покрытие 5 и попадает в водоприемник очищенной от загрязнителей заданной (определенной) фракции. Очистка забираемой воды от засорителей осуществляется, во-первых, путем забора воды из горизонта, водного потока, содержащего наименьшее количество загрязнителя в данных условиях, во-вторых, путем фильтрования через сетчатое полотно, размер ячеек которого меньше допустимого размера засорителя. Подача воды из водоприемника 3 потребителю осуществляется по водоотводящему трубопроводу 9 и регулируется задвижкой 10. Для повышения надежности и эффективности работы водовыпуска предусмотрен режим обслуживания сорозаградительного устройства 4 (рисунок 6), при котором задвижка 10 закрыта, а сорозаградительное устройство 4 посредством троса 7 и подъемного механизма 8 поворачивается вокруг опорного шарнира 6, выводится из водного потока и фиксируется в близком к вертикальному положению. В этом положении производится очистка или замена решетчатого каркаса с мелкоячеистым сетчатым покрытием 5.

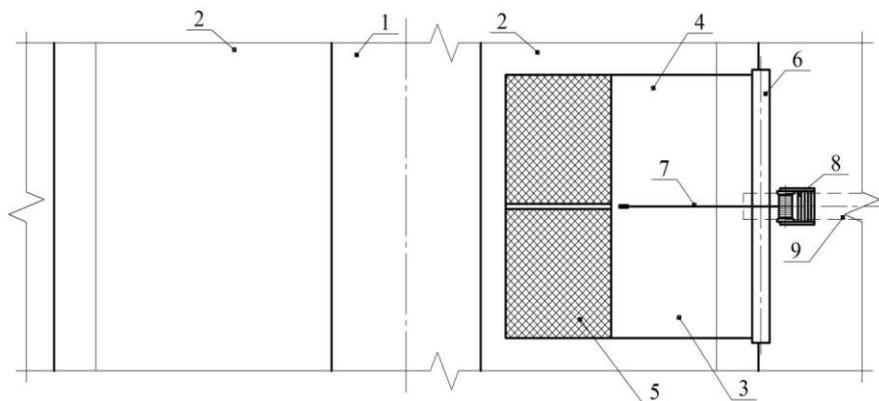


Рисунок 4 – Вид сверху на участок канала с вариантом водовыпуска, забирающего воду из низовой части водного потока

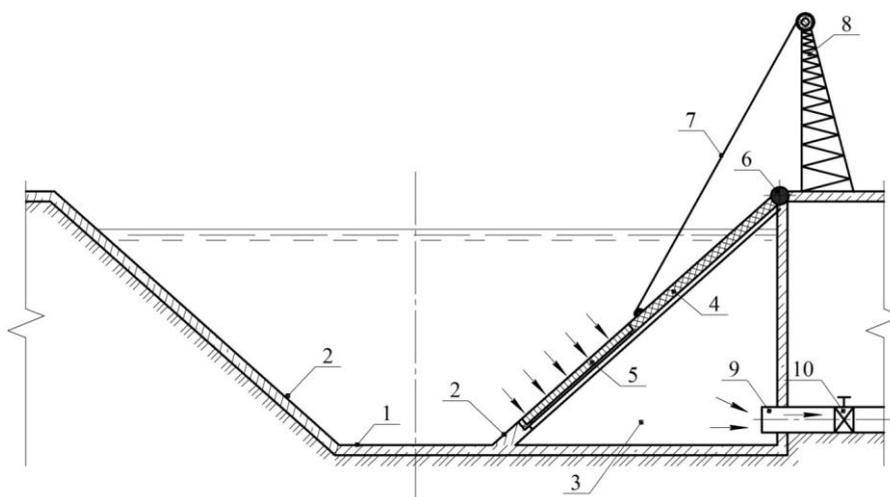


Рисунок 5 – Поперечный разрез канала по оси водозаборного трубопровода с вариантом водовыпуска, забирающего воду из низовой части водного потока

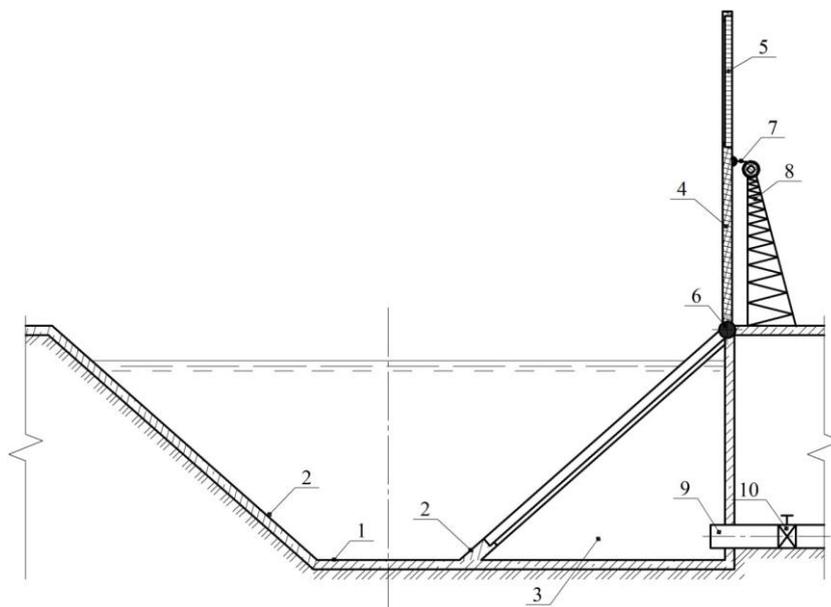


Рисунок 6 – Поперечный разрез канала по оси водозаборного трубопровода с вариантом водовыпуска, забирающего воду из низовой части водного потока, сорозградительное устройство которого находится в положении промывки или замены фильтрующего элемента

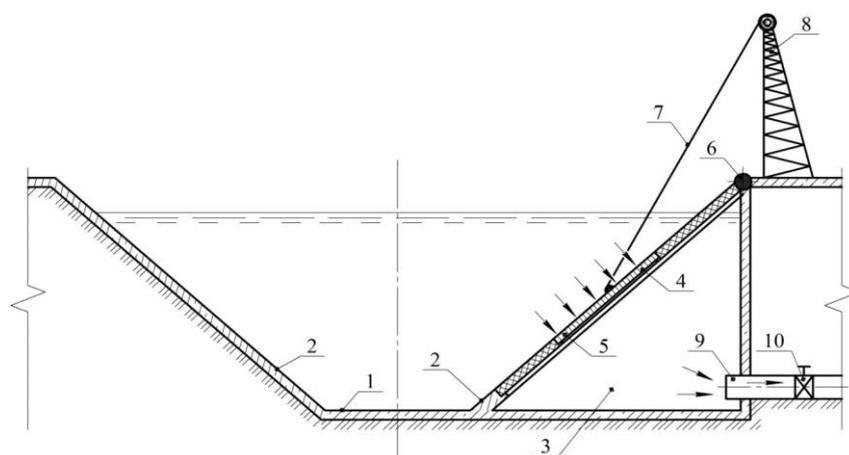


Рисунок 7 – Поперечный разрез канала по оси водозаборного трубопровода с вариантом водовыпуска, забирающего воду из средней части водного потока

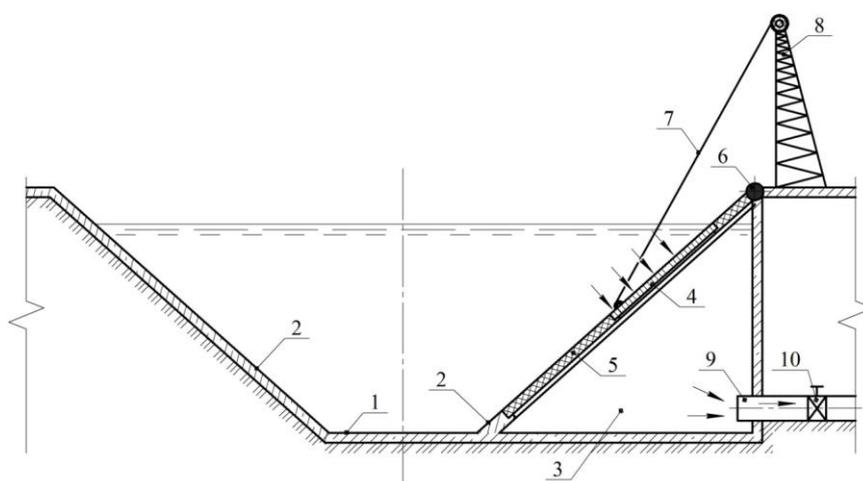


Рисунок 8 – Поперечный разрез канала по оси водозаборного трубопровода с вариантом водовыпуска, забирающего воду из верхней части водного потока

Каждое из предложенных конструктивных решений водозаборных сооружений из каналов для систем капельного орошения имеет достоинства и недостатки, а их применение определяется конкретными условиями создания систем капельного орошения.

Вывод. В результате исследований разработаны конструкции водозаборного сооружения из мелиоративных каналов, применение которых позволит обеспечить непрерывный, стабильный и безопасный забор очищенной от мусора и биогенных загрязнителей воды из каналов для ее последующей подачи в системы капельного орошения.

Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие / С. М. Васильев, Т. В. Коржова, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 197 с.

2 Бородычев, В. В. Современные технологии капельного орошения овощных культур / В. В. Бородычев. – Волгоград: Инлайт, 2010. – 242 с.

3 А. с. 684089 СССР, М. Кл.² Е 02 В 8/08, Е 02 В 9/04. Рыбозащитное устройство водозаборного сооружения / А. Ф. Авдонькин, Д. А. Козлов, В. А. Березовик (СССР). – № 2636090/29-15; заявл. 24.05.78; опубл. 05.09.79, Бюл. № 33. – 2 с.: ил.

4 Пат. 2040635 Российская Федерация, МПК⁷ Е 02 В 8/08. Сорорыбозаградительное устройство / Шеховцов И. И., Ожог Г. С.; заявитель и патентообладатель Шеховцов И. И., Ожог Г. С. – № 5043264/15; заявл. 22.05.92; опубл. 25.07.95. – 10 с.: ил.

5 Пат. 2606282 Российская Федерация, МПК⁷ Е 02 В 9/04, Е 02 В 13/00. Водозаборный узел оросительной системы / Щедрин В. Н., Шкура В. Н., Штанько А. С.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2015132308; заявл. 03.08.15; опубл. 01.10.17, Бюл. № 1. – 9 с.: ил.

6 А. с. 881191 СССР, М. Кл.³ Е 02 В 13/00. Водовыпуск из канала / А. И. Авдеев, В. А. Авдеев (СССР). – № 2917307/29-15; заявл. 28.04.80; опубл. 15.11.81, Бюл. № 42. – 2 с.: ил.

УДК 631.6:631.417.2:528.8

Л. А. Митяева

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ АГРОХИМИЧЕСКОМ ОБСЛЕДОВАНИИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Рассмотрен инновационный подход, который реализован в способе агрохимического обследования земель сельскохозяйственного назначения с увеличением точности процесса определения количества гумуса по результатам обработки данных дистанционного зондирования. Результаты исследований апробированы на орошаемых полях в хозяйстве ООО «Рассвет» Куйбышевского района Ростовской области. Получена регрессионная модель, включающая отражение в третьем (зеленая часть спектра, 525–600 нм), четвертом (красная часть спектра, 630–680 нм) и седьмом (средняя инфракрасная часть спектра, 2100–2300 нм) каналах снимка, которая позволила рассчитать содержание гумуса там, где отсутствовали данные отбора проб. Полученная картограмма позволяет проследить внутривидовую неоднородность содержания гумуса и наметить необходимые мероприятия на тех участках, где содержание гумуса принимает минимальные значения. Ошибка результатов дистанционных и полевых исследований составила 2,53 %, что позволяет говорить о применении данных дистанционного зондирования для определения содержания гумуса. По полученным данным с высокой точностью возможно нанесение границ в соответствии с градами гумусированности почвы, т. е. с шагом 0,25 % и выше.

Ключевые слова: орошаемый участок, агрохимическое обследование, картограмма, гумус, космический снимок.

L. A. Mityaeva

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

INNOVATIVE APPROACHES IN AGROCHEMICAL SURVEY OF AGRICULTURAL LANDS

An innovative approach realized in the method of agrochemical survey of agricultural land increasing the accuracy of the process of determining the humus content based on the results of remote sensing data processing is considered. The research results were tested on irrigated fields in the farm ООО “Rassvet” Kuybyshevsky district of Rostov region. A regression model including reflection in the third (the green part of the spectrum, 525–600 nm), the fourth (the red part of the spectrum, 630–680 nm) and the seventh (the central infrared part of the spectrum, 2100–2300 nm) canals of the image, which allowed to calculate the humus content where there was no sample collection data, was obtained. The cartogram obtained allows to trace the in-field heterogeneity of the humus content and to outline the necessary measures in those areas where the humus content has minimal values. The failure of the remote and field re-

search results was 2.53 %, which suggests the use of remote sensing data for humus content determination. According to the data obtained it is possible to draw borders with high accuracy in accordance with the high humus content gradations, that is, with a step of 0.25 % or more.

Key words: irrigated area, agrochemical survey, cartogram, humus, satellite imagery.

Введение. Согласно материалам, приведенным в Постановлении Правительства РФ от 13 декабря 2017 г. № 1544 «Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы», одним из пунктов комплексного проекта является обеспечение сохранения и воспроизводства плодородия почв [1].

В настоящее время снижение почвенного плодородия наблюдается во многих регионах России, что негативно сказывается на экологической обстановке на сельскохозяйственных угодьях и снижает их продуктивность. Почвенный покров, особенно сельскохозяйственных угодий, подвержен деградации и загрязнению, теряет устойчивость к разрушению, способность к восстановлению свойств и воспроизводству плодородия. На агроландшафтах только Ростовской области наблюдается прогрессирующее распространение следующих негативных процессов: водная эрозия на площади 3,22 млн га, ветровая эрозия – 6,01 млн га, подтопление – 0,3 млн га, засоление – 0,3 млн га, осолонцевание – 1,6 млн га, дегумификация – 7,4 млн га [2].

Проведение исследований нарушенных земель сельскохозяйственного назначения с использованием инновационных подходов является особенно актуальным в регионах интенсивного земледелия, так как позволяет определять наиболее эффективные мероприятия по рекультивации почвенного слоя при землеустройстве на адаптивно-ландшафтной основе, а также устанавливать их ценность как основного средства производства [3, 4].

Результаты агрохимического исследования являются основой для разработки научно обоснованной системы удобрения и мероприятий по рекультивации земель сельскохозяйственного назначения. Они используются для определения потребности в удобрениях и составления планов их применения на основе вычислительной техники, для разработки рекомендаций по ведению проектно-сметной документации, выращиванию программированных урожаев на орошаемых землях и для других целей агрохимического обслуживания на всех уровнях сельскохозяйственного производства [5].

Цель исследования – разработка способа агрохимического обследования земель сельскохозяйственного назначения.

Материалы и методы. Инновационный подход при агрохимическом обследовании земель сельскохозяйственного назначения апробирован на орошаемых полях в ООО «Рассвет» Куйбышевского района Ростовской области. Хозяйство специализируется на выращивании кукурузы на зерно и получает наиболее высокие и устойчивые урожаи с применением мелиорантов и удобрений. Исследуемый участок представлен черноземом южным. Выбран мультиспектральный космический снимок со спутника Landsat-8 OLI (дата съемки 11.04.2018, пространственное разрешение 30 м/пиксель). Снимок загружен с бесплатного сервиса спутникового мониторинга «Вега» Института космических исследований Российской академии наук [6].

По космическому снимку в пределах изучаемой территории векторизовались река, населенный пункт, овражно-балочно-долинная сеть. Поскольку поля обследовались весной, их почвенный покров можно дешифровать по прямым дешифровочным признакам.

Из каждого пикселя извлечена информация о спектральной отражательной способности для каждого канала. Были рассчитаны значения коэффициента отражения поверхности в пяти каналах изображения (канал 2 – синий, длина волны 450–515 нм, канал 3 – зеленый, длина волны 525–600 нм, канал 4 – красный, длина волны 630–680 нм, канал 7 – ближний инфракрасный, длина волны 2100–2300 нм). С целью выявления связи коэффициента отражения с содержанием гумуса в MS Excel произведено постро-

ение точечных диаграмм с определением коэффициентов детерминации. Наибольшие значения коэффициентов детерминации были получены при использовании полиномиальных зависимостей второго порядка в комбинации спектральных каналов 3:4:7.

Инновационный подход, реализованный в способе агрохимического обследования земель сельскохозяйственного назначения, включал в себя несколько этапов:

- оцифровку границ исследуемой территории по подобранному космическому снимку с пространственным разрешением 0–30 м;

- выделение элементарных участков для исследования спектральной отражательной способности почвенного покрова по результатам дистанционного зондирования в комбинации каналов 3:4:7. Средняя часть спектра, сама или в сочетании с видимой частью, является наиболее информативной при дистанционном определении содержания гумуса. Обработка космического снимка осуществлена в программном продукте ENVI;

- статистическое моделирование с использованием метода регрессионного анализа по всем подмножествам. Регрессионный анализ в данном случае проводится по данным пассивного эксперимента (т. е. результатам отражательной способности почвы, а не в результате специально спланированных экспериментов);

- калибровку и верификацию рассчитанного содержания гумуса по данным дистанционного зондирования в полевых исследованиях. Осуществлялось перенесение контуров рассчитанных значений гумуса с шагом 0,25 % и выше на карту землепользования и составление электронной картограммы.

В пределах исследуемой территории отобраны точечные пробы из 22 скважин слоя 0–20 см. Скважины, отобранные в результате полевых исследований, были привязаны при помощи GPS-навигатора и наложены поверх космического снимка. Анализы отобранных образцов проводили в аккредитованной лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ».

Инструментальные почвенно-мелиоративные исследования проводили в соответствии с ГОСТ 28168-89 [7], ГОСТ 17.4.4.02-84 [8].

Результаты и их обсуждения. На основании полученных данных об отражательной способности каждого элементарного участка создавалась модель для расчета по космическому снимку растра содержания гумуса на исследуемой территории. Получена оптимальная модель, включающая отражение в третьем (зеленая часть спектра, 525–600 нм), четвертом (красная часть спектра, 630–680 нм) и седьмом (средняя инфракрасная часть спектра, 2100–2300 нм) каналах снимка:

$$G = 24,14 - 6,02B3 + 4,12B4 - 0,34B7,$$

где G – рассчитанное по космическому снимку содержание гумуса, %;

$B3$ – отражение в третьем канале Landsat-8 OLI, %;

$B4$ – отражение в четвертом канале Landsat-8 OLI, %;

$B7$ – отражение в седьмом канале Landsat-8 OLI, %.

Коэффициент детерминации R^2 полученной модели составляет 0,91. Вся модель является статистически значимой (F -статистика равна 43,12). Стандартная ошибка модели составляет 0,74 %. Все коэффициенты модели статистически значимы.

В полученной статистической модели содержание гумуса является зависимой переменной, а значения отражения в каналах снимка Landsat-8 – независимыми переменными. Выбор конкретных переменных, составляющих лучшую модель, осуществлен при помощи регрессии по всем подмножествам.

Правдоподобность модели можно оценить, не только анализируя ее невязки, но и сравнивая результаты ее применения с данными, полученными экспериментальным путем. С этой целью наносили рассчитанные значения количества гумуса на растр района исследования и сравнивали полученные данные с данными полевых экспериментов [9].

С целью выделения элементарных участков для исследования спектральной отражательной способности почвенного покрова была нанесена сетка с ячейками 30×30 м (что соответствует 1 пикселю космического снимка).

На рисунке 1 представлен пример электронной картограммы рассчитанного содержания гумуса с шагом 0,25 % для каждого выделенного элементарного участка территории ООО «Рассвет» Куйбышевского района Ростовской области.

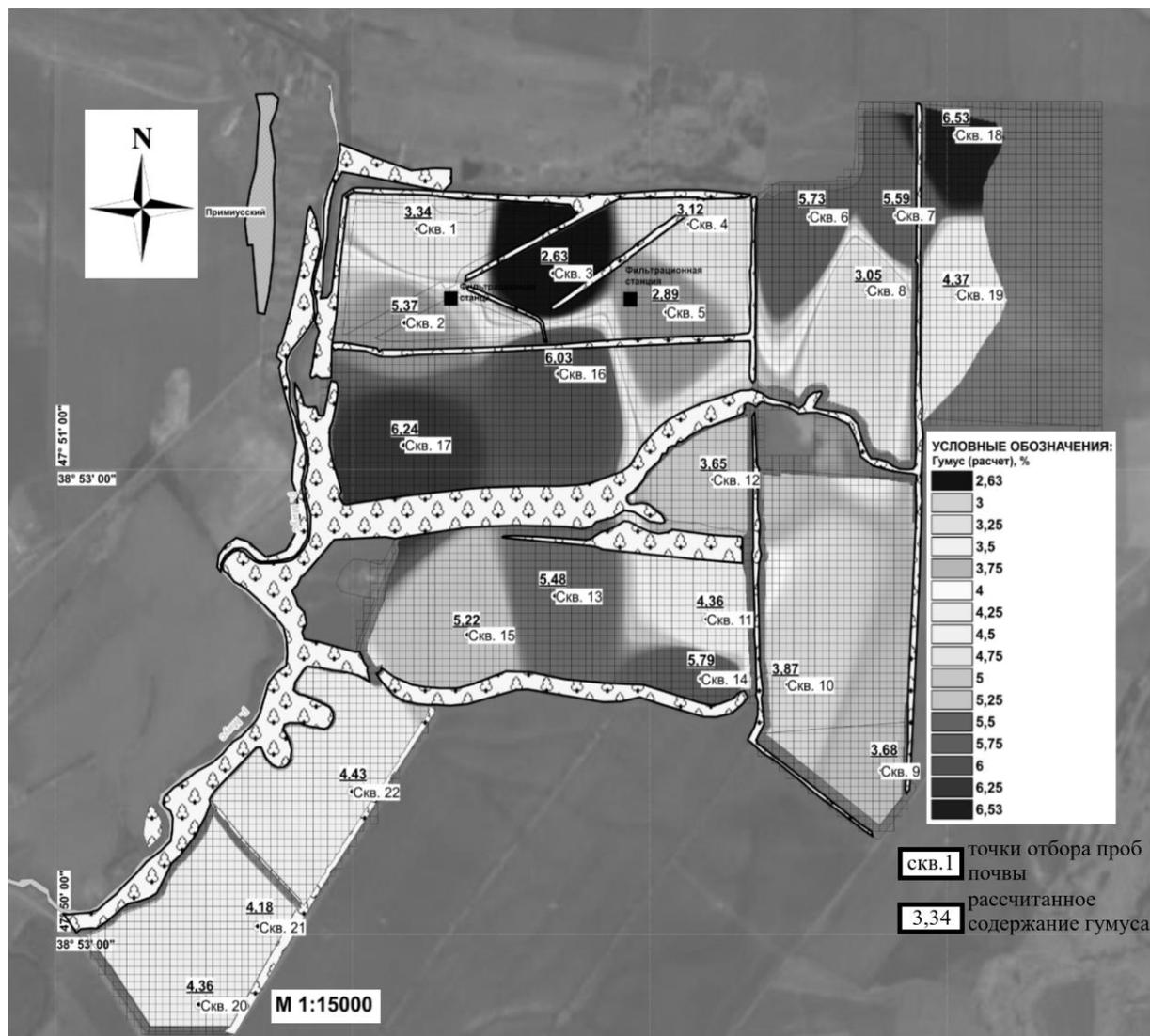


Рисунок 1 – Картограмма с рассчитанным содержанием гумуса на обследованном участке

Полученная картограмма позволяет проследить внутрипольную неоднородность содержания гумуса и наметить необходимые мероприятия на тех участках, где содержание гумуса принимает минимальные значения. Ошибка результатов дистанционных и полевых исследований составила 2,53 %, что позволяет говорить о применении данных дистанционного зондирования для определения содержания гумуса. По полученным данным с высокой точностью возможно нанесение границ в соответствии с грациями гумусированности почвы, т. е. с шагом 0,25 % и выше.

Выводы

1 Рассмотрен инновационный подход, который реализован в способе агрохимического обследования земель сельскохозяйственного назначения с увеличением точности процесса определения количества гумуса по результатам обработки данных дистанционного зондирования.

2 Результатом использования предлагаемого способа является наиболее точное определение содержания гумуса на обследуемой территории с целью повышения эффективности внесения доз мелиорантов и удобрений с учетом внутрипольной пестроты

содержания гумуса в пахотном слое почвы, снижение затрат и повышение объективности традиционного агрохимического обследования почвенного покрова, рост информативности и расширение применимости.

3 Предложенный способ перспективен, так как позволяет без дополнительных наземных исследований определить степень гумусированности почв, тенденции развития процессов дегумификации, координаты и участки для точного внесения доз мелиорантов и удобрений.

4 Полученная регрессионная модель позволила рассчитать содержание гумуса там, где отсутствовали данные отбора проб.

Список использованных источников

1 О внесении изменений в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы: Постановление Правительства РФ от 13 декабря 2017 г. № 1544 (с изменениями на 6 сентября 2018 г.): по состоянию на 4 июня 2019 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

2 Васильев, С. М. Технология и организация мелиоративных работ: учеб. пособие / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко; РосНИИПМ. – Новочеркасск: Лик, 2016. – 122 с.

3 Савин, И. Ю. Автоматизированная инвентаризация почв на основе материалов дистанционных съемок: возможности и перспективы / И. Ю. Савин // Региональные проблемы экологии, географии и картографии почв. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – С. 91–101.

4 Создание инструментов для удаленной обработки спутниковых данных в современных информационных системах / А. В. Кашницкий, И. В. Балашов, Е. А. Лупян, В. А. Толпин, И. А. Уваров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12, № 1. – С. 156–170.

5 Наземная гиперспектральная аппаратура для измерения вегетативных индексов в задачах прецизионного орошения сельскохозяйственных культур / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, А. Н. Бабичев, Р. В. Скиданов, В. В. Подлипнов, Ю. Н. Журавель // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 1(29). – С. 1–14. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=526&id=527>.

6 Vega-Science [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pro-vega.ru/>, 2019.

7 ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – Введ. 1989-26-06 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2018.

8 ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2018.

9 Украинский, П. А. К вопросу о возможности моделирования связи содержания гумуса и спектральной отражательной способности почвы на основе данных традиционных агрохимических обследований и многозональных космических снимков LANDSAT 8 OLI / П. А. Украинский, А. Г. Нарожняя, И. С. Гагина // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 12. – С. 29–32.

УДК 635.04:631.6.03

М. Н. Лытов

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (Волгоградский филиал), Волгоград, Российская Федерация; Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

О ВОЗМОЖНОСТЯХ РЕГУЛИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПЛОДОВ ТОМАТА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ ЭЛЕКТРОЛИЗОВАННОЙ ВОДОЙ

Цель исследования состоит в экспериментальной оценке эффективности применения электролизованной воды для регулирования качества плодов томата при выращивании с использованием систем капельного орошения. Материалы исследований включают экспериментальные данные собственных полевых опытов. Предметом исследования стала динамика компонентов биохимии томата как ответ на применение электролизованной воды. В опыте изучались различные варианты применения электролизованной воды, рассматриваемые в качестве компонентов технологии капельного орошения. Исследованиями подтверждено, что применение электролизованной воды оказывает статистически значимое влияние на содержание ключевых компонентов биохимии томата, которое, однако, не всегда положительно. Установлено, что использование анолита оказывает отрицательное влияние на качество плодов томата, снижая показатели содержания сухого вещества, сахаров и витамина С. Перспективным оказалось использование трехкомпонентной технологии применения электролизованной воды. Использование схемы с поочередным орошением анолитом (10 % от поливной нормы), природной оросительной водой (50 % от поливной нормы) и католитом (40 % от поливной нормы) позволяет сформировать высоко витаминизированные плоды с хорошо сбалансированным биохимическим составом и отличными вкусовыми качествами.

Ключевые слова: электролизованная вода, капельное орошение, томат, плоды, качество, биохимический состав.

M. N. Lytov

All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov (Volgograd branch), Volgograd, Russian Federation;
Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

ON OPPORTUNITIES FOR REGULATING TOMATO FRUIT QUALITY WITH DRIP IRRIGATION BY ELECTROLYZED WATER

The purpose of the study is the experimental evaluation of the electrolyzed water effectiveness for regulating the tomato fruit quality by using drip irrigation systems. Research materials include the author's field experiments data. The subject of the study was the dynamics of the tomato biochemistry components as a response to the electrolyzed water use. Various electrolyzed water applications considered as components of drip irrigation technology were studied in the experiment. Studies have confirmed that the electrolyzed water use has a statistically significant effect on the content of key components of tomato biochemistry, however, it is not always positive. It has been found that the use of anolyte has a negative effect on the tomato fruit quality reducing the dry matter, sugars, and vitamin C. The application of three-component technology for the electrolyzed water use turned out to be promising. Applying a scheme with alternating irrigation with anolyte (10 % of the irrigation norm), natural irrigation water (50 % of the irrigation norm) and catholyte (40 % of the irrigation norm) allows to form the highly fortified fruits with a well-balanced biochemical composition and excellent taste.

Key words: electrolyzed water, drip irrigation, tomato, fruit, quality, biochemical composition.

Продуктивность овощных культур на орошаемых землях долгое время являлась и остается ключевым критерием эффективности развития этого направления аграрного производства. Однако сегодня все более остро поднимается вопрос качества производимой продукции [1–3]. Безопасность и качество плодоовощной продукции все чаще выбираются в качестве приоритетного фактора, и их повышение становится основной стратегией совершенствования современных аграрных технологий. Овощная продукция

ценна содержанием важнейших минеральных веществ и витаминов, которые играют немалую роль и определяют возможности здорового питания человека. Биохимический состав овощей в полной мере характеризует их пищевую ценность [4]. Однако вариабельность биохимического состава употребляемых в пищу плодов, особенно в свете решения задач интенсификации производства, часто сводит на нет их питательную ценность и ставит под угрозу безопасность использования в питании людей. Проблема выражается в снижении вкусовых качеств плодов, снижении содержания витаминов, критическом увеличении содержания токсичных для человека веществ. В то же время решение проблемы исключительно в ущерб продуктивности посевов отражается на себестоимости производимой продукции, рентабельности производства; под угрозу срыва ставится сама задача обеспечения населения продуктами питания. Поэтому особую актуальность приобретают такие технологии, которые обеспечивают безусловное повышение качества плодовоовощной продукции в рамках стратегии интенсивного сельского хозяйства. В связи с этим целью настоящего исследования является оценка возможностей регулирования качества плодов томата при капельном орошении и использовании электролизованной оросительной воды.

Материалы и методы. Электролизованная, или электрохимически обработанная, вода сейчас уже довольно широко используется в различных отраслях хозяйственной деятельности человека. В аграрной сфере она используется для подавления патогенной микрофлоры в процессе послеуборочной обработки плодов и при производстве сельскохозяйственной продукции, в лечении животных и регулировании микробиологических процессов при заготовке кормов способом силосования, предложены довольно убедительные ростостимулирующие модели биологического действия электролизованной воды [5–7]. Особые свойства электролизованная вода приобретает в результате электролизного расщепления молекулярных связей и обогащения растворов активными ионами с последующим мембранным разделением преимущественно отрицательно либо положительно заряженных потоков. Содержащиеся в такой воде активные формы нестабильны, поэтому процесс после обработки воды всегда идет в направлении восстановления ее исходных свойств. Это так называемое явление релаксации, в результате которого на выходе получаем обычную воду. Последнее характеризует основное преимущество таких технологий – абсолютную экологическую безопасность [8].

Рабочей гипотезой исследований стало предположение о возможности влияния электролизованной воды, применяемой при возделывании томатов, на биохимический состав плодов, питательную ценность и пищевую безопасность продукции. В основу методологии исследований был положен метод полевого опыта. Вариантами полевого опыта стали агротехнологические приемы и режимы применения электролизованной воды. Опыт двухфакторный, в рамках фактора А было заложено четыре варианта: А1 – вариант без использования электролизованной воды, этот вариант контрольный; А2 – вариант, в котором электролизованная вода использовалась для проведения капельных поливов в первый и каждый пятый технологический цикл; А3 – то же, но в первый и каждый четвертый капельный полив; А4 – то же, но в первый и каждый третий капельный полив. В рамках фактора В к изучению было поставлено еще четыре варианта: В1 – поочередные поливы анолитом (50 % поливной нормы) и природной оросительной водой (50 % поливной нормы); В2 – трехкомпонентная технология использования электролизованной воды с поочередной подачей анолита (25 % поливной нормы), природной оросительной воды (50 % поливной нормы) и католита (25 % поливной нормы); В3 – то же, но анолит используется в объеме 10 % от поливной нормы, природная оросительная вода в объеме 50 % от поливной нормы, а католит – в объеме 40 % от поливной нормы; В4 – поочередные поливы природной оросительной водой и католитом по 50 % от поливной нормы. Территориально опытный участок располагался в КФХ «Фокин С. И.» Городищенского района Волгоградской области, почвы светло-каштановые, среднесуглинистые, наибо-

лее распространенные на Нижней Волге. Для проведения электрохимической обработки воды использовали проточный электролизер экспериментальной конструкции.

Результаты и обсуждение. Опытами установлено, что применение электролизованной воды оказывает статистически значимое влияние на содержание ключевых компонентов биохимии томата, которое, впрочем, не всегда положительно (таблица 1). Например, на участках, где при поливе томата чередовали подачу анолита (50 % от поливной нормы) и природной оросительной воды, статистически достоверно, на 0,09–0,20 %, снижалось содержание сухого вещества в плодах ($НСР_{05} = 0,08...0,09$ %), содержание органических кислот и витамина С (соответственно на 0,05–0,11 % и 1,3–2,2 мг%).

Таблица 1 – Биохимия плодов томата при орошении электролизованной водой

Фактор А	Фактор В	Доля сухо- го веще- ства в пло- дах, %	Суммар- ная доля сахаров, %	Доля кис- лот, %	Кэф- фициент сахари- стости	Кэф- фициент кислот- ности	Содержа- ние вита- мина С, мг%
При уборке бланжевспелых плодов							
A1	–	6,49	2,95	0,59	45,5	9,1	24,8
A2	B1	6,35	2,93	0,54	46,1	8,5	23,5
A2	B2	6,51	3,02	0,56	46,4	8,6	24,9
A2	B3	6,59	3,07	0,58	46,6	8,8	25,5
A2	B4	6,59	3,10	0,59	47,0	9,0	25,8
A3	B1	6,31	2,94	0,50	46,6	7,9	22,9
A3	B2	6,50	3,05	0,54	46,9	8,3	24,0
A3	B3	6,62	3,18	0,56	48,0	8,5	24,9
A3	B4	6,63	3,22	0,58	48,6	8,7	25,6
A4	B1	6,29	2,91	0,48	46,3	7,6	22,8
A4	B2	6,48	3,05	0,53	47,1	8,2	23,9
A4	B3	6,59	3,19	0,55	48,4	8,3	25,2
A4	B4	6,60	3,19	0,59	48,3	8,9	25,5
НСР ₀₅	Фактор А	0,08	0,051	0,008	–	–	0,34
	Фактор В	0,08	0,051	0,008	–	–	0,34
	АВ	0,16	0,102	0,016	–	–	0,68
При уборке зрелых плодов							
A1	–	6,34	3,00	0,53	47,3	8,4	21,8
A2	B1	6,25	2,98	0,48	47,7	7,7	20,4
A2	B2	6,37	3,08	0,51	48,4	8,0	21,7
A2	B3	6,42	3,14	0,53	48,9	8,3	22,5
A2	B4	6,44	3,16	0,53	49,1	8,2	22,8
A3	B1	6,23	2,99	0,44	48,0	7,1	19,8
A3	B2	6,36	3,12	0,47	49,1	7,4	20,8
A3	B3	6,43	3,23	0,49	50,2	7,6	21,8
A3	B4	6,45	3,26	0,52	50,5	8,1	22,3
A4	B1	6,22	2,97	0,42	47,7	6,8	19,6
A4	B2	6,37	3,12	0,46	49,0	7,2	20,8
A4	B3	6,45	3,25	0,48	50,4	7,4	22,1
A4	B4	6,46	3,27	0,53	50,6	8,2	22,3
НСР ₀₅	Фактор А	0,09	0,05	0,009	–	–	0,32
	Фактор В	0,09	0,05	0,009	–	–	0,32
	АВ	0,18	0,1	0,018	–	–	0,64

Трехкомпонентная технология использования электролизованной воды при капельном поливе томата оказалась более эффективна. На участках, где норма подачи анолита и католита была равной 25 % от поливной нормы, а их применение разделялось подачей природной оросительной воды (50 % от поливной нормы), на 0,07–0,12 % увеличивалось содержание сахара в плодах, а также на 0,02–0,07 % возрастало содержание органических кислот. На участках этого варианта также отмечена положительная динамика коэффициента сахаристости, хотя содержание витамина С оказалось все же ниже, чем на контроле.

При смещении схемы применения электролизованной воды в рамках трехкомпонентной технологии в пользу католита (вариант В3) доля сухого вещества в плодах томата возрастала на 0,09–0,13 %, а содержание сахаров увеличивалось на 0,12–0,25 %. Все прибавки абсолютно подтверждены статистическим анализом данных относительно контроля с использованием для полива исключительно природной оросительной воды. Кроме того, на участках этого варианта отмечено повышение содержания витамина С в плодах, а коэффициенты сахаристости и коэффициенты кислотности имели наилучшее соотношение в плане обеспечения вкусовых качеств плодов.

В варианте, в котором от применения анолита отказались, а католит для полива использовали в объеме 50 % от поливной нормы, отмечен дальнейший рост доли органических кислот в сухом остатке на 0,01–0,05 %. Однако при этом достоверного увеличения количества сахаров и содержания сухого вещества не наблюдалось, а вкусовые качества плодов ухудшались.

Выводы. Таким образом, использование электролизованной воды при капельном орошении оказывает достоверное влияние на показатели биохимии томата, позволяет решать проблему повышения качества томатов экологически безопасным методом. Плоды томата с наилучшими вкусовыми качествами можно получить при применении электролизованной воды в каждый четвертый или каждый третий полив по трехкомпонентной технологии с поочередным орошением анолитом (10 % от поливной нормы), природной оросительной водой (50 % от поливной нормы) и католи- том (40 % от поливной нормы).

Список использованных источников

1 Показатели качества овощных культур в зависимости от технологии выращивания / Т. Е. Иванова, О. В. Любимова, Л. А. Несмелова, Е. В. Соколова, Т. Н. Тугова // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 1(57). – С. 10–23.

2 Смоленцева, А. А. Исследование содержания антиоксидантов в овощах для проектирования функциональных пищевых продуктов / А. А. Смоленцева, С. А. Елисева, Н. П. Котова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2018. – Т. 7, № 1(41). – С. 35–39.

3 Петров, Н. Ю. Повышение продуктивности и качества растений томата под действием регулятора роста / Н. Ю. Петров, Е. В. Калмыкова, О. В. Калмыкова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 6. – С. 109–118.

4 Кощаев, А. Г. Биохимия сельскохозяйственной продукции / А. Г. Кощаев, С. Н. Дмитренко, И. С. Жолобова. – СПб.: Лань, 2018. – 388 с.

5 Семененко, С. Я. Фитосанитарное оздоровление зерновых и овощных культур с помощью электрохимически активированной воды / С. Я. Семененко, М. Н. Белицкая, С. М. Лихолетов // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 1. – С. 78–82.

6 Пасько, О. А. Рост и развитие растений, стимулированных электрохимически активированной водой / О. А. Пасько // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. – 2010. – № 3(20). – С. 54–59.

7 Bactericidal activity of neutral electrolyzed water against *Bacillus cereus* and

Clostridium perfringens in cell suspensions and artificially inoculated onto the surface of selected fresh produce and polypropylene cutting boards / H. M. Al-Qadiri, S. Smith, A. C. Sielaff, B. N. Govindan, M. Ziyaina, N. Al-Alami, B. Rasco // Food Control. – 2019. – Vol. 96. – P. 212–218.

8 Юлдашева, Ш. Ж. Обеспечение экологической чистоты продуктов диетического питания / Ш. Ж. Юлдашева, Ш. Н. Исмадова // Наука и образование сегодня. – 2018. – № 4(27). – С. 33–34.

УДК 626.82

А. В. Слабунова, И. В. Клишин

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Целью исследований являлось изучение и анализ современного уровня технического состояния оросительных систем и входящих в их состав ГТС мелиоративного назначения, находящихся на территории Ростовской области, на основе информационно-аналитических сведений, полученных из различных источников. В ходе исследования выявлено, что физический износ 66 % сооружений мелиоративного назначения достиг критической величины – 75 % и более. Внутрихозяйственная сеть требует капитального ремонта и реконструкции на площади 64,58 тыс. га, 32 % оросительных систем (11 оросительных систем из 34) по фактическому физическому износу находятся в крайне критическом состоянии. Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что потенциал использования мелиоративных объектов реализуется не в полной мере – всего на 24 % от возможного (с учетом того, что в 2018 г. фактически полили всего лишь 51 тыс. га).

Ключевые слова: мелиоративная система, оросительная система, техническое состояние, орошаемые земли, мелиорация.

A. V. Slabunova, I. V. Klishin

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

TECHNICAL CONDITION OF IRRIGATION SYSTEMS IN ROSTOV REGION

The purpose of the research was to study and analyze the current level of the technical state of irrigation systems and their reclamation hydraulic structures in Rostov region based on information and analytical information obtained from various sources. During the research it was found that the physical depreciation of 66 % of the reclamation facilities reached a critical value of 75 % or more. The on-farm network needs major repair and reconstruction on an area of 64.58 thousand ha, 32 % of irrigation systems (11 of 34 irrigation systems) are in critical condition due to actual depreciation. The analysis conducted allows making a conclusion that the potential for reclamation facilities use is not fully realized – only 24 % of the possible one (taking into account that in 2018 only 51 thousand hectares were actually watered).

Key words: reclamation system, irrigation system, technical condition, irrigated lands, land reclamation.

Введение. Техническое состояние оросительных систем (ОС) – это индикатор состояния и уровня развития мелиоративной отрасли в рассматриваемом регионе. Исторически Ростовская область – зона рискованного земледелия по причине невозможности получения стабильно высокой урожайности сельскохозяйственных культур из-за

недостаточных и неравномерно выпадающих осадков. Нивелировать или свести к минимуму риски сельхозтоваропроизводства, связанные с водообеспечением, призвана мелиорация земель, и в первую очередь орошение [1]. Основные массивы орошаемых земель в регионе строились в 60–70-х гг. прошлого столетия, в связи с чем большинство ГТС мелиоративного назначения морально и физически устарели. К тому же низкий технический уровень ОС является одной из причин развития в почвах негативных процессов: засоления, осолонцевания и переувлажнения [2, 3].

Таким образом, цель исследования – изучение и анализ современного уровня технического состояния оросительных систем и входящих в их состав ГТС мелиоративного назначения, находящихся на территории Ростовской области, на основе информационно-аналитических сведений, полученных из различных источников.

Материалы и методы. Для проведения исследований в качестве информационных ресурсов были использованы сведения о мелиоративных ГТС, полученные от подведомственных Минсельхозу России учреждений по мелиорации земель в ходе ведения и формирования базы данных для государственного водного реестра и мониторинга водных объектов (ГВР и ГМВО), и данные, представленные на информационном портале ФГБНУ ВНИИ «Радуга» (<https://inform-raduga.ru/>). В качестве методических подходов использовались методы обобщения, сравнения, системного анализа и синтеза.

Результаты и обсуждение. Ответственность за содержание и эксплуатационное обслуживание ОС Ростовской области возложена на федеральное государственное бюджетное учреждение «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Ростовской области» (ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз») в составе 12 межрайонных филиалов: Азовский, Аксайский, Багаевский, Базковский, Весёловский, Волгодонской, Верхне-Сальский, Мартыновский, Неклиновский, Пролетарский, Сальский и Семикаракорский. Учреждение находится в ведении Минсельхоза России, координирует деятельность учреждения уполномоченный в установленном порядке Департамент мелиорации.

В области по состоянию на 2018 г. имеется 259 тыс. га мелиорированных земель, из которых 231,3 тыс. га орошаемых, что составляет 63 % по сравнению с 1990 г. [4]. Обслуживание данных земель (подачу воды) осуществляют 34 ОС. Наиболее крупные из них: Нижне-Донская, Багаевская, Пролетарская и Азовская. Распределение орошаемых земель по всем ОС Ростовской области приведено в таблице 1. Фактическая площадь, обслуживаемая ОС, по состоянию на 2018 г. составила 215,91 тыс. га, при этом фактически полито было 50,92 тыс. га, что составляет всего 24 % (<https://inform-raduga.ru/>).

Таблица 1 – Наличие орошаемых земель по оросительным системам Ростовской области по состоянию на 2018 г.

В тыс. га		
Наименование ОС	Фактическая площадь, обслуживаемая ОС	Фактически полито в 2018 г.
1	2	3
1 Азовская	20,97	3,8
2 Багаевская	35,61	8,0
3 БКНС Первомайская-1	0	0
4 БКНС Первомайская-2	0	0
5 Большовская	10,95	3,1
6 Верхне-Сальская	14,28	1,2
7 Весёловская водохозяйственная система	0,32	0
8 Вяжа	0	0
9 Донская	5,86	0
10 Донской магистральный канал	9,61	4,3

Продолжение таблицы 1

1	2	3
11 зерноградская	0,99	0
12 зубовская	0,39	0
13 константиновская	1,71	0
14 краснополянская	1,20	0
15 летниковская	1,12	0
16 маньчская-1	7,78	0
17 маньчская-2	3,03	0
18 мартыновская	2,17	0,3
19 миусская	5,76	0,5
20 нептун	0,57	0
21 ниже-донская	36,56	5,4
22 ниже-маньчская	3,57	1,3
23 поднятая целина	2,14	0,6
24 право-егорлыкская	2,06	0
25 приазовская	0,60	0,4
26 приморская	15,40	1,9
27 пролетарская	25,04	18,6
28 садковская	4,40	1,42
29 темерницкая	1,13	0
30 троицкая-1	0,57	0
31 троицкая-2	0,30	0
32 хорошевская	0	0
33 цимлянская	1,82	0,1
34 чирская	0	0

Причины столь низких показателей по факту политых земель состоят в следующем (рисунок 1): неисправность внутрихозяйственной сети – не полито 64,58 тыс. га (39,4 %); отсутствие дождевальных машин – не полито 15,07 тыс. га (9,2 %); пары – не полито 5,5 тыс. га (3,4 %); многолетние насаждения – не полито 0,7 тыс. га (0,4 %); близкий УГВ – не полито 0,5 тыс. га (0,3 %); причины организационного характера – не полито 20,1 тыс. га (12,3 %); прочие – не полито 57,54 тыс. га (35,1 %). Анализ представленных данных говорит о том, что неисправность внутрихозяйственной сети является основной причиной низкого показателя фактически политых площадей, что, в свою очередь, существенно тормозит развитие орошаемого земледелия на территории Ростовской области.



Рисунок 1 – Причины малой площади фактически политых земель (площадь неполитых земель, тыс. га)

При этом данные таблицы 2 свидетельствуют о прогрессирующем с каждым годом ухудшении общего технического состояния ОС. Так, три ОС (БКНС Первомайская-1, Вяжа, Хорошевская) находятся в аварийном состоянии, четыре ОС (БКНС Первомайская-2, Константиновская, Летниковская, Нептун) – в ограниченно работоспособном и четыре ОС (Багаевская, Нижне-Донская, Садковская, Чирская) – в работоспособном, но показатели физического износа на критически низком уровне (<https://inform-raduga.ru/>). Таким образом, 32 % ОС (11 ОС из 34) находятся в крайне критическом состоянии.

Таблица 2 – Техническое состояние оросительных систем Ростовской области по состоянию на 2018 г. (по данным ФГБНУ «РосНИИПМ»)

Наименование ОС	Физический износ по балансу, %	Фактический физический износ, %	Оценка технического состояния ОС
1 Багаевская	95	97	работоспособное
2 БКНС Первомайская-1	–	–	аварийное
3 БКНС Первомайская-2	–	–	ограниченно работоспособное
4 Вяжа	–	–	аварийное
5 Константиновская	95	97	ограниченно работоспособное
6 Летниковская	–	–	ограниченно работоспособное
7 Нептун	–	–	ограниченно работоспособное
8 Нижне-Донская	95	97	работоспособное
9 Садковская	95	97	работоспособное
10 Хорошевская	–	–	аварийное
11 Чирская	84,7	84,7	работоспособное

Подача воды на орошение осуществляется 162 насосными станциями. Протяженность оросительной сети составляет 11948,90 км. Водозаборные сооружения и регулирующие ГТС в количестве 72691 шт. обеспечивают водозабор, транспортировку, распределение оросительной воды. Данные, характеризующие уровень технического состояния всех находящихся на балансе ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» ГТС, приведены в таблице 3. Техническое состояние ГТС классифицируется по износу (амортизации) по четырем классам: 1-й – 0–25 %; 2-й – 26–50 %; 3-й – 51–75 %; 4-й – 76–100 % [2, 5–7].

Таблица 3 – Техническое состояние различных ГТС мелиоративного назначения по состоянию на 2018 г. (по данным ФГБНУ «РосНИИПМ»)

Тип ГТС	Оценка технического состояния, класс			
	1-й	2-й	3-й	4-й
1	2	3	4	5
Акведуки, шт.	–	3	4	–
Водоводы, пульпопроводы и золошлакопроводы, шт.	–	7	23	85
Водоспуски, донные водовыпуски, шт.	3	103	89	281
Глубинные водозаборы, шт.	–	–	1	–
Дамбы водозащитные, шт.	–	1	–	2
Дюкеры, шт.	–	6	1	9
Каналы и дрены, шт.	2	7	56	246
Лотки, шт.	–	–	–	11

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
Насосные станции, шт.	9	12	26	69
Открытые водосбросы, шт.	–	–	–	4
Плотины водохранилищ, шт.	1	–	1	–
Поверхностные водозаборы, шт.	4	–	–	4
Рыбопропускные сооружения, шт.	–	1	–	–
Туннели, шт.	–	1	–	2

Таким образом, 66 % всех ГТС мелиоративного назначения находятся в техническом состоянии, соответствующем 4-му классу, т. е. износ большинства сооружений мелиоративного назначения составляет 75 % и более, 19 % ГТС соответствует 3-му классу, 13 % ГТС – 2-му классу и 2 % ГТС – 1-му классу. Стоит отметить, что магистральные каналы и межхозяйственная сеть содержатся в работоспособном состоянии, в наихудшем положении по техническому уровню находятся сеть транспортирующих и распределительных каналов, водозаборные сооружения, насосные станции, сбросная и коллекторно-дренажная сеть.

Выводы. Анализ состояния мелиоративных объектов (ОС и ГТС в их составе) в Ростовской области показывает, что за более чем 50-летний период их эксплуатации техническое состояние оросительной сети и ГТС на ней ухудшилось, физический износ 66 % сооружений мелиоративного назначения достиг критической величины – 75 % и более. Причина данной ситуации – это отсутствие возможности полноценного проведения необходимых ежегодных ремонтно-эксплуатационных работ, замены технического оборудования, работ по реконструкции мелиоративных объектов и т. п. Внутрихозяйственная сеть требует капитального ремонта и реконструкции на площади 64,58 тыс. га, 32 % ОС (11 ОС из 34) по фактическому физическому износу находятся в крайне критическом состоянии. Таким образом, потенциал использования мелиоративных объектов реализуется не в полной мере – всего на 24 % от возможного.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Краснообск: Сиб. федер. науч. центр агробиотехнологий Рос. акад. наук, 2017. – С. 167–169.

2 Косиченко, Ю. М. Состояние и пути повышения технического уровня оросительных систем на юге России / Ю. М. Косиченко, Г. А. Сенчуков, А. С. Капустян // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2011. – № 4(04). – С. 164–174. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=57&id=75>.

3 Новикова, А. Ф. Мелиоративное состояние орошаемых земель Ростовской области / А. Ф. Новикова // Почвоведение. – 2008. – № 5. – С. 599–613.

4 Ханмагомедов, С. А. Анализ современного состояния оросительных систем в Ростовской области / С. А. Ханмагомедов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2007. – Вып. 38. – С. 11–14.

5 Об утверждении порядка представления и состава сведений, представляемых Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, для внесения в государственный водный реестр: Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 30 ноября 2007 г. № 316 // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

6 Ольгаренко, Д. Г. Технический уровень и эффективность эксплуатации мелио-

ративных систем / Д. Г. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2015. – № 4(20). – С. 287–295. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=366&id=387>.

7 Щедрин, В. Н. Основные правила и положения эксплуатации мелиоративных систем и сооружений, проведения водоучета и производства эксплуатационных работ: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов. – В 2 ч. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 657 с.

УДК 631.42:634.93

М. В. Назарова

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

ТЕМПЕРАТУРА В ПОЧВЕННОМ СЛОЕ НА ЛЕСОМЕЛИОРИРУЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ ПРИ НАЛИЧИИ И ОТСУТСТВИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ЭКРАНА НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ

Целью исследований являлось изучение температурного режима в слое почвы от 0 до 20 см на различных расстояниях от лесных полос (от 1,5 до 35 Н). Рассматривались два фона (с растительным экраном и без него). Исследования вызваны тем, что лесные полосы являются мощнейшим средством трансформации состояния приземного слоя атмосферы и могут влиять на тепловое состояние земной поверхности и Земли в целом, а значит, и на экологическую и климатическую составляющие атмосферы Земли. А это уже фундаментальная задача.

Ключевые слова: солнечная радиация, лесные полосы, температура, почва, распределение, растительный экран, паровое поле.

M. V. Nazarova

Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

TEMPERATURE IN THE SOIL LAYER IN FOREST RECLAMATION TERRITORY IN THE PRESENCE AND ABSENCE OF THE PLANT SCREEN ON SOIL SURFACE

The objective of the research was to study the temperature regime in the soil layer from 0 to 20 cm at various distances from forest belts (from 1.5 to 35 N). Two backgrounds (with and without a vegetation screen) were considered. The research is caused by the fact that forest belts are the most powerful means of transforming the state of the ground layer of the atmosphere and can affect the thermal state of the Earth's surface and the Earth as a whole, and hence the ecological and climatic components of the Earth's atmosphere. And this is a fundamental task.

Key words: solar radiation, forest belts, temperature, soil, distribution, vegetation screen, fallow.

Введение. Солнечное тепло, поступающее на Землю, частично идет на нагревание ее поверхности и почвенного слоя [1], причем это нагревание, как правило, неоднородно и изменяется как в широтном, так и в годичном, суточном режиме. Кроме этого, почвы в зоне влияния лесных полос еще имеют разнообразие по нагреву (то нагреваются сильнее, то остывают значительно). И это происходит также как в годичном, так и в суточном цикле. С тепловым же режимом Земли достаточно тесно связаны метеоро-

логические и циркуляционные процессы, климатические характеристики территории [1]. Определенным образом на этот режим влияет и деятельность человека. В этом смысле немаловажно было бы знать и то, как на тепловые свойства литосферы Земли повлияет сплошная лесомелиорация сельскохозяйственных полей, поскольку в литературе широко освещается большая климатообразующая роль лесных насаждений [2–5]. Установлено, что вблизи от лесных полос, как правило, обменные процессы занижены, влажностный режим почвы повышен, испарение влаги из почвы и транспирация растений изменены. Иначе говоря, за лесными полосами всегда проявляется лесомелиоративный эффект, к тому же он является функцией расстояния от лесонасаждений и времени, а также условий роста растений, в т. ч. и изменения влажностно-термического режима. Поэтому вполне резонно можно было бы предположить, что лесомелиорация может существенно изменять тепловые режимы в верхних слоях отдельных участков литосферы и тем самым влиять на приземный слой воздуха, его циркуляцию.

Материал и методы. Чтобы выяснить отмеченное обстоятельство, на территории бывшего ОПХ «Качалинское» в 2006–2010 гг. были заложены опыты по изучению температурного режима в слое почвы 0–20 см на различных расстояниях от лесных полос во взаимодействующих системах. Лесополосы состояли из древесных пород – вяза приземистого и робинии лжеакакии. Высота лесных полос была 6–7 м, конструкция – ажурная, просветность – 35–40 %. Расстояния от лесных полос брались 1,5; 5; 10; 15; 25 и 35 H (H – высота лесных полос). Агрофоном на опытных объектах служили озимая пшеница и рожь, яровая пшеница и рожь. Повторность во всех случаях была трехкратная. Использовались измерительные приборы – термометры Саввинова. Уровни измерения температуры почвы – 5, 10, 15 и 20 см от поверхности почвенного слоя.

Результаты и обсуждение. Как показали исследования, предположения о роли лесных насаждений в трансформации теплового состояния Земли в целом не подтвердились. Но нужно отметить, что местные изменения в тепловом режиме почв, особенно в зоне 5–10 H , все-таки происходят (хотя и незначительные). Это наблюдается и на полях с растительным покровом, и на паровых полях (таблица 1). В то же время надо отметить, что растительный экран некоторым образом снижает градиент изменения температуры в глубине почвенного покрова. Особенно это заметно в зоне 5–10 H от лесной полосы, т. е. в зоне с более высокой обеспеченностью влагой. В целом же по всему межполосному пространству уровень теплоусвоения на полях с растительностью стабилен, чего нельзя сказать о полях без растительности, т. е. паровых полях (таблица 2). Это связано с двумя причинами. На полях с растительностью, где функционально присутствуют подсистемы «инсоляция – растительный экран», происходит некоторая регулировка приходной части радиации за счет плотности растительного экрана. А она на разных расстояниях от лесных полос различна. Поэтому на расстоянии 5–10 H от лесных полос на глубине 20 см температура в варианте с растительным экраном ниже.

Таблица 1 – Нормированная величина температуры на различных глубинах и разных расстояниях от лесной полосы на поле с растительным покровом

В °С

Уровень измерения температуры, см	Расстояние от лесополосы H						Среднее значение по защищенной зоне
	1,5	5	10	15	25	35	
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	0,92	0,93	0,91	0,93	0,96	0,93	0,93
15	0,86	0,87	0,86	0,87	0,85	0,88	0,87
20	0,75	0,80	0,78	0,77	0,82	0,82	0,81

Таблица 2 – Нормированная величина температуры на различных глубинах и разных расстояниях от лесной полосы на поле под паром

В °С

Уровень измерения температуры, см	Расстояние от лесополосы H						Среднее значение по защищенной зоне
	1,5	5	10	15	25	35	
5	1,0	1,0	1,0	–	1,0	–	1,0
10	0,94	0,90	0,94	–	0,90	–	0,92
15	0,89	0,84	0,88	–	0,88	–	0,87
20	0,87	0,79	0,87	–	0,85	–	0,85

Исследования показали, что температура в почвенном слое зависит от условий роста и развития растений, определяющих параметры растительного экрана. В зоне 5–10 H влагозапасы выше, поэтому и экран здесь плотнее. Согласно же Монси и Саэки [6], световой поток (по плотности), поступающий после прохождения экрана в почвенный слой, на глубине z составит:

$$I_z = I_0 e^{-kz},$$

где I_0 – световой поток на верхней границе растительного экрана;

k – коэффициент затухания, связанный с плотностью экрана (например, оптическая плотность растительного экрана);

z – глубина почвенного слоя, см.

Значения k в течение вегетации растений меняются. Следовательно, и I_z будет меняться на глубине z .

Что же касается парового поля, то здесь фактор экрана отсутствует. Однако здесь, очевидно, будет играть роль другая характеристика, а точнее цвет почвы и состояние почвенного покрова – его пористость и влажность. Темноцветные почвы будут больше поглощать солнечной энергии, сильнее нагреваться и обладать (при больших влагозапасах) большей теплопроводностью.

Выводы. Лесная мелиорация влияет на теплосостояние Земли лишь внутривидно, т. е. на отдельных участках. В целом же тепловой режим Земли не меняется и баланс его сохраняется.

С глубиной температура в почве снижается, на поле с растительным покровом на 19 %, на пару – на 15 %. Причины – разное воздействие на солнечный поток растительного экрана и сложения почв, а также содержания в них влаги, что подробно освещалось выше.

Список использованных источников

1 Хргиан, А. Х. Физика атмосферы / А. Х. Хргиан. – Т. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 247 с.

2 Смалько, Я. А. Ветрозащитные особенности лесных полос разных конструкций / Я. А. Смалько. – Киев: Госсельхозиздат, 1963. – 192 с.

3 Долгилевич, М. И. Системы лесных полос и ветровая эрозия / М. И. Долгилевич, Ю. И. Васильев, А. Н. Сажин. – М.: Лес. пром-сть, 1981. – 160 с.

4 Романова, Е. Н. Влияние лесных полос на турбулентный обмен / Е. Н. Романова // Труды ГГО. – Л., 1952. – Вып. 36(96). – С. 12–16.

5 Васильев, Ю. И. Ветроослабляющая роль куртинных насаждений / Ю. И. Васильев, Е. А. Литвинов, М. В. Назарова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2007. – № 2. – С. 54–56.

6 Франс, Дж. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж. Х. М. Торнли; пер. с англ. А. С. Каменского; под ред. Ф. И. Ерошенко; предисл. Ф. И. Ерошенко, А. С. Каменского. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.

УДК 626.88

А. Н. Рыжаков, Д. В. Мартынов

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА РЫБОХОДНО-НЕРЕСТОВОГО КАНАЛА КОЧЕТОВСКОГО ГИДРОУЗЛА

Целью данного исследования поставлено рассмотрение возможности строительства рыбоходно-нерестового канала на правом берегу р. Дон с использованием русла р. Барсовки. Главной задачей является необходимость обеспечения параметров проектируемого канала, соответствующих значениям, удовлетворяющим потребностям мигрирующих по нему рыб. Чтобы выйти на требуемые показатели уклонов и скоростей, проектируемый канал должен иметь протяженность 10 км, иметь необходимое поперечное сечение с шириной по дну 30 м, глубиной 3 м, покрытие русла гравийно-галечниковой смесью. Так как р. Барсовка не отвечает требованию необходимой протяженности, был рассмотрен вариант устройства рыбоходно-нерестового канала, лишь частично проходящего по существующему водотоку. В результате было определено, что в обоих случаях часть рассматриваемого сооружения проходит в пределах особо охраняемой территории заповедника Урочище Церковный рынок, что, согласно существующему законодательству, запрещено. Из рассмотренных вариантов компоновочных решений канала следует, что целесообразней рассмотреть возможность строительства рыбоходно-нерестового канала либо севернее ст-цы Кочетовской, либо по левому берегу р. Дон

Ключевые слова: рыбопропускной шлюз, рыбоходно-нерестовые каналы, уклон, скорость течения, особо охраняемые территории.

A. N. Ryzhakov, D. V. Martynov

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk,
Russian Federation

TO THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF FISHWAY-SPAWNING CHANNEL OF KOCHETOVSKIY HYDRAULIC WORKS

The aim of this study is to consider the possibility of constructing the fishway-spawning channel on the right bank of the river Don using the river bed Barsovka. The main task is the need to ensure the parameters of the designed channel corresponding to the values that satisfy the needs of the fish migrating along it. To reach the required parameters of slopes and velocities the designed channel should be 10 km long, 3 m deep, should have the necessary cross section with a width of 30 m along the bottom, and a gravel-pebble mixture channel lining. As the river Barsovka fails to meet the requirement of the required length, a variant of the fishway-spawning canal, which passes through the existing watercourse only partially was considered. As a result it was determined that in both cases a part of the facility under consideration is within the specially protected territory Urochishche Tserkovnyy Rynek, which is prohibited according to the existing legislation. From the considered options of the channel layout design it follows that it is more expedient to consider the possibility of constructing the fishway-spawning channel either north of stanitsa Kochetovskaya or on the left bank of the river Don.

Key words: fish gateway, fishway-spawning channels, slope, flow velocity, specially protected territories.

Введение. При строительстве каскада гидротехнических сооружений (Цимлянского, Кочетовского, Константиновского и Николаевского гидроузлов) в русле р. Дон оказались перегороженными пути к естественным нерестилищам азово-черноморским видам рыб, поэтому был осуществлен ряд мероприятий, направленных на обеспечение их свободного прохода к местам нереста. Но в отличие от прочих гидроузлов, на которых имеются рыбообходные каналы, Кочетовский гидроузел мигрирующая рыба проходит через рыбопропускной шлюз (РПШ), построенный в 1972 г. [1]. Однако пропускная способность данного рыбоподъемного устройства в настоящее время очень низкая. Практика эксплуатации рыбопропускных сооружений на низконапорных гидроузлах показала возможность и целесообразность использования более современных конструкций РПШ [2] или замены РПШ рыбоходно-нерестовыми каналами [3].

Основной особенностью данных каналов является обеспечение в них постоянных средних скоростей течения, соответствующих значениям привлекающих скоростей для определенных видов рыб. Соблюдение соответствующих значений средних скоростей течений, а значит уклона и протяженности, по оси рыбоходно-нерестовых каналов позволит создать благоприятные условия как для прохода, так и для нереста в них различных видов рыб [4–6].

Материалы и методы. На очередном заседании рабочей группы весной 2018 г., в которую входили представители Министерства природных ресурсов и экологии, Министерства сельского хозяйства и продовольствия, Азово-Черноморского управления Росрыболовства, а также администрации области, муниципалитетов и руководства эксплуатационной службы гидроузла, был рассмотрен ряд вопросов, главный из которых – определение возможности проектирования и строительства рыбоходно-нерестового канала по руслу р. Барсовки (рисунок 1). Отметим, что ранее также рассматривался вариант использования для этих целей русла р. Сухой Донец, но в итоге от него по обоснованным причинам было решено отказаться.

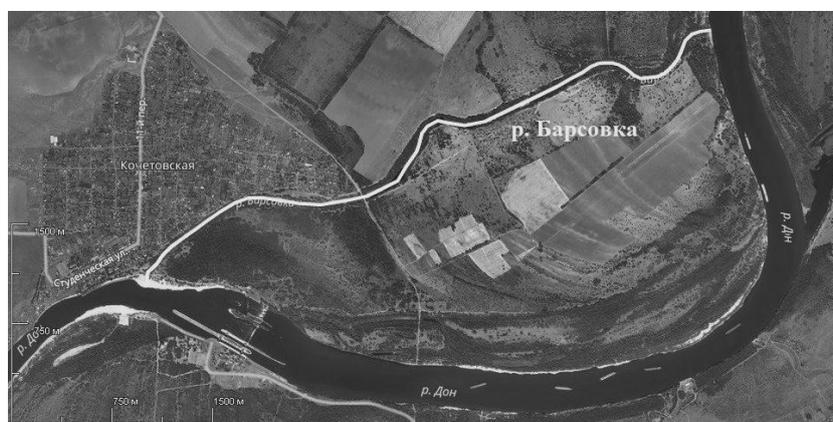


Рисунок 1 – Расположение р. Барсовки

Главной задачей, которую нужно решить при использовании р. Барсовки, является необходимость обеспечения параметров проектируемого водотока, соответствующих значениям, удовлетворяющим потребности рыб. Чтобы выйти на требуемые показатели уклонов и скоростей, проектируемый канал должен иметь протяженность около 10 км, в то время как протяженность самой реки составляет не более 5 км. Таким образом, существующее природное русло (рисунок 2) данной реки не может быть использовано для намеченных целей как в своем нынешнем состоянии, так и после ряда гидротехнических мероприятий по очистке и перепрофилированию ее русла.

Исходя из вышеприведенных соображений, ось рыбоходно-нерестового канала была намечена так, чтобы выйти на требуемые показатели уклонов и скоростей, но с учетом возможности обхода особо охраняемых территорий.



Рисунок 2 – Русло р. Барсовки (источник: <http://semikarakorsk-admrn.donland.ru/Default.aspx?pageid=135385>)

Для создания модели поверхностей рыбоходно-нерестового канала использовались высотные данные радарной топографической съемки SRTM-3 (Shuttle radar topographic mission) [7]. Построение поверхности осуществлялось с помощью программного комплекса Autodesk с такими модулями, как Infracore и Autocad Civil 3D. На основе ЦМР местности подготовлены исходные данные для проектирования сооружения и расчета объемов работ.

Результаты и обсуждения. С учетом рекомендации В. Н. Шкуры [3] выходной оголовок рыбоходно-нерестового канала был намечен на правом берегу в 150 м ниже подпорного сооружения Кочетовского гидроузла (рисунок 3).



Рисунок 3 – Местоположение выходного оголовка проектируемого рыбоходно-нерестового канала

Согласно проекту, который был рассмотрен на заседании рабочей группы, параметры расчетно-конструктивной схемы поперечного сечения рыбоходно-нерестового канала были следующими: прямоугольное сечение, в низовой части тракта с шириной по дну 30 м и глубиной 3,0 м (рисунок 4).

В качестве покрытия русла выбрана гравийно-галечниковая смесь с тем расчетом, что гравий и галечник будут выполнять функции субстрата и элементов искусственной шероховатости, регулирующих глубину и скоростной режим в канале. Подобные каналы устроены на Николаевском и Константиновском гидроузлах на р. Дон и положительно зарекомендовали себя в части эффективности и надежности эксплуатации [4].

Для выхода на требуемые показатели уклонов отметка входного оголовка была выбрана 4,0 м, а выходного составила 2,5 м. Таким образом, при протяженности канала

10 км уклон составит 0,00035, что соответствует значениям, удовлетворяющим потребностям мигрирующих рыб. В результате, согласно рекомендациям В. Н. Шкуры [3], рыбоходно-нерестовый канал принятой расчетно-конструктивной схемы может иметь плановое очертание, приведенное на рисунке 5.

М 1:1250 по горизонтали
М 1:1250 по вертикали

Проектные данные	Уклон, %, длина, м					
	Отметка земляного полотна, м	7.94	4.00	4.00	8.07	
Фактические данные	Отметка земли, м	7.94	7.67	7.40	7.32	8.07
	Расстояние, м		15.77	15.00	15.00	16.30

Рисунок 4 – Параметры расчетно-конструктивной схемы поперечного сечения рыбоходно-нерестового канала



Рисунок 5 – Расположение проектируемого рыбоходно-нерестового канала

В результате строительства рыбоходно-нерестового канала рассмотренных выше параметров объем вынимаемого грунта может составить 5 млн м³, а объем гравийно-галечниковой смеси – 40 тыс. м³ (согласно принятой минимальной толщине покрытия 0,1 м).

Однако в случае изменения оси русла р. Барсовки или создания иного водотока с требуемыми характеристиками возникают дополнительные сложности, так как в районе Кочетовского гидроузла на правом берегу р. Дон в окрестности ст-цы Кочетовской расположен комплексный памятник природы Урочище Церковный рынок, имеющий большое природоохранное, научное и просветительское значение [8] (рисунок 6).

Памятник природы занимает часть территории государственного заповедника ГОЗ Бугровский. Создан в соответствии с решением Семикаракорского РИК № 363 от 20.09.77 и Областного совета № 87 от 22.04.92 [9]. Площадь комплексного памятника природы Урочище Церковный рынок составляет 112 га [10]. Ответственность за обеспечение охраны и функционирование комплексного памятника природы несет Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области.

При прохождении рыбоходно-нерестового канала согласно предложенному нами варианту либо только в русле р. Барсовки часть сооружения пройдет в пределах особо охраняемой территории (рисунок 7), что недопустимо.



Рисунок 6 – Местоположение комплексного памятника природы Урочище Церковный рынок



1 – по руслу р. Барсовки; 2 – согласно принятой оси канала

Рисунок 7 – Область территории Урочища Церковный рынок, требуемая для строительства рыбоходно-нерестового канала

Выводы

1 Для строительства рыбоходно-нерестового канала согласно двум рассмотренным вариантам может потребоваться около 5 га территории заповедника, что, согласно существующему законодательству, запрещено, так как на территориях расположения памятников природы Ростовской области и их охранных зон запрещается любая хозяйственная и иная деятельность, влекущая нарушение сохранности памятников природы, в т. ч. строительство зданий и сооружений: как временных, так и дорог, трубопроводов, линий электропередач, прочих коммуникаций и т. д. [10].

2 С учетом вышеуказанных обстоятельств целесообразно рассмотрение возможности строительства данного сооружения либо севернее ст-цы Кочетовской, либо по левому берегу р. Дон.

Список использованных источников

- 1 Шкура, В. Н. Рыбопропускные шлюзы и рыбоподъемники / В. Н. Шкура. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 136 с. – (Библиотека гидротехника и гидроэнергетика; вып. 98).
- 2 Пат. 1599468 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбопропускное сооружение / Шкура В. Н., Чистяков А. А., Фоменко В. А., Анискин А. М.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4393333; заявл. 16.03.88; опубл. 15.10.90, Бюл. № 38. – 7 с.: ил.
- 3 Шкура, В. Н. Рыбопропускное сооружение. В 2 ч. Ч. 2 / В. Н. Шкура; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск, 1998. – 728 с.
- 4 Гидравлический расчет рыбоходно-нерестового канала с элементами искусственной шероховатости / Ю. М. Косиченко, В. Н. Шкура, О. А. Баев, М. Ю. Косиченко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 4(28). – С. 223–241. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec523-field6.pdf.
- 5 Боровской, В. П. Методика гидравлического расчета нерестового канала с разнофракционным гравийно-галечниковым покрытием русла / В. П. Боровской, А. Ю. Гарбуз, О. А. Баев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 1(29). – С. 233–248. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=526&id=540>.
- 6 Щедрин, В. Н. Рыбоводный комплекс на базе оросительного канала и малой реки / В. Н. Щедрин, В. Н. Шкура, О. А. Баев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 38–43.
- 7 Панорама карты покрытия SRTM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://viewfinderpanoramas.org/Coverage%20map%20viewfinderpanoramas_org3.html, 2019.
- 8 Миноранский, В. А. Особо охраняемые природные территории Ростовской области / В. А. Миноранский, О. Н. Демина. – Ростов н/Д.: ЦВВР, 2002. – 372 с.
- 9 Урочище Церковный рынок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://semikarakorsk-admrn.donland.ru/Default.aspx?pageid=133781>, 2019.
- 10 Об охраняемых ландшафтах и охраняемых природных объектах: Постановление правительства Ростовской области от 12 мая 2017 г. № 354 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://oort.aari.ru/doc/Постановление-правительства-Ростовской-области-от-12052017-№354>, 2019.

УДК 626.81:658.5

И. П. Абраменко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

Р. Б. Белковский, Д. А. Решетняков

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

**ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО
КОМПЛЕКСА НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ**

Цель работы заключается в идентификации показателей качественного состояния водных ресурсов в бассейне Дона, обосновании организационно-экономических инструментов повышения эколого-экономической эффективности водохозяйственного комплекса Ростовской области. Установлено, что качество водных ресурсов на различных участках бассейна р. Дон детерминировано хозяйственной активностью водопользователей. Низкая эффективность применяемых технологий водоочистки приводит к эмиссии загрязняющих веществ в донскую акваторию в ареалах крупнейших

промышленно-хозяйственных агломераций, в частности г. Воронежа, Ростова-на-Дону. Кроме того, одним из факторов, определяющих загрязнение водных ресурсов Дона, является использование сельскохозяйственными товаропроизводителями отрасли растениеводства ядохимикатов и удобрений, которые вместе с поливной водой поступают в почву и затем через подземные водные горизонты – в акваторию Дона. Авторами обосновывается механизм межведомственной координации, направленный на повышение эффективности современной системы управления водопользованием.

Ключевые слова: регион, Ростовская область, водохозяйственный комплекс, река Дон.

I. P. Abramenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

R. B. Belkovsky, D. A. Reshetnyakov

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC TOOLS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF WATER INDUSTRIAL COMPLEX AT THE REGIONAL LEVEL

The purpose of the work is to identify the indicators of the water resources qualitative state in the Don basin, justification of organizational and economic tools to improve the environmental and economic efficiency of water industrial complex of Rostov region. It was found that water resources quality in various parts of the Don basin is determined by the economic activity of water users. The low efficiency of the applied water treatment technologies leads to the pollutants emission into the Don aquatic area in the areas of the largest industrial and economic agglomerations, in particular, the towns Voronezh and Rostov-on-Don. Besides, one of the factors determining the pollution of the Don's water resources is the use of pesticides and fertilizers entering the soil together with irrigation water and then through underground water table to the Don aquatic area by agricultural producers of crop production industry. The mechanism of interdepartment coordination aimed at increasing the efficiency of modern water management system is substantiated.

Key words: region, Rostov region, water industrial complex, the Don river.

Введение. Как отмечается в научных исследованиях В. Н. Щедрина [1], И. П. Абраменко [2], Т. Ю. Анопченко [3], Р. В. Ревунова [4], для РФ характерен экстенсивный, экологодестабилизирующий режим эксплуатации водоресурсных благ. Одним из характерных признаков современного водопользования является антропогенное воздействие, выражающееся в эмиссии загрязненных вод в акватории водных объектов, дестабилизации водных экосистем вследствие хозяйственной деятельности, сокращении биоразнообразия водоемов, снижении урожайности сельскохозяйственных культур, возделываемых на орошаемых землях, и вследствие этого сокращения доходности сельхозтоваропроизводителей. Указанные обстоятельства аргументируют научный поиск направлений, факторов, организационно-экономических инструментов снижения антропогенного воздействия водохозяйственного комплекса на региональном уровне.

Материалы и методы. Возрастающий техногенный прессинг на водоемы имеет следующие негативные социо-эколого-экономические последствия: возрастает экологически обусловленная заболеваемость граждан (провоцируемая употреблением воды ненадлежащего качества, загрязнением воздуха и т. п.) и, как следствие, расходы домохозяйств на медицинское обслуживание, лекарственные препараты, диагностику, также увеличивается нагрузка на финансируемую из бюджета систему здравоохранения; увеличиваются издержки хозяйствующих субъектов, связанные с необходимостью дополнительной водоподготовки; снижается биологическое разнообразие водных экосистем; раз-

вивается тенденция к экологически обусловленной миграции граждан. Указанные негативные факторы, являющиеся следствием несбалансированной практики водопользования, ограничивают темпы социально-экономического развития Ростовской области.

Дополнительными факторами ухудшения качественных характеристик водных ресурсов Дона и связанного с данным процессом роста издержек хозяйствующих субъектов являются эмиссия сточных вод с территории Украины (через р. Северский Донец, являющуюся притоком Дона) и наличие в Ростовской области развитой транспортно-логистической инфраструктуры, обеспечивающей как региональный, так и общероссийский внутренний и внешний торговый оборот, что приводит к значительному загрязнению Дона нефтепродуктами в районе Ростовского порта. Для обобщенной оценки качества воды р. Дон и ее притоков по выделенным водным объектам и речным участкам используется удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ), позволяющий учесть как степень превышения допустимого содержания отдельных веществ, так и частоту подобных превышений в границах периода наблюдения. Показатели качества водных ресурсов на различных участках бассейна Дона за период 2017–2018 гг. представлены в таблице 1 [5, 6].

Таблица 1 – Качество водных ресурсов на различных участках бассейна Дона за период 2017–2018 гг.

Граница водохозяйственного участка	Основное вещество-загрязнитель, поступающее в акваторию	Приоритетный водопользователь-загрязнитель	УКИЗВ
р. Дон, граница Тульской и Липецкой областей – граница Липецкой и Воронежской областей	Органические вещества	МП «Водоканал» г. Лебедяни, хозяйствующие субъекты агропромышленного комплекса	5,1–5,5
р. Дон, граница Липецкой и Воронежской областей – г. Лиски	Железо, сточные воды, фосфаты	МП ПУ «Воронежводоканал»	5,3–5,7
р. Дон, выше впадения р. Северский Донец – ниже х. Колузаево	Медь	Хозяйствующие субъекты промышленного комплекса	2,5–2,7
р. Дон, г. Лиски – выше г. Богучара	Нитриты, железо	Аксайский филиал ФГБУ «Ростовмелиоводхоз», ОАО «ПО «Водоканал» (г. Ростов-на-Дону)	2,2–2,9
Ростовская агломерация – ниже впадения р. Темерник	Нитриты, железо, поверхностно-активные вещества, сточные воды	ОАО «ПО «Водоканал» (г. Ростов-на-Дону)	4,7–5,9
Выше г. Богучара – г. Калач-на-Дону	Марганец, нитраты	Хозяйствующие субъекты промышленного комплекса	4,3–5,5
г. Калач-на-Дону – Цимлянское водохранилище	Марганец, нитраты	Хозяйствующие субъекты промышленного комплекса	4,4–5,5

Качество водных ресурсов на различных участках бассейна р. Дон детерминировано хозяйственной активностью водопользователей. Низкая эффективность применяемых технологий водоочистки, изношенность мелиоративной инфраструктуры приводит к эмиссии загрязняющих веществ в донскую акваторию в ареалах крупнейших промышленно-хозяйственных агломераций. Кроме того, одним из факторов, определяющих загрязнение водных ресурсов Дона, является использование сельскохозяйственными товаропроизводителями отрасли растениеводства ядохимикатов и удобрений, ко-

торые вместе с поливной водой поступают в почву и затем через подземные водные горизонты – в акваторию Дона.

Результаты и обсуждение. По нашему мнению, решение задачи улучшения качества водных ресурсов в бассейне Дона в целях снижения негативных социо-эколого-экономических последствий современного водопользования возможно посредством формирования механизма координации организационно-управленческих действий федеральных органов власти (в лице профильных ведомств: Министерства природных ресурсов, Министерства сельского хозяйства, Федерального агентства водных ресурсов, Донского бассейнового водного управления), органов госвласти субъектов РФ, органов местного самоуправления. Предлагаемая координация позволит устранить существующее в настоящее время распыление ограниченных финансовых, материальных ресурсов между водоохранными и мелиоративными проектами разной степени важности.

Практическое воплощение предлагаемого выше механизма межведомственной координации может выражаться в виде формируемого ежегодно и утверждаемого Правительством РФ единого бассейнового водоохранного бюджета, в котором предусматривается финансирование заранее отобранных экспертами приоритетных проектов, обладающих максимальным социо-эколого-экономическим эффектом. Реализация подобного предложения позволит концентрировать ресурсы на наиболее перспективных направлениях, дающих наибольший практический результат.

Выводы. Подводя итог сказанному, сформулируем следующие основные выводы:

- экологически несбалансированное водопользование Ростовской области в настоящее время является фактором, ограничивающим поступательное социально-экономическое развитие. Дополнительные издержки, возникающие вследствие используемых ресурсоемких водохозяйственных практик, снижают конкурентоспособность как хозяйствующих субъектов, так и экономического комплекса региона в целом. В связи со сказанным необходима разработка и внедрение в управленческую практику на мезо-, микроэкономическом уровнях организационно-экономических и административно-правовых мероприятий, стимулирующих водопользователей к снижению антропогенного воздействия на природную среду и, таким образом, минимизацию социо-эколого-экономического ущерба;

- по мнению авторов, временно ликвидировать дефицит качественных водных ресурсов на юге России может расширение использования подземных водных объектов в качестве источников водоснабжения. Для решения данной задачи необходимо сформировать организационно-экономические и административно-правовые предпосылки, заключающиеся в четкой кодификации порядка получения права собственности (посредством внесения поправок в некоторые законодательные акты), формировании регламентов водопользования, учитывающих природохозяйственную специфику конкретных регионов и местностей, корректировке процедуры тарифообразования. Введение в экономический оборот подземных источников водоресурсных благ позволит только временно стабилизировать водохозяйственный баланс Ростовской области и придать дополнительный позитивный импульс его социально-экономическому развитию. Разработка же современных технологий водоочистки, а также восстановление мелиоративного комплекса РФ способна на долгое время решить вопросы улучшения качества водных ресурсов в бассейне Дона.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Негативные почвенные процессы при регулярном орошении различных типов почв / В. Н. Щедрин, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 1–21. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec543-field6.pdf.

2 Механизм повышения эффективности экологического менеджмента на мезоэко-

номическом уровне (на материалах Ростовской области) / И. П. Абраменко, Л. А. Новосельская, Р. В. Ревунов, Е. А. Янченко // Менеджмент и бизнес-администрирование. – 2019. – № 2. – С. 105–113.

3 Анопченко, Т. Ю. Состояние экологической сферы и векторы повышения эффективности рационального природопользования в Ростовской области / Т. Ю. Анопченко, А. Д. Мурзин, Р. В. Ревунов // Экономика и экология территориальных образований. – 2019. – Т. 3, № 2(9). – С. 57–64.

4 Ревунов, Р. В. Экономические детерминанты стратегии развития водопользования Ростовской области / Р. В. Ревунов, Д. В. Янченко // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 9, ч. 5. – С. 97–99.

5 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2017 году» / под общ. ред. В. Г. Гончарова, М. В. Фишкина; Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл. – Ростов н/Д., 2018. – 367 с.

6 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2016 году» / под общ. ред. В. Г. Гончарова, Г. А. Урбана; Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл. – Ростов н/Д., 2017. – 368 с.

УДК 332.14

Ю. В. Чернявский, С. Ю. Турко

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

ИНВЕСТИЦИИ В ЛЕСОМЕЛИОРАЦИЮ В ЗАСУШЛИВЫХ ЗОНАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Целью исследования являлась оптимизация и обоснование оценки эффективности защитного лесоразведения, определяющего долговечность лесонасаждений, удлинение срока экономического и экологического воздействия их на прилегающие территории. Использование инвестиций должно опираться на четкий долгосрочный план, научные методики и обоснования, комплексные долгосрочные мероприятия, иначе вложения в агролесомелиорацию могут привести к ряду серьезных проблем.

Ключевые слова: лесомелиорация, деградация земель, засушливые зоны, антропогенная нагрузка, инвестиции, долгосрочное планирование, защитные лесные насаждения.

Yu. V. Chernyavsky, S. Yu. Turko

Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

INVESTMENTS IN FOREST RECLAMATION IN ARID AREAS OF THE EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA

The aim of the research was to optimize and justify the assessment of the effectiveness of protective afforestation, which determines the durability of forest plantations, lengthening the period of their economic and environmental impact on adjacent territories. The use of investments should be based on a firm long-term plan, scientific methods and justifications, comprehensive long-term measures, otherwise investments in agricultural forest reclamation can lead to a number of serious problems.

Key words: forest reclamation, land degradation, arid zones, anthropogenic load, investments, long-term planning, protective forest plantations.

Приводящий к снижению плодородия почв процесс деградации земель продолжается как на территории России, так и за рубежом. Связано это с формированием в природе техногенной обстановки и усилением антропогенной нагрузки. В нашей стране такие процессы деградации усугубляются неблагоприятной социально-экономической обстановкой в сельском хозяйстве и других отраслях, прежде всего за счет резкого сокращения трудовых ресурсов и объема инвестиций. В настоящее время практически весь почвенный слой антропогенно изменен и подвержен различным видам деградации. Лесомелиоративное воздействие – ключевой фактор в борьбе с эрозией. Защитные лесные насаждения, обладая комплексом полезных свойств, способны выполнять в ландшафте почвозащитные, водорегулирующие и другие функции. Их влияние сказывается не только на занятой территории, но и на прилегающих к ним полях, повышая производительность сельскохозяйственных угодий.

В настоящий момент возрастает антропогенная нагрузка на биосферу и происходит ухудшение экологической ситуации. Особенно это касается засушливых районов ЕТР.

Деградация и опустынивание земель являются глобальным явлением, касающимся большинства стран мира, что привлекает внимание международных организаций (ФАО, ЮНЕП, ИКРАФ), которые уделяют огромное внимание мероприятиям по борьбе с такими опасными факторами. Важнейшее место среди этих мероприятий отводится защитному лесоразведению.

Основными объектами защитного лесоразведения являются засушливые зоны с неблагоприятными лесорастительными условиями (степь, сухая степь и полупустыня). Наиболее неблагоприятные факторы, такие как недостаток влаги, засухи, суховеи и пыльные бури, морозные зимы, засоленность и солонцеватость почв, создают трудности для произрастания устойчивых насаждений [1, 2].

Экономика современной России не стабильна и не направлена на долгосрочные инвестиции. Такая нестабильность создает большие риски для долгосрочных проектов.

Инвестиции предполагают источник постоянного высокого дохода с вложенных средств. Отдача от инвестиций в лесомелиорацию засушливых территорий не предполагает получение быстрых ежегодных дивидендов. Несомненно, это является отталкивающим фактором для инвесторов, которые неохотно вкладывают средства в долгосрочные проекты. Прежде всего это касается частных инвесторов, крупных фермеров, агрохолдингов и т. д.

Более того, низкая ликвидность по сравнению с другими инвестиционными проектами в других отраслях сводит на нет привлекательность лесомелиорации. Хочется отметить данную особенность именно в засушливых зонах, с жесткими условиями произрастания растений, с низким содержанием гумуса и недостатком влаги, где на закладку, обработку и рубки лесонасаждений требуется наибольшее количество средств.

В настоящий момент инвестиции некоторых агрохолдингов и фермерских хозяйств носят абсолютно краткосрочный характер. Помимо всего прочего, такие инвестиции носят спекулятивный характер, позволяя обогащаться узкому кругу лиц. Подобные действия могут нанести вред всему сельскому хозяйству как макроэкономическому направлению, а также и экологической обстановке затронутых регионов, включая истощение и загрязнение почвы.

Прежде чем восстанавливать территорию для земледелия, нужно проанализировать, сколько времени и средств необходимо потратить на проведение соответствующих мероприятий, а также подсчитать возможную выгоду от их проведения. После создания общей системы лесомелиоративных насаждений можно ожидать, что доход от проведения агролесомелиоративных мероприятий возрастет во много раз. Так как общие затраты на выращивание 1 га защитного лесного массива составляют 65000–100000 руб., то можно ожидать, что эти затраты окупятся сторицей, потому что срок службы лесных полос

составляет 50–100 лет. Однако эффективность мелиоративного лесоразведения этим не исчерпывается [3, 4].

Велико также эстетическое значение лесных насаждений в степи. Создаваемый ими красивый ландшафт оказывает благотворное влияние на психику людей, развивает чувство прекрасного. Лесные насаждения привлекают большое количество птиц, что имеет большое значение для борьбы с вредными насекомыми.

Использование инвестиций должно опираться на четкий долгосрочный план, научные методики и обоснования, комплексные долгосрочные мероприятия, иначе вложения в агролесомелиорацию могут привести к ряду серьезных проблем вплоть до экологической катастрофы. Уже сейчас бесконтрольное применение каких-либо средств для улучшения плодородия приводит к тяжелым последствиям.

Рассчитывая эффект от вложения средств в данную отрасль, можно сразу прийти к выводу о нецелесообразности вложений. Однако нельзя пренебрегать данной отраслью хозяйства, которая играет очень важную роль в долгосрочной перспективе. Работы многих ученых показывают неоспоримую значимость и необходимость защитного лесоразведения. Просматривается устойчивое увеличение урожайности при возделывании сельскохозяйственных культур под защитой лесонасаждений [5].

Роль государства в развитии лесомелиорации является основополагающей. По поручению Минсельхоза России ведущие научные учреждения разработали «Концепцию программы развития мелиорации на период до 2020 года». Концепцией на реализацию программы в период с 2012 по 2020 г. предусмотрено направить из федерального бюджета 255 млрд руб., что составляет 30 % от всех расходов по этой программе. Также предлагается оплатить остальные расходы из бюджетов регионов и внебюджетных источников.

Такой подход заинтересовал большинство инвесторов. Многие аграрии верят в эффективность работы этой программы и ждут ее реализации. На данный момент государство субсидирует проведение ряда мелиоративных мероприятий, что служит немаловажным фактором.

Однако остаются важные вопросы, без решения которых развернуть этот процесс не представляется возможным. Прежде всего, нужен четкий и понятный всем механизм организации работы. Ни в коем случае нельзя допустить, чтобы инвесторы и землепользователи по своему усмотрению, используя поддержку государства, организовывали работу без подготовленного специалистами и прошедшего экспертизу проекта. Тут необходим квалифицированный подход, учитывающий доступность ресурсов, почвенные условия, набор сельхозкультур, которые будут выращиваться на участке, и многое другое [6].

Кроме того, необходимо иметь реалистичный механизм совмещения средств из разных источников – инвестора, федерального и регионального бюджетов. И поскольку значительная часть затрат будет компенсироваться государством, крайне важно обеспечить инвесторам облегченный доступ к кредитным ресурсам.

Защитные лесные насаждения экономически целесообразны во всех природно-экономических, сельскохозяйственных зонах только при четком государственном регулировании. Они способствуют повышению продуктивности земель, увеличению валовых сборов растениеводческой продукции, повышению уровня интенсивности сельскохозяйственного производства в целом. Эффективность использования капитальных вложений в агролесомелиоративном производстве оправдывает необходимость расширения защитного лесоразведения как одной из составных частей сельскохозяйственного производства. Основной задачей является оптимизация и обоснование комплексной оценки затрат и эффективности лесоразведения, что определит долговечность лесонасаждений, удлинение срока экономического и экологического воздействия их на прилегающие территории.

Список использованных источников

- 1 Кретинин, В. М. Почвенно-мелиоративная и агроэкологическая роль защитных лесонасаждений в Среднем Поволжье / В. М. Кретинин // Защитное лесоразведение в Среднем Поволжье: сб. материалов ВНИПК, посвящ. 75-летию Поволж. агролесомелиоратив. ст. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2005. – С. 31–39.
- 2 Павловский, Е. С. Выращивание защитных насаждений в Каменной Степи / Е. С. Павловский. – М.: Лес. пром-сть, 1965. – 170 с.
- 3 Чернявский, Ю. В. Перспективы использования малопригодных земель засушливых зон / Ю. В. Чернявский // Стратегическое развитие АПК и сельских территорий РФ в современных международных условиях: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград: ВолГАУ, 2015. – С. 258–264.
- 4 Чернявский, Ю. В. Перспектива лесоустройства на малопригодных засушливых землях / Ю. В. Чернявский // Защитное лесоразведение, мелиорация земель, проблемы агроэкологии и земледелия в Российской Федерации: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию создания Всерос. науч.-исслед. агролесомелиоратив. ин-та. – Волгоград, 2016. – С. 276–280.
- 5 Гуляев, В. Г. Туризм: экономика и социальное развитие / В. Г. Гуляев. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 304 с.
- 6 Полякова, А. А. Инвестиции и их роль в экономическом росте / А. А. Полякова // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2007. – № 3. – С. 14–16.

УДК 626.82

В. М. Филимонова, А. А. Чураев

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ПО РАСЧЕТНЫМ УЧАСТКАМ КАНАЛА P-1 РАЙГОРОДСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Целью исследования является определение КПД канала P-1 Райгородской оросительной системы. Определение фактических КПД межхозяйственного звена осуществлялось на основе использования данных эксплуатационной гидрометрии (информации о водораспределении, изменении режима водоподачи). По полученным данным выполнены расчеты продолжительности перерегулировки и КПД канала, что в будущем позволит рационально использовать водные ресурсы.

Ключевые слова: водораспределение, коэффициент полезного действия, канал, время добегаания, перерегулировка, расход воды, диспетчер.

V. M. Filimonova, A. A. Churaev

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

DETERMINATION OF EFFICIENCY BY RATED SECTIONS OF THE P-1 RAYGOROD IRRIGATION SYSTEM CANAL

The purpose of the study is to determine the coefficient of efficiency of the P-1 Raygorod irrigation system canal. The actual efficiency of the inter-farm section was determined on the basis of operational hydrology data use (information on water distribution, change in water supply regime). According to the data obtained, calculations of the duration of the re-adjustment and the efficiency of the canal which will allow rational use of water resources in the future are carried out.

Key words: water distribution, coefficient of efficiency, canal, lag time, re-adjustment, water discharge, dispatcher.

Введение. Коэффициент полезного действия (КПД) каналов и оросительной сети является основным показателем работы системы и ее звеньев. В условиях отсутствия достоверных сведений о фактическом КПД оросительных систем не представляется возможным достаточно надежно оценить величину потерь и возможный прирост полезных водных ресурсов. В сложившейся ситуации весьма актуальной производственной задачей является установление фактической величины КПД каналов и оросительной сети [1]. Исследования показали, что в целях экономии средств, получения достоверных сведений о КПД за короткий срок для каналов государственной сети наиболее предпочтительным является способ использования данных отчетности службы эксплуатации по водопользованию [1–3].

Целесообразность использования этих данных в качестве исходных для определения КПД объясняется следующим [4]:

- в процессах прогнозирования, планирования, проектирования в основном опираются на эксплуатационные данные;
- эксплуатационными наблюдениями охвачены все государственные каналы и подавляющее большинство хозяйственных выделов;
- эксплуатационные данные по расходам воды в каналах в большинстве случаев имеются за любой промежуток времени (единичный расход, среднесуточный, среднедекадный и т. д.).

Целью исследования является определение КПД канала Р-1 Райгородской оросительной системы.

В качестве метода для определения КПД в государственных каналах силами служб эксплуатации, исходя из минимума дополнительной нагрузки линейному персоналу, наиболее приемлем способ использования данных отчетности по водопользованию.

Однако для приемлемости этих данных необходима их корректировка с учетом расходов воды по отводам до и после перерегулировки, времени добегания до наблюдаемого отвода и изменения горизонта в бьефах между наблюдениями [5].

Материалы и методы. Данные эксплуатационной гидрометрии, наблюдения за продолжительностью перерегулировки уровней между расчетными участками канала Р-1 Райгородской оросительной системы, а также определение по полученным данным среднесуточного расхода воды позволят получить значения фактических КПД канала.

Для определения фактических КПД канала данные эксплуатационной гидрометрии используются в следующей последовательности [6]:

- из диспетчерской управления оросительной системы работниками эксплуатационной гидрометрии осуществляется сбор информации о водораспределении по всем водовыделам из межхозяйственной сети;
- показания по всем гидрометрическим постам записываются в журнал наблюдений при каждом изменении режима водоподдачи до проведения маневрирования затворами и после, с указанием сроков производимых перерегулировок.

Результаты и обсуждение. Результаты и время наблюдения с перерегулировками или без них по периодам суток (утро, полдень, вечер) заносятся в полевой журнал в соответствующие графы, по которым рассчитывается среднесуточный расход. Расчет осуществляется по формулам [7]:

- при трехразовом наблюдении с перерегулировками:

$$Q_{\text{ср.сут}} = \frac{1}{24} \left[\frac{24 - t_{\text{в}} + t_{\text{у}}}{2} (Q_{\text{дп}}^{\text{у}} + Q_{\text{мп}}^{\text{в}}) + \frac{t_{\text{п}} - t_{\text{у}}}{2} (Q_{\text{мп}}^{\text{у}} + Q_{\text{дп}}^{\text{п}}) + \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{п}}}{2} (Q_{\text{мп}}^{\text{п}} + Q_{\text{дп}}^{\text{в}}) \right],$$

где $t_{\text{у}}$, $t_{\text{п}}$, $t_{\text{в}}$ – соответственно утреннее, полуденное и вечернее время наблюдений, с;

$Q^{y,в,п}$ – расход воды: утренний, полуденный, вечерний, м³/с;

$Q_{дп}$, $Q_{пп}$ – расход воды до перерегулировки, после нее, м³/с;

- без перерегулировок:

$$Q_{ср.сут} = \frac{1}{24} \left[\frac{24 - t_{в} + t_{у}}{2} Q^y + \frac{t_{в} - t_{у}}{2} Q^п + \frac{24 - t_{п} + t_{у}}{2} Q^в \right];$$

- при двухразовом наблюдении с перерегулировками:

$$Q_{ср.сут} = \frac{1}{24} \left[\frac{24 - t_{в} + t_{у}}{2} (Q_{дп}^y + Q_{пп}^в) + \frac{t_{в} - t_{у}}{2} (Q_{пп}^y + Q_{дп}^в) \right];$$

- без перерегулировок:

$$Q_{ср.сут} = \frac{1}{2} (Q^y + Q^в).$$

Результаты наблюдения с перерегулировками или без них по периодам суток на канале Р-1 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты и время наблюдения с перерегулировками или без них по периодам суток

Расчетный створ	Время наблюдения за расчетными участками		
	Утро t_y	Полдень $t_{п}$	Вечер $t_{в}$
1	2	3	4
При трехразовом наблюдении с перерегулировками $Q_{ср.сут} = 3 \text{ м}^3/\text{с}$			
1	30035	29715	29884
2	64541	64260	64813
3	69637	69320	69882
4	70715	70215	70805
5	127135	125959	126375
6	157489	156346	156771
7	214472	213048	213001
8	244437	242940	242904
9	256000	254585	254673
10	264296	262912	263024
11	285288	283822	284003
При трехразовом наблюдении без перерегулировок $Q_{ср.сут} = 6 \text{ м}^3/\text{с}$			
1	10020	9790	9604
2	21235	21237	21046
3	22899	22869	22664
4	23233	23149	23002
5	46647	46937	46695
6	59574	60006	59814
7	80152	80920	79749
8	90319	90933	89835
9	94345	94885	93703
10	97230	97813	96587
11	105821	106421	105290
При двухразовом наблюдении с перерегулировками $Q_{ср.сут} = 8 \text{ м}^3/\text{с}$			
1	5204	–	5130
2	11220	–	11066
3	12073	–	11963

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
4	12350	–	12198
5	26034	–	25959
6	33182	–	32997
7	44037	–	43042
8	49456	–	48886
9	51610	–	51058
10	53178	–	52632
11	56622	–	57448
При двухразовом наблюдении без перерегулировок $Q_{\text{ср.сут}} = 10,8 \text{ м}^3/\text{с}$			
1	3276	–	3405
2	7063	–	7257
3	7647	–	7870
4	7827	–	7972
5	16710	–	16643
6	21353	–	21287
7	27476	–	27419
8	31484	–	31242
9	32942	–	32785
10	34007	–	33807
11	37242	–	37175

КПД_{кан} равняется [8]:

$$\text{КПД}_{\text{кан}} = \frac{Q_{\text{к,кон}}}{Q_{\text{к,нач}}},$$

где $Q_{\text{к,кон}}$ – расход в конце канала, л/с;

$Q_{\text{к,нач}}$ – расход в начале канала, л/с.

Пример данных для расчета КПД канала Р-1 Райгородской оросительной системы приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Данные для расчета КПД канала Р-1 Райгородской оросительной системы

№ водовыдела	Расход водовыдела, м ³ /с	Продолжительность подачи расхода, с	Объем водоподачи на водовыдел, м ³
1	0,50	9790	129600,0
2	0,90	11963	233280,0
3	0,80	22869	207360,0
4	0,70	23002	181440,0
5	0,95	46937	246240,0
6	0,50	48886	129600,0
7	1,50	60006	388800,0
8	0,60	79749	155520,0
9	0,85	89835	220320,0
10	0,95	97813	246240,0
11	0,08	106421	20736,0
Суммарный объем водоподачи по водовыделам, м ³			2159136,0
Суммарный объем подачи в голове канала Р-1 $W_{\text{ср.сут}} = 2799360 \text{ м}^3$			
КПД канала Р-1 $\text{КПД}_{\text{р-1}} = 0,77$			

Вывод. Полученные параметры водоизмерения, данные наблюдений по гидрометрическим створам за изменением режима водоподачи с указанием времени производимых перерегулировок позволили определить продолжительность перерегулировок уровней, а также определить значение КПД канала Р-1, что необходимо для рационального использования водных ресурсов.

Список использованных источников

1 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – Ч. 1. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 283 с.

2 Ищенко, А. В. Анализ потерь на фильтрацию и КПД крупных облицованных каналов / А. В. Ищенко // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2006. – № 1. – С. 53–61.

3 Макарычева, Е. А. О точности определения потерь воды из каналов / Е. А. Макарычева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 5. – С. 38–40.

4 Натальчук, М. Ф. Эксплуатация гидромелиоративных систем / М. Ф. Натальчук, В. И. Ольгаренко, В. А. Сурин. – М.: Колос, 1995. – 320 с.

5 Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 432 с.

6 Щедрин, В. Н. Совершенствование конструкций открытых оросительных систем и управления водораспределением / В. Н. Щедрин. – М.: Мелиорация и вод. хозяйство, 1998. – 160 с.

7 Водоотведение и очистка сточных вод: учеб. для вузов / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, Ю. М. Ласков, В. И. Калицун. – М.: Стройиздат, 1996. – 591 с.

8 Провести исследования и разработать методические указания по динамическому управлению процессами водораспределения на оросительных системах с использованием автоматизированных систем управления: отчет о НИР (заключ.); 2.1.1 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Щедрин В. Н. – Новочеркасск, 2014. – 207 с. – Исполн.: Щедрин В. Н. [и др.]. – № ГР 114031870001. – Инв. № 214122640035.

УДК 631.155

С. А. Манжина

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

П. Д. Ванеева

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация;

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

С. В. Куприянова

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В МЕЛИОРАТИВНОМ СЕКТОРЕ АПК РФ

Целью исследования являлось изучение возможности оценки эффективности нормативно-методической документации в области мелиорации с использованием экономико-математического инструментария. В рамках исследований проведено анкетирование бюджетных водоподающих организаций в области мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения. По результатам обработки анкет методом

экспертных оценок было сделано заключение, что наиболее значимой для данных организаций является нормативно-методическая документация в области мелиорации по направлениям деятельности «эксплуатация» и «оказание услуг», это связано с основными направлениями деятельности указанных организаций в соответствии с целью их учреждения и уставом организации. При оценке экономического эффекта от применения нормативно-методической документации полученные методом экспертных оценок весовые коэффициенты можно использовать для градации экономических эффектов от пакета последних по направлениям и отраслям экономики.

Ключевые слова: нормативно-методическая документация, бюджетные учреждения по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению, экспертная оценка эффективности.

S. A. Manzhina

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

P. D. Vaneeva

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation;

Platov South Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russian Federation

S. V. Kupriyanova

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

POSSIBILITIES OF USING THE METHOD OF EXPERT ASSESSMENT FOR DETERMINING THE REGULATORY AND PROCEDURAL DOCUMENTATION EFFICIENCY IN THE RECLAMATIVE SECTOR OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF THE RUSSIAN FEDERATION

The aim of the research was to study the possibility of regulatory and methodological documentation efficiency assessment in the field of land reclamation using economic and mathematical tools. The questionnaire of budget water supply organizations in the field of land reclamation and agricultural water supply was conducted within the framework of studies. According to the results of questionnaires processing by expert assessment method it was concluded that the most significant for these organizations is the normative and procedural documentation in the field of land reclamation in the areas of activity "service" and "provision of services", which is linked with the main activities of these organizations in accordance with the purpose of their establishment and the charter of the organization. When assessing the economic benefits of normative and procedural documentation application, the weight coefficients obtained by the method of expert assessment can be used to gradate their economic effects in areas and branches of economy.

Key words: regulatory and procedural documentation, budgetary institutions on land reclamation and agricultural water supply, expert assessment of efficiency.

Введение. В соответствии с нормами Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании» задачами регламентирующего документооборота являются обеспечение научно-технического прогресса, технической и информационной совместимости, взаимопроникновение технологий, знаний и опыта, накопленных в разных отраслях экономики [1]. Для оценки информационной эффективности регламентирующих документов в сфере их применения используют экономические методологии.

Целью исследования являлось изучение возможности оценки эффективности нормативно-методической документации в области мелиорации с использованием экономико-математического инструментария.

Материалы и методы исследования включают аналитические исследования нормативно-методической базы мелиоративного сектора РФ, труды российских и зарубежных ученых, данные анкетирования бюджетных учреждений по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению.

Результаты и обсуждения. Апробация различных методов оценки экономического эффекта от применения регламентирующей документации в отраслях народного хозяйства неоднократно практиковалась и в России, и за рубежом, что дало возможность определить не только их вклад в развитие экономики, создание ВВП и продвижение достижений научно-технического прогресса, но и необходимое количество документов, степень их детализации, уровень информативности и периоды актуализации их информации [2–13]. Осуществленная в рамках российских исследований оценка эффективности стандартизации проводилась по отраслям экономики страны в соответствии с Общероссийским классификатором видов экономической деятельности – ОКВЭД [7, 11]. Мелиорацию принято относить к АПК в РФ, что подразумевает ее эффективность в отрасли «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство» (разд. А в соответствии с ОКВЭД) [14].

Известно, что в составе земель сельскохозяйственного назначения России на долю мелиорированных земель приходится не более 8 %, из которых порядка 4 % приходится на ирригационную мелиорацию. Тем не менее, согласно данным Росстата, более 15 % сельскохозяйственной продукции получают именно с этих земель, что указывает на неоспоримый эффект от применения мелиорации. Однако, несмотря на то, что объекты мелиорации расположены преимущественно в сельскохозяйственной отрасли, нормативно-методическая документация в области мелиорации разрабатывается и для аграриев-растениеводов, и для водоподающих организаций, работающих в области мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения, которые осуществляют поставку воды посредством эксплуатации государственных мелиоративных систем (разд. Е, п. 36 по ОКВЭД), и для строительных организаций, осуществляющих строительство мелиоративных систем и гидротехнических сооружений (разд. F, пп. 42, 43 по ОКВЭД) [14, 15]. По существу, если брать за основу ОКВЭД, нормативно-методическая документация в области мелиорации помогает создавать экономический эффект в различных отраслях экономики.

Для оценки экономического эффекта от применения нормативно-методической документации в области мелиорации в бюджетных эксплуатационных учреждениях – ФГБУ по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению – было проведено анкетирование. Целью анкетирования стало определение весовых коэффициентов для оценки эффекта от применения нормативно-методической документации в области мелиорации, разработанной ФГБНУ «РосНИИПМ» по направлениям деятельности указанных бюджетных учреждений.

Анкетирование проводилось заочным методом путем рассылки бланков анкет с предложенным содержанием и со списком стандартов, переданных анкетироваемым организациям и разработанных на базе ФГБНУ «РосНИИПМ».

Всего было выслано 80 анкет в адрес ФГБУ по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению. ФГБНУ «РосНИИПМ» было получено всего 12 ответов от ФГБУ по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению с заполненными анкетами, от остальных организаций ответов не пришло, что затрудняет оценку результатов исследования с допустимой достоверностью. Несмотря на малую выборку, была произведена обработка полученных экспертных данных.

В соответствии с методикой проведения обработки результатов экспертных оценок (обработки результатов анкетирования) в качестве единичных показателей были выбраны: 1) проектирование (Q_1); 2) строительство (Q_2); 3) эксплуатация (Q_3); 4) оказание услуг (Q_4); 5) ценообразование (Q_5) [16–18].

Для определения весовых коэффициентов единичных показателей была создана экспертная комиссия, состоящая из 12 экспертов, представленных организациями, принимавшими участие в предложенном анкетировании. Экспертам были присвоены номера в следующей последовательности:

- 1 – ФГБУ «Управление «Костромамелиоводхоз»,
- 2 – ФГБУ «Управление «Чеченмелиоводхоз»,
- 3 – ФГБУ «Управление «Амурмелиоводхоз»,
- 4 – ФГБУ «Управление «Башмелиоводхоз»,
- 5 – ФГБУ «Управление «Чувашмелиоводхоз»,
- 6 – ФГБУ «Управление «Ивановомелиоводхоз»,
- 7 – ФГБУ «Управление «Челябмелиоводхоз»,
- 8 – ФГБУ «Управление «Мармелиоводхоз»,
- 9 – ФГБУ «Управление «Иркутскмелиоводхоз»,
- 10 – ФГБУ «Управление «Кировмелиоводхоз»,
- 11 – ФГБУ «Управление «Мелиоводхоз по РА»,
- 12 – ФГБУ «Управление «Камчатскмелиоводхоз».

Перед комиссией стояла задача ранжировать предложенные показатели по степени важности. Эксперты по пяти объектам экспертизы Q составили ранжированные ряды. Оценки и суммы рангов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты экспертных оценок эффекта от применения нормативно-методической документации в организации

Номер объекта экспертизы Q	Оценка эксперта												Сумма рангов R_i	Отклонение от среднего \bar{R}	Квадрат отклонения $(\bar{R})^2$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	2	2	2	–	–	2	2	–	–	2	3	2	17	–18,2	331,24
2	3	2	2	–	–	2	2	–	2	3	2	2	20	–15,2	231,04
3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60	24,8	615,04
4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60	24,8	615,04
5	3	2	2	–	–	2	2	–	2	2	2	2	19	–16,2	262,44

На основании полученных сумм рангов представлен обобщенный ранжированный ряд:

$$Q_1 < Q_5 < Q_2 < Q_4 = Q_3.$$

Среднеарифметическое число рангов:

$$Q_{cp} = (17 + 20 + 60 + 60 + 19) / 5 = 35,2.$$

Приведен расчет суммы квадратов отклонений от среднего:

$$S = (331,24 + 231,04 + 615,04 + 615,04 + 262,44) = 2054,8.$$

Далее представлена оценка согласованности экспертов. Согласованность мнения экспертов оценим по величине коэффициента конкордации:

$$W = \frac{12 \cdot 2054,8}{25 \cdot (1728 - 12)} = 0,57.$$

Полученное значение коэффициента конкордации свидетельствует о том, что оценка экспертов согласована.

Приведен расчет коэффициентов весомости для каждого показателя (обобщенные экспертные оценки качества рассматриваемых объектов экспертизы):

$$g_1 = \frac{17}{176} = 0,096, \quad g_2 = \frac{20}{176} = 0,11, \quad g_3 = \frac{60}{176} = 0,34,$$

$$g_4 = \frac{60}{176} = 0,34, \quad g_5 = \frac{19}{176} = 0,114, \quad \sum_{i=1}^5 g_i = 1.$$

Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты весомости единичных показателей по результатам экспертных оценок эффекта от применения нормативно-методической документации в организации

Объект экспертизы	Коэффициент весомости показателя
Проектирование	0,094
Строительство	0,11
Эксплуатация	0,34
Оказание услуг	0,14
Ценообразование	0,114

Мерой точности и достоверности выборочных статистических величин являются средние ошибки представительности (репрезентативности), которые зависят от численности выборки и степени разнообразия выборочной совокупности по исследуемому признаку.

Для оценки достоверности полученных экспертных данных при сложившейся малой выборке были использованы коэффициенты средней ошибки полученного показателя и определение степени достоверности через доверительный коэффициент. Средняя ошибка показателя m_p вычисляется по формуле:

$$m_p = \pm \sqrt{\frac{P \cdot q}{n}},$$

где P – величина показателя в процентах, промилле и т. д.;

q – дополнение этого показателя до 100, если он в процентах, или до 1000 (т. е. $q = 100 - P$, $q = 1000 - P$);

n – количество показателей статистической выборки.

Далее приведен расчет средней ошибки показателя полученной выборки экспертов m_p :

$$m_p = \pm \sqrt{\frac{13,33 \cdot 86,66}{80}} = \pm 3,8.$$

Для решения вопроса о степени достоверности показателя определяется доверительный коэффициент (t), который равен отношению показателя к его средней ошибке:

$$t = \frac{P}{m_p}.$$

Приведен расчет доверительного коэффициента t :

$$t = \frac{13,33}{3,8} = 3,5.$$

Чем выше t , тем больше степень достоверности. При $t = 1$ вероятность достоверности показателя равна 68,3 %, при $t = 2$ – 95,5 %, при $t = 3$ – 99,7 %. Однако это условие соблюдается при наличии большого числа экспертов.

Исходя из полученных данных, можно сделать заключение, что у опрошенных организаций наиболее востребована нормативно-методическая документация, регулирующая эксплуатацию мелиоративных систем и гидротехнических сооружений и сферу оказания услуг.

Выводы. Нормативно-методическая документация в области мелиорации помогает создавать экономический эффект в различных отраслях экономики (в соответствии с классификацией ОКВЭД).

На основании полученных от экспертов данных об эффективности применения нормативно-методической документации в ФГБУ по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению можно сделать вывод о том, что наиболее значимой

для данных организаций является нормативно-методическая документация в области мелиорации по направлениям деятельности «эксплуатация» и «оказание услуг», это связано с основными направлениями деятельности указанных организаций в соответствии с целью их учреждения и уставом организации.

При оценке экономического эффекта от применения нормативно-методической документации полученные методом экспертных оценок весовые коэффициенты можно использовать для градации экономических эффектов от пакета последних по направлениям и отраслям экономики.

Список использованных источников

1 О техническом регулировании: Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ: по состоянию на 27 июля 2017 г. // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

2 Swann, G. M. P. The Economics of Standardisation: Final Report for Standards and Technical Regulations Directorate Department of Trade and Industry / G. M. P. Swann; Manchester Business School University of Manchester. – 2000. – 57 p.

3 Gerundino, D. Economic benefits of standards / D. Gerundino, R. Weissinger. – Geneva, 2011. – 303 p. – (International Case Studies. Vol. 1. ISO).

4 Blind, K. The Economic Benefits of Standardisation – an update of the study carried out by DIN in 2000 [Electronic resource] / K. Blind, A. Jungmittag, A. Mangelsdorf; DIN German Institute for Standardisation. – 2011. – 24 p. – Mode of access: <https://din.de/blob/89552/68849fab0eeeaafb56c5a3ffee9959c5/economic-benefits-of-standardization-en-data.pdf>, 2019.

5 The Economic Benefits of Standards to New Zealand [Electronic resource] / F. Stokes, H. Dixon, A. Generosa, G. Nana; The Standards Council of New Zealand, The Building Research Association of New Zealand. – 2011. – 74 p. – Mode of access: <https://standards.govt.nz/assets/News/Economic-benefits-of-Standardisation-to-New-Zealand/BERLreportontheeconomicbenefitsofSNZAug2011.pdf>, 2019.

6 The Empirical Economics of Standards. DTI Economics Papers № 12 [Electronic resource]. – 2005. – 123 p. – Mode of access: <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20121205151320/http://bis.gov.uk/files/file9655.pdf>, 2019.

7 Мартыненко, Т. С. Экономические преимущества стандартизации при выходе на международный рынок: по материалам докл. на 68-м общем собр. Ассоц. «Электрокабель», 19–22 сент. 2016 г., Сочи / Т. С. Мартыненко, Г. И. Мещанов // Кабели и провода. – 2016. – № 5(360). – С. 14–18.

8 Белянская, Н. М. Экономика качества, стандартизации и сертификации: учеб. пособие / Н. М. Белянская, В. И. Логанина, Л. В. Макарова. – Пенза: Изд-во ПГУАС, 2010. – 168 с.

9 Боровик, В. Н. Экономика стандартизации, сертификации и управления качеством: учеб. пособие / В. Н. Боровик. – Краснодар: Куб. гос. ун-т, 2007. – 253 с.

10 Бычкова, А. В. Оценка экономической эффективности от разработки нормативной документации / А. В. Бычкова, Л. В. Макарова, Р. В. Тарасов // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – Ч. 2. – № 11.

11 Аронов, И. З. Оценка эффективности национальной стандартизации / И. З. Аронов, Е. В. Ильина, А. В. Зажигалкин // Стандарт и качество. – 2014. – № 3(921). – С. 24–28.

12 Шарафутдинова, Е. Н. Актуальные экономические аспекты стандартизации в Российской Федерации / Е. Н. Шарафутдинова // Управленец. – 2016. – № 3(61). – С. 77–81.

13 Пугачев, В. М. Актуализация документов национальной системы стандартизации / В. М. Пугачев, Н. А. Федосеева, А. С. Исаева // Стандарты и качество. – 2015. – № 10. – С. 48–49.

14 ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2). Общероссийский классификатор видов экономической деятельности: утв. Приказом Росстандарта от 31 января 2014 г. № 14-ст: по состоянию на 20 февраля 2019 г. // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

15 Щедрин, В. Н. Принципы и подходы к формированию нормативной базы мелиоративного комплекса России / В. Н. Щедрин, В. В. Слабунов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2011. – № 3(03). – С. 1–15. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec39-field6.pdf.

16 Орлов, А. И. Организационно-экономическое моделирование: учебник. Ч. 2: Экспертные оценки / А. И. Орлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 486 с.

17 Анохин, А. Н. Методы экспертных оценок: учеб. пособие / А. Н. Анохин. – Обнинск: ИАТЭ, 1996. – 148 с.

18 Гуцыкова, С. В. Метод экспертных оценок. Теория и практика / С. В. Гуцыкова. – М.: Когито-Центр, 2011. – 144 с.

УДК 631.6.03(282.255.2)

Э. И. Чембарисов, М. Н. Рахимова

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Ташкент, Республика Узбекистан

Ж. Б. Мирзакобулов

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Республика Узбекистан

С. Р. Шодиев

Навоийский государственный педагогический университет, Навои, Республика Узбекистан

МЕЛИОРАТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД СЫРДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ УЗБЕКИСТАНА

По данным многих ученых-мелиораторов Центральной Азии, в настоящее время большое внимание уделяется изучению возвратных вод, значительную часть которых составляют коллекторно-дренажные воды. Определенный объем их без смешения с речной водой можно использовать повторно для орошения сельскохозяйственных культур орошения сельскохозяйственных культур. Данная проблема была изучена применительно к Сырдарьинской области. В качестве исходной информации были использованы фондовые материалы Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем, результаты полевых исследований сотрудников лаборатории гидрометрии и метеорологии и архивные данные Сырдарьинской гидрогеологической экспедиции. В работе использованы методы обобщения гидрологической и гидрохимической информации о поверхностных водах, а также методы эмпирических обобщений и математической статистики.

Ключевые слова: коллекторно-дренажные воды, оросительная сеть, расход воды, сток, минерализация.

E. I. Chembarisov, M. N. Rakhimova

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Tashkent, Republic of Uzbekistan

Zh. B. Mirzakobulov

Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Republic of Uzbekistan

S. R. Shodiev

Navoi State Pedagogical University, Navoi, Republic of Uzbekistan

MELIORATIVE CHARACTERISTICS OF THE COLLECTOR-DRAINAGE WATERS OF SYRDARYA REGION OF UZBEKISTAN

According to the data from many scientists-irrigators of Central Asia much attention is now being paid to the study of return waters, most of which are collector-drainage waters, a certain amount of which can be reused for irrigation of crops without mixing with river water. This problem has been studied relative to Syrdarya region. The stock materials of the Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems (SRIWP), the field research data from the staff of the hydrometry and metrology laboratory and archival data from the Syrdarya hydrogeological expedition were used as the initial information. The generalization methods of hydrological and hydrochemical information on surface waters as well as methods of empirical generalizations and mathematical statistics are used in the paper.

Key words: collector-drainage water, irrigation network, water discharge, runoff, mineralization.

В соответствии с Указом Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № УП-4947 «О стратегии развития Республики Узбекистан в 2017–2021 годах», Постановлением Президента Республики Узбекистан от 25 сентября 2017 г. № ПП-3286 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы охраны водных объектов», Постановлением Президента Республики Узбекистан от 17 апреля 2018 г. № ПП-3672 «О мерах по организации деятельности Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан» была обозначена и возникла научная и практическая необходимость изучения проблемы методологии создания гидрологического и гидрохимического мониторинга систем водоподдачи и водоотведения на орошаемых территориях Узбекистана [1, 2].

В Сырдарьинской области коллекторно-дренажные воды (КДВ) характеризуются особыми гидрологическими и гидрохимическими режимами. Ниже приведены сведения об орошаемых площадях, обеспеченности их коллекторами и дренами, их расходах, количестве стока и величине минерализации, водно-солевом балансе орошаемых площадей. В общем по области величина орошаемой площади равна 287,84 тыс. га, и для отвода подземных вод с этих площадей функционирует дренажная сеть длиной 16189,80 км, в т. ч. 7479,13 км открытого дренажа и 8710,67 км закрытого горизонтального дренажа, 1948,24 км открытого дренажа межхозяйственные и 5530,89 км внутрихозяйственные дренажные системы (рисунок 1) [3–5].



Рисунок 1 – Административная карта Сырдарьинской области Республики Узбекистан

Орошаемая площадь полностью оснащена дренажной системой, и на каждый гектар площади приходится 56,32 км коллектора.

Основные коллекторы, отводящие подземные грунтовые воды в Сырдарьинской области: СК-2, СК-3, Шербулоксой, ГПК бош, ГПК-с, ГПК-42с, Шурузак, ММЗ, ЦК-6, ЦК-7, 17-К-7, Баявут, Еттисой, Кендик, ВС-13, ВЖД, Сардоба.

Внутригодовые изменения объемов и минерализации КДВ в целом по области можно проследить по данным за 2016 г.: в декабре расход КДВ области значительно увеличился (81,49 м³/с), а самый низкий показатель расхода КДВ наблюдался в августе (51,62 м³/с). Наименьший показатель сухого остатка был в январе и декабре (2,70 г/л), а в мае наблюдался самый высокий показатель сухого остатка (3,49 г/л). Ниже в таблице 1 приведены среднегодовые показатели расхода, стока и минерализации КДВ за 2014–2016 гг. в восьми коллекторах (СК-2, СК-3, Шербулоксой, ГПК бош, ГПК-с, ГПК-42с, Шурузак, ММЗ).

Таблица 1 – Расходы воды, объемы и минерализация в основных коллекторах Сырдарьинской области

Наименование коллектора	Показатель, единица измерения	Год наблюдений		
		2014	2015	2016
СК-2	Расход, м ³ /с	1,00	0,96	0,94
	Объем, млн м ³	31,27	30,20	29,60
	Минерализация, г/л	3,15	2,92	3,44
СК-3	Расход, м ³ /с	0,87	0,96	0,96
	Объем, млн м ³	27,55	30,11	30,29
	Минерализация, г/л	3,22	2,78	2,91
Шербулоксой	Расход, м ³ /с	1,06	1,03	1,06
	Объем, млн м ³	33,48	32,61	33,59
	Минерализация, г/л	2,71	2,65	2,94
ГПК бош	Расход, м ³ /с	0,71	0,70	0,57
	Объем, млн м ³	22,51	22,13	18,15
	Минерализация, г/л	2,53	2,72	2,63
ГПК-с	Расход, м ³ /с	1,89	1,60	1,22
	Объем, млн м ³	58,93	50,27	38,45
	Минерализация, г/л	2,70	2,26	2,66
ГПК-42с	Расход, м ³ /с	3,81	3,86	3,84
	Объем, млн м ³	120,24	121,64	121,66
	Минерализация, г/л	2,24	1,99	2,02
Шурузак	Расход, м ³ /с	14,11	15,34	15,52
	Объем, млн м ³	444,98	483,69	490,76
	Минерализация, г/л	2,74	2,53	2,93
ММЗ	Расход, м ³ /с	46,99	49,44	51,05
	Объем, млн м ³	1475,91	1553,74	1613,20
	Минерализация, г/л	4,54	4,02	4,47

На основании данных вышеприведенной таблицы был составлен график изменения минерализации воды в восьми коллекторах за 2014–2016 гг. (рисунок 2).

Наибольшая минерализация наблюдается в коллекторе ММЗ (ЦГК) (4,34 г/л), а наименьшая в коллекторе ГПК-42с (2,08 г/л).

Данные о многолетнем изменении орошаемой площади, водозабора на орошение и объема коллекторно-дренажного стока в Сырдарьинской области приведены в таблице 2.

На основании собранных фондовых материалов различных институтов, гидрогеологической экспедиции, а также данных лаборатории гидрометрии и метрологии Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем (НИИИВП) была составлена гидрохимическая карта в разрезе восьми административных районов (рисунок 3).

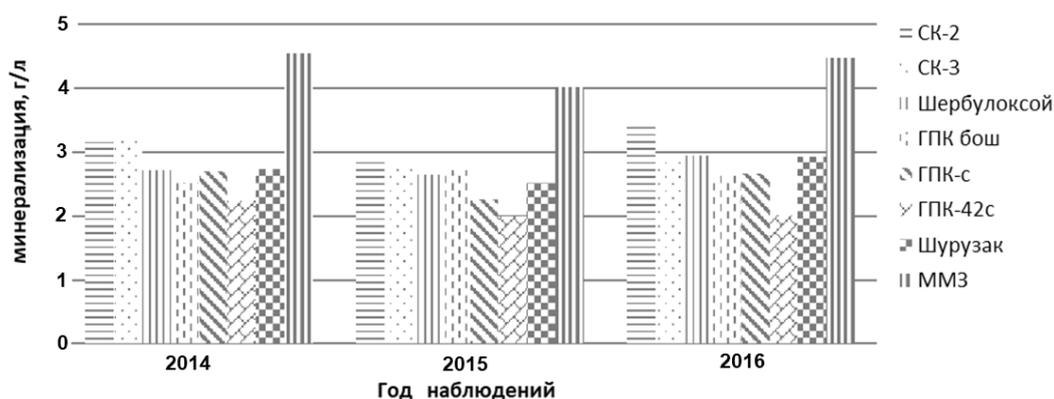


Рисунок 2 – Изменение минерализации воды в восьми коллекторах (СК-2, СК-3, Шербулоксой, ГПК бош, ГПК-с, ГПК-42с, Шурузак, ММЗ) за 2014–2016 гг.

Таблица 2 – Многолетние изменения орошаемой площади, водозабора на орошение и объема коллекторно-дренажного стока в Сырдарьинской области

Год	Орошаемая площадь, тыс. га	Водозабор на границе области, млн м ³	Общий объем КДВ, млн м ³
2000	275,03	3782	2647,575
2005	290,7	3500,2	2205,126
2010	292,2	2689,7	1775,202
2015	287,84	2722,46	2045,98
2016	287,46	2607,53	2054,7

Анализ собранных и обработанных данных показал, что в среднем за многолетний период объемы и минерализация КДВ в административных районах изменяются следующим образом:

- в Акалтынском районе объемы КДВ изменяются от 0,151 до 0,188 км³, минерализация от 3,83 до 4,31 г/л, преобладающий химический состав был хлоридно-сульфатным магниево-натриевым (ХС-МН);

- в Баяутском районе объемы КДВ изменяются от 0,170 до 0,179 км³, минерализация от 2,60 до 3,21 г/л, преобладающий химический состав был хлоридно-сульфатным магниево-натриевым (ХС-МН);

- в Гулистанском районе объемы КДВ изменяются от 0,261 до 0,307 км³, минерализация от 2,21 до 2,58 г/л, преобладающий химический состав был хлоридно-сульфатным кальциево-магниево-натриевым (ХС-КМН);

- в Хавастском районе объемы КДВ изменяются от 0,349 до 0,390 км³, минерализация от 3,03 до 3,43 г/л, преобладающий химический состав был хлоридно-сульфатным кальциево-магниево-натриевым (ХС-КМН);

- в Мирзаабатском районе объемы КДВ изменяются от 0,262 до 0,265 км³, минерализация от 3,43 до 3,46 г/л, преобладающий химический состав был хлоридно-сульфатным магниево-натриевым (ХС-МН);

- в Сардобинском районе объемы КДВ изменяются от 0,145 до 0,166 км³, минерализация от 4,13 до 4,60 г/л, преобладающий химический состав был хлоридно-сульфатным магниево-натриевым (ХС-МН);

- в Сайхунабадском районе объемы КДВ изменяются от 0,316 до 0,331 км³, минерализация от 2,07 до 2,41 г/л, преобладающий химический состав был хлоридно-сульфатным кальциево-магниево-натриевым (ХС-КМН);

- в Сырдарьинском районе объемы КДВ изменяются от 0,30 до 0,313 км³, минерализация от 2,37 до 2,46 г/л, преобладающий химический состав был хлоридно-сульфатным кальциево-магниево-натриевым (ХС-КМН).

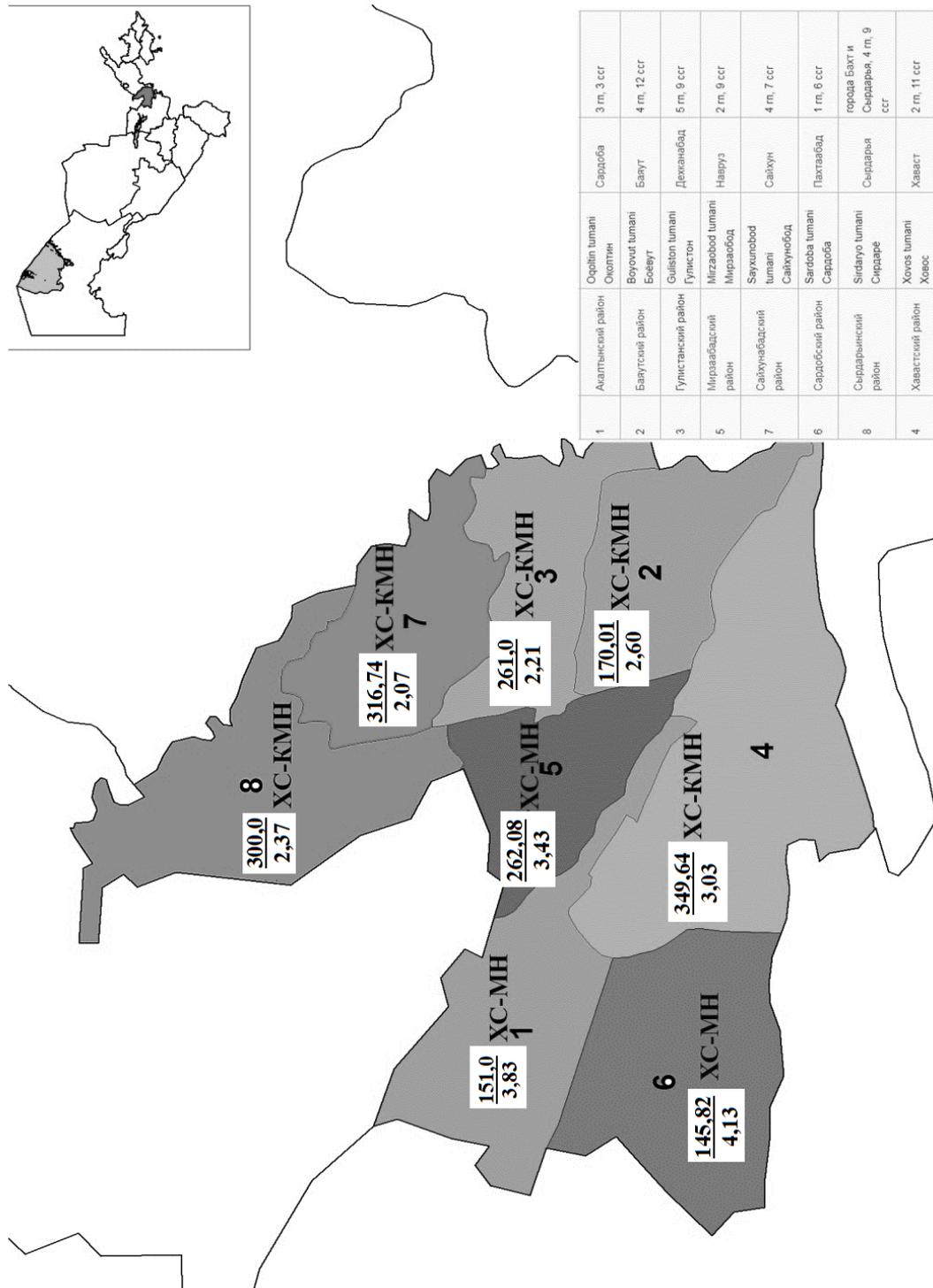


Рисунок 3 – Гидрохимическая карта распределения объемов, минерализации и химического состава коллекторно-дренажных вод Сырдарьинской области в разрезе административных районов

Выводы. За период 2010–2016 гг. объем КДВ Сырдарьинской области изменялся от 1,60 до 2,05 км³.

В пределах области Э. И. Чембарисовым (2005 г.) было выявлено три типа гидрохимического режима КДВ:

- 1-й тип – с ростом расхода воды ее минерализация уменьшается. Этот тип наблюдается в Баяутском, Мирзаабадском, Акалтынском, Сардобинском, Сайхунабадском и Хавастском районах, а также в большинстве магистральных коллекторов: СК-2, СК-3, Шербулоксой, ГПК бош, ГПК-42с, Шурузак, ЦК-6, ЦК-7, 17-К-7, Баявут, Еттисой, Кендик, ВС-13, ВЖД, Сардоба;

- 2-й тип – с ростом расхода воды ее минерализация также повышается (наблюдается в Гулистанском районе);

- 3-й тип – с изменением расхода воды ее минерализация практически не меняется (наблюдается в Сырдарьинском районе).

Как уже было отмечено, согласно собранным и обработанным данным химический состав КДВ в пределах Сырдарьинской области изменяется от хлоридно-сульфатного кальциево-магниево-натриевого (ХС-КМН) до хлоридно-сульфатного магниево-натриевого (ХС-МН).

Список использованных источников

1 О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан: Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № УП-4947.

2 О мерах по дальнейшему совершенствованию системы охраны водных объектов: Постановление Президента Республики Узбекистан от 25 сентября 2017 г. № ПП-3286.

3 Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Вып. 18 (за 2017 год). – Ташкент: Узгидромет, 2019. – 54 с.

4 Чембарисов, Э. И. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии / Э. И. Чембарисов, Б. А. Бахритдинов. – Ташкент: Укитувчи, 1989. – 232 с.

5 Якубова, Х. М. Особенности гидрологических, гидрохимических и мелиоративных процессов на примере левобережья среднего течения р. Сырдарья / Х. М. Якубова. – Ташкент: Nurafshon, 2019. – 109 с.

УДК 631.67

Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева, С. В. Ковалев

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ВЕРИФИКАЦИИ ЦИФРОВОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ КУНДРЮЧЬЯ

В статье приведены результаты верификации цифровой гидродинамической модели рассматриваемого участка р. Кундрючья. Описаны три этапа верификации, и представлен подробный анализ различных показателей (уровни, расходы), полученных в результате разработки данных сценариев. Выявлено, что данная цифровая гидродинамическая модель соответствует фактическим параметрам реки и может быть использована для дальнейших расчетов.

Ключевые слова: верификация, цифровая гидродинамическая модель, уровень, расход, водохранилище.

T. S. Ponomarenko, A. V. Breeva, S. V. Kovalev

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

DIGITAL HYDRODYNAMIC MODEL VERIFICATION RESULTS BY THE EXAMPLE OF THE RIVER KUNDRYUCH'YA

The results of a digital hydrodynamic model verification of the considered river reach Kundryuch'ya are presented. Three verification stages are described and a detailed analysis of various indicators (levels, flow rates) obtained as a result of developing these scenarios is presented. It was found that this digital hydrodynamic model corresponds to the actual parameters of the river and can be used for further calculations.

Key words: verification, digital hydrodynamic model, level, flow rate, reservoir.

Введение. В настоящее время наблюдается тенденция к широкому распространению использования компьютерного моделирования для решения различных прикладных задач. Создание компьютерных моделей – трудоемкий процесс, который включает ряд операций по созданию топографической и гидрологической основы. Не менее важным является и процесс верификации компьютерной модели, по итогам которого делается вывод о возможности дальнейшего использования данной модели для сценарных исследований. Верификация – это процесс сопоставления параметров цифровой модели и реального объекта [1, 2].

Материалы и методы. ФГБНУ «РосНИИПМ» проводились исследования участка р. Кундрючья с целью установления степени влияния перехвата стока с водосборной площади гидротехническими сооружениями на наполнение водохранилища. В рамках данного исследования была разработана цифровая модель исследуемого участка, которая позволила проанализировать различные сценарии. Верификация модели была проведена в три этапа, для этого было создано дополнительно три модели с различными исходными данными, которые сопоставлены с параметрами объекта исследований [3].

Результаты и обсуждение. На первом этапе была создана отдельная модель участка русла реки от х. Ребриковка до плотины Соколовского водохранилища без учета впадения приточных балок (рисунок 1). Общая протяженность русла данного участка составила порядка 20 км. Коэффициент шероховатости задан 0,05 (согласно Р 52.24.627-2007, по М. Ф. Срибному). Граничными условиями являлись фактические уровни воды в створе х. Ребриковка и Соколовского водохранилища, которые были получены в процессе выполнения работ за период с 04.04.2015 по 30.10.2016. Поверочными параметрами являлись уровни воды, измеренные на входе в водохранилище.



Рисунок 1 – Схема модели для верификации на первом этапе

В результате выполненного расчета установлено, что графики уровней фактических и полученных в результате моделирования практически совпадают (рисунок 2).

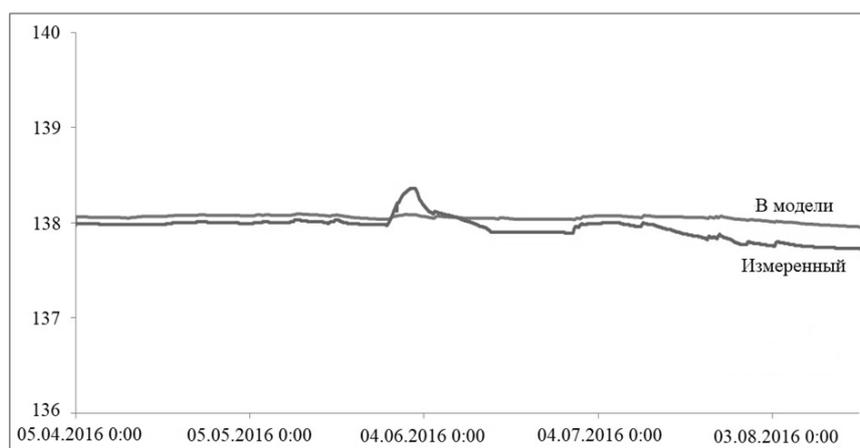


Рисунок 2 – Сопоставление уровней воды в поперечном створе

Как видно из сопоставления двух графиков, за период продолжительностью два месяца с 05.04 по 04.06 модель показывает практически идентичные значения с фактическим с разницей 1,5–2 см в большую сторону. Дальнейшие расхождения двух графиков обусловлены наличием паводка, зафиксированного при натурных наблюдениях в поперечном створе и не наблюдавшегося в нулевом створе. Отсутствие повышения уровня воды в створе х. Ребриковка объясняется зарегулированием естественного стока русла на данном участке Должанским водохранилищем, которое, перехватывая часть стока, срезает пик паводка. Поперечный створ расположен на участке ниже по течению, где отсутствуют русловые водохранилища и впадают три приточные балки, которые в случае увеличения стока повышают уровень воды в данном створе.

В связи с этим был проведен второй этап верификации. Для данного этапа была разработана модель от створа входа в Соколовское водохранилище до моста в н. п. Соколово-Кундрюченский, а также учтена приточность р. Галута (рисунок 3).



Рисунок 3 – Схема модели для верификации на втором этапе

Граничными условиями заданы временные ряды фактических расходов воды на входе в водохранилище и в створе наблюдений р. Галута, а в заключительном створе задан постоянный уровень воды. В качестве расходной характеристики в модели точно заданы отборы воды для нужд водоснабжения (по данным эксплуатационной организации), санитарный расход реки и потери на испарение. Поверочным условием в данном случае являлись фактические уровни воды в трех створах: на входе в водохранилище, на притоке р. Галута и в водохранилище (натурные наблюдения за которым также были выполнены). Результаты сопоставления представлены на рисунках 4–6.

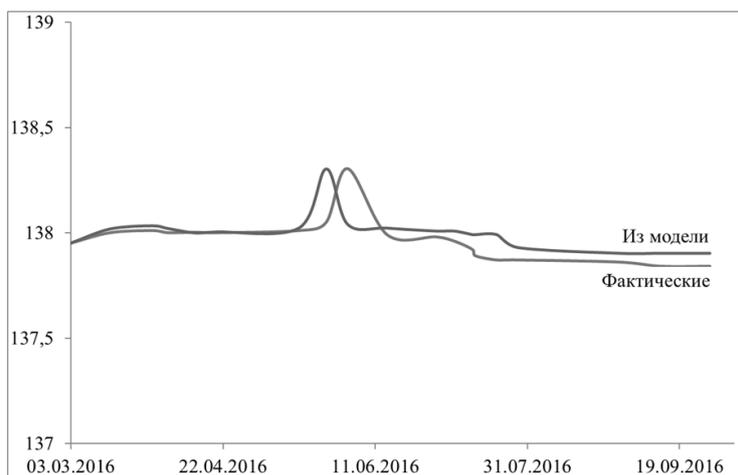


Рисунок 4 – Сопоставление уровней воды в створе на входе в водохранилище

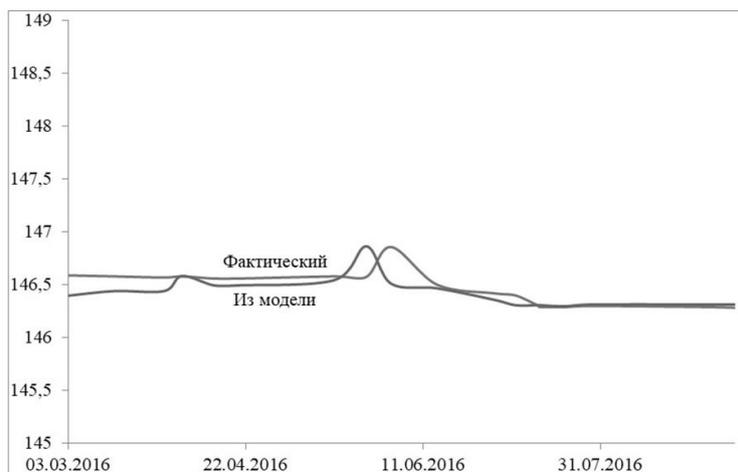


Рисунок 5 – Сопоставление уровней воды в створе р. Галута



Рисунок 6 – Сопоставление уровней воды в створе Соколовского водохранилища

Как видно из данных графиков, представленных выше, уровни воды, полученные в гидродинамической модели и фактически наблюдаемые, во всех створах имеют незначительные расхождения (в пределах 5–10 см).

Третий этап выполнен для верификации модели всего исследуемого участка. В связи с отсутствием данных наблюдений за уровнями воды во всех приточных к исследуемому участку реках и балках данный этап верификации выполнен путем сопоставления расчетных максимальных среднесуточных расходов с данными, полученными при моделировании на вероятность превышения стока 1 %. Для этого были определены контрольные створы (рисунок 7), расчет которых осуществлен при проведении инженерно-гидрометеорологических изысканий. Результаты верификации представлены в таблице 1.

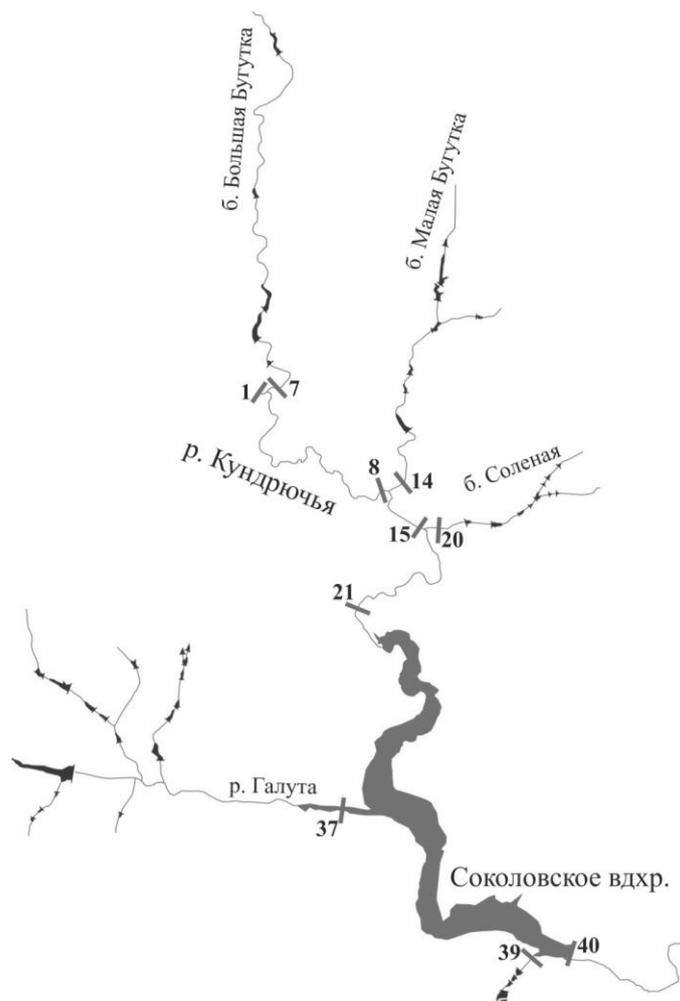


Рисунок 7 – Схема расположения расчетных створов

Таблица 1 – Сопоставление расходов

Наименование створа	Максимальный расход	
	расчетный	данные модели
7	41	38,1
14	15,5	10,95
20	8,2	5,7
21	138	158
37	51	42,2
39	2,15	0,12
40	160	105

В м³/с

Незначительные расхождения расходов в створах № 7, 14, 20, 37 и значительные в створах № 21, 39, 40 обусловлены наличием следующих факторов, влияние которых не учитывает теоретический расчет: работа водохранилищ, наличие мостов и переездов, шероховатость русла, а также распределение приточности по длине участка [2].

Выводы. Исходя из всех этапов верификации, можно сказать, что разработанная цифровая модель соответствует фактическим параметрам реки и может быть использована для дальнейших расчетов.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Современное состояние и пути дальнейшего развития мелиорации в России / В. Н. Щедрин // Проблемы рационального использования природоохозяйственных комплексов засушливых территорий: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., 22–23 мая 2015 г. – Волгоград, 2015. – С. 330–342.

2 Обоснование и перечни мероприятий по расчистке русла и ликвидации подпорных ГТС на водных объектах бассейна р. Кундрючья, которые необходимо выполнить с целью увеличения приходной части водохозяйственного баланса Соколовского водохранилища: техн. отчет / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2016. – 158 с.

3 О работах по разработке гидродинамических цифровых компьютерных моделей русла реки и ГТС и сценарных исследованиях разработанных моделей: техн. отчет / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2016. – 69 с.

УДК 635.04:631.6.03

М. Н. Лытов

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (Волгоградский филиал), Волгоград, Российская Федерация; Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

К ВОПРОСУ ОБ ОПТИМАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ

Цель исследования состоит в обосновании оптимальной схемы организации функциональных комплексов системы мониторинга и управления орошением. Объектом исследования являются гидромелиоративные системы нового поколения в части систем автоматизированного управления. Предмет исследования – структурно-функциональная организация систем мониторинга и управления орошением с возможностью управления в режиме реального времени. Основным методологическим принципом исследования стало выделение структурно-функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением и организация их в комплексы по территориальному признаку. Исследованиями выделены и раскрыты особенности основных функциональных блоков системы, включая оросительную технику, контрольно-измерительный комплекс, вычислительный модуль, модуль принятия управляющих решений, модуль исполнения управляющих решений и автоматизированное рабочее место оператора. Указанные функциональные компоненты системы организованы в комплексы по территориальному признаку. В предложенном варианте организации системы основной поток обмена данными реализуется на основе одного двунаправленного радиоканала между комплексом, территориально организованным непосредственно на орошаемом участке (оросительная техника, измерительный комплекс, модуль принятия управляющих решений, модуль исполнения управляющих решений), и комплексом, включающим вычислительный модуль. Такой подход позволяет реализовать систему с минимальным числом функционально необходимых каналов удаленной связи, что обеспечивает высокую скорость реакции системы, достаточную для реализации управления в режиме реального времени.

Ключевые слова: орошение, мониторинг, управление, организация функциональных комплексов, системы реального времени.

M. N. Lytov

All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov (Volgograd branch), Volgograd, Russian Federation;
Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

ON ISSUE OF OPTIMAL ORGANIZATION OF FUNCTIONAL COMPLEXES OF MONITORING SYSTEM AND IRRIGATION CONTROL

The purpose of the research is to justify the optimal organization of functional complexes of the monitoring and irrigation management system. The object of the study is a new generation of irrigation and drainage systems in terms of automated control systems. The subject of the study is the structural and functional organization of monitoring and control systems for irrigation with the possibility of real-time control. The main methodological principle of research was the allocation of structural and functional modules of the monitoring and irrigation management system and their organization into complexes on a territorial basis. The features of the main functional system block including irrigation technology, a control and measuring complex, a computational module, a module for making control decisions, a module for executing control decisions, and an automated workstation for the operator were identified and indicated. The indicated functional system components are organized into complexes on a territorial basis. In the proposed version of the organization of the system, the main data exchange stream is implemented on the basis of one bi-directional radio channel between the complex, geographically organized directly on the irrigated area (irrigation equipment, measuring complex, control decision-making module, control decision execution module), and the control system including a computing module. This approach helps to implement a system with a minimum number of functionally necessary remote communication channels which provides a high system response speed sufficient to implement real-time control.

Key words: irrigation, monitoring, management, organization of functional complexes, real-time systems.

Введение. Автоматизация и роботизация является одним из ведущих трендов развития сельскохозяйственных технологий в мире и по праву считается приоритетным направлением развития аграрной науки в России [1–3]. Автоматическое выполнение технологических процессов с принятием управляющих решений на основе объективных показателей, отслеживаемых мониторинговой системой в режиме реального времени, позволяет создавать оптимальные условия для роста и развития растений, точно дозировать вовлекаемые в аграрное производство ресурсы, формировать продукцию высокого качества, отслеживать и вовремя предотвращать аварийные ситуации. Лишенные недостатков субъективных систем управления, машинные технологии исполняют лишь заложенные в них алгоритмы, системные недостатки которых характеризуются регулярной повторяемостью, легко воспроизводятся и отслеживаются. В этом смысле автоматизация обеспечивает качество агротехнологий, характеризуется труднооценимым потенциалом совершенствования. Применительно к решению задачи управления орошением технологии электронного управления уже имеют определенную историю, в производстве представлены брендовыми продуктами с высокой добавочной стоимостью [4–6]. Создание отечественного продукта в этом стремительно развивающемся направлении является приоритетной задачей российской аграрной науки. Цель исследований сводилась к разработке технологически сбалансированного концепта организации функциональных комплексов мониторинга и управления орошением.

Материалы и методы. В основе рабочей гипотезы исследований – положение о необходимости реализации функций мониторинга и управления орошением в режиме реального времени [7–10]. В пользу этого свидетельствует необходимость систематического контроля содержания почвенной влаги, мониторинга состояния агроценозов, контроля экологических параметров взаимодействия системы с окружающей средой, непрерывного контроля технологического процесса орошения и оперативного реагирования в форме управляющих действий относительно задействуемых технических систем. Высокая скорость взаимодействия компонентов – одна из приоритетных целей совершенствования систем такого рода. Одним из важнейших подходов к решению этой задачи является поиск «лимитирующего фактора», на практике означающий оценку взаимодействия компонентов с ранжированием вероятных задержек времени в процессе обмена данными. Одним из ключевых лимитирующих скорость реакции системы факторов признано число направлений удаленной связи, реализуемое на основе современных широкополосных телекоммуникационных систем.

Основными методологическими принципами исследований стали выделение структурно-функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением и организация их в комплексы по территориальному признаку. Объективный анализ технологий позволяет сделать обоснованное предположение о возможности организации быстрого обмена данными внутри территориально организованных комплексов. Поэтому алгоритм исследования строится по принципу минимизации числа каналов удаленной связи при сохранении функционала и реализации всех современных возможностей в области дистанционного управления техническими системами.

Результаты и обсуждение. Рассматриваемая система включает представленные на рисунке 1 компоненты, различающиеся конструктивным исполнением и (или) функциональным назначением. Объектом приложения управляющих действий (объектом управления) является оросительная техника и вовлекаемые в технологический процесс элементы гидромелиоративной системы. Оросительная техника в этом случае позиционируется как исполнительное звено системы, функцией которого и является выполнение технологического процесса орошения сельскохозяйственных культур. Набор управляющих действий относительно этого компонента рассматриваемой системы определяется конструктивными особенностями используемой техники. Будет справедливым позиционировать и обратное, возможности исполнения управляющих действий в отношении технологического процесса орошения должны входить в перечень требований, составляющих основу технического задания на проектирование оросительной техники.

Оросительная техника как компонент системы управления орошением рассматривается также и с другой стороны, как объект мониторинга. Следует признать, что функциональное пространство мониторинга не ограничивается контролем процессов, осуществляемых исключительно оросительной техникой. Для выработки обоснованных (оптимальных) управляющих решений необходимо также мониторировать содержание и доступность растениям почвенной влаги, микроклимат посева, состояние растений в посевах, показатели, характеризующие развитие сопутствующих орошению процессов, включая негативные, такие как ирригационная эрозия, вторичное засоление и др. Поэтому измерительный комплекс, позиционируемый в качестве еще одной функциональной компоненты системы мониторинга и управления орошением, также должен быть ориентирован на работу со всеми этими показателями. Измерительный комплекс является первичным звеном системы обратной связи при решении задач управления орошением.

Мониторинг оросительной техники позволяет оценить выполнение технологического процесса, мониторинг посевов и окружающей среды – сформировать суждение об оптимальности этого технологического процесса, оптимальности орошения.

Обработка полученных мониторинговых данных осуществляется в вычислительном модуле системы. Вычислительный модуль в данном контексте рассматривает-

ся не как исключительно логическое устройство для проведения вычислительных операций, но как программно-вычислительный комплекс, нацеленный на обработку специализированной информации. В результате таких вычислений идентифицируются цифровые количественные либо качественные значения совокупности показателей, используемых в качестве критериев принятия управляющих решений либо характеризующих этап выполнения технологического процесса.

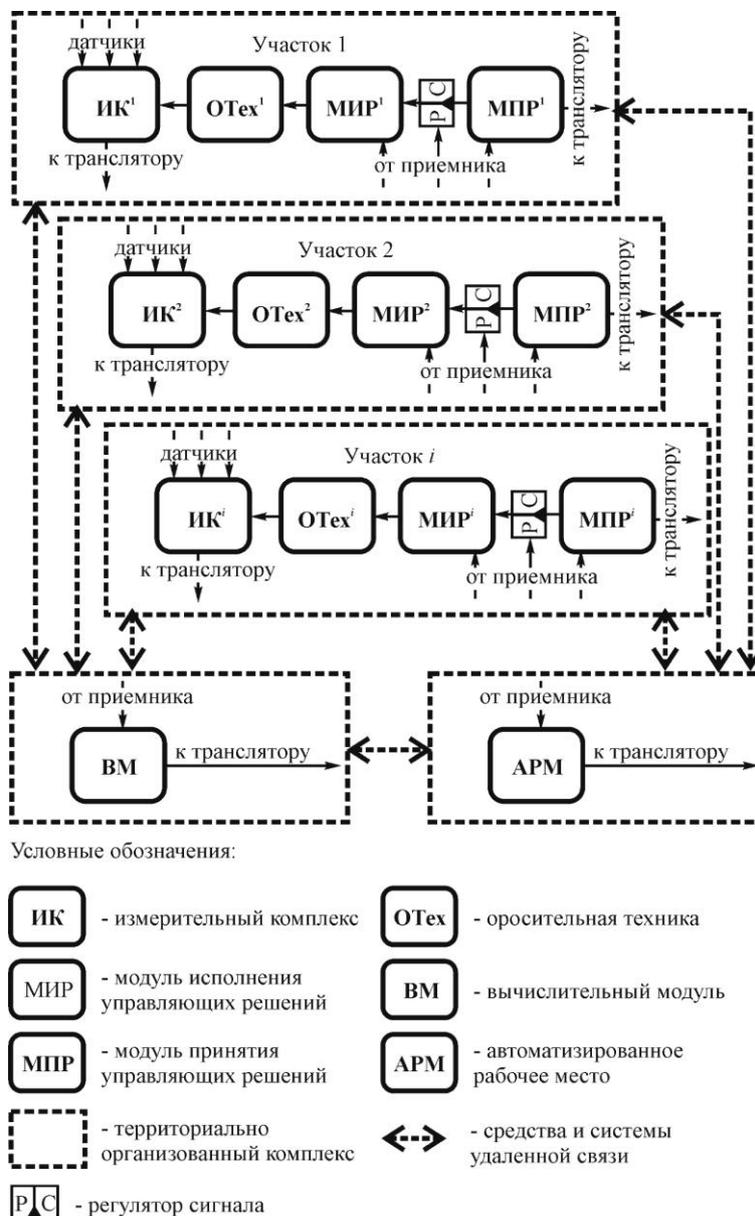


Рисунок 1 – Схема организации автоматизированной системы мониторинга и управления орошением

Модуль принятия управляющих решений является ключевой компонентой автоматизированных систем управления орошением. Он объединяет в себе машинные вычислительные мощности, алгоритмы и программные ресурсы, нацеленные на решение единой задачи – принятие оптимального управляющего решения. С точки зрения развития современных систем управления это самый трендовый комплекс, органично сочетающий в себе все последние достижения науки. Задача этого модуля – найти наиболее вероятное и оптимальное управляющее решение. Решение должно быть всесторонне обосновано и иметь безусловный приоритет относительно альтернативных видов действия. С другой стороны, модуль должен «уметь» принимать решения в условиях

неопределенности, а реализуемые алгоритмы должны быть достаточно гибкими для реализации функции в нестандартных ситуациях. Когда мы говорим об интеллектуальных системах управления, данный модуль – это объект приоритетного приложения таких технологий в составе системы автоматизированного управления орошением.

Модуль принятия управляющих решений в составе системы автоматизированного управления непосредственно взаимодействует с модулем их исполнения. Этот модуль, по существу, может быть составной частью технической системы – объекта управления. Он ответственен за реализацию регулирующих действий, выполняемых по сгенерированной в модуле принятия управляющих решений программе. Конструктивная реализация этого модуля может быть разнообразной, в большей мере зависит от конструктивных особенностей технической системы. Однако неотъемлемой частью всех конструкций модуля исполнения управляющих решений должна стать функция цифрового дешифрирования поступающего сигнала. Использование цифровых технологий в этом сегменте системы мониторинга и управления орошением позволит повысить помехоустойчивость, а также принимать сигналы от внешних источников, в т. ч. контролируемых чрезвычайные или аварийные ситуации.

Еще одной неотъемлемой составной частью системы мониторинга и управления орошением является автоматизированное рабочее место оператора. Этот модуль системы реализует возможности интерактивного взаимодействия с оператором, визуализируя в удобно интерпретируемых форматах состояние объекта и предмета управления, окружающей их среды, информируя о принятых управляющих решениях с учетом приоритетов и стадии их исполнения, а также предоставляя техническую возможность обратной связи с различными допусками и полномочиями.

Исследованиями были сформированы и проанализированы различные варианты организации перечисленных модулей в рамках создаваемого концепта системы мониторинга и управления орошением в режиме реального времени. Приоритетным среди рассмотренных вариантов был признан вариант, приведенный на рисунке 1. Указанная схема компоновки функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением включает три территориально организованных комплекса. Один из них непосредственным образом связан с исполнительными компонентами технической системы – объекта управления. Этот комплекс включает, собственно, оросительную технику, измерительный комплекс, модуль принятия и модуль исполнения управляющих решений. Еще одним функциональным элементом указанного территориально организованного комплекса является регулятор сигнала. Этот элемент системы реализует техническую возможность вмешательства оператора в автоматизированный технологический процесс орошения. Все элементы последовательно связаны между собой, а также имеют выходы к средствам управления удаленной связью.

Второй территориально организованный комплекс включает всего один функциональный модуль, ответственный за анализ формируемых потоков данных. Это вычислительный модуль, реализация которого предпочтительна на основе многопользовательского сервера. Такой вариант организации вычислительного модуля позволяет снять проблему ограничения вычислительных мощностей, унифицировать функцию и реализовать ее в качестве услуги сколь угодно большому числу пользователей, оперативно отслеживать и реализовывать все самые последние достижения науки и техники в области обработки данных и управления.

Еще один территориально организованный комплекс представлен автоматизированным рабочим местом оператора. Предложенная схема организации системы мониторинга и управления орошением предполагает исполнение этого комплекса в мобильном варианте. Это позволяет оператору реализовать функции контроля и возможности оперативного вмешательства в технологический процесс с сохранением всех преимуществ мобильности.

Предложенный вариант организации системы мониторинга и управления оро-

шением включает три направления удаленной радиосвязи, осуществляющих обмен данными между территориально организованными комплексами функциональных модулей. Особое значение здесь имеет алгоритм обмена данными между территориально организованными комплексами. В предложенном варианте основной поток информации, в полной мере достаточной для осуществления функции автоматизированного управления, реализуется на основе одного двунаправленного радиоканала между комплексом, территориально организованным непосредственно на орошаемом участке (оросительная техника, измерительный комплекс, модуль принятия управляющих решений, модуль исполнения управляющих решений), и комплексом, включающим вычислительный модуль. Два других направленных канала удаленной связи организованы с автоматизированным рабочим местом оператора и работают в режиме информирования. Эти потоки данных организованы параллельно основному обмену и не влияют на оперативность реагирования системы, работающей в автоматическом режиме.

Выводы. Предложенная схема организации автоматизированной системы мониторинга и управления орошением имеет минимальное число функционально необходимых каналов удаленной связи, что обеспечивает высокую скорость реакции системы, достаточную для реализации управления в режиме реального времени. При этом сохраняются все преимущества, обусловленные возможностью организации мобильного места оператора и создания актуализированного многопользовательского информационного продукта на базе серверных технологий.

Список использованных источников

1 Эльдиева, Т. М. Направления использования умных инноваций в сельском хозяйстве / Т. М. Эльдиева // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – № 6(366). – С. 46–49.

2 Набоков, В. И. Внедрение робототехники в организациях сельского хозяйства / В. И. Набоков, Е. А. Скворцов, К. В. Некрасов // Вестник ВИЭСХ. – 2018. – № 4(33). – С. 126–131.

3 Штогрин, Я. В. Роботизация сельского хозяйства России по примеру других стран / Я. В. Штогрин // Велес. – 2017. – № 1–2(43). – С. 110–113.

4 Bauer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bauer-at.com/ru/products/irrigation>, 2019.

5 Lindsay Corporation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindsayrus-sia.com/>, 2019.

6 Maina, M. M. Web geographic information system decision support system for irrigation water management: a review / M. M. Maina, M. S. M. Amin, M. A. Yazid // Acta Agriculturae Scandinavica. Section B: Soil and Plant Science. – 2014. – Vol. 64, № 4. – P. 283–293.

7 Бородычев, В. В. Мониторинг и управление орошением в режиме реального времени / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, Е. Э. Головинов. – М.: Ред. журн. «Механизация и электрификация сел. хоз-ва», 2017. – 154 с.

8 Михайленко, И. М. Управление агротехнологиями и роботизированные средства реализации / И. М. Михайленко // Инновации в сельском хозяйстве. – 2019. – № 1(30). – С. 242–258.

9 Курбанов, С. А. Подходы к организации информационно-технических комплексов мониторинга и управления орошением в режиме реального времени / С. А. Курбанов, В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Проблемы развития АПК региона. – 2017. – Т. 31, № 3(31). – С. 131–136.

10 Евграфов, А. В. Оперативный мониторинг метеорологических параметров при управлении режимами увлажнения на осушительно-увлажнительных системах / А. В. Евграфов, В. П. Максименко, Ю. А. Хомутов // Основные результаты научных исследований института за 2017 год: сб. науч. тр. – М.: ВНИИГиМ, 2018. – С. 143–147.

УДК 627.83:626.83

Д. А. Нецепляев, В. И. Коржов, М. Р. Гонзалез-Гальего, А. А. Белоусов
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

АВТОМАТИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ОРОСИТЕЛЬНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Целью исследований являлось повышение точности и оперативности моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций, используемых при их проектировании и эксплуатации. Для этого предложен алгоритм расчета, обеспечивающий возможность разработки простых в применении программных средств. Разработан алгоритм расчета для водораспределительных сетей разной конфигурации. Приведена реализация алгоритма в виде прикладной компьютерной программы, а также результаты, демонстрирующие ее возможности. Разработанный программный продукт может быть использован как организациями, так и физическими лицами, занимающимися вопросами моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций.

Ключевые слова: оросительная система, водораспределительная сеть, водозаборные и регулирующие сооружения, расходы воды, автоматизация расчетов.

D. A. Netseplyaev, V. I. Korzhov, M. R. Gonzalez-Gallego, A. A. Belousov
Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

AUTOMATION OF MODELING THE INTAKE STRUCTURES OPERATIONAL MODES OF IRRIGATION PUMPING STATIONS

The aim of the research was to increase the accuracy and efficiency of modeling the operational modes of intake structures of irrigation pumping stations used in their design and operation. For this purpose the calculation algorithm ensuring the ability to develop simple-to-use software is proposed. The calculation algorithm for water distribution networks of various configurations is developed. The implementation of the algorithm in the form of an applied computer program as well as the results demonstrating its abilities is presented. The developed software product can be used both by organizations and individuals involved in the modeling operational modes of intake structures of irrigation pumping stations.

Key words: irrigation system, water distribution network, water intake and control structures, water consumption, calculation automation.

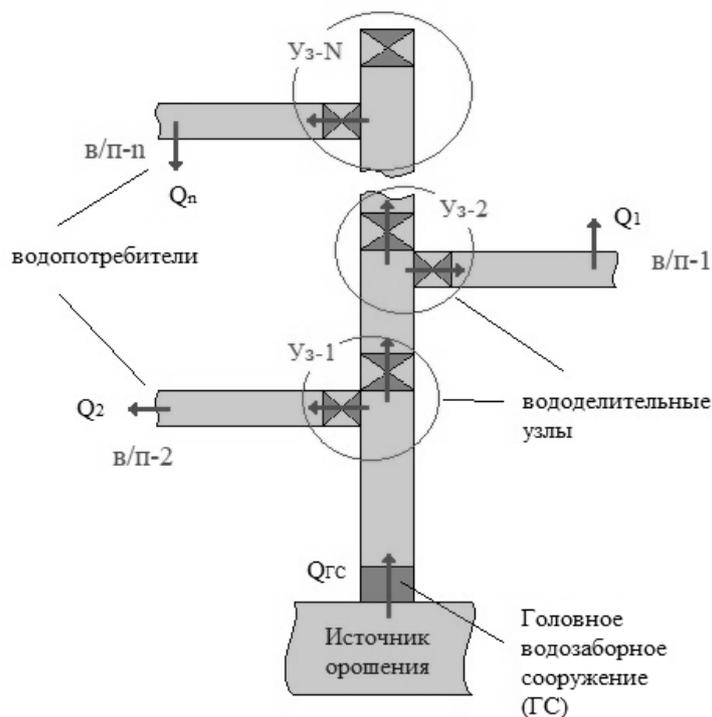
Введение. Одними из важнейших критериев, составляющих основу моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций, являются значения обеспечиваемых водозаборными сооружениями расходов и объемов [1–3]. В первую очередь, эти значения определяются суммой действий всех водопользователей системы в разные моменты ее работы. Кроме того, расходы и объемы водозаборных сооружений зависят от технических характеристик сооружений, их пропускной способности [4]. Также водопользователи часто могут менять режимы забора воды из системы в зависимости от используемой ими техники полива, особенностей обрабатываемых сельскохозяйственных культур и т. п. [5]. Очевидно, что приведенные факторы затрудняют оперативную и всестороннюю оценку сложившейся в оросительной системе ситуации, определяя таким образом необходимость создания

средств для решения вышеобозначенных проблем. Исходя из этого, задачей настоящей работы являлась разработка методических и программных средств для обеспечения возможности моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций в зависимости от эксплуатационно-технических характеристик оросительной системы и заборов воды водопользователями.

Материалы и методы. Решение поставленной задачи предполагает наличие следующих исходных данных:

- объемы регулирования;
- количество насосных агрегатов;
- расходы насосных агрегатов;
- режимы забора воды из контура регулирования по интервалам времени;
- режимы работы насосных агрегатов в течение интервала регулирования.

В качестве примера, демонстрирующего процедуру построения алгоритма расчета, была взята схема водораспределительной сети, представленная на рисунке 1.



W_{max}	н/а-1 P_1	Источник орошения
$W_{нач}$	н/а-2 P_2	
W_{min}	н/а- i P_i	

Рисунок 1 – Пример схемы водораспределительной сети, демонстрирующей процедуру построения алгоритма расчета

Схема включила в себя:

- источник орошения;
- головное водозаборное сооружение (ГС);
- N вододелительных узлов (Уз-1, Уз-2, ..., Уз- N);

- n водопользователей (в/п-1, в/п-2, ..., в/п- n);
- значения объемов воды в системе (W_{\min} – минимальный объем регулирования, W_{\max} – максимальный объем регулирования, $W_{\text{нач}}$ – начальный объем регулирования);
- i насосных агрегатов мощностью P_i каждый.

Методика расчета расходов и доходов на водозаборном и регулирующих сооружениях системы сводится к следующему:

- определяют (задают) значения объемов воды в системе (W_{\min} , W_{\max} , $W_{\text{нач}}$), тыс. м³;
- определяют количество насосных агрегатов в системе, шт.;
- определяют расходы каждого насосного агрегата, л/с;
- определяют режимы забора воды из контура регулирования по интервалам времени в л/с;
- определяют режимы работы насосных агрегатов в течение интервала регулирования (в ч);
- рассчитывают объемы воды в системе в каждый интервал времени:

$$W_j = \left(\sum_1^i P_i \right)_j - Q_j,$$

где $\left(\sum_1^i P_i \right)_j$ – расход насосных агрегатов в интервал времени j , л/с;

Q_j – забор воды из контура регулирования водопользователями в интервал времени j , л/с;

- строят графики на основе полученных данных.

Блок-схема алгоритма, иллюстрирующая реализацию вышеприведенной методики расчета, приведена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма, иллюстрирующая реализацию методики расчета

Результаты и обсуждение. Разработанный для решения поставленной задачи алгоритм определил целесообразность разработки программных средств, реализующих работу алгоритма, с использованием определенных инструментов разработки. В частности, для реализации был выбран язык программирования высокого уровня Python с использованием библиотек PyQt5, matplotlib, xlutils.

Пример экранной формы разработанной компьютерной программы, ориентированной на расчет системы, включающей четыре насосных агрегата, представлен на рисунке 3.

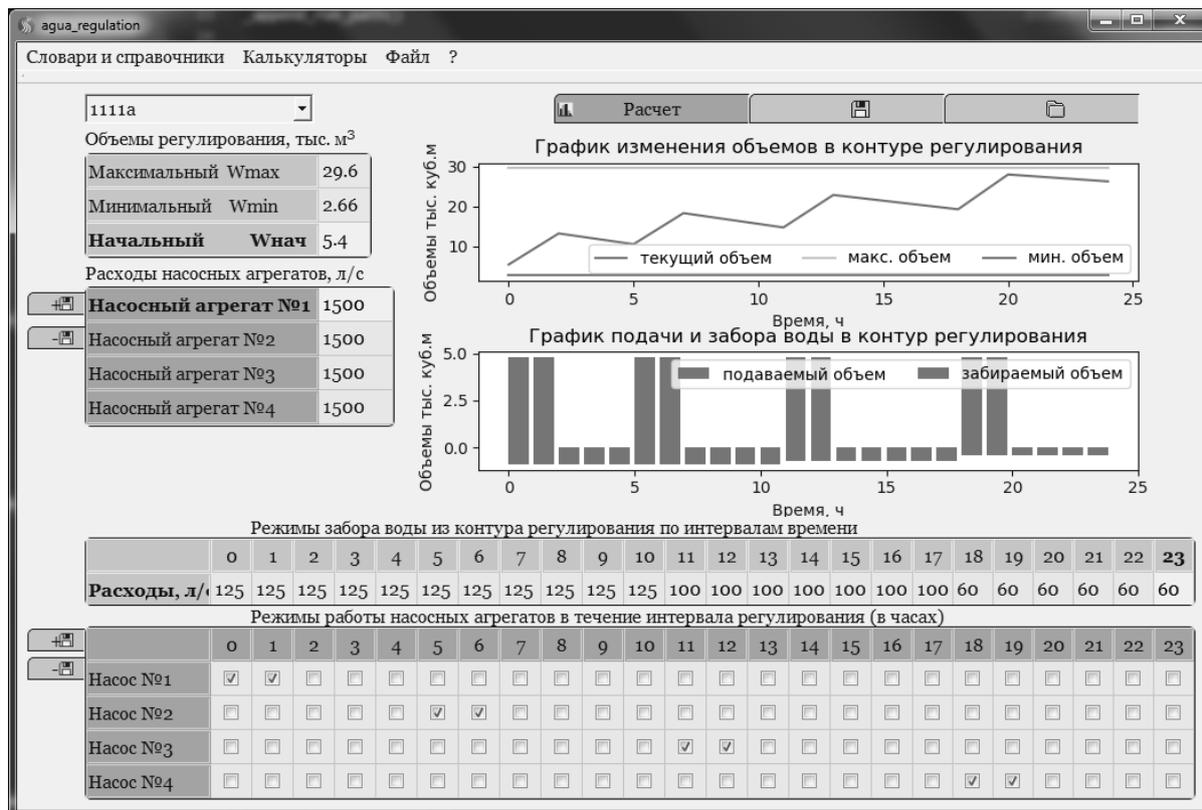


Рисунок 3 – Пример экранной формы программы для моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций

Отметим, что разработанная прикладная программа позволяет конфигурировать оросительную систему путем изменения количества насосных агрегатов и указания их расходов.

Выводы

1 В ходе решения задачи моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций возникает потребность в определении значений расходов в системе в интервалах времени.

2 В целях повышения оперативности решения поставленной задачи необходимо использовать простые в использовании программные средства.

3 Предложенный вариант прикладного программного обеспечения для моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций позволяет оперативно осуществлять расчет необходимых данных и представлять результат в наглядном виде.

4 Разработанное программное средство может быть использовано как организациями, так и физическими лицами, занимающимися вопросами моделирования оперативных режимов работы водозаборных сооружений оросительных насосных станций.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., г. Барнаул, 27–28 февр. 2017 г. – Новосибирск: СФНЦ РАН, 2017. – Т. 2. – С. 167–169.

2 Основные принципы и методы эксплуатации магистральных каналов и сооружений на них: монография / В. Н. Щедрин [и др.]; под общ. ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – 361 с.

3 Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, А. С. Штанько, С. Л. Жук; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 171 с. – Деп. в ВИНТИ 14.04.14, № 96-B2014.

4 Щедрин, В. Н. Совершенствование конструкций открытых оросительных систем и управления водораспределением / В. Н. Щедрин. – М.: Мелиорация и вод. хозяйство, 1998. – 160 с.

5 Анализ влияния новых средств и способов полива на процессы управления водораспределением / В. И. Коржов, О. В. Сорокина, Т. В. Коржова, Г. О. Матвиенко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 4(32). – С. 105–125. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec574-field6.pdf. – DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-105-125.

УДК 621.224:626.816

О. Р. Азизов

Управление насосных станций и энергетики Министерства водного хозяйства, Самарканд, Республика Узбекистан

А. С. Газарян, Н. Р. Насырова, Н. М. Исмаилов

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Ташкент, Республика Узбекистан

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СОПРЯГАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ С ПЕРЕХОДНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

В статье рассматривается часть вопросов повышения надежности и безопасности насосных станций при вероятностном процессе повреждения основного оборудования и сооружений в условиях исчерпания их ресурса. Анализ этих условий показал, что параметр нестационарности неустановившегося движения воды в водоподводящих сооружениях определяющим образом сказывается на показателях надежности в рассматриваемых эксплуатационных характеристиках насосных агрегатов. Рассмотрены факторы, оказывающие влияние на величину и последствия неустановившихся режимов. Износ элементов проточных трактов насосов в процессе эксплуатации вследствие кавитации и истирания взвешенными наносами приводит к резкому ухудшению режимов работы. Использование новых режимов эксплуатации рекомендуется по программе обеспечения надежности эксплуатации насосных агрегатов.

Ключевые слова: безопасность, насосные станции, каналы, параметры надежности эксплуатации, режимы, расчет движения воды, риск превышения, нормативные значения, силовое воздействие.

O. R. Azizov

Department of Pumping Stations and Energy Management Ministry of Water Resources, Samarkand, Republic of Uzbekistan

A. S. Gazaryan, N. R. Nasyrova, N. M. Ismailov

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Tashkent, Republic of Uzbekistan

SAFETY IMPROVEMENT OF GRADE-CONTROL STRUCTURES OF PUMPING STATIONS WITH TRANSIENT PROCESSES

Some issues of improving the reliability and safety of pumping stations in the probabilistic process of the main equipment and structures damage under the conditions of their

depletion are discussed. The analysis of these conditions showed that the transient parameter of the unsteady flow in headrace structures has a decisive effect on the reliability indicators determination in the considered pump units characteristics. The factors affecting the magnitude and consequences of transient modes are considered. The wear of the elements of the pump water conveyance systems during operation due to cavitation and abrasion by suspended sediment leads to a sharp deterioration in operating modes. The use of new operating modes is recommended by the program on reliability of the pump units operation.

Key words: safety, pump stations, canals, reliability parameters of operation, modes, unsteady flow calculation, exceeding risk, regulatory values, power action.

Введение. В настоящее время на многих насосных станциях (НС) осуществляется замена крупных насосов, выработавших свой ресурс. Для уточнения режимов совместной эксплуатации новых и старых насосных агрегатов проводятся натурные испытания. Их основным видом в условиях эксплуатации являются контрольные испытания с использованием диагностического оборудования, при которых определяются фактические параметры агрегатов в рабочих условиях. В последние годы в НИИИВП проводятся исследования в этой области [1, 2]. По результатам контрольных испытаний делаются выводы о соответствии фактических рабочих параметров насосных агрегатов заводским и проектным, определяются условия надежности и безопасности НС [1]. Анализ этих условий показал, что параметр нестационарности неустановившегося движения воды в водоподводящих сооружениях НС определяющим образом сказывается на показателях надежности рассматриваемых эксплуатационных характеристик.

Материалы и методы. В процессе выполнения исследований использовались основные положения гидравлики, теории лопастных насосов, проводилась обработка результатов полевых экспериментов, применялись аналитические методы оценки показателей надежности и безопасности.

Результаты и обсуждение. Повышение безопасности сопрягающих сооружений с переходными процессами сконцентрировано авторами на элементах устройств в водоподводящих сооружениях НС с минимальной надежностью от регуляционных сооружений – 0,91, аванкамеры – 0,9, сороудерживающего сооружения – 0,85, водоприемника – 0,84 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Состояние потока в водоподводящих сооружениях крупных НС (фото НИИИВП)

Натурные исследования аванкамеры Аму-Бухара-1, Кую-Мазар были проведены с целью оценки влияния конструктивного исполнения аванкамеры и гидравлических режимов потока на работу комплексов основного гидромеханического и энергетического оборудования крупных НС.

В зависимости от продолжительности и повторяемости силовых воздействий при расчетах допускают разные запасы прочности и устойчивости сооружений.

При проектировании в расчетах принимаются разные комбинации сил и нагрузок, причем составляются самые невыгодные их возможные комбинации. Величина гидростатического давления воды определяется известными из гидравлики способами. Гидродинамическое давление на ту или иную поверхность зависит от скорости движения воды и условий обтекания тела. Величина этого давления определяется по формулам гидравлики [3].

Исходными данными для расчета являются:

- сечение подводящего канала, расчет которого выполняется в соответствии с указаниями по проектированию каналов мелиоративных систем;
- сечение фронта здания и площадь водоприемных отверстий всасывающих труб, выбираемых по каталогу-справочнику «Насосы»;
- диапазон колебаний уровней воды в нижнем бьефе;
- продольная эпюра средних скоростей по длине аванкамеры.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что расчет аванкамеры многоагрегатных НС целесообразно выполнять на основе взаимосвязи с кинематическими характеристиками потока. В случае необходимости следует добавлять гидравлический расчет входа жидкости во всасывающие трубы.

Для улучшения растекания потока в аванкамере было предложено установить одну или две поперечные стенки. По рекомендациям САНИИРИ донные поперечные стенки были установлены в аванкамерах Джизакской и Талимарджанской станций.

Эти стенки рекомендуется устраивать, когда отношение площади водозаборного фронта к площади поперечного сечения канала > 2 . Высоту поперечной стенки рекомендуется определять по условию сжатия сечения потока по высоте до образования средних скоростей, в 1,15–1,4 раза меньших, чем в подводящем канале. Расстояние от входных оголовков быков до стенки L (м) рекомендуется определять по формуле:

$$L = \frac{\omega_{\text{фр}} - \omega_H}{\omega_{\text{фр}}} H_{\text{max}} a,$$

где $\omega_{\text{фр}}$ – площадь водозаборного фронта при Q_{max} , м²;

ω_H – площадь сечения канала при Q_{max} , м².

H_{max} – максимальная глубина воды у водоприемника при пропуске Q_{max} , м;

a – коэффициент, изменяющийся от 1,8 до 2,5.

Техническое состояние насосных агрегатов определяется сравнением фактических параметров (напора H , подачи, потребляемой мощности) с расчетными.

Критерием оценки технического состояния осевых насосов является предельное отклонение по напору и КПД от паспортного значения. При падении напора свыше 7 % и КПД более 3 % техническое состояние насоса считается неудовлетворительным и дальнейшая его эксплуатация запрещается. Эксплуатация центробежного насоса прекращается при снижении напора более 2 % и КПД более 3 %.

С 2015 г. в НИИИВП проводится сбор информации о техническом состоянии по наиболее характерным типам насосов Аму-Бухарского, Аму-Каракульского, Каршинского каскадов Зарафшанского региона.

Исходя из установленных нами физических представлений, необходимо установить, какие факторы в самом общем случае оказывают влияние на техническое состояние насосов:

- гидродинамические силы как функция линейных размеров насосов l , скорости потока V :

$$R = f_1(l), R = f_2(V);$$

- если скорость потока не слишком мала, то существенную роль играют силы инерции, которые характеризуются ее плотностью ρ (кг/м³):

$$R = f_3(\rho);$$

- величина полной гидродинамической силы зависит от силы трения водной среды о внутреннюю поверхность проточной части насосов, а следовательно, от величины коэффициента вязкости среды μ :

$$R = f_4(\mu).$$

Основная задача расчета безопасности – определение продолжительности неустановившегося процесса при работе, момента максимального повышения давления на валу насоса. При перемене направления движения воды, которая произойдет вследствие отражения и преломления волн, разорвавшиеся части колонны воды встречаются и давление сильно возрастает [4].

В настоящее время в технике имеют место два подхода к нормированию безопасности. Первый, который применяется и в гидротехнике, основан на разделении объектов на классы в зависимости от их ответственности [5]. К каждому классу предъявляются свои определенные требования по безопасности, которые обеспечиваются посредством регламентации сочетаний нагрузок и воздействий системы нормативных коэффициентов: по нагрузкам, материалам, ответственности, условиям работы.

Во втором случае регламентируется риск как вероятность другого, связанного с аварией или же отказом объекта, нежелательного и катастрофического события. Целесообразно оценивать не один, а два уровня нормативного риска, допускаемого на гидросооружении: верхнюю границу риска, которая определяется только классом объекта, и нижнюю, которая может быть достигнута за счет других коэффициентов [5].

Из расчетных сочетаний нагрузок и воздействий, которые регламентируются действующими нормами, формировались две полные группы событий: сочетания периода постоянной эксплуатации и временной эксплуатации (таблица 1).

Таблица 1 – Значения риска превышения нормативных воздействий

В 1/год

Класс со-ору-жения	Сочетание периода временной и постоянной эксплуатации					
	Основное	Особое по максимальным расходам	С климатическими воздействиями	С сейсмическими воздействиями	При нарушениях нормальной эксплуатации	В период реконструкции
I	10^{-4} (0,9999)	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	10^{-5}	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$
II	10^{-3} (0,999)	$5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	10^{-4}	$2 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$
III	$6 \cdot 10^{-3}$ (0,994)	$2 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
IV	10^{-2} (0,99)	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	10^{-3}	10^{-3}	$2 \cdot 10^{-2}$

Примечание – В скобках указана вероятность реализации расчетных сочетаний.

Крупные НС оснащаются насосами большой быстроходности, в связи с чем к подводным устройствам блоков НС предъявляются требования по обеспечению безопасности [5]. Важным следствием реконструкции является повышение единичной мощности регулируемых насосных агрегатов, что дает дополнительную экономию энергии и сокращает технологические объемы зданий НС на 15–20 % [3, 4].

В практике при эксплуатации НС контролируются 30–40 % от общего числа параметров, подлежащих контролю, что, безусловно, ухудшает аспекты безопасной работы агрегатов, поскольку режим работы НС изменяется в соответствии с графиком водопотребления и из-за других факторов. Основная трудность планирования режимов заключается в построении адекватной математической модели действующей системы. Идентификация модели осуществляется методом последовательных приближений с применением результатов натурных измерений расходов и параметров НС.

Работы продолжают по направлениям расширения и идентификации расчетной схемы водоподводящих сооружений узла НС, разработки вариантов управления с введением в схему новых средств регулирования работы элементов НС. Расчет слож-

ных переходных процессов – один из самых ответственных этапов повышения безопасности эксплуатации НС [3, 4].

Режимы работы НС определяются алгоритмически. Геометрический напор рассчитывается как разность уровней верхнего и нижнего бьефа НС. Характеристика потерь напора НС представлена в виде функциональных кривых, зависящих от подачи и высоты подъема. В лаборатории НС и гидроэнергетики НИИИВП рассматриваются первоочередные рекомендуемые мероприятия по программе обеспечения надежности насосных агрегатов [6].

Выводы

1 Повышение безопасности сопрягающих сооружений с переходными процессами целесообразно сконцентрировать на водоподводящих сооружениях НС. При нормировании безопасности необходимо учитывать требования регламентации сочетаний нагрузок и воздействий системы на их элементы. В статье приведены значения риска превышения нормативных воздействий.

2 Регулирование эксплуатационных режимов узла машинного водоподъема, включая основные сооружения водоподводящего тракта (каналы, самотечные трубопроводы), аванкамеры, водоприемники, является одной из основных задач эксплуатации НС.

3 Для повышения безопасности и устойчивой эксплуатации НС рекомендуется разработать нормативные документы, определяющие методику комплексной оценки степени риска от воздействия ресурса неподходящего качества эксплуатации НС.

Список использованных источников

1 Гловацкий, О. Я. Совершенствование методов диагностирования насосов крупных гидротехнических систем / О. Я. Гловацкий, Ф. А. Бекчанов // Гидротехника. – 2019. – № 2(55). – С. 70–73.

2 Насырова, Н. Р. Управление надежностью насосных станций для обеспечения безопасности эксплуатации / Н. Р. Насырова, Ш. Р. Рустамов, О. Я. Гловацкий // Проблемы управления водными и земельными ресурсами: междунар. науч. форум. – 2015. – С. 160–167.

3 Interconnection of influent channel and pumping station units / O. Glovatskiy, T. Djavburiyev, Z. Urazmukhamedova, A. Gazaryan, F. Akhmadov // Construction the Formation of Living Environment: XXII International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering, April 18–21, 2019. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199705011>.

4 Гловацкий, О. Я. Методы управления безопасностью сопрягающих сооружений насосных станций с переходными процессами / О. Я. Гловацкий, Ш. Р. Рустамов, Ш. М. Шарипов // Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства: сб. науч. тр. – 2016. – С. 143–146.

5 Гловацкий, О. Я. Оценки безопасности и повышение надежности эксплуатации гидротехнического узла крупных насосных станций / О. Я. Гловацкий, Н. Р. Насырова, Р. Р. Эргашев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 108–113.

6 Программа для обеспечения надежности насосных агрегатов: свид. об офиц. регистрации прогр. для ЭВМ Республики Узбекистан № DGU 03969 / Гловацкий О. Я., Эргашев Р. Р., Насырова Н. Р., Бекчанов Ф. А.; заявитель и правообладатель Ташкент. ин-т ирригации и мелиорации. – № заявки DGU 2016 0452, опубли. 09.09.16.

УДК 631.67:626.81

Т. С. Пономаренко, А. А. Кузьмичёв, А. В. Бреева

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА РЕКИ САЛГИР

Целью исследований являлась выработка оптимальных решений по использованию местных водных ресурсов для орошения земель сельскохозяйственного назначения и вовлечения в сельскохозяйственный оборот дополнительных площадей орошения. В данной статье представлены расчетные гидрологические характеристики бассейна р. Салгир и приведены количественные значения годового стока и внутригодового (помесячного) его распределения с вероятностью превышения 95 %. Выделены периоды низкой и очень высокой потребности в орошении и периоды низкой водообеспеченности.

Ключевые слова: створ, расход, объем стока, внутригодовое распределение, водосбор.

T. S. Ponomarenko, A. A. Kuz'michev, A. V. Breeva

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SALGIR RIVER BASIN

The aim of the research was to develop optimal solutions for the local water resources use for agricultural land irrigation and the involvement of additional irrigation areas into agriculture. The estimated hydrological characteristics of the Salgir river basin and quantitative values of the annual runoff and its annual (monthly) distribution with the exceedance probability of 95 % are presented. Periods of low and very high demand for irrigation and periods of low water availability are identified.

Key words: discharge section line, discharge, runoff volume, annual distribution, catchment watershed.

Введение. Крымский полуостров по обеспеченности водными ресурсами относится к маловодным регионам. Поэтому вопрос эффективности использования местного стока является весьма актуальным. Для изучения данного вопроса в качестве объекта исследований определена р. Салгир, которая является самой длинной рекой (232 км) с площадью водосборного бассейна 3750 км² (14,4 % территории Крымского полуострова). Его притоки расположены в основном на северных склонах Главной гряды. Общая длина Салгира и 14 притоков, непосредственно впадающих в него, равна 923 км. В нижнем течении русло реки на протяжении 43 км спрямлено и является главным коллектором (ГК-22). Впадает река в залив Сиваш Азовского моря.

В бассейне р. Салгир расположено несколько крупных водохранилищ: Аянское водохранилище объемом 3,9 млн м³, Симферопольское водохранилище объемом 36 млн м³, Балановское водохранилище объемом 5,7 млн м³, Белогорское объемом 23,3 млн м³, из которого по перепускному сооружению вода поступает в Тайганское водохранилище объемом 13,8 млн м³.

Материалы и методы. Анализ данных гидрологической изученности выявил наличие рядов наблюдений за годовым стоком на р. Салгир и притоках за различные периоды на следующих гидропостах: с. Пионерское (с 1955 г. по настоящее время), г. Симферополь (1914–1954 гг.), Ангара у с. Перевального (с 1936 г. по настоящее время), Малый Салгир у г. Симферополя (с 1960 г. по настоящее время), Зуя у с. Баланово (1925–1976 гг.), Бурульча у с. Межгорье (с 1930 г. по настоящее время), Бюк-Карасу у с. Зыбины (с 1949 г. по настоящее время), у с. Заречье (с 1965 г. по настоящее время), с. Калиновка (1931–1964 гг.), на р. Тонас возле г. Белогорска (с 1978 г. по настоящее время), Кучук-Карасу у с. Богатого (с 1929 г. по настоящее время) [1–4]. Полученные в результате исследования среднегодовые характеристики годового стока представлены в таблице 1.

Результаты и обсуждение. Для детальной оценки стокового потенциала р. Салгир были выделены шесть расчетных створов на основном русле и 18 на крупных притоках

(рисунок 1). Расчеты выполнены согласно СП 33-101-2003 с учетом факторов антропогенного преобразования.

Таблица 1 – Среднегоголетние характеристики годового стока

Река, гидропост	F , км ²	Q , м ³ /с	W , млн м ³
Салгир, с. Пионерское (ГП1)	261	1,29	40,6
Салгир, г. Симферополь (ГП2)	321	1,65	48,3
Ангара, с. Перевальное (ГП3)	38,3	0,279	8,27
Малый Салгир, г. Симферополь (ГП4)	96,0	0,272	8,63
Зуя, с. Баланово (ГП5)	48,0	0,133	4,2
Бурульча, с. Межгорье (ГП6)	85,0	0,461	14,3
Биюк-Карасу, с. Зыбины (ГП7)	601	1,41	45,1
Биюк-Карасу, с. Заречье (ГП8)	1140	0,726	22,1
Тонас, г. Белогорск (ГП9)	184	0,367	11,3
Кучук-Карасу, с. Богатое (ГП10)	89,0	0,258	7,9

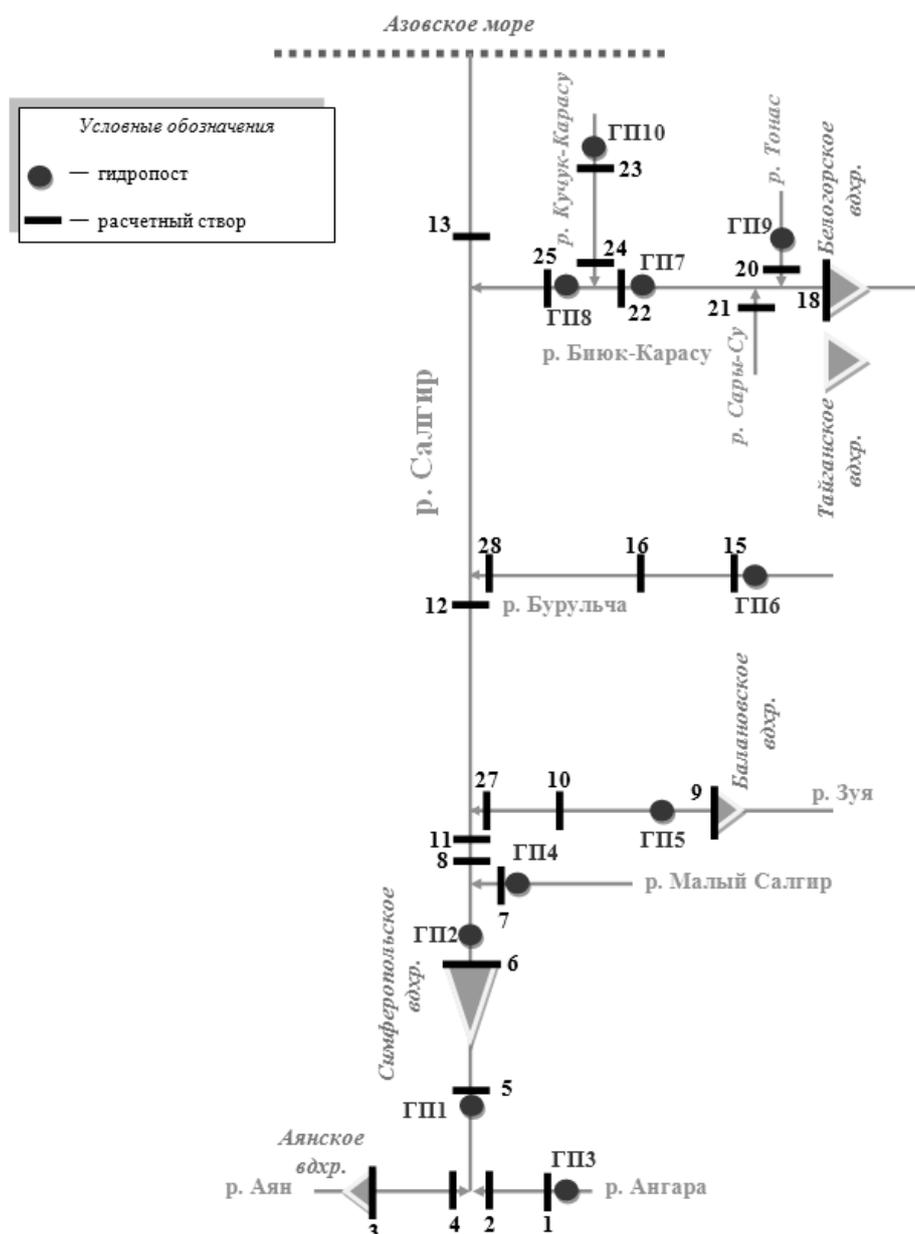


Рисунок 1 – Линейная схема расположения расчетных створов на р. Салгир и ее притоках

В таблице 2 приведены среднемноголетние гидрологические характеристики расчетных створов.

Таблица 2 – Расчетные параметры стока бассейна р. Салгир в разрезе створов

№ створа	Площадь водосбора, км ²	Коэффициент вариации C_v	Коэффициент асимметрии C_s	Среднемноголетний расход воды, м ³ /с	Среднемноголетний годовой объем стока, млн м ³
1	23,6	0,38	0,27	0,17	5,45
2	67,45	0,38	0,27	0,47	15
3	35	0,38	0,27	0,6	18,9
4	43	0,38	0,27	0,73	23,2
5	231	0,53	1,83	1,28	40,55
6	308,7	0,35	0,01	1,30	41,16
7	94	0,52	1,71	0,27	8,61
8	494,6	0,52	1,71	0,49	15,7
9	40,9	0,51	1,50	0,22	7,02
10	169	0,51	1,50	0,25	8,05
11	730,8	0,51	1,50	0,55	17,4
12	1657,6	0,51	1,50	0,83	26,31
15	105,5	0,53	1,43	0,45	14,4
16	193,4	0,53	1,43	0,47	15,04
18	38	0,53	1,43	1,60	50,65
20	172,7	0,73	1,89	0,35	11,24
21	185	0,73	1,89	0,37	11,75
22	594,5	0,63	2,35	1,40	44,35
23	74	0,72	1,89	0,22	7,05
24	292,7	0,72	1,89	0,26	8,36
25	1157	1,26	2,13	0,69	22,04
27	418,7	1,26	2,13	0,27	8,64
28	353,7	1,26	2,13	0,50	15,72
13	3590,9	1,04	2,55	1,69	53,58

Использование местных водных ресурсов для орошения земель сельскохозяйственного назначения и вовлечение потенциальных дополнительных угодий являлось одной из целей данного исследования. Для решения данной задачи необходимо знать внутригодовое помесечное распределение объемов стока, так как орошение имеет сезонный характер.

Результаты, приведенные в таблице 2, были использованы для расчетов объемов годового стока с различной вероятностью превышения в разрезе створов.

Доли помесечного внутригодового распределения стока определены по многолетним рядам наблюдений на гидропостах. Расчет на заданную вероятность превышения выполнен с использованием метода равнообеспеченных величин.

Водность реки оценивалась путем выделения в годовом цикле формирования стока двух периодов: периода потребности сельскохозяйственных угодий в орошении (июль – октябрь) и осенне-зимнего периода (ноябрь – март).

Максимальные месячные объемы по гидростворам приходятся на декабрь – март и варьируются в пределах 0,78–4,5 млн м³. Минимальные значения приходятся на при-токи Зую, Ангару и Малый Салгир.

Распределение стока по месяцам при 95% вероятности превышения с выделением первичных периодов приведено на рисунках 2–8.

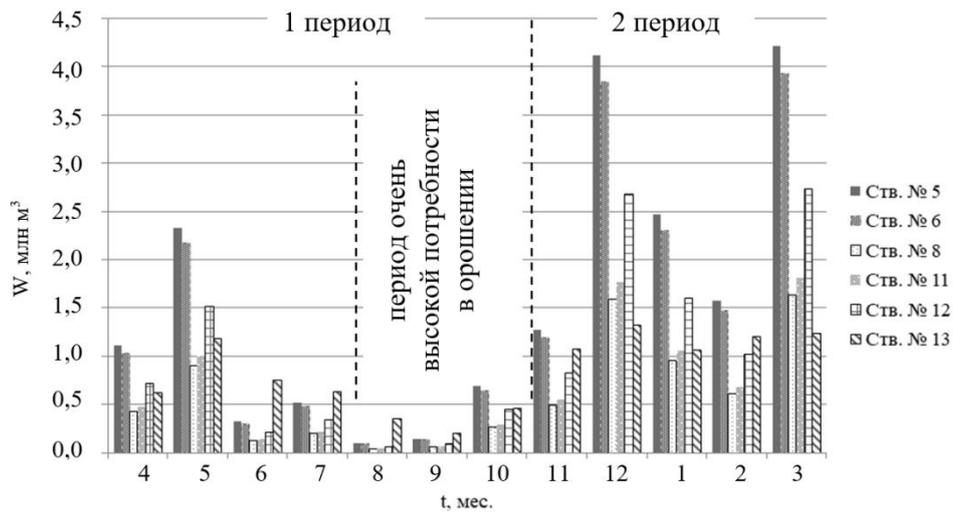


Рисунок 2 – Внутригодовое (помесячное) распределение объемов стока р. Салгир при 95% вероятности превышения

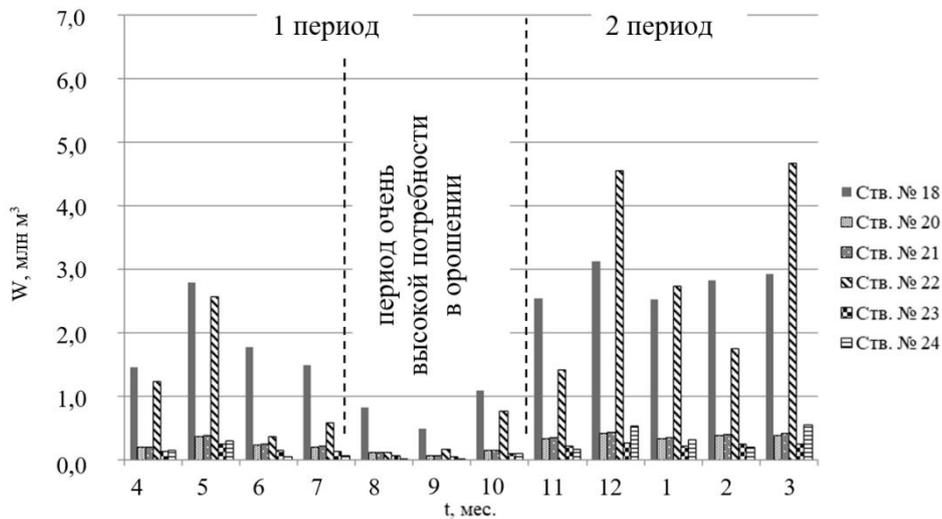


Рисунок 3 – Внутригодовое (помесячное) распределение объемов стока бассейна р. Биук-Карасу при 95% вероятности превышения

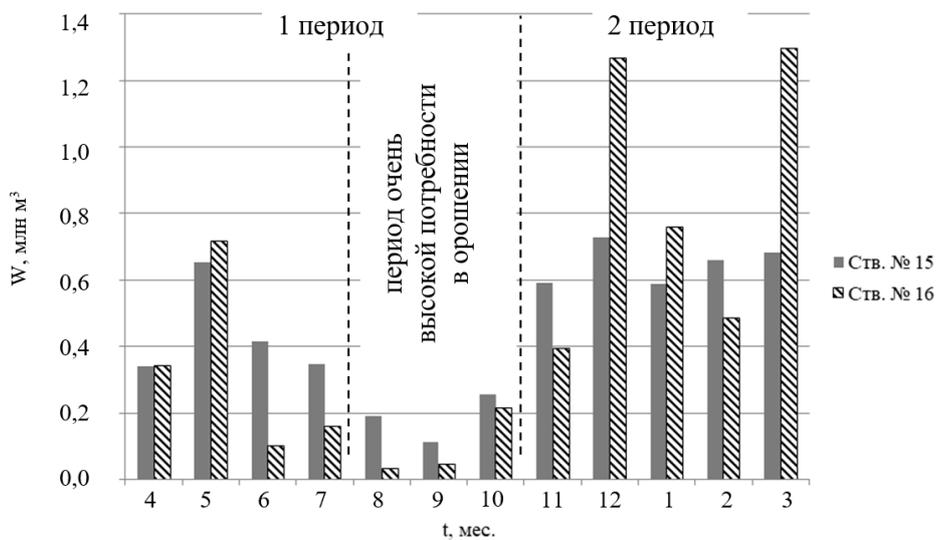


Рисунок 4 – Внутригодовое (помесячное) распределение объемов стока р. Бурульча при 95% вероятности превышения

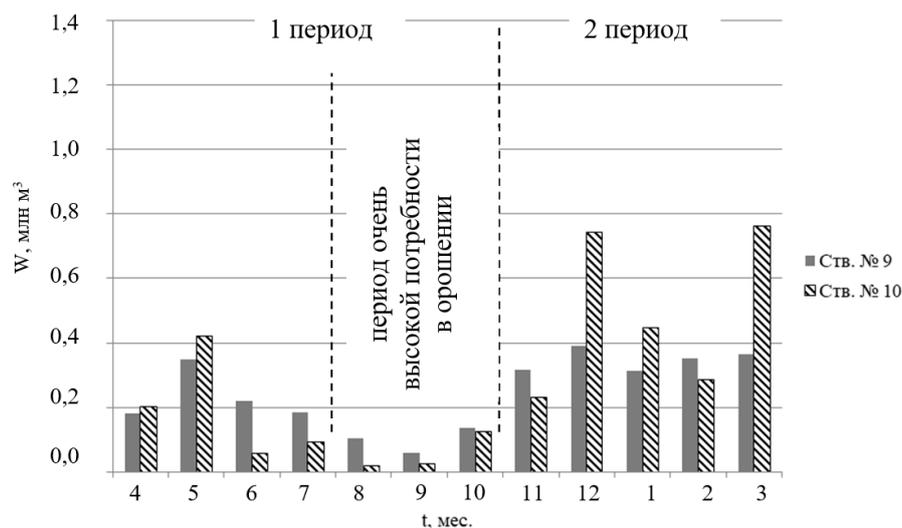


Рисунок 5 – Внутригодовое (помесячное) распределение объемов стока р. Зуя при 95% вероятности превышения

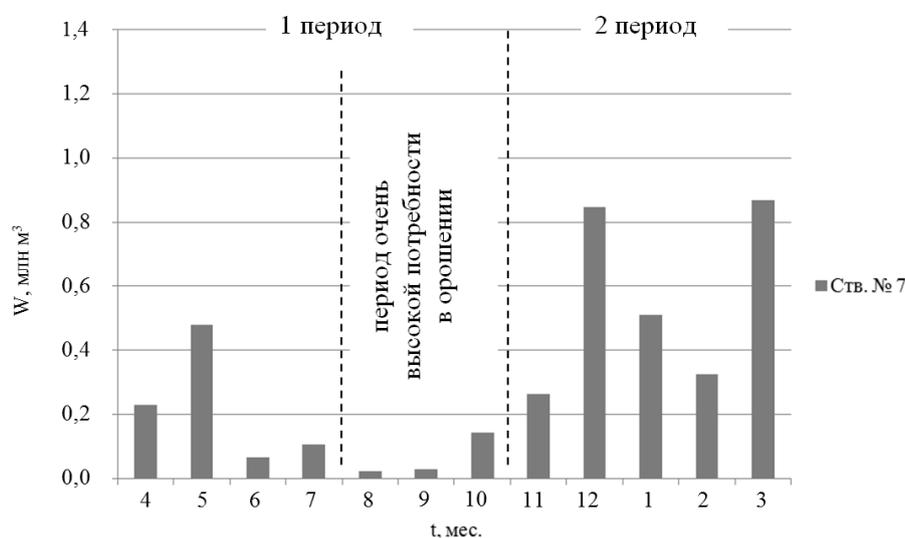


Рисунок 6 – Внутригодовое (помесячное) распределение объемов стока р. Малый Салгир при 95% вероятности превышения

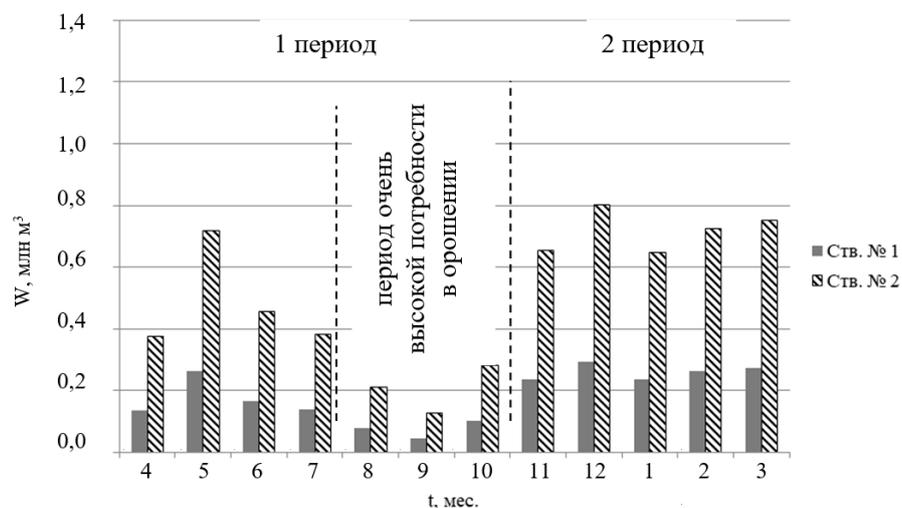


Рисунок 7 – Внутригодовое (помесячное) распределение объемов стока р. Ангары при 95% вероятности превышения

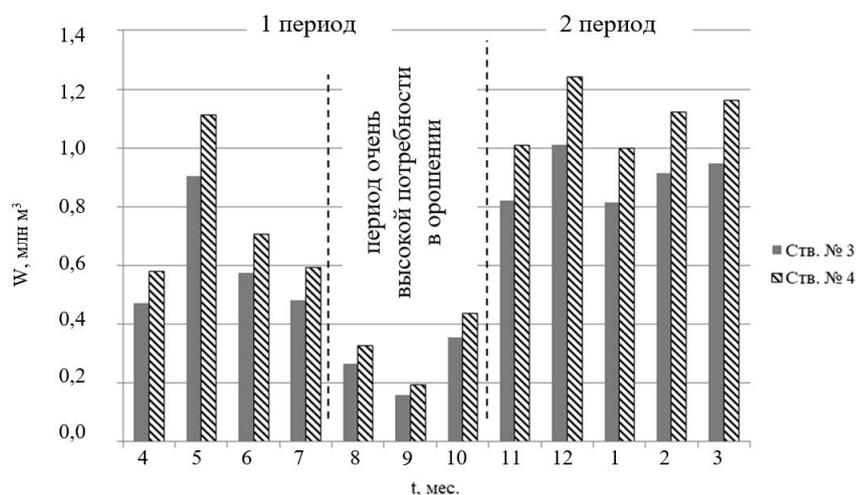


Рисунок 8 – Внутригодовое (помесячное) распределение объемов стока р. Аян при 95% вероятности превышения

Выводы. В результате исследования установлены основные гидрологические характеристики р. Салгир для расчетных гидростворов, размещенных как в руслах рек, так и в их притоках. Установлено, что среднегодовые расходы воды р. Салгир (объемы стока) варьируют от 1,28 м³/с (40,55 млн м³) в верхнем течении до 0,55–1,69 м³/с (17,4–53,58 млн м³) в среднем и нижнем течении. Коэффициенты вариации годового стока составляют 0,53 в верхнем течении, 0,51 в среднем и 1,04 в нижнем течении. Соотношение коэффициентов вариации и асимметрии: $C_S = 3,5C_V$ в верхнем течении, $C_S = 3C_V$ в среднем и $C_S = 2,5C_V$ в нижнем течении.

Результаты данного расчета послужили гидрологической основой при разработке имитационной модели.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Современное состояние и пути дальнейшего развития мелиорации в России / В. Н. Щедрин // Проблемы рационального использования природоохранных комплексов засушливых территорий: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., 22–23 мая 2015 г. – Волгоград, 2015. – С. 330–342.

2 Поверхностные водные объекты Крыма: справочник / сост. А. А. Лисовский, В. А. Новик, З. В. Тимченко, У. А. Губска; под ред. А. А. Лисовского. – Симферополь: Крымучпедгиз, 2011. – 242 с.

3 Счастливое водохранилище [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rostovgid.ru/nature/lake/schastlivoe-vodohranilische.html>, 2015.

4 Влияние агроклиматических ресурсов Республики Крым на оптимизацию размещения столовых сортов винограда / М. Н. Борисенко, В. И. Иванченко, Н. В. Баранова, Е. А. Рыбалко // Виноградарство и виноделие: сб. науч. тр. / ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН». – Ялта, 2016. – Т. 46. – С. 20–23.

УДК 658.114.2:631.6

Л. Н. Медведева

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

КОНВЕРГЕНТНАЯ ПЛАТФОРМА SMART AGRICULTURE – ДРАЙВЕР РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИЙ, СОЗДАНИЯ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА LAND RECLAMATION – IN THE NAME OF THE FUTURE И ВИРТУАЛЬНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО ПАРКА

Цель исследования – обосновать развитие конвергентной платформы Smart Agriculture с научно-образовательным центром Land Reclamation – in the Name of the Future, виртуальным мелиоративным парком, программно-аппаратного комплекса Escort в России. Конвергентная платформа Smart Agriculture в контексте применения цифровых информационных технологий на государственном и предпринимательском уровне позволит ускорить процесс внедрения инновационных технологий в аграрное производство, повысить конкурентоспособность предпринимательских структур на сельских территориях, обеспечить дальнейшую интеграцию национальной экономики в мировую. Важным моментом исследования является доказательность необходимости создания на юге России научно-образовательного центра по развитию мелиорации. Предложены решения в области развития виртуальных мелиоративных парков с программно-аппаратным комплексом Escort, позволяющие обеспечить введение в оборот новых орошаемых земель, применение технологий, направленных на сбережение водных ресурсов, увеличение производства экологически чистой продукции.

Ключевые слова: конвергентная платформа Smart Agriculture, цифровые технологии, виртуальный мелиоративный парк, научно-образовательный центр, аграрное предпринимательство.

L. N. Medvedeva

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

SMART AGRICULTURE CONVERGENT PLATFORM - INNOVATION DEVELOPMENT DRIVER, CREATION OF THE RESEARCH AND EDUCATIONAL CENTER LAND RECLAMATION - IN THE NAME OF THE FUTURE AND VIRTUAL RECLAMATION PARK

The purpose of the study was to substantiate the development of the Smart Agriculture convergent platform with the research and educational centre Land Reclamation – in the Name of the Future, a virtual reclamation park, and the Escort hardware-software complex in Russia. The Smart Agriculture convergent platform within the context of digital information technologies application at the state and entrepreneurial levels will accelerate the process of implementation of innovative technologies into agricultural production, increase the competitiveness of entrepreneurial structures in rural areas and ensure further integration of the national economy into the world. A significant point of the research is the evidence of the necessity of creating a research and educational center for the development of land reclamation in southern Russia. Solutions in the field of development of virtual reclamation parks with the Escort hardware-software complex are proposed, which allow the introduction of new irrigated lands into turnover, the use of technologies aimed at saving water resources and increasing the production of environmentally friendly products.

Key words: convergent platform Smart Agriculture, digital technologies, virtual reclamation park, research and educational center, agricultural entrepreneurship.

Введение. Цифровая экономика представляет собой относительно новое явление, размах которого достаточно трудно предсказать. Вместе с тем с полной уверенностью можно утверждать, что нет ни одной отрасли экономики, которая бы не использовала или не стремилась использовать умные технологии в полном спектре своей деятельности. Побудительные причины данного явления имеют под собой политическую и экономическую основу. В начале 90-х гг. XX в. появление интернета ускорило преобразование национальных экономик, обеспечило создание рынка интернета вещей. В XXI в. развитие информационных и коммуникационных технологий способствовало появлению новых отраслей и мировых рынков [1]. По оценке ФАО, в результате роста

численности населения Земли и повышения качества жизни к 2050 г. глобальное производство продукции сельского хозяйства должно вырасти на 70 % по сравнению с 2000 г., что в свою очередь сынициирует увеличение нагрузки на мировую экосистему и агроландшафты. Ученые считают, что если не произойдет инновационное обновление АПК, то среднегодовые темпы роста продуктивности сельского хозяйства будут составлять 1,7 %, а темпы роста численности населения могут достигнуть 1,8 % (в 2018 г. было 1,13 %), это может послужить причиной социальных конфликтов [2].

Методы и материалы. Исследование направлений цифровой экономики, перспектив создания конвергентной платформы «умного аграрного производства» (Smart Agriculture), дальнейшего развития мелиоративных парков, обоснование научно-образовательного центра (НОЦ) по развитию мелиорации проводилось методами системного, монографического, компаративного и патентного анализа с использованием функционально-морфологического подхода, а также целевого мониторинга информационных ресурсов. Аналитический и статистический анализ с использованием международных баз данных позволил скомпилировать основные направления и инструментарий развития аграрного предпринимательства на конвергентной платформе Smart Agriculture [2, 3].

Результаты и обсуждение. На научной дискуссионной площадке встречается достаточно много определений цифровой экономики. Одни авторы прямо указывают на взаимосвязь цифровой экономики с интернетом; другие концентрируют внимание на «...возможном задействовании торговли товарами и услугами посредством электронной торговли в сети Интернет»; третьи идентифицируют цифровую экономику как «...экономику, которая функционирует в основном за счет применения цифровых технологий, в частности проведения безналичных операций через Интернет». Однако большинство исследователей склоняются к тому, что цифровая экономика – часть общего объема производства товаров и услуг, произведенных предпринимательскими организациями с использованием цифровых технологий [4].

Основной целью развития сельского хозяйства в России является обеспечение продовольственной безопасности и увеличение экспортных поставок сельхозпродукции. Расширить применение инноваций, обеспечить успешный бизнес могут цифровые технологии, сконцентрированные на конвергентных платформах.

Конвергентная платформа Smart Agriculture – это площадка инновационных агрорешений, направленных на выпуск востребованной экологически чистой продукции, снижение себестоимости продукции через сокращение простоев и преждевременного износа оборудования, оптимизацию производственных процессов, совершенствование процесса планирования и инвестирования, а также открытие новых видов бизнеса (вертикальных ферм, роботизированных тепличных комплексов, расположенных в городской среде) (рисунок 1) [5–7].



Рисунок 1 – Структура конвергентной платформы Smart Agriculture

Активное применение цифровых технологий, получение государственных субсидий и гарантий позволит корпорациям ежегодно производить на 20 % больше продукции, снизить потери при переработке и в логистике на 30 %. Мирская практика показывает, что цифровизация АПК должна проходить в несколько этапов. На первом этапе должно произойти увеличение сельхозпредприятий, использующих интернет. На втором – появиться система регионального уровня с функциями прогнозирования и планирования в отраслях сельского хозяйства: растениеводстве, животноводстве и др. На третьем – создание единой национальной цифровой системы, объединяющей информацию от всех агрохозяйств, производителей техники, научно-исследовательских институтов и субъектов федерации [2, 3]. Для эффективной работы конвергентной платформы Smart Agriculture в режиме онлайн потребуются создание единого цифрового пространства с данными геоинформационного мониторинга деятельности агрохозяйств, с типовыми решениями по управлению бизнесом, с каталогом роботизированных средств для агропромышленного производства.

За рубежом имеются подобные цифровые системы. В США, ЕС, Великобритании цифровая платформа Agriaffaires обеспечивает оптовые продажи сельскохозяйственной техники, платформа Viagri обслуживает контракты и счета-фактуры, связанные с продажами продуктов питания, зерна, удобрений. Французская платформа Agrilocal объединяет поставщиков продукции для социальных учреждений. Американская платформа Coria помогает фермерам реализовывать излишки произведенной продукции. Платформа Blue Bees (США) на условиях краудфандинга обеспечивает производство органических продуктов. Платформа MyAgriGuru (Индия) помогает фермерам экспортировать сельхозпродукцию, а платформа Climate Field View (Индия) снабжает фермеров детальной информацией о состоянии климата и новинках агробизнеса [5, 8].

Определенный задел для ускорения российской экономики могут создать НОЦ, о которых впервые заявил в феврале 2019 г. в послании Федеральному собранию президент России В. Путин. Работа по созданию НОЦ ведется в рамках нацпроекта «Наука». Постановлением Правительства Российской Федерации от 30 апреля 2019 г. № 537 «О мерах государственной поддержки научно-образовательных центров мирового уровня на основе интеграции образовательных организаций высшего образования и научных организаций и их кооперации с организациями, действующими в реальном секторе экономики» определены меры по созданию НОЦ и выбраны пять субъектов федерации, где должны появиться первые пять центров: Пермский край, Белгородская, Кемеровская, Нижегородская и Тюменская области. По замыслу авторов проекта, центры должны стать интеграторами достижений науки, образования, предпринимательства в развитие национальной экономики. Постановлением правительства утверждена инфраструктура НОЦ, которая представляет собой «совокупность зданий, сооружений и иных объектов социальной, коммунальной, транспортной, информационной инфраструктур, в том числе инфраструктур образовательной, научной, научно-технической и инновационной деятельности, находящихся в собственности или принадлежащих на ином вещном праве участникам научно-образовательного центра» [9].

К 2022 г. в стране должно появиться 15 центров в разных отраслях экономики, осуществляющих свою деятельность на основе грантов в форме субсидий из федерального бюджета. Инициатором создания центра должен выступать субъект федерации, а исполнителем государственная образовательная организация высшего образования или научно-исследовательский институт. НОЦ – объединение без образования юридического лица с функциями проведения исследований, подготовки кадров и возможностью расходования федеральных средств на приобретение оборудования, техники, программного обеспечения, оплату труда и обучения сотрудников.

Главным отличием НОЦ от центров компетенций является то, что создаваемые ими внутренние и внешние преференции должны способствовать ведению научной и

образовательной деятельности, трансферу инноваций в реальный сектор экономики. Создание центров в АПК позволит в почвообрабатывающей технике увеличить количество элементов автоматизации для настройки и регулирования качества выполняемых работ, в посевных агрегатах адаптировать рабочие органы под оптимальное выполнение технологических операций, в машинах для внесения удобрений и средств защиты растений минимизировать пропуски или двойное внесение химпрепаратов, в зерноуборочных комбайнах усилить контроль за параметрами работы двигателя, уровнем загрузки бункера, высотой среза растения, в мелиорации внедрить новую поливную и насосную технику [10, 11].

Обеспечить проникновение прорывных технологий в мелиорацию мог бы НОЦ Land Reclamation – in the Name of the Future («Мелиорация во имя будущего»), иницируемый на основе принципов кооперативного партнерства ФГБНУ «РосНИИПМ» (рисунки 2, таблица 1).

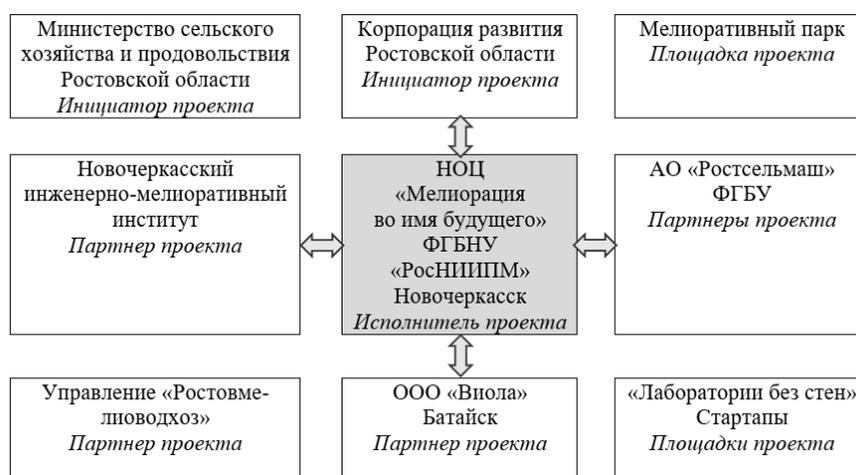


Рисунок 2 – Схема взаимодействия участников научно-образовательного центра «Мелиорация во имя будущего»

Одним из инфраструктурных элементов конвергентной платформы Smart Agriculture являются мелиоративные парки, создаваемые на основе механизма государственно-частного партнерства [12, 13]. Одна из перспективных форм мелиоративного парка – виртуальный мелиоративный парк на основе широкого использования информационных технологий [14]. В виртуальном мелиоративном парке применение цифровых технологий на широкозахватных дождевальных машинах с приборным, метрологическим и программным обеспечением, реализующим прецизионный полив и автоматизированное выравнивание влажности почвы с одновременным внесением удобрений и пестицидов с поливной водой, позволит повысить эффективность агробизнеса на 10–15 %. Применение инновационных мелиоративных технологий не позволит привести к негативным последствиям, возникающим при неоправданном использовании устаревших технологий, которые вызывают нарушение естественного режима рек, повышение уровня грунтовых вод и серьезные изменения во флоре и фауне приканальных территорий [15].

В паспорте федерального проекта «Экспорт продукции АПК» (от 14 декабря 2018 г.) основной целью является увеличение к 2024 г. объемов экспорта продукции АПК до 45 млрд долл. США, развитие экспортно ориентированной товаропроводящей инфраструктуры, устранение торговых барьеров и создание системы продвижения и позиционирования продукции АПК под единой архитектурой национального бренда. Способствовать продвижению российской техники и технологий в зарубежные страны может программно-аппаратный комплекс Escort (далее – ПАК Escort), создаваемый научно-исследовательским институтом. Экспертно-образовательная функция ПАК

Escort позволяет предпринимателям получать услуги по оптимизации работы сельскохозяйственной и поливной техники, ввода в оборот новых земель, применению инноваций в агропроизводстве стационарно или в режиме онлайн. Открытая архитектура, масштабируемость и гибкость ПАК Escort позволят в дальнейшем произвести перенастройку и обеспечить решение более сложных задач по управлению агробизнесом в кластерных образованиях [16]. С помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) можно будет проводить мультиспектральный анализ вегетационной активности растений в течение дня, передавать данные в диспетчерский центр НОЦ и в режиме онлайн получать рекомендации от аккредитованных экспертов.

Таблица 1 – Основные направления деятельности научно-образовательного центра «Мелиорация во имя будущего»

Направление
Общий профиль
1 Развитие научной и научно-производственной кооперации в области мелиорации
2 Развитие инфраструктуры для проведения научных исследований и разработок в области мелиорации
3 Разработка образовательных программ для подготовки кадров в области аграрного производства и мелиорации земель
4 Подготовка кадров в области научной деятельности
5 Формирование целостной системы проведения научных исследований: создание «лабораторий без стен», стартапов
6 Создание системы геоинформационного мониторинга сельских территорий и агропроизводства
7 Создание интеллектуальной системы поддержки принимаемых решений в мелиоративных парках
Цифровой профиль с базой данных ЕФИС ЗСН
1 Функциональные подсистемы: учет сельскохозяйственных земель, учет землепользователей, учет мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений
2 Сквозные цифровые подсистемы: «Цифровые технологии в управлении АПК», «Цифровое землепользование», «Умное поле», «Умный сад», «Умная теплица», «Умная ферма»
Программный профиль
1 Обеспечение работы программно-аппаратного комплекса Escort по профилям
2 Профиль I. Цифровое растениеводство: составление технологических карт, планирование урожайности, дифференцированное внесение удобрений, мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования, мониторинг качества урожая
3 Профиль II. Цифровое животноводство: оценка состояния здоровья стада, оценка качества продукции животноводства, оценка отдельного животного (рацион кормления, удой, привес, активность), регулирование микроклимата
4 Профиль III. Цифровая мелиорация: оценка состояния объектов мелиорации: водозабора, водовыпуска, водотока, туннелей, трубопроводов, плотин, насосных станций и оросительных машин
Специализированный профиль «Виртуальный мелиоративный парк»
1 Оказание услуг резидентам мелиоративного парка по проектированию мелиоративных систем: получение технического задания, сбор информации по проекту, взятие проб воды, почвы, проектирование оросительной системы, строительство оросительной системы, сопровождение проекта экспертами-специалистами

Выводы. Проведенное исследование показывает, что агробизнес в России достиг определенной зрелости, об этом свидетельствует стабилизация уровня инвестиций в сельское хозяйство и рост поставки агропродукции на мировой рынок. Определенным подспорьем в развитии инновационного агропроизводства могло бы стать создание конвергентной платформы Smart Agriculture со сквозными цифровыми технологиями. В ближайшие годы должны расширить свое присутствие в АПК новые формы аграрного предпринимательства, такие как виртуальные мелиоративные парки, вертикальные теплицы, умные поля, умные сады, умные фермы, и использование программно-аппаратных комплексов типа Escort позволит привлечь в агробизнес новых предпринимателей, поднять эффективность сельского хозяйства.

Сформулированные государством стратегические ориентиры развития цифровой экономики сельского хозяйства должны получить подкрепление в научных разработках, в дальнейшем развитии аграрного предпринимательства, переводе бизнес-процессов на сценарное планирование и прогнозирование. Информационные технологии должны стать ключевым ресурсом научно-технического прогресса, оказывающим серьезное влияние на развитие национальных и мировых отраслевых рынков, в т. ч. и сельскохозяйственных.

Список использованных источников

1 Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»: Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221756/, 2019.

2 Green Technologies: The Basis for Integration and Clustering of Subjects at the Regional Level of Economy / V. V. Melikhov, A. A. Novikov, L. N. Medvedeva, O. P. Komarova // Integration and Clustering for Sustainable Economic Growth. – Springer International Publishing AG, 2017. – P. 365–382.

3 Ретюнских, С. Н. Анализ стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы / С. Н. Ретюнских // Аллея науки [Электронный ресурс]. – 2018. – № 8(24). – С. 596–602. – Режим доступа: https://alley-science.ru/domains_data/files/4September2018/ANALIZ%20STRATEGII%20RAZVITIYA%20INFORMACIONNOGO%20OBShESTVA%20V%20ROSSIYSKOY%20FEDERACII%20NA%202017-2030%20GODY.pdf.

4 Бухт, Р. Определение, концепция и измерение цифровой экономики / Р. Бухт, Р. Хикс // Вестник международных организаций. – 2018. – Т. 13, № 2. – С. 143–172.

5 Медведева, Л. Н. Новый инвестиционный вектор инновационного развития АПК России – тепличное хозяйство / Л. Н. Медведева, С. А. Манжина, С. В. Куприянова // Современная аграрная экономика: наука и практика: материалы междунар. науч.-практ. конф., 16–17 марта 2018 г. – Горки, 2018. – С. 144–146.

6 Медведева, Л. Н. Использование умных технологий в сельском хозяйстве на конвергентной платформе Smart Agriculture / Л. Н. Медведева, А. С. Роскошная, Д. В. Белых // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 1(69). – С. 89–94.

7 Медведева, Л. Н. Аграрное предпринимательство в среднем городе: пути развития МСП / Л. Н. Медведева // 17-я научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава ВПИ (филиал) ВолГТУ: сб. материалов конф. – Волжский, 2018. – С. 277–281.

8 Van Gorp, N. Challenges for Competition Policy in a Digitalised Economy [Electronic resource] / N. van Gorp, O. Batura; European Parliament. – Brussels, 2015. – Mode of access: [http://europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542235/IPOL_STU\(2015\)542235_EN.pdf](http://europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542235/IPOL_STU(2015)542235_EN.pdf), 2019.

9 О мерах государственной поддержки научно-образовательных центров миро-

вого уровня на основе интеграции образовательных организаций высшего образования и научных организаций и их кооперации с организациями, действующими в реальном секторе экономики: Постановление Правительства Российской Федерации от 30 апреля 2019 г. № 537 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minobrnauki.gov.ru/ru/documents/card/?id_4=606&cat=/ru/documents/docs/, 2019.

10 О прогнозе научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года: Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 12 января 2017 г. № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456038646>, 2019.

11 Пахомова, А. А. Критерии оценки инновационно-инвестиционных проектов в агробизнесе / А. А. Пахомова, А. С. Роскошная // Вестник ЮРГТУ (НПИ). – 2017. – № 2. – С. 70–75.

12 Мелиоративный парк – инфраструктура развития сельского хозяйства на региональном уровне / Л. Н. Медведева, Г. Т. Балакай, А. С. Роскошная, Д. В. Белых // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 6. – С. 8–16.

13 Медведев, А. В. Использование механизма государственно-частного партнерства для инновационного обновления АПК региона / А. В. Медведев // Молодежь и экономика: новые взгляды и решения: межвуз. сб. науч. тр. по итогам 18-й Нац. науч.-практ. конф. молодых ученых, проводимой в рамках 55-й ежегод. науч.-практ. конф. Волгогр. гос. техн. ун-та. – Волгоград, 2018. – С. 55–56.

14 Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»: утв. Распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>, 2019.

15 Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 30 января 2010 г. № 120 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_96953, 2019.

16 Рогачев, А. Ф. Методические подходы к получению и обработке данных дистанционного зондирования для обоснования мелиоративных мероприятий / А. Ф. Рогачев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 4(52). – С. 332–339.

УДК 519.87; 556.18; 631.811

А. А. Бубер, Е. В. Федотова

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ДИФFUЗНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА – Р. МАЛЫЙ КАРАМАН

В статье описаны методы оценки диффузного загрязнения водного объекта с помощью модели массопереноса и движения воды в системе гидрологического цикла в среде программного комплекса MIKE SHE. Показана модульная структура MIKE SHE, включающая компоненты для описания отдельных процессов движения воды, накопления осадков, эвапотранспирации, поверхностного и руслового стока, насыщенной зоны и зоны аэрации. Приведены результаты моделирования.

Ключевые слова: диффузный сток, поверхностный сток, подземные воды, речной сток, загрязнения, компьютерное моделирование в MIKE SHE.

A. A. Buber, E. V. Fedotova

All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

ASSESSMENT METHODS OF WATER BODY – MALYI CARAMAN RIVER DIFFUSION POLLUTION

The methods for assessing water body diffuse pollution by a model of mass transfer and water flow in the hydrologic cycle system in the MIKE SHE software package environment are described. The modular structure of MIKE SHE which includes components for describing single processes of water flow, sediment storage, evapotranspiration, surface and channel runoff, saturated zone and aeration zone is shown. The simulation results are presented.

Key words: diffuse runoff, surface runoff, groundwater, river runoff, pollution, computer simulation in MIKE SHE.

Введение. Одним из основных факторов неблагоприятного экологического состояния водных ресурсов в последнее время является диффузное загрязнение. На долю диффузного загрязнения может приходиться до 60–70 % от поступления поллютантов. Загрязняющими веществами с сельскохозяйственных территорий являются преимущественно элементы-биогены и взвешенные вещества, поступающие с водосборной территории с поверхностным стоком, ядохимикаты и минеральные вещества – с подземным стоком.

Материалы и методы исследования. Для решения задачи по оценке диффузного загрязнения водного объекта – р. Малый Караман при мелиоративной и сельскохозяйственной деятельности в пределах водосборной территории была разработана модель массопереноса и движения воды в системе гидрологического цикла в среде программного комплекса MIKE SHE, разработанного Датским гидравлическим институтом.

MIKE SHE – это совмещенная система моделирования потоков поверхностных и грунтовых вод, транспорта растворов и взвесей во всей толще литосферы гидрологического цикла изучаемой территории.

Решение задач с использованием математического моделирования в среде MIKE SHE предполагает оценку динамики загрязняющих веществ в условиях формирования водного стока р. Малый Караман.

Определение водного баланса системы поверхностных и грунтовых вод, включающее описание динамики их взаимодействия, содержания воды в ненасыщенной зоне, процессов трансформации осадков, испарения и транспирации, позволяет устанавливать наиболее точные граничные условия для этой системы.

MIKE SHE решает дифференциальные уравнения, используя конечно-разностный метод, описывает реальные физические процессы и обладает модульной структурой, включающей компоненты для описания отдельных процессов: движения воды, накопления осадков и снега (с учетом его таяния), эвапотранспирации, поверхностного и руслового стока, насыщенной зоны и зоны аэрации [1–5].

Модуль движения воды является основным модулем всей системы MIKE SHE. Он моделирует гидравлические напоры, потоки, объемы и баланс воды во всей земной фазе гидрологического цикла – на поверхности земли, в реках, в ненасыщенной и насыщенной зонах. Характеристики водосбора и входные данные представляются в виде матричной сетки с квадратными ячейками.

Эвапотранспирация (ЕТ) и перехват осадков. Расчет ЕТ является основным, и вычитание транспирационной влаги из различных составляющих влагозапасов участка территории в MIKE SHE происходит только в определенные моменты времени в процессе расчета, как описано ниже.

Испарение вычитается из массы выпавшего снега → Инфильтрация в грунтовые воды по трещинам и пустотам → Поступление воды в ненасыщенную зону (UZ) и коррекция состояния насыщенной зоны (SZ) → Испарение с растительного покрова → Испарение с поверхности прудов → Транспирация из ненасыщенной зоны → Транспира-

ция из насыщенной зоны → Проверяется водный баланс UZ/SZ , и при необходимости корректируется уровень грунтовых вод.

Для расчета объемов перехвата осадков требуется информации об индексе листовой поверхности (LAI), необходимо добавить файл временной серии LAI для каждого типа растительности моделируемого вегетационного периода.

Поверхностный и русловой сток. Поток воды на поверхности земли рассчитывается модулем поверхностного стока (OE) с использованием приближения диффузионных волн уравнений Сен-Венана или с использованием формулы Маннинга.

Внешним граничным условием для модели поверхностного стока является заданный напор, основанный на начальной глубине воды во внешних узлах области модели.

Ненасыщенная зона (UZ). Зона аэрации, как правило, неоднородна и характеризуется циклическими колебаниями влажности почвы, поскольку вода пополняется дождевыми осадками и удаляется путем суммарного испарения и пополнения запасов грунтовых вод. Ненасыщенный поток в основном вертикальный, поскольку гравитация играет основную роль во время инфильтрации. Поэтому ненасыщенный поток в MIKE SHE рассчитывается только по вертикали в одномерном измерении.

Насыщенная зона (SZ). Моделирование потоков в насыщенной зоне позволяет прогнозировать изменения гидрологического режима водосбора, связанные с существующей или планируемой антропогенной нагрузкой.

Компонент грунтовых вод описывает трехмерный поток в насыщенной зоне и в большинстве случаев используется совместно с компонентой ненасыщенной зоны, моделирующей инфильтрационное питание грунтовых вод.

MIKE SHE включает в себя процедуру соединения ненасыщенной и насыщенной зоны для расчета влажности почвы и динамики уровня грунтовых вод в нижней части профиля почвы.

Накопление и таяние снега. Компонент снеготаяния моделирует поток масс и энергии в снежном покрове, принимая во внимание изменения в его структуре.

Компонент снеготаяния включает две возможности описания процесса:

- подход энергетического баланса, рассматривающий энергии и массы потоков и изменения в структуре снежного покрова [6];
- простой подход «градус – день», описывающий количество стаявшего снега за определенный период.

Модуль качества воды (AD) позволяет рассчитать перенос растворенного загрязняющего вещества в различных частях гидрологического цикла. В настоящей версии MIKE SHE AD допустимы только три комбинации:

- транспорт подземных вод может работать как отдельный модуль;
- транспорт подземных вод может работать в сочетании с модулем поверхностного стока;
- все модули могут работать комбинированно.

Землепользование. Раздел землепользования используется для определения свойств поверхности земли. Наиболее важным из них является распределение растительности, которое используется в MIKE SHE для расчета пространственного и временного распределения фактического суммарного испарения.

Основными свойствами растительности являются индекс листовой поверхности (LAI) и глубина проникновения корней (RD). LAI и RD могут быть заданы непосредственно как файлы временных серий и севооборот в редакторе свойств растительности.

Модуль орошения позволяет задавать подачу поливной воды из различных водоемких источников на мелиорируемые земли. Режимы орошения определяются требованиями водопользователей, на основе которых формируются графики поливов, задающие, когда и сколько воды должно быть подано на орошение.

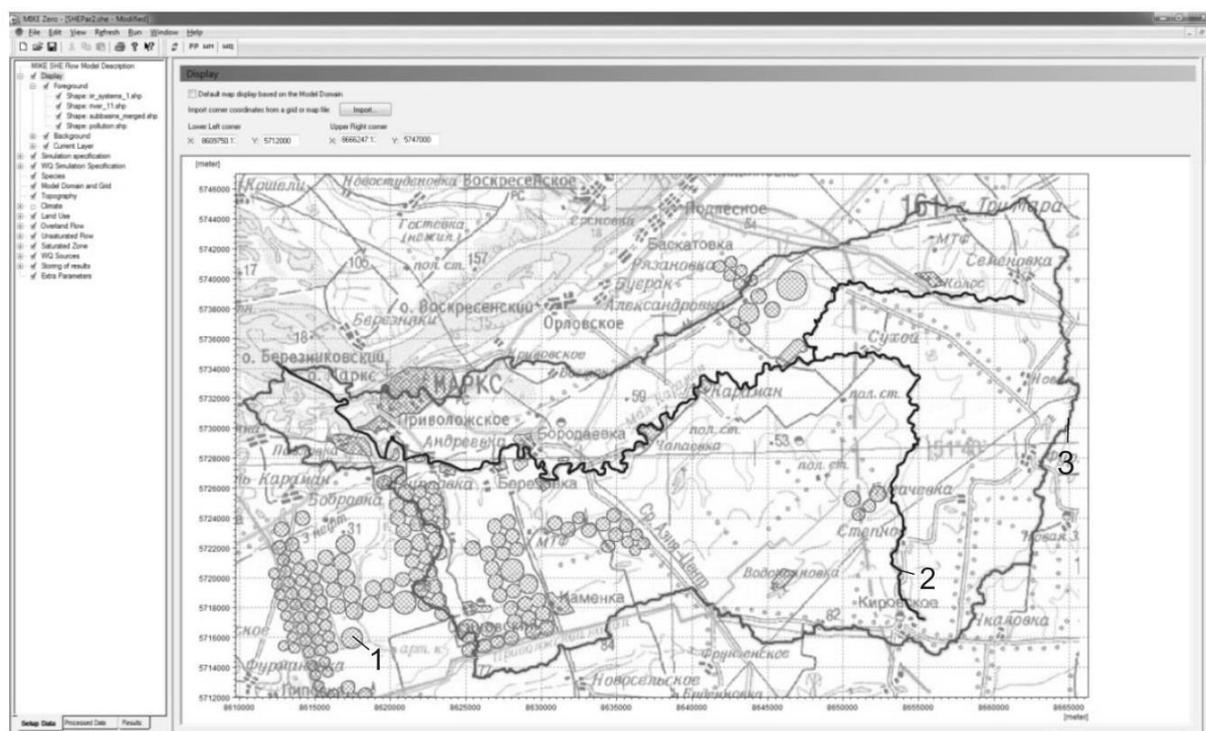
Речная гидравлика. В диалоговом окне «Реки и озера» можно связать MIKE

SHE с гидродинамической моделью MIKE 11. Файл моделирования реки (.sim11) является основным файлом моделирования MIKE 11, который содержит ссылки на файлы для всех компонент, используемых в модели MIKE 11.

Для разработки модели использована следующая исходная информация [7]:

- характеристика рельефа водосборного бассейна и метеорологических условий (по данным метеостанций г. Маркса и Ершова);
- данные почвенных исследований, включая сведения о типах и водно-физических свойствах почв и их показателях;
- характеристика параметров влагопереноса в зоне аэрации (ненасыщенной зоне);
- характеристика фильтрационных свойств отложений насыщенной зоны, глубины залегания грунтовых вод;
- данные о структуре сельхозпроизводства, землепользовании, распределении орошаемых и богарных земель, территориях выпаса и лагерях крупного рогатого скота в пределах бассейна реки, сведения о структуре применяемых севооборотов, используемых удобрениях, величины поливных и оросительных норм, сбросы с очистных сооружений населенных пунктов;
- характеристика гидрохимического и стокового режима водного объекта – р. Малый Караман.

На рисунке 1 приведен общий вид главного окна системы моделирования MIKE SHE. В основном окне показана топографическая карта-основа масштаба 1:500000, граница водосборного бассейна р. Малый Караман, а также посевные площади, которые рассматривались как источник загрязнений подземных вод.



- 1 – представлены места концентрации загрязняющих веществ (населенные пункты без очистных сооружений, орошаемые сельскохозяйственные поля, пастбища);
2 – р. Малый Караман; 3 – границы водосборной площади

Рисунок 1 – Основное окно системы моделирования MIKE SHE

В разделе Topography имеется возможность задать рельеф земной поверхности для исследуемого участка. Модель рельефа может быть подготовлена во внешних программах, например средствами географических информационных систем (ГИС), и загружена в виде регулярной сетки с отметками высот. Также имеется возможность по-

строения модели рельефа земной поверхности встроенными средствами системы моделирования MIKE SHE на основе исходных данных. В роли исходных данных может выступать набор изолиний и точек с заданными отметками высот. Для бассейна р. Малый Караман были использованы изолинии, оцифрованные с топографических карт масштаба 1:100000.

Результаты и обсуждения моделирования в MIKE SHE. В результате пре- и постпроцессионной обработки введенных исходных данных с учетом отсутствия предупреждений об ошибках в исходных данных или установленных периодах моделирования получена выходная информация, содержащая:

- водный баланс водосборной площади р. Малый Караман (рисунок 2);
- концентрацию NO_3 на орошаемых сельскохозяйственных угодьях (рисунок 3);
- уровень грунтовых вод в местах орошения и по руслу р. Малый Караман (рисунок 4).

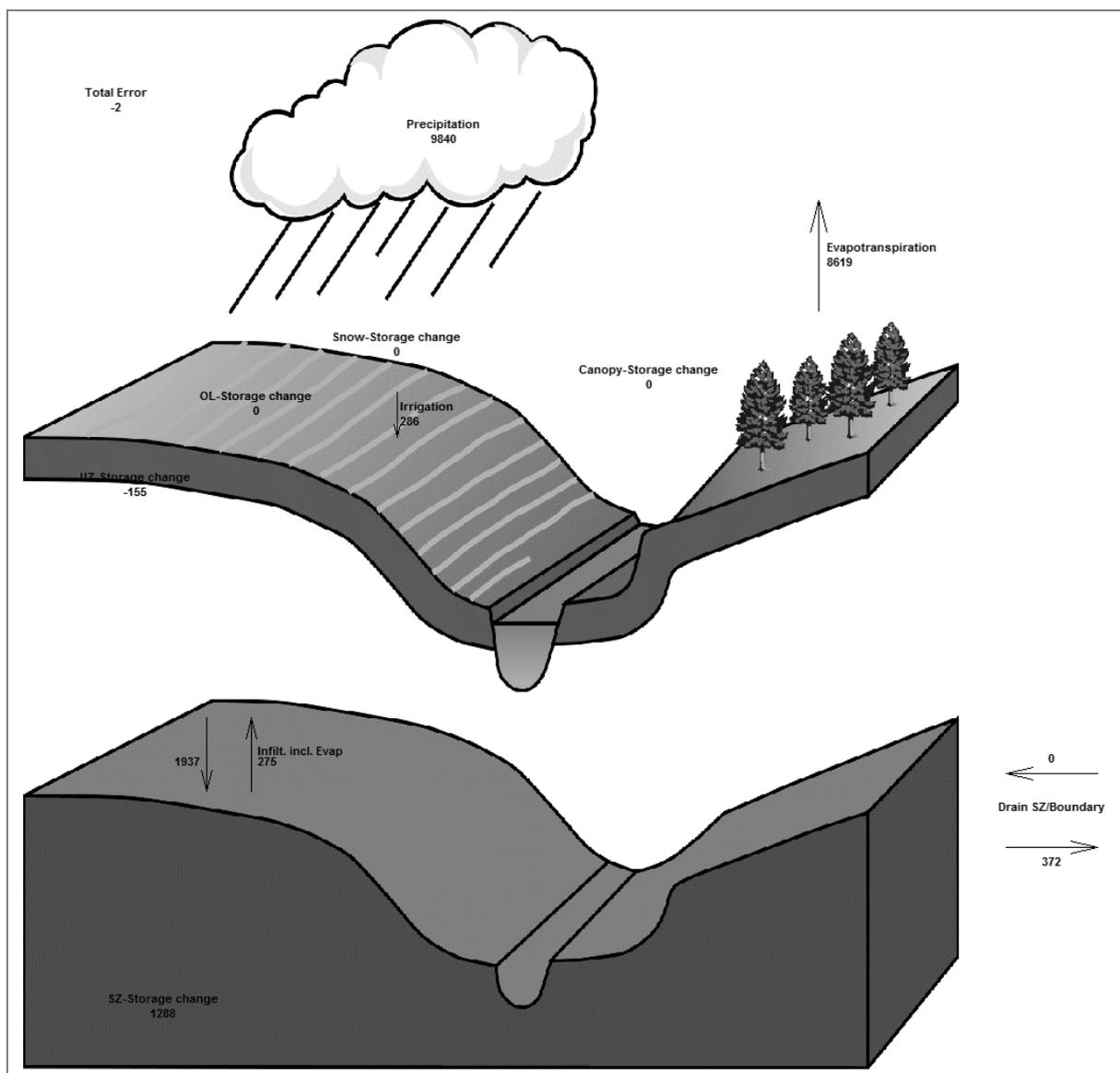


Рисунок 2 – Водный баланс бассейна р. Малый Караман за расчетный период с 10.04.1994 по 10.07.2018

Сумма осадков за расчетный период составила 9840 мм, из них расход на эвапотранспирацию – 8619 мм, накопление воды в зоне грунтовых вод – 1288 мм.

На орошаемом участке загрязняющие вещества вносятся с поливной водой, мак-

симанальная концентрация NO_3 за период с 2010 по 2019 г. достигает 60000000 мкг/м^3 , что равно $0,60 \text{ мг/л}$.

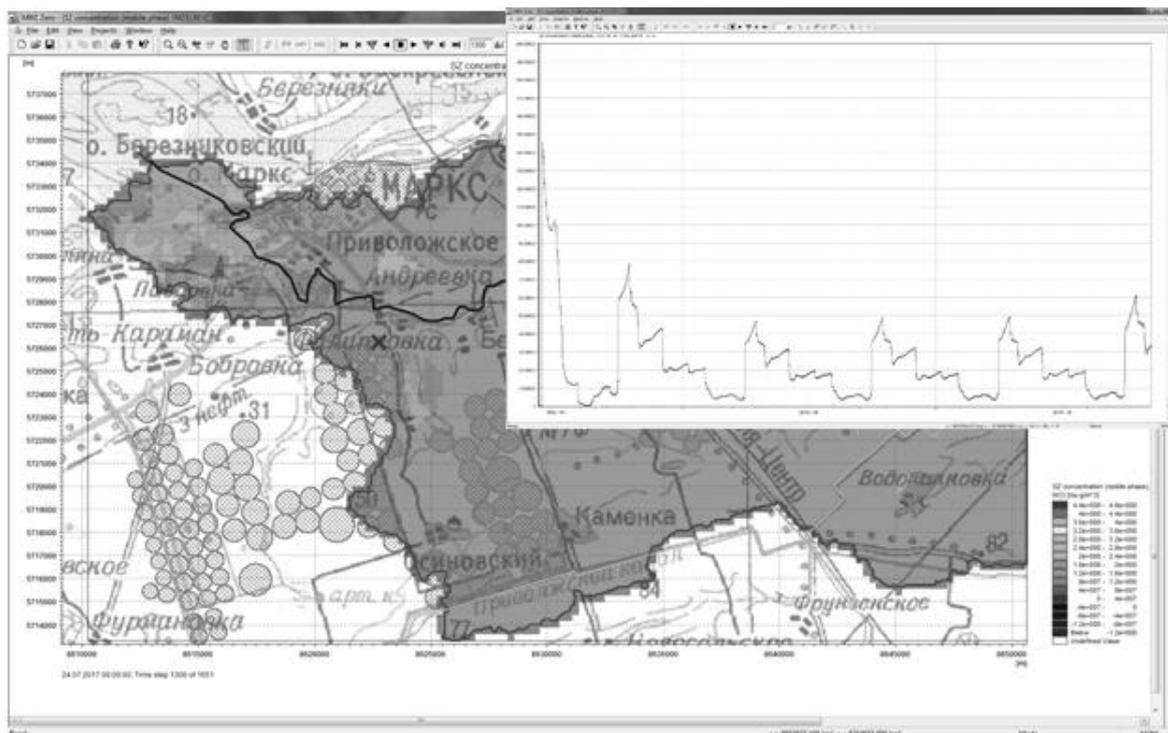


Рисунок 3 – Концентрация NO_3 в насыщенной зоне при внесении минеральных удобрений на орошаемых полях

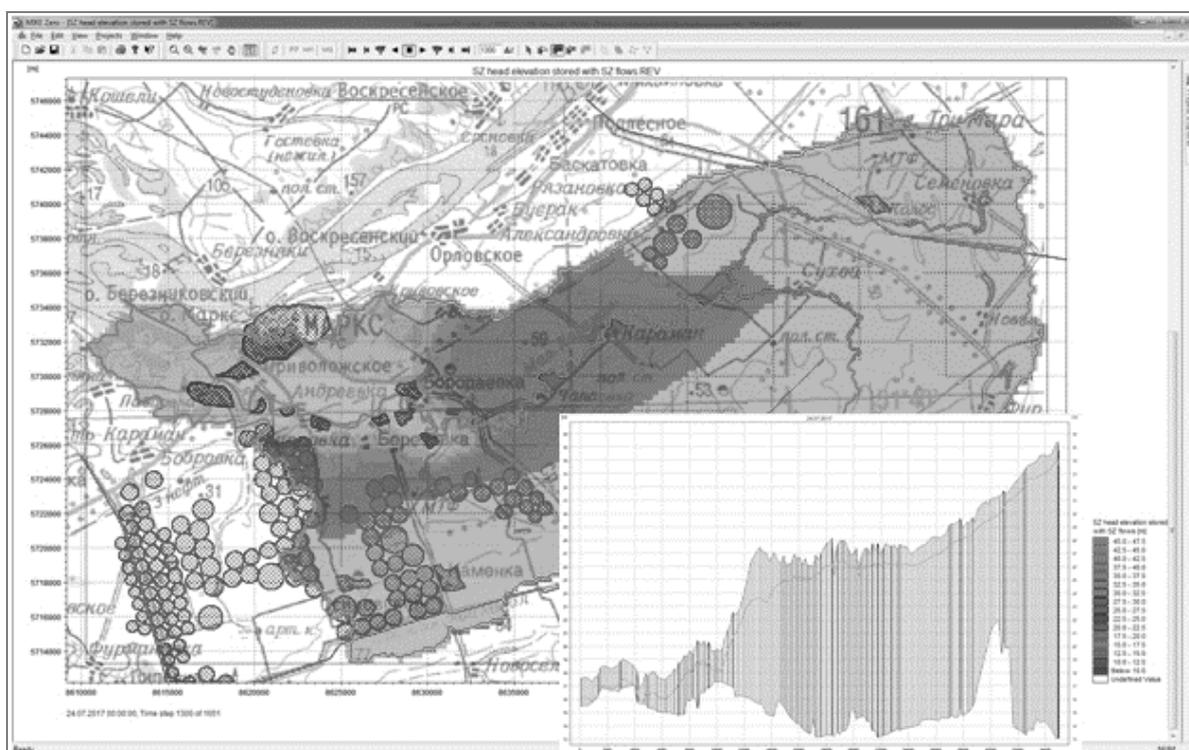


Рисунок 4 – Подъем уровня грунтовых вод по руслу р. Малый Караман на 24.07.2017

Результаты расчетов представляются в графическом, табличном и анимационном виде. Помимо представленной выходной информации, можно также оценить динамику эвапотранспирации за расчетный период и влажность почвы в корневой зоне.

Выводы. С помощью разработанной математической модели в среде программного комплекса MIKE SHE можно оценить динамику поступления загрязняющих веществ в водосборный бассейн р. Малый Караман, в т. ч. концентрацию NO_3 в грунтовых водах, определить количественное влияние антропогенной нагрузки, обусловленной сельхозпроизводством.

На основе результатов моделирования можно произвести обоснование мероприятий по снижению поступления загрязняющих веществ с мелиорируемых земель сельскохозяйственного назначения в водные объекты.

Список использованных источников

1 Калач, А. В. Особенности моделирования загрязнения водных объектов с использованием геоинформационной специализированной системы «MIKE SHE» / А. В. Калач, Е. С. Карпова // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2011. – № 2(18). – С. 119–124.

2 Карпова, Е. С. Прогнозирование загрязнения о-ксилолом грунтовых вод в системе «MIKE SHE» / Е. С. Карпова // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2010. – № 1(1). – С. 33–39.

3 Jayatilaka, C. J. Simulation of water flow on irrigation bay scale with MIKE-SHE / C. J. Jayatilaka, B. Storm, L. B. Mudgway // Journal of Hydrology. – 1998. – Vol. 208, № 1–2. – P. 108–130.

4 Singh, R. Hydrological modelling of a small watershed using MIKE SHE for irrigation planning / R. Singh, K. Subramanian, J. C. Refsgaard // Agricultural Water Management. – 1999. – Vol. 41, № 3. – P. 149–166.

5 MIKE SHE modeling of ecohydrological processes: Merits, applications, and challenges / L. Ma, C. He, H. Bian, L. Sheng // Ecological Engineering. – 2016. – Vol. 96. – P. 137–149.

6 Linkage of MIKE SHE to Wetland-DNDC for carbon budgeting and anaerobic biogeochemistry simulation / J. Cui, C. Li, G. Sun, C. Trettin // Biogeochemistry. – 2005. – Vol. 72, № 2. – P. 147–167.

7 Бубер, А. А. Подготовка исходных данных для исследования влияния сельскохозяйственных угодий на бассейн реки Малый Караман / А. А. Бубер, А. А. Талызов // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Рязань: Изд-во РГАТУ, 2019. – С. 35–39.

УДК 631.432.32

А. В. Шевченко, А. С. Штанько

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КРИВОЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩЕЙ ВПИТЫВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВЫ

Целью исследований является повышение точности определения параметров кривой впитывания – коэффициента водопроницаемости почвогрунта K_1 и показателя степени α , характеризующего динамику впитывания воды в почву. С этой целью был произведен сравнительный анализ двух методик определения характеристик указанной выше кривой – по объему впитавшейся воды и по скорости впитывания. Обе методики предполагают графический и аналитический способы определения параметров K_1 и α . В целях большей наглядности, восприятия, сравнения аналитических дан-

ных была построена графическая зависимость слоя впитавшейся воды от времени. Среднеквадратическое отклонение, характеризующее соответствие между расчетными и экспериментальными значениями, показывает, что коэффициенты кривой впитывания, полученные по данным о слое впитавшейся воды, устойчивее и точнее отвечают действительности, чем значения, полученные по данным о скорости впитывания воды в почву.

Ключевые слова: орошение, почва, вода, впитывание, кривая, логарифм, погрешность, эксперимент.

A. V. Shevchenko, A. S. Shtanko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

INCREASING THE ACCURACY OF THE CURVE PARAMETERS DETERMINATION CHARACTERISING THE SOIL ABSORBING ABILITY

The aim of the research is to increase the accuracy of determining the absorption curve parameters – the coefficient of ground water permeability K_1 and the index α characterizing the dynamics of water absorption into soil. For this purpose, a comparative analysis of two methods for determining the characteristics of the above curve was carried out - by the volume of absorbed water and by the seepage velocity. Both methods involve graphical and analytical methods for determining the parameters K_1 and α . For the purposes of greater visualization, perception, and comparison of analytical data a graphical dependence of the absorbed water layer on time was constructed. The mean-square deviation characterizing the correspondence between the calculated and experimental values shows that the coefficients of the absorption curve obtained from the data on the layer of absorbed water correspond to reality more stable and more accurate than the values obtained from the data on the seepage velocity into the soil.

Key words: irrigation, soil, water, absorption, curve, logarithm, error, experiment.

Введение. Современные оросительные системы должны обеспечивать создание оптимальных воздушного, водного, солевого и пищевого режимов в среде роста и развития культивируемых растений, эффективное использование всех видов ресурсов при соблюдении экологических и природоохранных требований и ограничений [1, 2]. Впитывающая способность почвы является одной из характеристик, определяющих выбор способа и элементов технологии полива, от которых зависит компоновочно-конструктивное решение оросительной сети, режим ее работы, экологическая безопасность и эффективность орошения сельскохозяйственных культур в целом [3, 4]. В связи с этим целью настоящего исследования является повышение точности определения параметров кривой впитывания воды почвой.

В соответствии с формулой академика А. Н. Костякова скорость впитывания в момент времени t выражается зависимостью:

$$\omega = K_1 \cdot t^{-\alpha}, \quad (1)$$

где ω – скорость впитывания воды в почву через интервал времени t , мм/мин;

K_1 – коэффициент водопроницаемости почвогрунта, численно равный скорости впитывания в начале впитывания, мм/мин;

α – показатель степени, зависящий от свойств почвы и ее начальной влажности. По данным А. Н. Костякова, значения α находятся в пределах 0,3–0,8 в зависимости от свойств почв и ее начальной влажности [5].

Следует отметить, что в формуле (1) величины ω и K_1 имеют размерность

скорости, тогда как величина $t^{-\alpha}$ является безразмерной. Поэтому вычисленные для определенных единиц измерения значения K_1 и α для других единиц будут неприемлемы. Единицами измерения в практике мелиоративных расчетов приняты миллиметры в минуту [6].

Зависимость (1) является степенной функцией, график которой представляется кривой гиперболического типа с асимптотами – осями координат.

Параметры K_1 и α находятся по результатам полевых исследований скорости впитывания. Существуют различные методы определения, но суть их всех сводится к замерам слоя Δh или объема ΔW впитывающейся в различные периоды времени воды.

Скорость впитывания в момент $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ определяется зависимостями:

$$\omega = \frac{\Delta h}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

или

$$\omega = \frac{\Delta W}{S(t_2 - t_1)}, \quad (3)$$

где Δh – толщина впитавшегося слоя воды в момент времени t , м;

t_2 – конечный момент времени впитывания, с;

t_1 – начальный момент времени впитывания, с;

ΔW – объем впитавшегося слоя воды в момент времени t , м³;

S – площадь впитывания, м².

В обоих случаях отсчет времени начинается с момента затопления площадки. Результатом опытов является совокупность значений t и ω , служащая исходной информацией для вычисления параметров кривой впитывания.

Наиболее распространенным способом определения K_1 и α является графический. Он основан на линеаризации функции (1), которая после логарифмирования принимает вид [7]:

$$\lg \omega = \lg K_1 - \alpha \lg t. \quad (4)$$

График этой функции представляется прямой линией. Это позволяет нанести на график с координатами $\lg t$ и $\lg \omega$ точки фактических значений и провести через них прямую. Пересечение ее с ординатой $\lg t = 0$, которая соответствует значению $t = 1$, определяет величину $\lg K_1$, а тангенс угла наклона прямой к оси $\lg t$ – величину α . Недостатком этого способа является определенный произвол при проведении интерполирующей прямой через экспериментальные точки.

Произвол может быть ликвидирован применением принципа наименьших квадратов [8], позволяющим найти наиболее вероятностные значения параметров линеаризованной зависимости (4). В соответствии с этим принципом наиболее вероятными значениями параметров будут такие, при которых сумма квадратов отклонений логарифмов фактических значений скорости впитывания от расчетных будет наименьшей, т. е.:

$$\sum_{i=1}^n (\lg \omega_i - \lg K_1 \cdot t_i^{-\alpha})^2 \rightarrow \min,$$

где n – количество точек наблюдений, шт.;

ω_i – опытные значения скорости впитывания в соответствующие им моменты времени t_i , мм/мин.

Записывая условия минимума этой функции в виде системы двух уравнений, полученных в результате приравнивания к нулю частных производных по логарифмам каждого из параметров, и решая ее, получим формулы для нахождения параметров:

$$\alpha = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \lg \omega_i \cdot \lg t_i - \sum_{i=1}^n \lg t_i \cdot \sum_{i=1}^n \lg \omega_i}{\left(\sum_{i=1}^n \lg t_i \right)^2 - n \cdot \sum_{i=1}^n (\lg t_i)^2}, \quad (5)$$

$$\lg K_1 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg \omega_i + \alpha \cdot \sum_{i=1}^n \lg t_i}{n}. \quad (6)$$

Необходимо подчеркнуть, что вычисленные по формулам (5) и (6) значения K_1 и α отвечают минимуму суммы квадратов отклонений логарифмов, а не действительных отклонений величин, т. е. $\sum_{i=1}^n (\omega_i - K_1 \cdot t^{-\alpha})^2$. Возникающая за счет этого погрешность будет тем больше, чем больше несоответствие экспериментальных точек расчетной зависимости.

Вычисление значений K_1 и α , отвечающих минимуму действительных отклонений функции, может быть произведено подбором. Задаваясь определенным значением параметра α , т. е. полагая его известным, можно определить соответствующее ему наиболее вероятное значение K_1 по формуле:

$$K_1 = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i \cdot t_i^{-\alpha}}{\sum_{i=1}^n t_i^{-2\alpha}}.$$

Определив для каждого из заданных значений α и соответствующих им K_1 сумму квадратов отклонений, можно подобрать такое α , при котором эта сумма будет минимальной.

В результате обработки достаточного количества экспериментальных данных вышеуказанными способами и последующего анализа результатов были отмечены две особенности методов, основанных на определении параметров по данным о скорости впитывания:

- показатель степени α может изменяться от 0,01 до 2,0;

- величины K_1 и α в значительной степени зависят от скорости впитывания, определенной в начальные моменты времени, и резко меняются с изменением времени определения первой точки.

В результате этих особенностей значения слоя или объема впитавшейся воды, получаемые расчетом с использованием параметров K_1 и α , часто значительно отличаются от фактических, а в случае $\alpha \geq 1$ объем впитавшейся воды вообще не может быть вычислен. В связи с тем, что параметры K_1 и α необходимы в конечном счете именно для вычисления объемов впитавшейся воды, которые и определяют основные элементы техники полива, применение таких методов определения является неоправданным.

Для рассмотрения причин указанного несоответствия отметим, что слой впитавшейся воды за время t от начала опыта определяется интегрированием выражения (1), т. е.:

$$h = \int_0^{t_2} \omega dt = \int_0^{t_2} K_1 t^{-\alpha} dt = \frac{K_1}{1-\alpha} \cdot t^{1-\alpha}. \quad (7)$$

Геометрически эта величина равна площади, ограниченной осями координат и кривой впитывания. Анализ зависимости (7) показывает, что при $\alpha \rightarrow 1$ $h \rightarrow \infty$,

а при $\alpha \geq 1$ $h < 0$, таким образом, при $\alpha \geq 1$ объем впитавшейся воды не может быть определен, так как формула (7) теряет физический смысл, в то время как формула (1) таких ограничений по α не имеет.

Далее экспериментальные значения скорости впитывания в момент времени $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ определяются, как указывалось ранее, по формулам (2) или (3), которые получены в предположении линейного изменения скорости впитывания на интервале наблюдения $\Delta t = t_2 - t_1$. Определяя значения Δh путем интегрирования в этом интервале выражения (1) и подставляя полученное значение

$$\Delta h = \int_{t_1}^{t_2} K_1 t^{-\alpha} dt = \frac{K_1}{1-\alpha} t^{1-\alpha} \Big|_{t_1}^{t_2} = \frac{K_1}{1-\alpha} (t_2^{1-\alpha} - t_1^{1-\alpha})$$

в зависимость (2), найдем аналитическое выражение для скорости впитывания, определяемой в эксперименте:

$$\omega_{\text{эксн.}} = \frac{K_1}{1-\alpha} \cdot \frac{t_2^{1-\alpha} - t_1^{1-\alpha}}{t_2 - t_1}.$$

На самом деле скорость впитывания изменяется нелинейно и в соответствии с выражением (1) в этот же момент времени определяется как:

$$\omega = K_1 \left(\frac{t_1 + t_2}{2} \right)^{-\alpha}.$$

Выражая t_1 и t_2 через t и Δt по формулам $t_1 = t - \frac{1}{2} \Delta t$, $t_2 = t + \frac{1}{2} \Delta t$ и находя отношение разности между экспериментальной и фактической скоростью впитывания к фактической скорости, получим выражение для относительной ошибки, возникающей при определении скорости впитывания посредством измерения слоя впитавшейся за определенный интервал времени воды:

$$\varepsilon_{\omega} = \frac{\left(1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta t}{t}\right)^{1-\alpha} - \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta t}{t}\right)^{1-\alpha}}{\frac{\Delta t}{t} (1-\alpha)} - 1. \quad (8)$$

Анализ функции (8) показывает, что ее значения увеличиваются с ростом $\frac{\Delta t}{t}$ и α . Величина отношения $\frac{\Delta t}{t}$ в измерениях может изменяться от значений, близких к нулю при больших t , до 2 при малых t . При $\frac{\Delta t}{t} = 2$ и $\alpha = 0,8$ относительная ошибка в определении скорости впитывания может достигать 187 %.

Итак, экспериментальные значения скорости впитывания в начальные моменты времени определяются с погрешностями, которые могут более чем в 2 раза превышать их собственные значения. Кроме этого, техника экспериментальных измерений не позволяет производить достаточно точные замеры в начальные моменты времени, что еще больше снижает точность.

Абсолютные значения скорости впитывания в первые моменты времени, как правило, значительно превышают все последующие. Поэтому влияние начальных точек существенно сказывается на величинах K_1 и α , что приводит к большим погрешностям их определения и резкому изменению значения в зависимости от времени опреде-

ления первой точки. Повышение точности определения скорости впитывания за счет измерения первого значения в более удаленный от начала момент времени (3–5 мин) не улучшает точности определения K_1 и α , так как при этом оказывается неучтенным значительный объем воды, впитавшейся в начальный момент.

Значительно правильнее будет определять параметры K_1 и α по данным измерения не скорости впитывания, а слоя или объема впитавшейся воды. Преимущества такого метода заключаются в следующем:

- слой или объем впитавшейся воды является первично измеряемой величиной, не требующей последующих определений скорости впитывания;

- первый замер объема впитавшейся воды может производиться в достаточно удаленный от начала впитывания момент времени. При этом потери информации о первоначально впитавшемся объеме воды происходить не будет;

- формула (7) для определения слоя впитавшейся воды, в соответствии с которой будет производиться нахождение расчетных параметров K_1 и α , не допускает получение их значений, выходящих за пределы области ее применения;

- определение параметров и оценка результатов их определения будут проводиться по объему впитавшейся воды, т. е. по наиболее интересующему нас показателю.

Техника экспериментального определения слоя впитавшейся воды практически такая же, как и при определении впитывания. В различные моменты времени нарастающим итогом определяется слой или объем впитываемой воды. Наиболее удобно в полевых условиях замерять не слой, а объем подаваемой воды с последующим вычислением слоя по формуле:

$$h = \frac{W}{S}.$$

При этом неперенным условием является необходимость учета всего объема впитавшейся воды с момента начала затопления площадки. Для этого из всего объема подаваемой воды надо вычитать объем, идущий на создание слоя расчетной глубины при первоначальном затоплении.

Дальнейшая обработка данных производится с помощью формулы (7), которая может быть представлена в виде:

$$h = K_0 \cdot t^{1-\alpha}, \quad (9)$$

где $K_0 = \frac{K_1}{1-\alpha}$, мм/мин, в соответствии с обозначениями А. Н. Костякова представляет собой скорость впитывания, среднюю за первую единицу времени [6].

Графиком функции (9) является парабола, проходящая через начало координат. Зависимость так же, как и выражение (1), может быть линеаризована логарифмированием, а следовательно, при вычислении параметров могут применяться вышеописанные способы. После логарифмирования функция принимает вид:

$$\lg h = (1 - \alpha) \lg t + \lg K_0.$$

Нанося на график с координатами $\lg h$ и $\lg t$ точки фактических значений и проводя через них прямую, можно графически определить величину $\lg K_0$ по пересечению с ординатой $\lg t = 0$ и значение $1 - \alpha$ по тангенсу угла наклона прямой к оси $\lg t$.

Минимизируя сумму квадратов отклонений логарифмов фактических значений от расчетных, т. е. из условия $\sum_{i=1}^n (\lg h_i - \lg K_0 t^{1-\alpha})^2 \rightarrow \min$, можно определить параметры по формулам:

$$\alpha = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \lg h_i \cdot \sum_{i=1}^n \lg t_i - n \sum_{i=1}^n \lg h_i \cdot \sum_{i=1}^n \lg t_i}{\left(\sum_{i=1}^n \lg t_i\right)^2 - n \sum_{i=1}^n (\lg t_i)^2}, \quad (10)$$

$$\lg K_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg h_i - (1 - \alpha) \cdot \sum_{i=1}^n \lg t_i}{n}, \quad (11)$$

$$K_1 = (1 - \alpha) \cdot K_0.$$

Из условия минимума суммы квадратов отклонений фактических значений от расчетных, т. е. $\sum_{i=1}^n (h_i - K_0 t_i^{1-\alpha})^2 \rightarrow \min$, параметры можем определить подбором по α , вычисляя для каждого из задаваемых значений α вероятную величину K_0 по формуле:

$$K_0 = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \cdot t_i^{1-\alpha}}{\sum_{i=1}^n t_i^{2(1-\alpha)}}.$$

Все ранее описанное относительно произвола графического способа и более точных результатов, полученных минимизацией суммы квадратов отклонений фактических значений от расчетных, а также размерности входящих величин относится полностью и к последним способам.

Сказанное о точности определения параметров может быть проиллюстрировано на примере определения K_1 и α по результатам экспериментальных наблюдений на одной из площадок на территории Багаевско-Садковской оросительной системы, выполненных под руководством Н. И. Червонца. В таблице 1 приведены результаты вычисления параметров по вышеописанным методам.

Таблица 1 – Результаты вычисления параметров K_1 и α

Параметр	По данным о слое впитавшейся воды				По данным о скорости впитывания			
	Линеаризованная зависимость		Нелинеаризованная зависимость		Линеаризованная зависимость		Нелинеаризованная зависимость	
	Все члены ряда	Без 1 члена	Все члены ряда	Без 1 члена	Все члены ряда	Без 1 члена	Все члены ряда	Без 1 члена
α	0,496	0,420	0,328	0,324	0,416	0,243	1,143	0,249
K_1 , мм/мин	10,456	8,215	5,830	5,752	8,757	3,768	14,298	3,788
K_0 , мм/мин	20,75	14,17	8,68	8,53	14,98	4,97	-100	5
σ , мм	39,31	21,49	10,33	10,34	22,18	25,41	<< 100	24,25

Среднеквадратическое отклонение σ , являющееся показателем соответствия между расчетными и фактическими значениями, определялось формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - K_0 t_i^{1-\alpha})^2}{n}}.$$

Из данных таблицы 1 наглядно видно, насколько устойчивее и точнее отвечают действительности параметры, полученные по данным о слое впитавшейся воды, осо-

бенно при их вычислении по нелинеаризованной формуле. Это же подтверждается графиком на рисунке 1, на котором нанесены расчетные кривые, вычисленные по характерным значениям K_1 и α .

Причиной худшей сходимости результатов, полученных по линеаризованной зависимости (таблица 1), является перераспределение в процессе обработки степени влияния отдельных точек. Для логарифмированной функции влияние замеров в первые 10 мин очень велико, хотя слой впитавшейся за это время воды относительно небольшой, тогда как для действительной функции оно значительно меньше, что хорошо видно из сопоставления графиков, представленных на рисунках 1, 2.

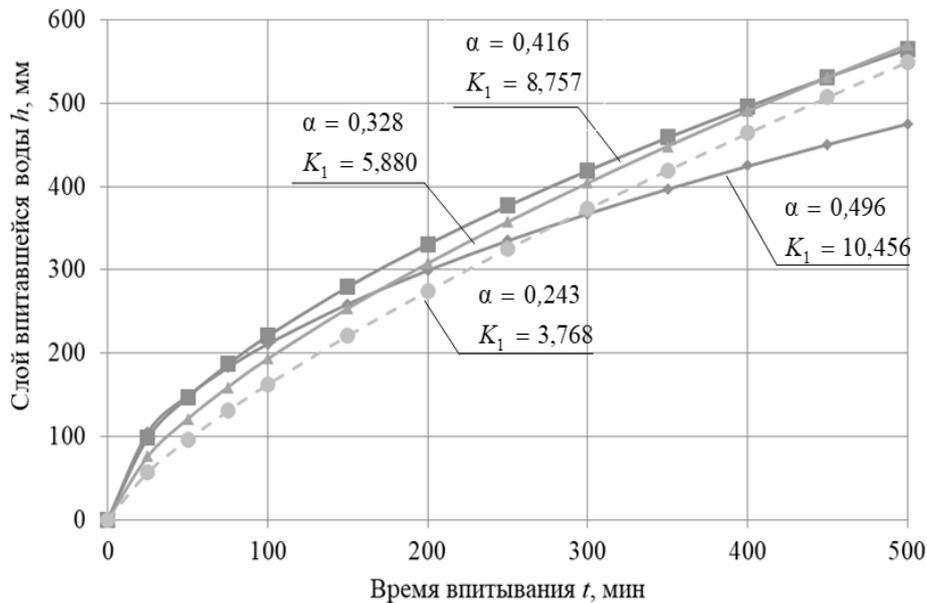


Рисунок 1 – График зависимости слоя впитавшейся воды в почву от времени впитывания $h = f(t)$

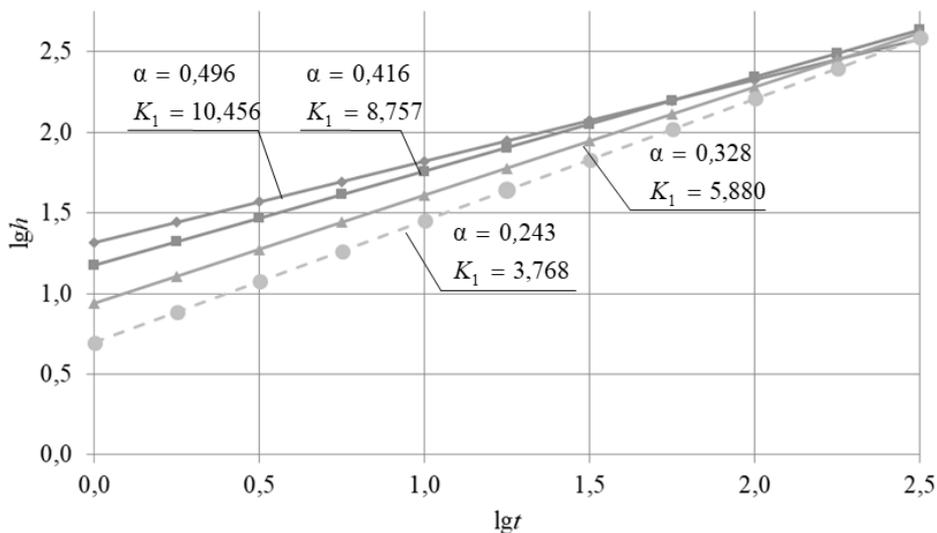


Рисунок 2 – График линеаризованной зависимости слоя впитавшейся воды в почву от времени впитывания $\lg h = f(\lg t)$

Это влияние может быть уменьшено путем отбрасывания при обработке по формулам (10), (11) точек, характеризующих впитывание в первые 5–10 мин.

Относительно способа определения и использования параметров K_1 и α следует сделать еще два замечания:

- при определении параметров по результатам измерений, проведенных в нескольких повторностях, их средние значения должны находиться путем обработки всей совокупности данных, т. е. единого ряда, включающего все изменения рядов отдельных повторностей. Ряды должны быть примерно одинаковой длины как по суммарному времени наблюдений, так и по числу членов. При отсутствии достаточного количества членов в одной из повторностей они могут быть получены графической или аналитической интерполяцией;

- вычисленные на основании экспериментальных измерений параметры K_1 и α применимы для расчетов в том интервале времени, в котором проводились наблюдения за впитыванием. Применение их для более широкого интервала времени может привести к большим погрешностям. Поэтому сведения о параметрах должны сопровождаться данными о допустимом для их использования интервале времени.

Выводы. Определение параметров формулы А. Н. Костякова – коэффициента водопроницаемости почвогрунта K_1 , численно равного скорости впитывания в первую единицу времени, и показателя степени α , зависящего от свойств почвы и ее начальной влажности, по данным наблюдений за скоростью впитывания может сопровождаться большими погрешностями. Наиболее вероятные значения параметров могут быть получены по результатам измерения слоя впитывающейся воды с последующей интерполяцией функции $h = \frac{K_1}{1 - \alpha} \cdot t^{1-\alpha}$ из условия минимизации суммы квадратов отклонений фактических значений от расчетных.

Список использованных источников

1 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – В 2 ч. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 590 с.

2 Васильев, С. М. Экологическая концепция оценки воздействия оросительных систем на ландшафты Нижнего Дона / С. М. Васильев, В. Ц. Челахов, Е. А. Васильева. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2005. – 308 с.

3 Васильев, С. М. Ретроспективный анализ изменения почвенно-мелиоративных условий орошаемых почв юга Ростовской области / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 3(43). – С. 17–24.

4 Воеводина, Л. А. Изменение агрофизических свойств черноземных почв под влиянием капельного орошения минерализованной водой / Л. А. Воеводина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2011. – № 4(04). – С. 76–85. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=57&id=67>.

5 Голованов, А. И. Впитывание воды в почву из инфильтрометра с одиночным кольцом: теория и результаты / А. И. Голованов, И. В. Корнеев // Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. / Моск. гос. ун-т природообустройства. – М., 2005. – С. 17–22.

6 Костяков, А. Н. Основы мелиораций / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.

7 Динамика поглощения воды почвой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://life-prog.ru/1_9016_dinamika-pogloshcheniya-vodi-pochvoy.html, 2013.

8 Тептин, Г. М. Математическое моделирование: учеб.-метод. пособие / Г. М. Тептин, О. Г. Хуторова, А. А. Журавлев. – Ч. 1. – Казань: КГУ, 2009. – 16 с.

УДК 631.423.5:628.381.4:631.445.41

Л. А. Митяева, М. А. Ляшков, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ОЦЕНКА СОЛЕВОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПОСЛЕ ПОЛИВА СТОЧНЫМИ ВОДАМИ РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

В статье проведена оценка солевого состава почвы после полива подготовленными коагуляционным способом сточными водами различного качества в условиях краткосрочных лабораторных экспериментов. Отмечено, что и животноводческие, и хозяйственно-бытовые воды оказывают влияние на солевой состав почвы. При поливе животноводческими стоками содержание водорастворимых солей увеличилось в основном за счет гидрокарбонат-иона и натрия в почве, что можно объяснить повышенным содержанием указанных ионов в исходных стоках (656,3 и 385,6 мг/дм³). Одновременно содержание натрия возросло и составило 5 и 2 % от суммы почвенно-поглощающего комплекса соответственно при поливе животноводческими и хозяйственно-бытовыми сточными водами, что в дальнейшем может привести к процессам осолонцевания в почве. Полив исследуемой сточной водой возможен только с учетом экологически обоснованного способа подготовки или разбавления природной водой с целью предотвращения процессов натриевого осолонцевания и содообразования в почве.

Ключевые слова: сточные воды, катионно-анионный состав, водная вытяжка, осолонцевание почвы, почвенный поглощающий комплекс, содообразование.

L. A. Mityaeva, M. A. Lyashkov, Yu. E. Domashenko, S. M. Vasilyev
Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk,
Russian Federation

EVALUATION OF THE SALT COMPOSITION OF ORDINARY CHERNOZEM AFTER IRRIGATION WITH WASTE WATER OF VARIOUS QUALITY IN LABORATORY CONDITIONS

The salt composition of soil after irrigation by wastewater of various quality treated by the coagulation method under the conditions of short-term laboratory experiments is assessed. It was noted that both livestock and domestic wastewaters affect the salt composition of soil. When irrigating with livestock wastewater, the content of water-soluble salts increased mainly at the cost of hydrocarbonate ion and sodium in soil that can be explained by the increased content of the indicated ions in the initial effluents (656.3 and 385.6 mg/dm³). At the same time, the sodium content increased and amounted 5 and 2 % of the total soil-absorbing complex respectively during irrigation with livestock and domestic wastewater, which can lead to salinization processes in soil in the future. Irrigation by the wastewater under study is possible only taking into account the environmentally sound method of treatment or dilution with natural water in order to prevent the processes of sodium salinization and soda formation in soil.

Key words: wastewater, cation-anion composition, water extract, soil salinization, soil absorption complex, soda formation.

Введение. Вода, используемая для орошения, представляет собой в известной степени электролит, поскольку в ней всегда содержатся катионы и анионы различных солей. Ионообменные реакции, происходящие между почвенным поглощающим комплексом (ППК) и жидкой фазой, влекут за собой изменения состава ППК, причем ха-

ракти и масштабы этих изменений обусловлены качеством сточной воды (рН, концентрация солей, катионно-анионный состав, содержание основных питательных элементов, микроэлементов и тяжелых металлов, органических веществ), свойствами самой почвы (минералогический состав, содержание органического вещества, карбонатов, реакция среды и др.), длительностью орошения и рядом других факторов (количество осадков, величина испарения и др.) [1–4].

Основное внимание в изучении проблемы влияния сточных вод на почву уделяется процессам осолонцевания и ухудшения водно-физических свойств почв при поливе их водами разного качества. Доказано, что для решения этой проблемы важно учесть не только качество воды, но и свойства почв, которые могут по-разному реагировать на качество и количество поливной воды. В настоящее время накоплен материал по оценке опасности осолонцевания при поливе водами разного качества. Однако эту проблему пока нельзя считать решенной [5, 6].

При изучении возможности использования и подготовки сточных вод большое значение приобретает вопрос о влиянии орошения этими водами на мелиоративные свойства почв, так как сточные воды, как правило, минерализованы. В состав сточных вод в большинстве случаев входят не только органические вещества, но и минеральные соли, концентрация которых нередко достигает критических величин.

Материалы и методы. Пригодными для орошения следует считать те стоки, орошение которыми не оказывает отрицательного влияния на плодородие почв, не снижает урожай сельскохозяйственных культур и качество выращенной продукции, не вызывает накопления в почве токсических веществ. Орошение сточными водами не должно приводить к засолению, осолонцеванию почвы, угнетению роста и развития растений [7].

Для орошения черноземных почв в условиях краткосрочного лабораторного эксперимента использовали подготовленные коагуляционным способом животноводческие и хозяйственно-бытовые сточные воды, имеющие показатели, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели качества исследуемой сточной воды

Дата отбора	рН	Содержание ионов, мг/дм ³							Минерализация, мг/дм ³
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	
Животноводческие стоки									
24.07.19	6,6	167	82,6	385,6	656,3	885,6	114,8	98,6	1176,7
Хозяйственно-бытовые стоки									
10.07.19	6,9	144	49,6	268,3	425,6	745,9	207,39	87,0	969,1
Дата отбора	рН	Содержание ионов, мг-экв/дм ³							Сумма катионов, мг-экв/дм ³
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	
Животноводческие стоки									
24.07.19	6,6	8,3	6,8	16,8	10,7	14,5	3,2	2,1	16,0
Хозяйственно-бытовые стоки									
10.07.19	6,9	7,1	4,1	11,7	6,9	12,2	5,8	1,8	14,5

Оценка качества сточной воды с целью оросительных мелиораций представлена в таблице 2.

Из приведенных в таблицах показателей видно, что повышенная минерализация исследуемых сточных вод (> 1 г/дм³) и орошение ими почвенных образцов, характеризующихся высокой емкостью поглощения, могут привести к их осолонцеванию и засолению. Это связано с внедрением ионов Na⁺ и Mg²⁺ в ППК. Исследуемые подготовленные сточные воды по общей минерализации относятся к III классу качества (1,1 и 0,9 г/дм³)

по С. Я. Бездниной [8]. По степени опасности хлоридного засоления хозяйственно-бытовые стоки относятся к III классу качества, так как содержание хлоридов составило $114,8 \text{ мг/дм}^3$ ($5,8 \text{ мг-экв/дм}^3$), а животноводческие – к II классу качества ($3,2 \text{ мг-экв/дм}^3$). По вероятности натриевого осолонцевания ($0,5$ и $0,6 \text{ мг-экв/дм}^3$ соответственно для животноводческих и хозяйственно-бытовых стоков) вода оценивается как умеренно опасная (III класс качества воды). По степени опасности магниевое ($0,45$ и $0,37 \text{ мг-экв/дм}^3$) осолонцевания оценивается как неопасная (I класс качества воды). Как животноводческая сточная вода ($10,1 \text{ мг-экв/дм}^3$), так и хозяйственно-бытовая ($7,9 \text{ мг-экв/дм}^3$) относится к IV классу качества по процессам содообразования, что может негативно сказываться на состоянии почвенного покрова. Сточная вода соответствует требованиям СанПиН 2.1.7.573-96 [9].

Таблица 2 – Оценка качества оросительной воды по степени опасности развития негативных процессов в почвах

В мг-экв/дм ³			
Хлоридное засоление Cl	Натриевое осолонцевание Ca ²⁺ /Na ⁺	Магниевое осолонцевание Mg ²⁺ /(Mg ²⁺ + Ca ²⁺)	Содообразование (CO ₃ ²⁻ + HCO ₃ ⁻) – (Ca ²⁺ + Mg ²⁺)
Животноводческие стоки			
3,2/II	0,5/III	0,45/I	10,1/IV
Хозяйственно-бытовые стоки			
5,8/III	0,6/III	0,37/I	7,9/IV

Образцы почвы представлены черноземом обыкновенным с тяжелым механическим составом и ППК = 38, не засолены. Методы оценки почвенных образцов в рамках лабораторных экспериментов основывались на опасности засоления и осолонцевания почв, учитывалось комплексное воздействие сточной воды на почву. Обработка информации для характеристики ощелачивания черноземов проводилась по результатам анализов водных вытяжек и поглощенных оснований. По водным вытяжкам проанализирована частота появления магния, натрия, pH, соотношение Na⁺/Ca²⁺. В водной вытяжке почвы определяли содержание кальция, магния, натрия, гидрокарбонатов, хлоридов и сульфатов [10–12].

Результаты и их обсуждения. В практике орошения пригодной считают воду, содержащую не более 1 г/дм^3 солей, а воду с содержанием солей более 3 г/дм^3 можно использовать только в определенных условиях. Рядом авторов доказано, что даже хорошо дренированные почвы при поливах водой, содержащей в основном соли натрия, могут осолонцовываться и становиться водонепроницаемыми. Критическая величина отношения Na⁺/(Ca²⁺ + Mg²⁺) зависит от общей минерализации оросительной воды.

К сточным и природным водам, минерализация большинства которых обусловлена в основном сульфатами и хлоридами натрия, кальция и магния, в практике орошения предъявляют два основных требования, касающихся общей минерализации и соотношения в них катионов.

В условиях эксперимента орошение сточной водой, хоть и не содержащей значительное количество натрия, все же повлияло на солевой состав почвы. При поливе животноводческими стоками содержание водорастворимых солей увеличилось в основном за счет сульфат-иона и кальция. Одновременно содержание натрия возросло и составило 5 и 2 % от суммы ППК соответственно при поливе животноводческими и хозяйственно-бытовыми сточными водами (на контроле 4 и 2 % соответственно). При поливе хозяйственно-бытовыми стоками доля натрия осталась без изменений, что говорит о возможности применения этих вод для орошения с учетом разбавления (таблица 3).

Содержание в почвенных образцах основных катионов и анионов в соответствии с экспериментальными исследованиями представлено в таблицах 4 и 5.

Таблица 3 – Влияние орошения сточными водами на солонцеватость почвы

Сточные воды	Ca ²⁺ , ммоль/100 г	Mg ²⁺ , ммоль/100 г	Na ⁺ , ммоль/100 г	ΣППК	% от ΣППК		
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
Животноводческие	23,12	7,68	1,52	32,32	71	24	5
Хозяйственно-бытовые	24,32	6,88	0,77	31,97	76	22	2

Таблица 4 – Анализ водных вытяжек почвенных образцов почвы (в пересчете на 100 г почвы) на основные катионы

Сточные воды	Содержание в почве основных катионов			
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
Животноводческие	0,010	0,003	0,013	0,002
	0,50	0,3	0,55	0,06
Хозяйственно-бытовые	0,010	0,002	0,015	0,002
	0,50	0,2	0,65	0,06

$$B \frac{\%}{\text{ммоль/100г}}$$
Таблица 5 – Анализ водных вытяжек почвенных образцов почвы на основные анионы (в пересчете на 100 г почвы)

Сточные воды	Содержание в почве основных анионов, $\frac{\%}{\text{ммоль/100г}}$			pH	Сумма ионов, %	Сухой остаток, %
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻			
	Животноводческие	0,018	0,012			
	0,50	0,240	0,64			
Хозяйственно-бытовые	0,021	0,013	0,031	7,79	0,094	0,182
	0,60	0,271	0,52			

Характер засоления почв за период эксперимента существенно не изменился и остался хлоридно-сульфатным.

Выводы. При поливе животноводческими стоками с повышенной минерализацией можно предположить, что при длительном орошении такими водами процесс осолонцевания будет протекать значительно активнее, это обусловлено переводом гуматов кальция в гуматы натрия, которые обладают повышенной растворимостью. Экологически негативное или положительное воздействие сточных вод на агрометеорологические показатели почв может проявляться в изменении величины pH, избыточной обогащенности подвижными формами азота, фосфора, калия, а также микроэлементами (большая часть последних представлена тяжелыми металлами), что планируется проанализировать в дальнейших экспериментальных исследованиях. Полив исследуемой сточной водой возможен только с учетом экологически обоснованного способа подготовки или разбавления природной водой с целью предотвращения процессов натриевого осолонцевания и содообразования в почве.

Список использованных источников

1 Егоров, В. В. Почвенные процессы при орошении в аридной зоне / В. В. Егоров. – М.: Колос, 1983.

2 Domashenko, Yu. Agroecological Substantiation for the Use of Treated Wastewater for Irrigation of Agricultural Land / Yu. Domashenko, S. Vasilyev // J. Ecol. Eng. – 2018. – Vol. 19(1). – P. 48–54. – DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/79567>.

3 Редина, А. В. Агромелиоративная оценка очищенных животноводческих сточных вод при орошении черноземов южных / А. В. Редина, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 6(68). – С. 8–11.

4 Домашенко, Ю. Е. Проблемы и перспективы использования сточных вод для орошения: монография / Ю. Е. Домашенко. – Новочеркасск: Лик, 2017. – 205 с.

5 Купетов, Л. Е. Влияние орошения сточными водами Волжского химкомбината на агрономелиоративные показатели тяжелосуглинистых светло-каштановых почв / Л. Е. Купетов, В. Т. Додолина // Почвоведение. – 1970. – № 7. – С. 84–94.

6 Докучаева, Л. М. Состояние черноземов южных, орошаемых слабоминерализованной водой / Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 4(72). – С. 102–107.

7 Додолина, В. Т. К вопросу методики оценки пригодности сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур / В. Т. Додолина. – М.: Колос, 1983. – 56 с.

8 Безднина, С. Я. Качество воды для орошения, принципы и методы оценки / С. Я. Безднина. – М.: РОМА, 1997. – 185 с.

9 Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения: СанПиН 2.1.7.573-96: утв. Госкомсанэпиднадзором России 31.10.96: введ. в действие с 31.10.96. – М.: Минздрав России, 1997. – 56 с.

10 ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

11 ГОСТ 26424-85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

12 ГОСТ 26428-85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 634.11:581.144.2

А. С. Штанько, В. Н. Шкура

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ПАРАМЕТРЫ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ ЯБЛОНИ СОРТА АЙДАРЕД, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА ЧЕРНОЗЕМАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель исследования – определение геометрических размеров корневых систем яблоневого растения сорта Айдаред, культивируемых на черноземных почвах Ростовской области, для последующего их использования при проектировании поливной сети капельных систем орошения. Достижение поставленной цели обеспечено данными раскопок корневых систем яблонь в возрасте от 4 до 22 лет, произраставших в природно-климатических условиях региона. В результате анализа опытного материала подтверждены и уточнены ранее полученные экспериментальные зависимости для расчета удаленности от штамба растений и заглубленности в почвогрунтовую толщу основной части (массы) корней корневых систем отдельно произрастающих яблонь. Прогнозирование параметров зоны концентрации основной части корней яблоневого растения позволит оптимизировать параметры поливных сетей капельных систем орошения.

Ключевые слова: яблоневые растения, корневая система, заглубленность корней, протяженность корней, основная масса корней.

A. S. Shtanko, V. N. Shkura

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

PARAMETERS OF ROOT SYSTEMS OF “IDARED” APPLE CULTIVAR GROWING ON CHERNOZEM IN ROSTOV REGION

The objective of the research is to determine the geometric dimensions of “Idared” apple cultivar root systems, cultivated on chernozems of Rostov region for their subsequent use in design of drip irrigation systems network. Achieving this goal is provided by data of root systems excavation of apple trees aged 4 to 22 years old, which grew under natural and climatic conditions of the region. As a result of analysis of the available from experiments material, the previously obtained experimental dependences for calculating the distance from the plant bole and the depth of the roots bulk of the root systems of separately growing apple trees into the ground earth cover were confirmed and refined. Prediction of parameters of concentration zone of bulk of apple plants roots will optimize the parameters of drip irrigation systems networks.

Key words: apple plants, root system, root depth, root extension, bulk of roots.

Введение. Природно-климатические условия черноземной зоны Ростовской области позволяют культивировать широкий спектр сортов яблони. При этом соответствие территории региона по температурно-влажностным показателям зоне неустойчивого земледелия определяет необходимость ведения эффективного плодоводства при орошении. Отметим, что потенциал и природные условия области для культивирования

яблоневых культур сельскохозяйственными специализированными предприятиями до настоящего времени используются недостаточно.

В сложившихся социально-экономических условиях значительная (доминирующая) доля яблок и другой плодово-ягодной потребляемой населением продукции производится в личных подсобных хозяйствах на дачных и приусадебных участках. При этом потребность населения области в плодах не обеспечивается их производством в регионе. Имеющий место дефицит этой продукции покрывается импортом и завозом плодов из других регионов страны. Сформировавшаяся ситуация объясняется более чем десятикратным уменьшением площадей под садами за последние 25 лет, относительно низкой урожайностью плодовых насаждений в специализированных предприятиях региона и низкой культурой плодового садоводства любителей.

Отметим, что долго- и краткосрочными государственными и региональными программами развития сельского хозяйства в стране и в области предусматривается реализация ряда мероприятий по восстановлению плодово-ягодного производства в целом и росту получения яблок в частности. Выполнение намеченных программ актуализирует необходимость научного обеспечения орошаемого плодового садоводства с применением современных технологий капельного орошения древесных насаждений.

Современные агротехнологии культивирования яблони в Ростовской области ориентированы на широкое применение капельного орошения садовых насаждений. Ресурсная, экологическая и экономическая эффективность капельного способа полива многолетних древесных растений подтверждается реальной практикой его применения [1, 2]. При этом наряду с примерами достаточно высокой продуктивности капельно орошаемых садовых насаждений имеются примеры некупаемости расходов на создание и использование капельных оросительных систем. Последнее обстоятельство объясняется имеющим место недостаточным уровнем качества проектных решений и примитивно-любительским подходом к использованию технологии капельного орошения садовых древесных насаждений фермерами и садоводами. Среди ряда установленных причин этому – недоучет при проектировании и эксплуатации капельных систем орошения биологических особенностей и геометрии распространения корней яблоневых растений. При этом точная и дозированная подача поливной воды и растворенных в ней удобрений и химических препаратов в зоны их интенсивного потребления корневой системой каждого растения в насаждении определяет его продуктивную отдачу и экономические показатели использования капельной технологии полива.

Возможности агротехники и результативность выращивания яблони при капельном поливе в значительной степени зависят от уровня взаимоувязанности параметров корневых систем растений с параметрами капельной поливной сети. Обязательным условием обеспечения соответствия между зонами подачи воды из капельных микроподвыпусков и зонами ее потребления корнями растений является полнота информации о состоянии корневых систем растений. Отметим, что к настоящему времени в области корневедения имеются как отдельные разработки, так и их обобщения [3, 4]. Но при этом значительная часть известных исследований и выполненных экспериментов специалистами агрономического профиля не доведена до уровня их практического применения инженерами – разработчиками капельных систем и их пользователями – садоводами. Указанное обстоятельство объясняется многофакторностью условий формирования корневых систем растений, определяемых их генетическими особенностями и условиями среды их роста, развития и жизнедеятельности. Определенные попытки получения необходимых для проектирования капельных систем орошения экспериментальных зависимостей для геометрических параметров корневых систем яблоневых растений приведены в предыдущих публикациях [5, 6]. При этом авторами указанных работ отмечался дефицит точной информации для разработки соответствующих реальным потребностям практики рекомендаций. На частичное пополнение имеющегося

банка данных и на корректировку ранее полученных расчетных зависимостей направлено настоящее исследование.

Материалы и методы. В основу материала для разработки и обобщения положены данные авторских и выполненных с соавторами предшествующих публикаций исследований корневых систем яблоневых растений, произрастающих на черноземных почвах Ростовской области. Раскопки корневых систем шести отдельно произрастающих яблонь сорта Айдаред были выполнены в индивидуальных садовых насаждениях Октябрьского, Аксайского, Азовского и Семикаракорского районов. Проведение полноокожных, полуокожных и посекторных раскопок корней плодоносящих яблонь производилось по известным методикам [3, 4] с оценкой точности и репрезентативности полученных результатов. В качестве основных характеристик корневых систем яблоневых растений приняты: максимальная удаленность окончаний корневых ветвей растения от его штамба на уровне 10% обеспеченности по протяженности всех ветвей корневой системы (L_k , м); средняя величина протяженности горизонтальных корней (корневых ветвей) растения (\bar{R}_k , м) на уровне 50% обеспеченности; заглубленность основной части (массы) вертикальных корней яблони в почвогрунтовую толщу ($h_{k,о/ч}$, м); удаленность основной части всех видов корней яблони от штамба ($r_{k,о/ч}$, м). Определение указанных характеристик корней и корневых систем в целом осуществлялось по методикам, приведенным ранее [5, 6], а результаты сопоставлялись с известными данными и результатами расчета по ранее полученным экспериментальным зависимостям. Основой для определения вышеуказанных характеристик являются фотографические, зарисованные и измеренные данные раскопок корневых систем яблоневых растений, пример планового вида которых проиллюстрирован рисунком 1.



Рисунок 1 – Пример планового расположения горизонтальных корней корневой системы яблони

Наряду с измерениями параметров корней растений (протяженности и количества срезов) производились измерения наземной их части (высоты и диаметра кроны), фиксировался возраст яблонь на период раскопок (t_p , лет) и устанавливался возраст вступления их в первое ($t_{п1}$, лет) и полное ($t_{пп}$, лет) плодоношение. Статистическая обработка экспериментальных данных и их регрессионно-корреляционный анализ проводились в соответствии с известными подходами [6].

В местах раскапываемых растений определялись почвенные условия их произрастания по метровому почвенному профилю (устанавливался тип почв и такие опре-

деляющие их характеристики, как содержание в почве физической глины W_r в процентах от массы сухой почвы (% МСП), наименьшая влагоемкость почвы W_{HB} , % МСП, плотность сложения почвогрунтовой толщи γ , т/м³, количество гумуса q_r , %, мощность гумусированного (перегнойно-аккумулятивного) слоя h_r , м). По полученным данным было установлено, что почвы участков относятся к черноземам обыкновенным тяжелосуглинистым в Азовском районе ($W_r = 71,7$ % МСП, $W_{HB} = 30,3$ % МСП, $\gamma = 1,29$ т/м³, $q_r = 2,65$ %), к черноземам южным среднемошным тяжелосуглинистым в Октябрьском и Аксайском районах ($W_r = 57,8...70,7$ % МСП, $W_{HB} = 26,5...30,2$ % МСП, $\gamma = 1,32...1,36$ т/м³, $q_r = 2,4...3,2$ %) и южным тяжелосуглинистым маломощным в Семикаракорском районе Ростовской области ($W_r = 65,6$ % МСП, $W_{HB} = 30,1$ % МСП, $\gamma = 1,33$ т/м³, $q_r = 2,16$ %). Почвенные характеристики устанавливались послойно и погоризонтно по известным и апробированным методикам.

Результаты и обсуждение. Корневые системы раскопанных яблонь сорта Айдаред в возрасте от 4 до 22 лет представляют собой совокупность различного количества горизонтальных и вертикальных корней различной протяженности и расположения в плане с различной их заглубленностью в почвогрунтовую толщу. Горизонтальные корневые ветви с ответвлениями различного иерархического уровня зафиксированы в почвенном слое мощностью от 10 до 75 см. Отдельные вертикальные корни зафиксированы на глубине до 1,2 м. Количество в разной степени развитых горизонтальных корней (корневых ветвей) протяженностью (удаленностью от штамба растения) от 0,7 до 5,0 м составляло от 6 до 12 единиц, а количество вертикально распространяющихся корней составляло от 10 до 16. Отметим, что статистическая обработка опытных данных не позволила установить достоверных экспериментальных зависимостей количества горизонтальных и вертикальных ветвей корневых систем яблонь от сорта подвоя, типа привоя, места и условий произрастания растений.

На первом этапе корреляционно-регрессионного анализа опытного материала анализировались данные о заглубленности основной части корневой системы растений в почвогрунтовую толщу.

В результате обработки опытных данных установлены зависимости:

- заглубленности основной части горизонтальных корней $(h_{к,г})_{о/ч}$, м:

$$(h_{к,г})_{о/ч} = 0,40 \cdot \left(\frac{t_p}{t_{п/п}} \right)^{0,15} \cdot \Pi_{п/у} \cdot \Pi_{к/у} \cdot \Pi_p;$$

- заглубленности основной части вертикальных корней $(h_{к,в})_{о/ч}$, м:

$$(h_{к,в})_{о/ч} = 0,60 \cdot \left(\frac{t_p}{t_{п/п}} \right)^{0,15} \cdot \Pi_{п/у} \cdot \Pi_{к/у} \cdot \Pi_p;$$

- заглубленности основной части корневой системы $h_{к,о/ч}$, м:

$$h_{к,о/ч} = 0,46 \cdot \left(\frac{t_p}{t_{п/п}} \right)^{0,15} \cdot \Pi_{п/у} \cdot \Pi_{к/у} \cdot \Pi_p,$$

где $\Pi_{п/у} = 1,32$ – параметр, характеризующий почвенные условия произрастания яблоневых растений, принимаемый по рекомендациям В. Н. Шкуры, Д. Л. Обумахова, А. Н. Рыжакова [6];

$\Pi_{к/у} = 1,1$ – параметр, характеризующий климатические условия;

$\Pi_p = 1,0$ – параметр, характеризующий рослость подвоя и привоя.

На последующем этапе камеральной обработки опытных данных определялась удаленность окончаний корневых ветвей от штамба яблоневых растений (L_k , м). В результате проведенного анализа получены две экспериментальные зависимости (многофакторные модели) для определения значений L_k , отличающиеся составом рассмотренных факторов влияния и их внутренней структурой и имеющие вид:

$$L_{k_1} = \bar{R}_{кр} \cdot \left[1,67 \cdot \Pi_p + \left(\frac{t_p}{t_{II}} \right)^{0,1} + \left(\frac{2 \cdot h_{к,о/ч}}{H} \right)^{0,1} - \left(\frac{2 \cdot R_{кр}}{H} \right)^{0,4} - \left(\frac{t_p - t_{II}}{t_p + t_{II}} \right) \cdot \left(\frac{1,5 \cdot h_{к,о/ч}}{H} \right)^{0,1} \right],$$

$$L_{k_2} = \bar{R}_{кр} \cdot \left[3,0 - 0,45 \cdot \left(\frac{t_p}{t_{II/II}} \right)^{0,5} - 0,5 \cdot \left(\frac{H}{h_{к,о/ч}} \right)^{0,32} + 0,5 \cdot \left(\frac{H}{h_{к,о/ч}} \right)^{0,32} \cdot \left(\frac{t_{II/II} - 4,5}{t_p + 5,0} \right)^{0,1} \right],$$

где $\bar{R}_{кр}$ – средний радиус кроны яблоневого растения, определяемый измерением, м;

$\Pi_p = 1,0$ – параметр рослости растения, определяемый по методике, приведенной ранее [6];

t_p – возраст яблоневого растения на период его раскопок (от 4 до 22 лет);

$t_{II} = 5$ – возраст вступления яблоневого растения в первое плодоношение, лет;

$h_{к,о/ч}$ – глубина сосредоточения основной части (массы) корней корневой системы растения, определяемая при обработке данных непосредственных измерений, м;

H – высота надземной части яблоневого растения (высота кроны), м;

$t_{II/II} = 7$ – возраст вступления яблоневого растения в полное плодоношение, лет.

Выполненные расчеты показали, что приведенные зависимости адекватно описывают опытные значения параметра L_k , но для повышения точности прогнозирования этой величины рекомендуется определять и принимать среднее ее значение:

$$\bar{L}_k = 0,5 \cdot (L_{k_1} + L_{k_2}).$$

Средняя удаленность окончаний корней от штамба растения \bar{R}_k , м, составляет:

$$\bar{R}_k = 0,65 \cdot \bar{L}_k.$$

Средняя удаленность основной части корней корневых систем раскопанных яблоневых растений от их штамба $\bar{R}_{к,о/ч}$, м, может быть определена по зависимости:

$$\bar{R}_{к,о/ч} = 0,7 \cdot \left(\frac{t_p - 1}{t_{II} + 2} \right)^{0,16} \cdot \bar{R}_k.$$

Результаты расчета значений $(h_{к,Г})_{о/ч}$, $(h_{к,В})_{о/ч}$, $h_{к,о/ч}$, \bar{L}_k и $\bar{R}_{к,о/ч}$ и их сопоставления с опытными данными приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Данные сопоставления опытных и расчетных значений заглубленности основной части корней яблони сорта Айдаред в почвогрунтовую толщу

Возраст растения t_p , лет	Высота растения H , м	Диаметр кроны $D_{кр}$, м	Заглубленность горизонтальных корней $(h_{к,Г})_{о/ч}$, м		Заглубленность вертикальных корней $(h_{к,В})_{о/ч}$, м		Заглубленность основной части корней $h_{к,о/ч}$, м		Отклонение $\sigma_{h_{к,о/ч}}$, %
			опыт	расчет	опыт	расчет	опыт	расчет	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4,0	3,0	2,4	0,58	0,53	0,75	0,80	0,60	0,61	-1,7
10,0	4,0	2,5	0,60	0,61	0,95	0,92	0,68	0,71	-4,4

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16,0	5,2	4,2	0,65	0,66	1,00	0,99	0,80	0,76	+5,0
18,0	4,5	4,5	0,70	0,70	1,10	1,03	0,80	0,77	+4,8
22,0	5,6	4,6	0,70	0,69	1,00	1,03	0,72	0,79	-9,7
22,0	5,8	5,2	0,70	0,69	1,05	1,00	0,77	0,79	-2,6

Таблица 2 – Расчетные и опытные значения удаленности корней и основной части корневой системы от штамба яблоневых растений сорта Айдаред

Возраст растения t_p , лет	Высота растения H , м	Диаметр кроны $D_{кр}$, м	Удаленность корней растения от штамба \bar{L}_k , м		Удаленность основной части корневой системы от штамба $\bar{R}_{к,о/ч}$, м		Отклонение, %	
			опыт	расчет	опыт	расчет	$\sigma_{\bar{L}_k}$	$\sigma_{\bar{R}_{к,о/ч}}$
4,0	3,0	2,4	2,80	3,13	1,30	1,24	-11,8	+4,6
10,0	4,0	2,5	3,00	2,92	1,34	1,38	+2,7	-3,0
16,0	5,2	4,2	4,40	4,45	2,35	2,29	-1,1	+2,6
18,0	4,5	4,5	4,47	4,60	2,30	2,41	-2,9	-4,8
22,0	5,6	4,6	4,90	4,61	2,34	2,50	+5,9	-6,8
22,0	5,8	5,2	5,30	5,17	3,05	2,80	+2,4	+8,2

Полученные отклонения расчетных значений искомых параметров от их опытных значений подтверждают адекватность и практическую применимость предлагаемых зависимостей.

Вывод. В результате проведенных исследований получены экспериментальные зависимости, позволяющие определить заглубленность и удаленность от штамба основной части корней корневой системы яблони сорта Айдаред, произрастающей на черноземах Ростовской области. Полученные в результате расчета по предложенным зависимостям параметры корневой системы яблоневых растений предназначены для последующего их использования при проектировании систем капельного орошения.

Список использованных источников

- 1 Васильев, С. М. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие / С. М. Васильев, Т. В. Коржова, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 197 с.
- 2 Бородычев, В. В. Современные технологии капельного орошения овощных культур / В. В. Бородычев. – Волгоград: Инлайт, 2010. – 242 с.
- 3 Колесников, В. А. Корневая система плодовых и ягодных растений / В. А. Колесников. – М.: Колос, 1974. – 509 с.
- 4 Калинин, М. И. Корневедение / М. И. Калинин. – М.: Экология, 1991. – 173 с.
- 5 Шкура, В. Н. Геометрия корневых систем яблони: монография / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов, Е. Н. Лунева; под ред. В. Н. Шкуры; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск: Лик, 2013. – 124 с.
- 6 Шкура, В. Н. Капельное орошение яблони / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов, А. Н. Рыжаков; под ред. В. Н. Шкуры. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 310 с.

УДК 631.6.001.63

А. Л. Кожанов

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

**НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ
ДВОЙНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ**

Целью исследований являлся анализ нормативно-технического обеспечения проектирования мелиоративных систем двойного регулирования водного режима почв. В результате проведенного поиска были выявлены и проанализированы национальные стандарты, своды правил, стандарты различных организаций, ведомственные строительные нормы, пособия и др., но практически все они имели косвенное отношение к проектированию данных систем. Проведенный анализ показал, что необходимо актуализировать и разрабатывать нормативно-техническую документацию по проектированию и расчету основных параметров конструктивных элементов применительно к мелиоративным системам двойного регулирования водного режима с учетом возможных диапазонов их использования, а также актуализировать методы расчета отводимого объема и модуля дренажного стока при различной обеспеченности осадками в зависимости от различных условий, определяющих динамику этих показателей.

Ключевые слова: мелиоративная система, двойное регулирование водного режима, осушение, нормативный документ, проектирование, нормативно-техническое обеспечение.

A. L. Kozhanov

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

REGULATORY AND ENGINEERING SUPPORT OF DESIGN OF LAND RECLAMATION SYSTEMS OF BILATERAL REGULATION FOR SOIL WATER REGIME

The aim of the research was to analyze the regulatory and engineering support for designing dual controlling land reclamation systems of the soil water regime. As a result of the research, national standards, codes of practice, standards of various organizations, industry specific regulations, manuals, etc. were identified and analyzed, but almost all of them had an indirect relation to these systems design. The analysis conducted showed that it is necessary to update and develop reference documentation for designing and calculating the main parameters of structural elements applicable to reclamation systems of dual controlling of water regime, taking into account the possible ranges of their application, as well as to update the methods for calculating the drainage discharge volume and module at different precipitation supply depending on various conditions that determine factors dynamics.

Key words: reclamation system, dual controlling of water regime, drainage, normative document, designing, regulatory and engineering provision.

Введение. По данным мелиоративного кадастра, осушение земель сельскохозяйственного назначения производится на площади 4,39 млн га, к тому же около 1,4 млн га осушенных земель считаются находящимися в неудовлетворительном состоянии, а 1,6 млн га осушительных систем требуют проведения реконструкции. Проведенный анализ перспектив роста производства продукции показывает, что для обеспечения устойчивого развития АПК России необходимо иметь 8 млн га осушенных земель, т. е. следует практически удвоить их количество [1].

Расширение осушаемых площадей за счет применения технологии двустороннего регулирования водного режима почв возможно во многих регионах РФ, таких как Нечерноземная зона и Западная Сибирь.

Около 80 % территории Западной Сибири расположено на равнине и состоит из двух плоских чашеобразных сильно заболоченных впадин. Одной из данных территорий является Барабинская низменность (Бараба). Особенностью территории является малая канализованность, равнинный рельеф с развитым микрорельефом и отсутствие достаточных уклонов поверхности земли, что привело к значительной заболоченности.

Но в свою очередь на территории Западной Сибири чередование влажных циклов, сменяющихся малоснежными и засушливыми, приводит к подтоплению территорий, затоплению и переувлажнению пашни, сенокосов и пастбищ во влажные периоды, а в сухие периоды к снижению и даже гибели от засухи урожая. Все это говорит о необходимости применения систем двойного регулирования водного режима [2–4].

В свою очередь, проектирование и расчет данных систем необходимо проводить по утвержденным и действующим нормативно-техническим документам. В связи с этим возникла необходимость поиска и анализа таких документов в области проектирования мелиоративных систем двойного регулирования водного режима (осушительно-увлажнительных, осушительно-оросительных, водооборотных), что и определяет цель данного исследования.

Материалы и методы. Информационную базу научного исследования составили существующие нормативно-технические документы РФ, стран Таможенного союза, Международной организации по стандартизации (ИСО) и Международной электротехнической комиссии (МЭК). В ходе анализа нормативно-технической документации применялись аналитический, сравнительный и логический методы.

Результаты и обсуждения. Анализируя нормативно-техническое обеспечение проектирования мелиоративных систем двойного регулирования водного режима, нельзя обойти вниманием также и международный опыт в данной области. Международный опыт применительно к области исследований изучался по информационным базам ФГУП «Стандартинформ». Был произведен анализ присутствия пригодности стандартов ИСО и МЭК. Также был произведен поиск и анализ нормативно-технической документации Таможенного союза.

Поиск национальной нормативно-технической документации производился по системе «Кодекс», «Гарант», перечню нормативно-технических документов в области мелиорации и сельхозводоснабжения, документов, регламентирующих проектирование на территории РФ и имеющихся в фонде Информационного центра по нормированию и стандартизации в проектировании, а также использовался указатель нормативных документов по проектированию, действующих на территории РФ.

В результате было выявлено 10 документов, которые могли бы непосредственно и косвенно использоваться при проектировании мелиоративных систем двойного регулирования водного режима (рисунок 1).

В стандартах организации Национального объединения строителей рассматриваются общие вопросы проектирования осушительных систем, включающие требования к проектированию регулирующей, проводящей и оградительной сетей, вертикального дренажа, водоприемников, сооружений на осушительной сети, насосных станций, дамб и польдерных систем. Требования к проектированию осушительно-увлажнительных систем упоминались в трех пунктах и имели информативный характер. Также в данных документах рассматривались вопросы строительства, не касающиеся строительства мелиоративных систем двойного регулирования водного режима почв.

В национальных стандартах, касающихся поперечных сечений каналов оросительных и осушительных систем, рассматриваются вопросы выбора и расчета параметров поперечных сечений каналов, которые могут применяться в составе мелиоративных систем двойного регулирования.

В СП 100.1333.2016 и ВСН 33-2.2.03-86, а также пособия к нему рассматривают вопросы проектирования и расчета параметров дренажа на орошаемых землях. Положения данных документов, конечно, могут применяться и при расчете дренажа на мелиоративных системах двойного регулирования водного режима, но расчет таких систем имеет свои нюансы, которые не рассматриваются данными документами. Также ведомственные строительные нормы и пособия к ним в настоящее время, согласно закону о стандартизации, имеют неопределенный статус и должны быть актуализированы или переработаны в своды правил или национальные стандарты для их дальнейшего применения.



Рисунок 1 – Нормативно-техническое обеспечение проектирования и определения основных параметров элементов мелиоративных систем двойного регулирования водного режима почв

СТО ГУ ГГИ 08.30-2011 разработан государственным учреждением «Государственный гидрологический институт» (ГУ «ГГИ») Росгидромета, в настоящее время имеет неопределенный статус, так как, по данным найденных источников, не утвержден в установленном порядке.

В данном документе приведены методы расчета стока с болот или с их частей, находящихся как в неосушенном, так и в осушенном состоянии.

Документ находит свое применение на территории лесной и частично лесостепной зон европейской части России и Западной Сибири. Используется для выпуклых олиготрофных (сфагновых) болот, эвтрофных и мезотрофных осоково-гипновых и лесных болот, бугристых болот.

Вопросы расчета и проектирования сооружений мелиоративных систем в настоящем документе не рассматриваются, но он может найти свое применение при расчете объема дренажного стока с неосушенных и осушенных болот, который необходим для дальнейших расчетов элементов осушительно-увлажнительных систем.

ТКП 45-3.04-8-2005 и ТКП 45-3.04-203-2010 – технические кодексы установившейся практики Республики Беларусь.

В ТКП 45-3.04-8-2005 рассматриваются общие вопросы проектирования осушительно-увлажнительных систем, включающие общие указания, указания по проектированию водоподводящей, оградительной, распределительной и регулирующей сетей, а также мероприятия по увлажнению земель.

Настоящий документ распространяется на проектирование мелиоративных систем на просадочных, набухающих и пучинистых грунтах Республики Беларусь.

ТКП 45-3.04-203-2010 применяется при проектировании осушительно-увлажнительных систем двустороннего действия самотечных с горизонтальной регулирующей сетью.

В документе рассматриваются требования к водно-воздушному режиму почв

на осушительно-увлажнительных системах, вопросы по изыскательским работам, управления режимом осушения и увлажнения, водобалансовые расчеты, проектирование водоисточников и водоприемников, осушительно-увлажнительной сети, ГТС. Также в техническом кодексе рассматриваются классические типовые схемы осушительно-увлажнительных систем с подпочвенным увлажнением путем шлюзования применительно к условиям Республики Беларусь, приводятся различные данные по осадкам и испаряемости на данных территориях.

Но в данном техническом кодексе установившейся практики не рассматриваются вопросы увлажнения (орошения) капельным орошением, дождеванием с применением дождевальных машин и установок и других видов дождевания, накопления дренажного стока в различных бассейнах регулирования, типовые схемы не содержат схем для дождевания, так называемых осушительно-оросительных систем.

Выводы. Проведенный анализ нормативно-технического обеспечения мелиоративных систем двойного регулирования водного режима почв выявил следующие документы: национальные стандарты, своды правил, стандарты различных организаций, ведомственные строительные нормы, технические кодексы установившейся практики, пособия и др., но практически все они имеют косвенное отношение к проектированию данных систем. Также анализ показал, что в данных документах применяются классические технические решения по проектированию данных систем, при расчетах дренажного стока в данных документах недостаточно учитываются факторы, влияющие на формирование дренажного стока, особенности климата различных территорий, впитывание и инфильтрация осадков для различных по обеспеченности лет, почв, уровня подземных вод, подпитывания напорными водами, фильтрации из каналов, конструкций и параметров систем, данные гидрологических и гидрогеологических наблюдений и др. Все это говорит о необходимости разработки новых подходов к проектированию, компоновке, техническим решениям данных систем, учитывающих современные требования. Также необходимо актуализировать и разрабатывать нормативно-техническую и нормативно-методическую документацию по проектированию и расчету основных параметров конструктивных элементов применительно к мелиоративным системам двойного регулирования водного режима с учетом возможных диапазонов их использования, актуализировать методы расчета отводимого объема стока и модуля дренажного стока при различной обеспеченности осадками, в зависимости от различных условий, определяющих динамику этих показателей.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Концептуальное обоснование разработки стратегии научно-технического обеспечения развития мелиорации земель в России / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 4(24). – С. 1–21. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec441-field6.pdf.

2 Кожанов, А. Л. Анализ конструкций мелиоративных систем двустороннего действия и основные пути совершенствования / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2(70). – С. 91–98.

3 Васильев, С. М. Моделирование процесса проектирования элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима / С. М. Васильев, А. Л. Кожанов // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(01). – С. 113–128. – Режим доступа: http://rosniipm-sm1.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec16-field12.pdf.

4 Кожанов, А. Л. Моделирование процесса компоновки функциональных модулей осушительной системы двустороннего действия / А. Л. Кожанов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 4(72). – С. 24–31.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.6.006.036

В. В. Слабунов, О. В. Воеводин

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

АНАЛИЗ ПРАВОВОЙ И НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ФОНДА ТИПОВОЙ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

Целью исследования является проведение анализа научной правовой и нормативной документации для выявления проблем при использовании и формировании фонда типовой проектной документации мелиоративных объектов. Для исследований использовалась правовая документация, строительные каталоги, нормативно-техническая документация в области проектирования и строительства мелиоративных объектов, а также формирования фондов типовой проектной документации. В результате исследований установлено, что типовое проектирование мелиоративных объектов в современных условиях претерпевает тенденции перехода на новые принципы, которые пока сдерживаются уровнем потребности в орошаемом земледелии, недостаточностью развития законодательной и нормативно-технической баз. Также выявлен ряд проблем в области использования и формирования фонда типовой проектной документации, которые необходимо устранить в целях совершенствования и развития типового проектирования.

Ключевые слова: правовая документация, нормативная документация, фонд, типовая проектная документация, мелиоративный объект.

V. V. Slabunov, O. V. Voevodin

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

ANALYSIS OF LEGAL AND REGULATORY DOCUMENTATION IN THE FIELD OF USING AND FORMING A TYPICAL DESIGN DOCUMENTATION FUND OF LAND RECLAMATION OBJECTS

The aim of the study is to analyze the scientific legal and regulatory documentation to identify problems in the use and formation of a fund of typical design documentation of land reclamation facilities. For research, the legal documentation, construction catalogs, regulatory and technical documentation in the field of design and construction of land reclamation facilities as well as the formation of typical design documentation funds were used. As a result of research it was found that typical design of land reclamation facilities under modern conditions is undergoing the tendencies of transition to new principles, which are still constrained by the level of demand for irrigated agriculture, insufficient development of legislative and regulatory and technical bases. Also, a number of problems in the field of using and forming a typical design documentation fund, which must be eliminated in order to improve and develop a typical design were identified.

Key words: legal documentation, regulatory documentation, fund, typical design documentation, land reclamation object.

Введение. Проектирование согласно Федеральному закону № 4-ФЗ «О мелиорации земель» [1] относится к основополагающим мелиоративным мероприятиям, а разработка проектной документации является обязательной при проведении любого вида мелиорации земель.

Масштабное внедрение типового проектирования мелиоративных объектов с 1965 по 1990 г. позволило добиться разносторонних положительных результатов в экономической, технологической и социальной сферах [2].

На протяжении всего времени типовое проектирование зарекомендовало себя как эффективный инструмент как в странах бывшего Советского Союза [3], так и за рубежом [4, 5], однако изменяющаяся общественно-политическая ситуация не позволяет в полной мере использовать ранее наработанные механизмы [6]. Так, применение при проектировании, в частности, компьютерного моделирования с помощью систем поддержки принятия решений и представление проектов в электронном виде не увязывается с существующей системой фонда типовой проектной документации (ТПД) как в части его формирования, так и в части его регламентации правовыми и нормативными документами. В связи с этим целью исследования является проведение анализа правовой и нормативной документации для выявления проблем при использовании и формировании фонда типовой проектной документации мелиоративных объектов.

Материалы и методы. В работе использовалась правовая документация, строительные каталоги (СК), нормативно-техническая документация в области проектирования и строительства мелиоративных объектов, а также формирования фондов ТПД. В методическом отношении использовались следующие методы: индукции, обобщения, системного анализа, сравнения и синтеза.

Результаты и обсуждение. Первоначально с целью развития типового проектирования возникла необходимость в стандартизации процессов, связанных с созданием и применением типовых проектов, уже в 1952 и 1955 гг. разрабатываются и утверждаются первые инструкции [7, 8]. Данные инструкции позволяют стандартизировать и упорядочить все действия, связанные с созданием и применением типовых проектов, и внедрить в них экономическую составляющую – финансовую (сметы). Данные нововведения позволили давать единую оценку, как материальную и техническую, так и стоимостную, применению того или иного проекта. Далее для повсеместного внедрения и стандартизации уже во всем бывшем Советском Союзе принимается решение о корректировке вышеприведенных инструкций и присвоении им номеров установленного образца [9, 10]. Параллельно с применением данных инструкций вводятся в действие два строительных норматива [11, 12], на первый взгляд отражающих совершенно сторонние положения в отношении инструкций [9, 10]. Однако в результате практического применения было выявлено, что положения строительных норм [12] и инструкций [9, 10] практически однотипны, т. е. имеют очень «малые» специфические отличия и по сути дублируют положения друг друга. В связи с этим в конце 70-х гг. прошлого столетия было принято решение о переработке и создании двух строительных нормативов [13, 14], которые позволили бы однозначно толковать положения, касающиеся процессов создания и применения типовых проектов.

Данные строительные нормы порядка 10 лет применялись неизменно. В связи с накоплением практического опыта типового проектирования за время применения вышеприведенных строительных норм встала необходимость в их актуализации и приведении в соответствие с современными требованиями, как правовыми, так и научными достижениями в данной области. Результатом этой актуализации стала компиляция данных строительных норм в единый нормативный документ [15], который явился первым основным нормативным документом, определяющим полные положения по созданию, применению, хранению и т. д. разработанной ТПД. В свою очередь данные строительные нормы становятся последним нормативным документом по типовому проектированию, разработанным в СССР.

Также необходимо отметить, что в связи с разработкой и накоплением большого количества типовых проектов возникла потребность в создании и ведении фонда ТПД. Так, через сравнительно небольшой промежуток времени после введения в действие инструкции СН 227-82 [15] разрабатываются и вводятся в действие два нормативных документа: «Временные указания...» [16] и «Временное положение...» [17]. Данные нормативные документы позволяли регламентировать не только правила создания (ведение), но и процессы накопления и реализации данных проектов. Одной из особенностей данных нормативных документов является создание централизованной «базы» типовых проектов, разработанных в разных регионах страны многочисленными проектными организациями. Реализация «единой» базы типовых проектов отражалась в создании и ведении «единого» СК (ежегодно обновляющегося). В данные СК предполагалось включать типовой проект многократного применения различных конструкций (сооружений) и их элементов. Немаловажным фактором являлось то, что в данных проектах использовались унифицированные параметры (размеры), позволяющие массово их применять как при изготовлении, так и при строительстве (проектировании), но необходимо «оговориться», что применение данного СК не исключало наличие и применение других территориальных каталогов типовых проектов.

Для дальнейшей реализации работ в области типового проектирования в 1997 г. введено в действие постановление [18], которое регламентировало образование Федерального фонда документации в строительстве (ФФДС). Данный фонд не только должен был включать документацию, связанную с типовым проектированием, но и являлся бы «единым» нормативным фондом, включающим всю необходимую для строительства, проектирования и эксплуатации нормативную и методическую документацию. Это в свою очередь позволяло бы как вести «строгий» учет, так и оперативно вносить соответствующие изменения в проекты согласно изменяющимся правовым требованиям и научно-техническим достижениям. Всю организацию работы по созданию, ведению, хранению и реализации возложили на ГУП ЦПП.

Нельзя обойти вниманием следующий факт: в связи с наличием большого количества разработок в области типового проектирования, накопленных различными проектными институтами, без учета требований, предъявляемых к СК ТПД, и «своевольным» присвоением им каталожных номеров, а также невозможностью повсеместного снабжения (доведения до потребителя) непосредственно самого «единого» СК Минстром России было принято решение, отраженное в постановлении [19] и письме [20], об обязательной сертификации и передаче в ФФДС разработанной ТПД. При этом присвоение номера (серии) тому или иному типовому проекту осуществляется только после проведения процедуры сертификации и непосредственного включения в СК имеющего аналогичную структуру ФФДС (в соответствии с постановлением Госстроя РФ [21] в части типовых проектов):

- СК-2 – типовые серии и типовые материалы;
- СК-3 – типовые проекты.

Последующей разработкой в современной России является разработка на основе строительных норм [15] и с учетом преобразований в правовой документации СНиПа [22]. Данными СНиПом «узаконивался» термин «типовая проектная документация» (ТПД), ранее отражавшаяся в различных интерпретациях, как в правовых, так и в нормативно-технических документах. В свою очередь в положениях данного СНиПа приводилась четкая классификация видов ТПД: типовые строительные конструкции, изделия и узлы (типовые серии); типовые проекты и типовые материалы для проектирования. Применение типовых строительных конструкций, изделий и узлов предполагалось как на промышленных предприятиях, так и непосредственно при производстве работ на стройплощадках. Типовые проекты служили для целей строительства различного рода сооружений всех областей строительства, а также для возможности непосред-

ственной привязки их к конкретным условиям строительства, как типового, так и индивидуального. В свою очередь « типовые материалы » являлись методическим обеспечением проектных организаций при проведении работ по привязке и проектированию различных объектов строительства.

Необходимо отметить, что первым упоминанием в правовом поле является упоминание термина « типовая проектная документация » в Градостроительном кодексе РФ [20]. В связи с этим приказом [21] определены критерии отнесения проектной документации к ТПД, а также к модифицированной ТПД. Однако данный приказ [21] вводил ограничение на отнесение проектной документации к « типовой », так, к ТПД стала относиться только проектная документация в целом на объект, а не на отдельные конструкции и элементы. Но так как крупные объекты строительства состоят из большого количества элементов, подверженных типизации, то уже в 2011 г. Минрегионом РФ принято решение [23] об отмене приказа [21]. Дальнейшим результатом работы в данном направлении было внесение изменений в Федеральный закон от 3 июля 2016 г. № 368-ФЗ, предполагающих выделение из ТПД:

- проектной документации повторного использования;
- экономически эффективной проектной документации повторного использования;
- модифицированной проектной документации.

Нельзя обойти вниманием и тот факт, что « бурное » развитие поясняющих нормативных документов различного вида было в 2015 г. Так, принятие « Методических рекомендаций по использованию типовой проектной документации, информация о которой внесена в реестр типовой проектной документации » должно было дать четкие рекомендации по использованию ТПД, однако положения, отраженные на одной странице, не позволили этого сделать.

В связи с этим в 2015 г. было принято решение о разработке свода правил [24], введение которого позволило бы не только установить (закрепить) законодательно терминологию в области ТПД, но и упорядочить состав, порядок разработки, привязки, хранения и распространения данной документации. Но на данный момент этот свод правил так и не был утвержден и введен в действие.

На основании вышеприведенного перед федеральным органом исполнительной власти (Минстроем России), регулирующим вопросы в области типового проектирования, стоят основные вопросы: непосредственное формирование банка информации о проектной документации, а также формирование реестра ТПД. Однако отметим тот факт, что при данных действиях необходимо не только участие проектных организаций, но и непосредственное участие проектных организаций по разработке типовых проектов, при этом данные организации применительно к мелиоративной отрасли – отсутствуют.

Единственный действующий на данный момент правовой документ, определяющий порядок, правила формирования и ведения реестра ТПД [25], по своей сути регламентирует « общие » положения. Так, изложенные на двух страницах машинописного текста, « Правила... » в полной мере не раскрывают алгоритм формирования, ведения, состав и структуру информации о проектной документации.

Выводы

1 Типовое проектирование мелиоративных объектов в современных условиях претерпевает тенденции перехода на новые принципы, которые пока сдерживаются уровнем потребности в орошаемом земледелии, недостаточностью развития законодательной и нормативно-технической баз.

2 На основе анализа правовой и нормативной документации в области использования и формирования фонда ТПД выделены следующие проблемы:

- отсутствуют установленные требования к составу разделов, содержанию и порядку привязки ТПД;
- отсутствует четкая процедура экспертизы ТПД (типового проекта, проекта по-

вторного применения, модифицированной проектной документации), закрепленная законодательно; отсутствует порядок актуализации, хранения и приобретения ТПД;

- отсутствует четкая система определения стоимости при приобретении ТПД из федерального реестра;

- до сих пор остается открытым вопрос приобретения лицензионного договора на использование документации и авторских прав на ТПД;

- отсутствуют законодательные положения конкурсных процедур выбора объекта-аналога из ТПД заказчиком (в данном случае государственным); несовершенна структура и состав фонда ТПД.

Список использованных источников

1 О мелиорации земель: Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

2 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 2 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 307 с.

3 Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России / А. В. Колганов, Н. А. Сухой, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 222 с.

4 Rain Bird Corporation. Landscape Irrigation Design Manual [Electronic resource]. – Mode of access: <https://rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2018-02/IrrigationDesignManual.pdf>, 2019.

5 Rene Garcia, P. E. Hydraulic Design Manual [Electronic resource] / P. E. Rene Garcia. – Mode of access: <http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/hyd/hyd.pdf>, 2019.

6 Слабунов, В. В. Анализ нормативно-правовой базы применения типовой проектной документации для автоматизированного проектирования мелиоративных систем и сооружений / В. В. Слабунов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 4(72). – С. 180–185.

7 Инструкция по составлению проектов и смет по промышленному и жилищно-гражданскому строительству: утв. Постановлением Совета Министров СССР 26 января 1952 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

8 Инструкция по составлению типовых проектов и их применению в строительстве: утв. Постановлением Совета Министров СССР 31 января 1955 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

9 Инструкция по составлению проектов и смет по промышленному и жилищно-гражданскому строительству: И 112-56: инструкция Госстроя СССР от 05.05.56 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

10 Инструкция по составлению типовых проектов и их применению в строительстве: И 118-56: утв. Госстроем СССР 16.08.56: введ. в действие с 16.08.56. – М.: Стройиздат, 1983. – 46 с.

11 Инструкция по разработке типовых проектов для промышленного строительства: СН 227-62: утв. Госстроем СССР 12.11.62: введ. в действие с 01.01.63. – М.: Стройиздат, 1963. – 82 с.

12 Указания по проектированию и монтажу систем централизованного водяного отопления с конверторами плинтусного типа: СН 354-66: утв. Госстроем СССР 21.07.66: введ. в действие с 08.01.66. – М.: Стройиздат, 1966. – 95 с.

13 Инструкция по разработке типовых проектов для промышленного строительства: СН 227-70: утв. Госстроем СССР 07.07.70: введ. в действие с 01.10.70. – М.: Стройиздат, 1983. – 51 с.

14 Временная инструкция по разработке проектов и смет для жилищно-

гражданского строительства: СН 401-69: утв. Госгражданстроем 19.12.69: введ. в действие с 19.12.69. – М.: Стройиздат, 1970. – 165 с.

15 Инструкция по типовому проектированию: СН 227-82: утв. Постановлением Госстроя СССР 18.05.83: введ. в действие с 01.06.82. – М.: Стройиздат, 1983. – 35 с.

16 Временные указания по составу, правилам выполнения, комплектованию и оформлению проектной документации на типовые строительные конструкции, изделия и узлы: Постановление Госстроя СССР от 13 мая 1987 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

17 Временное положение по организации разработки и распространения проектной документации на типовые строительные конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений: Постановление Госстроя СССР от 27 января 1988 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

18 О совершенствовании работ по ведению фондов нормативных документов и типовой проектной документации: Постановление Госстроя России от 23 декабря 1997 г. № 18-72 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

19 О функционировании системы Строительного каталога: Постановление Госстроя РФ от 30 августа 2000 г. № 84 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

20 Градостроительный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ: по состоянию на 3 августа 2018 г. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

21 Об утверждении критериев отнесения проектной документации к типовой проектной документации, а также к модифицированной типовой проектной документации, не затрагивающей конструктивных и других характеристик надежности и безопасности объектов капитального строительства: Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 9 июля 2007 г. № 62 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

22 Типовая проектная документация: СНИП 11-03-2001: утв. Госстроем СССР 29.11.01: введ. в действие с 01.01.02. – М.: ГУП ЦПП, 2002. – 9 с.

23 О признании утратившим силу приказа Министерства регионального развития Российской Федерации от 9 июля 2007 г. № 62 «Об утверждении критериев отнесения проектной документации к типовой проектной документации, а также к модифицированной типовой проектной документации, не затрагивающей конструктивных и других характеристик надежности и безопасности объектов капитального строительства»: Приказ Минрегиона РФ от 31 января 2011 г. № 27 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

24 Проект СП «Типовая проектная документация» // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

25 Об утверждении правил формирования и ведения реестра типовой проектной документации, а также состава информации о проектной документации, которая подлежит внесению в реестр, и формы ее представления: Приказ Минрегиона России от 29 марта 2013 г. № 106 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

УДК 631.6.006.036

О. В. Воеводин, В. В. Слабунов

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФОНДА И ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ РЕСУРСОВ
ТИПОВОЙ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Целью исследования является проведение анализа научной литературы, каталогов и нормативно-технической документации для выявления современного состояния фонда и обеспечивающих ресурсов типовой проектной документации мелиоративных объектов. Использовались работы российских ученых в области проектирования мелиоративных объектов, строительные каталоги, нормативно-техническая документация по проектированию. В результате исследований установлено, что типовая проектная документация перспективна как сегодня, так и в будущем. Интеграция типовой проектной документации и ресурсов позволит достигать значительных результатов при принятии государством решений по восстановлению и развитию мелиоративной отрасли.

Ключевые слова: типовая проектная документация, мелиоративный объект, строительный каталог, фонд, обеспечивающий ресурс, проектирование.

O. V. Voevodin, V. V. Slabunov

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

THE CURRENT STATE OF THE FUND AND PROVIDING RESOURCES OF TYPICAL DESIGN DOCUMENTATION OF LAND RECLAMATION OBJECTS

The aim of the study is to analyze the scientific literature, catalogues and regulatory and technical documentation to identify the current state of the fund and the providing resources of typical design documentation of reclamation facilities. The researches of Russian scientists in the field of land-reclamation objects design, construction catalogues, regulatory and technical documentation of design were used. As a result of the research it was found that the typical design documentation is promising both today and in the future. The integration of typical design documentation and resources will allow achieving significant results when the government makes decisions on the restoration and development of the land-reclamation industry.

Key words: typical design documentation, reclamation object, construction catalogue, fund, the providing resource, design.

Введение. В строительстве первые упоминания о типовых проектах относятся к XV в. при постройке стен Архангельска. Впервые прототипы «серий» начали использоваться уже в XVII в. при строительстве типовых жилых домов, в виде альбомов типовых проектов.

Системные мероприятия, в т. ч. применение типового проектирования, проведенные руководящими структурами СССР в 60-х гг. прошлого века, позволили сократить сроки ввода в эксплуатацию мелиоративных объектов и увеличить их площади более чем в 4 раза.

В. Н. Щедрин и др. [1] пишут, «...что по каждому из функциональных элементов оросительных систем накоплен большой опыт исследований, проектирования, строительства и эксплуатации, известны достоинства и недостатки используемых конструкций...», а за годы использования системы типового проектирования были выделены основные положительные моменты [2], такие как уменьшение трудоемкости, стоимости, длительности процесса проектирования, улучшение качества проектной документации за счет выполнения требований документации по стандартизации и использования отечественного и зарубежного опыта. Данные утверждения позволяют отнести типовое проектирование в целом и разработку типовой проектной документации (ТПД) в частности к перспективным направлениям, актуальность которых просматривается как на данный момент, так и в будущем.

Материалы и методы. Использовались работы российских ученых в области проектирования мелиоративных объектов, строительные каталоги, нормативно-техниче-

ская документация по проектированию. В качестве методических подходов использовались логические приемы: анализ, синтез, сравнение, абстрагирование и обобщение.

Результаты и обсуждение. Для рассмотрения вопроса современного состояния фонда ТПД необходимо определить, какую смысловую нагрузку несет термин «фонд типовой проектной документации». Условно определим, что в нашем случае фонд – это общий объем ТПД на электронных и (или) бумажных носителях, пригодной для использования в проектной деятельности при разработке проектной документации интересующего нас профиля.

На текущий момент существуют два механизма привлечения к использованию ТПД, не нарушающих законодательство Российской Федерации в части авторских прав. Первый заключается в нахождении необходимой ТПД по строительному каталогу с последующим заказом ТПД у разработчика (в случае новой разработки) или у держателя ТПД в лице ОАО «ЦИТП им. Г. К. Орджоникидзе» и др. (в случае старой разработки времен СССР и молодой России). Второй заключается в нахождении исполнителя (разработчика) необходимой ТПД по данным размещенной информации в реестрах экономически эффективной проектной документации и ТПД, а также в едином государственном реестре заключений экспертизы с последующим приобретением интересующей ТПД.

Обратившись к информации, находящейся на официальных сайтах организаций, имеющих информационное отношение к фонду ТПД, можно определить имеющийся объем информации для использования при проектировании мелиоративных объектов оросительных систем.

Организация ФГУП ЦПП, ОАО «ЦПП», а ныне ОАО «ЦИТП им. Г. К. Орджоникидзе» была создана в соответствии с решением Госстроя РФ, является ведущей организацией по ведению наибольшего количества из частей строительного каталога (в т. ч. СК-2 и СК-3). На сайте ОАО «ЦИТП им. Г. К. Орджоникидзе» имеется не обновляемый с 16.12.2011 прайс-лист, в котором приведен только перечень продукции, состоящий из законодательных и нормативно-технических документов: СП, СНиП, ГСН, ГЭСН, ФЭР. На странице сайта имеется витрина с группой документов, среди которых присутствуют строительные каталоги в количестве пяти штук. Из них четыре относятся к строительным каталогам с перечнями по ТПД, и только один из них («СК-2. 2.901-2009. Насосные станции водопроводные») может быть использован при выборе ТПД для проектирования малых оросительных систем. Другой информации найти не удалось.

В информационной системе «Техэксперт» присутствуют полнотекстовые строительные каталоги интересующих нас частей (СК-2, СК-3): П-2.01-2002, П2.02-2003, П-2.08-2006, П-2.04-2006, П-3.0-2014, П-3.0-2018 [3–8]. Анализ перечней строительных каталогов показал, что их актуализация проводилась в 2013, 2014 и 2018 гг., однако новых элементов (разработки XXI в.) перечней насчитывается менее 1 %. В результате анализа СК-3 П-3.0-2018 получено, что основная масса элементов (проектная документация типовых строительных конструкций, изделий и узлов) перечня датируется 70–90-ми гг. прошлого века, а в СК-2 П-2.08-2006 (по состоянию на 01.01.2013) основная масса элементов (ТПД) перечня датируется второй половиной 80-х гг. прошлого века. К тому же при условии, что рассматриваемый СК-2 выпущен по состоянию на 01.01.2013, в перечне отсутствует документация, датируемая позднее 1994 г. По СК-2 П04-96 [9] проведен анализ имеющейся ТПД, которая может быть использована при проектировании оросительных систем, в результате чего получена информация о количестве ТПД по 21 элементу оросительных систем с общим количеством ТПД 1218 шт. Стоит отметить, что анализировался выпуск СК-2 не из последних, так как в более поздних исключен (сделан пропуск) раздел 8 с наименованием «Предприятия, здания и сооружения сельского хозяйства и мелиорации», и в частности его подраздел «Системы и сооружения мелиоративные».

В сегодняшних реалиях при наработке современных подходов к компоновке оросительных систем [10, 11], в т. ч. энергоэффективных [12, 13], возникает затруднение в использовании ранее разработанной ТПД и требуется разработка и создание современного фонда НТД.

Реестры экономически эффективной проектной документации [14] и ТПД [15], ведением которых занят Минстрой России, не содержат документацию на мелиоративные объекты, а их структура включает только объекты гражданского строительства.

Проектная документация, прошедшая экспертизу, может использоваться как ТПД, в связи с чем для определения объемов фондов ТПД воспользуемся информацией по экспертным заключениям. По данным Единого государственного реестра заключений экспертизы проектной документации объектов капитального строительства, размещенным на официальном сайте Главгосэкспертизы России [16], в период 2018–2019 гг. размещено 39 экспертных заключений по проектам оросительных систем. Из размещенных экспертных заключений 31 имеет статус положительных, а общая площадь запроектированных оросительных систем составляет менее 10 тыс. га. Площади запроектированных оросительных систем варьируются от 54,7 до 2287 га. Доля проведенных экспертиз по проектам оросительных систем занимает 0,18 % от общего количества проведенных экспертиз проектной документации за период 2018–2019 гг., при этом 0,15 % получили положительное решение.

В соответствии с экономической теорией [17], выделяются четыре основные группы производственных ресурсов: природные, трудовые, материальные и финансовые.

Природные ресурсы в проектной деятельности используются незначительно, в связи с чем рассматриваться не будут. Материальные и финансовые ресурсы имеют в данном случае тесную взаимосвязь между собой и впоследствии зависят от экономического развития, созданных государством условий и создаваемых проектной организацией возможностей (гибкость в новых экономических условиях). Материальные ресурсы на современном этапе развития значительно превосходят по своему качеству и функциональности данные ресурсы времен Советского Союза, позволяющие при меньшем количестве трудовых ресурсов выполнять проектные работы больших объемов.

Трудовые ресурсы с течением времени претерпевали значительные изменения. Так, в Российской Федерации в 1990 г. насчитывалось примерно 1800 проектных организаций с общей численностью сотрудников, превышающей 800 тыс. чел. С распадом СССР численность сотрудников проектных организаций в Российской Федерации сократилась в среднем в 4 раза [18], причиной чему стали деградация экономики, отстранение от бюджетного финансирования, резкое сокращение количества заказов на проектную деятельность. К 2003 г. произошла системная перенастройка структуры проектной деятельности, выражающаяся в проведении реорганизации проектных организаций с перераспределением трудовых ресурсов из менее в более востребованные сектора экономики (жилищно-гражданское, дорожное строительство и нефтегазовый сектор), число организаций выросло до 10 тыс., а количество сотрудников до 240 тыс. чел.

По данным Р. Рыбакова [19], на сегодняшний момент проектное сообщество России насчитывает примерно 600 тыс. проектировщиков, объединенных в 191 саморегулируемую организацию. Выделение из общего числа проектных организаций тех, которые работают в области мелиорации, затруднено ввиду их ухода от признаков отраслевой принадлежности, в отличие от 142 строительных организаций, объединенных в ассоциацию «Объединение строителей в области мелиорации и водного хозяйства».

Выводы

1 Современное состояние фонда ТПД мелиоративных объектов не способствует динамичному развитию отрасли, наработки, сделанные при Советском Союзе, стремительно устаревают, теряя свою актуальность, объемы наработок ТПД в современной России незначительны для проведения крупномасштабных работ по проектированию.

2 На данный момент трудовые ресурсы в России насчитывают 600 тыс. специалистов-проектировщиков, что по числу приближается к численности состава проектных организаций времен Советского Союза в рамках Российской Федерации, материальные ресурсы, используемые в проектировании, вышли на качественно новый функциональный уровень, а интеграция ресурсов позволит достигать значительных результатов при принятии государством решений по восстановлению и развитию мелиоративной отрасли.

Список использованных источников

1 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 2 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 307 с.

2 Слабунов, В. В. Анализ нормативно-правовой базы применения типовой проектной документации для автоматизированного проектирования мелиоративных систем и сооружений / В. В. Слабунов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 4(72). – С. 180–185.

3 СК-2 Предприятия, здания и сооружения. П-2.08-2006. Перечень типовой проектной документации сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений (по состоянию на 1 января 2013 г.) // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

4 СК-2 Предприятия, здания и сооружения. П-2.01-2002. Перечень типовой проектной документации жилых зданий для строительства в городах и поселках городского типа (по состоянию на 1 января 2013 г.) // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

5 СК-2 Предприятия, здания и сооружения. П2.02-2003. Перечень типовой проектной документации общественных зданий для строительства в городах, поселках городского типа и в сельской местности. Малые формы архитектуры и элементы благоустройства (по состоянию на 1 января 2013 г.) // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

6 СК-2 Предприятия, здания и сооружения. П-2.04-2006. Перечень типовой проектной документации предприятий, зданий и сооружений промышленности, электроэнергетики, транспорта, связи, складского хозяйства и санитарной техники (по состоянию на 1 января 2013 г.) // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

7 СК-3 П-3.0-2014 Перечень проектной документации типовых строительных конструкций, изделий и узлов зданий и сооружений для всех видов строительства (по состоянию на 1 января 2014 г.) // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

8 СК-3 П-3.0-2018 Перечень проектной документации типовых строительных конструкций, изделий и узлов зданий и сооружений для всех видов строительства (по состоянию на 1 января 2018 г.) // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

9 Перечень типовой проектной документации предприятий, зданий и сооружений промышленности, электроэнергетики, транспорта, связи, складского хозяйства, водного хозяйства и санитарной техники. П04-96. В 2 ч. Ч. 2 (по состоянию на 1 января 1996 г.) / Госстрой России. – М.: ЦПП, 1999. – 232 с.

10 Васильев, С. М. Циклическое орошение и технические средства для его осуществления / С. М. Васильев, А. В. Акопян, Т. П. Андреева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 34–36.

11 Методические указания по совершенствованию технологий орошения и повышению эффективности использования местного стока для орошения земель сельско-

хозяйственного назначения / В. Н. Щедрин, Ю. Ф. Снопич, Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев, А. С. Капустян, Л. М. Докучаева, А. С. Штанько, А. Л. Кожанов, А. А. Кузьмичёв. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – 147 с.

12 Штанько, А. С. Энергоэффективные оросительные системы / А. С. Штанько // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 4(60). – С. 11–15.

13 Кожанов, А. Л. К вопросу разработки энергоэффективных оросительных систем нового поколения / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 3(59). – С. 62–65.

14 Реестр экономически эффективной проектной документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minstroyrf.ru/docs/14803/>, 2019.

15 Реестр типовой проектной документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minstroyrf.ru/docs/1482/>, 2019.

16 Государственная информационная система. Единый государственный реестр заключений экспертизы проектной документации объектов капитального строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://egrz.ru/organisation/reestr/%7B%22Reestr-ItemStatusArray%22%3A%5B%5D%2C%22searchString%22%3A%22%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%88%D0%B5%D0%BD%22%7D>, 2019.

17 Ресурсы и факторы производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://economy-web.org/?p=581>, 2019.

18 Олейников, В. Проектные институты советского наследия – доходность и перспективы [Электронный ресурс] / В. Олейников, Э. Данилов. – Режим доступа: <https://srgroup.ru/mass-media/experts-say-srg/design-institutes-of-the-soviet-heritage-profitability-and-prospects/>, 2019.

19 Рыбаков, Р. Обострение проблем проектировщиков при экономическом спаде [Электронный ресурс] / Р. Рыбаков. – Режим доступа: https://stopress.ru/archive/html/STO_0546AVGUST_2016/OBOSTRENIE_PROBLEM_PROEKTIROVSHIKOV_PRI_EKONOMICHEskom_SPADe.html, 2019.

УДК 631.6.006.036

А. В. Слабунова, И. В. Клишин

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

АНАЛИЗ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ РФ

Целью исследования является проведение анализа нормативного обеспечения и состояния мелиоративных объектов РФ, в частности мелиоративных гидротехнических сооружений. Для исследований использовалась правовая и нормативно-техническая документация в области ведения и формирования государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, а также сведения о мелиоративных гидротехнических сооружениях, собранные в подведомственных Минсельхозу России организациях по мелиорации земель. В результате анализа правовых и нормативных документов в области ведения и формирования сведений для целей государственного водного реестра и мониторинга водных объектов имеем отсутствие документов, отражающих специфику и подходы в определении включения в мониторинг водных объектов мелиоративных объектов. Анализ состояния мелиоративных объектов, находящихся в оперативном управлении Минсельхоза России, показывает, что: на балансе государства находится порядка 1689 систем различных типов, 64,6 % мелиоративных гидротехнических сооружений относятся к IV классу, 80 % имеющихся систем относятся к категории ограниченного или неработоспособного состояния со степенью износа от 51 до 100 %.

Ключевые слова: мелиоративный объект, правовая документация, нормативная документация, гидротехническое сооружение, водный объект, техническое состояние.

A. V. Slabunova, I. V. Klishin

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

ANALYSIS OF REGULATORY SUPPORT AND TECHNICAL STATE OF RECLAMATION OBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION

The objective of the research is to analyze the regulatory support and state of reclamation objects of the Russian Federation, in particular, land reclamation hydraulic structures. Legal and regulatory and technical documentation in the field of maintaining and forming the State water register and monitoring the water bodies, as well as information on reclamation hydraulic structures collected in the land reclamation organizations under the Ministry of Agriculture of Russia were used for research. As a result of the analysis of legal and regulatory documents in the field of maintaining and compiling information for the purposes of the State water registry and water bodies monitoring, there are no documents reflecting the specifics and approaches in determining the inclusion of land reclamation objects in water bodies monitoring. State analysis of the reclamation objects under the operational control of the Ministry of Agriculture of Russia shows that there are about 1689 systems of various types on the state balance, 64.6 % of land-reclamation hydraulic structures belong to class IV, 80 % of the existing systems are in limited or inoperative condition with a degree of wear from 51 to 100 %.

Key words: reclamation object, legal documentation, regulatory documentation, hydraulic structure, water body, technical condition.

Введение. Приоритетным направлением реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [1] является развитие и поддержка мелиорации земель, которое выражается в большей степени в проведении работ по реконструкции и модернизации мелиоративных объектов, в частности мелиоративных гидротехнических сооружений (ГТС), относящихся к государственной собственности.

Для реализации поставленных целей необходимо принятие управленческих решений по «очередности» выполнения различного рода строительных и проектных работ на мелиоративных объектах [2]. Одним из основных способов, способствующих принятию обоснованных решений, является проведение мониторинга данных объектов, как непосредственно на наличие их, так и по определению технического состояния [3].

В связи с этим целью исследования является проведение анализа нормативного обеспечения и технического состояния мелиоративных объектов РФ, в частности мелиоративных ГТС.

Материалы и методы. В работе использовалась правовая документация и нормативно-техническая документация в области ведения и формирования государственного водного реестра и мониторинга водных объектов (ГВР и ГМВО), а также сведения о мелиоративных ГТС, полученные от подведомственных Минсельхозу России учреждений по мелиорации земель. В качестве методических подходов использовались методы обобщения, сравнения, системного анализа и синтеза.

Результаты и обсуждение. При рассмотрении вопроса о состоянии мелиоративных объектов РФ, в частности мелиоративных ГТС, нельзя обойти вниманием вопрос анализа нормативного обеспечения работ, связанных с проведением их мониторинга.

Так, для определения регламентирующих мониторинг ГТС положений (форм, порядка и т. д.) были проанализированы правовые и нормативные документы различ-

ных государственных служб (Росводресурсы, Ростехнадзор, МПР). Данный анализ показал наличие большого количества отмененных правовых документов (приказы и т. д.), которое предопределило поиск и подготовку соответствующего обоснования для заполнения типовых форм и таблиц при проведении работ в области ведения ГВР, а также ГМВО. Так, в связи с отменой приказа от 29 января 2013 г. № 34 [4] возникает неопределенность в дефиниции типа и назначения ГТС в форме 5.1, а также при определении характеристики уровня безопасности ГТС. В процессе поиска регламентирующего документа было выявлено, что при «определении» типа и назначения ГТС следует руководствоваться положениями приказа от 25 апреля 2016 г. № 159 [5], а уровень безопасности следует оценивать согласно положениям приказа от 12 августа 2015 г. № 312 [6].

Также необходимо отметить, что отмена приказа от 29 декабря 2006 г. № 1163 [7] внесла изменения в определение (оценку) технического состояния ГТС, отражаемое в форме 5.2. Однако при определении было принято решение использовать положения национального стандарта ГОСТ Р 54523-2011 [8], регламентирующего категории технического состояния ГТС, хотя применение данного стандарта не является «обязательным условием».

Внесенные изменения (действующие с 01.01.2019) в основополагающий правовой документ [9], регламентирующий порядок ведения ГВР, в части сведений, передаваемых Росводресурсам для формирования ГВР, не лежат в области компетенций Минсельхоза России и не влияют на формы и сведения, представляемые подведомственными ему учреждениями.

В свою очередь, даже такие небольшие изменения вышеприведенных регламентирующих положений повлекли за собой внесение изменений в разработанные ФГБНУ «РосНИИПМ» методические указания по ведению ГВР и ГМВО для целей мелиорации земель и оперативное доведение соответствующих изменений, а также дополнительные трудовые затраты по консультированию организаций, предоставляющих соответствующие сведения о мелиоративных объектах. Общий анализ имеющихся правовых и нормативных документов в данной области исследований показывает отсутствие как отдельных документов, так и положений, регламентирующих включение и подходы к определению мелиоративных ГТС для включения в соответствующие формы МВО, а также выявил, что формами учитываются ГТС, которые по своему функциональному назначению не относятся к разряду «водных» (мостовые и трубопереезды и т. д.).

Анализ состояния мелиоративных объектов за период 2016–2017 гг., в частности мелиоративных ГТС, проводился в соответствии с НИР по сбору и обработке сведений по ГМВО и ГВР.

Распределение по типам водохозяйственных систем (рисунок 1) показало снижение на 1,2 % количества оросительных систем, что может быть обосновано переходом к комплексному их использованию, и данный факт отразился на увеличении показателя наличия комплексных систем (59 шт. в 2016 г. и 65 шт. в 2017 г.). Также необходимо отметить увеличение количества осушительных систем на 10 %, что говорит об эффективности национальной программы в области мелиорации земель, которая предполагает выделение средств на реконструкцию, модернизацию и строительство осушительных систем.

Анализируя распределение мелиоративных ГТС по классам опасности (таблица 1), необходимо отметить, что классы приняты в соответствии с постановлением «О классификации гидротехнических сооружений» [9]. В соответствии с классами опасности, представленными в таблице 1, имеем, что мелиоративные ГТС относятся в большинстве своем к IV классу, т. е. низкой опасности, это видно из увеличения их количества как на оросительных, так и на осушительных и системах комплексного назначения (соответственно на 5,7; 4,1 и 6,1 %).

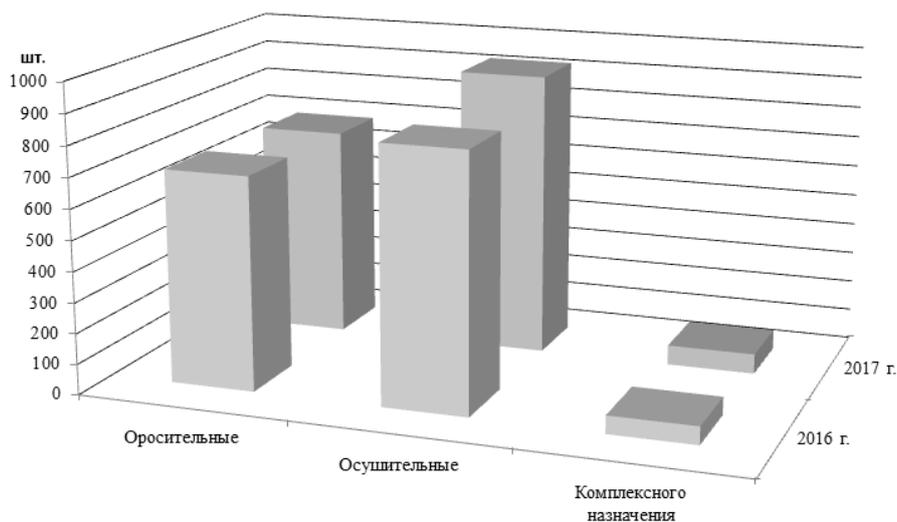


Рисунок 1 – Распределение по типам водохозяйственных систем

Таблица 1 – Распределение мелиоративных ГТС по классам

В шт.

Класс ГТС	Количество					
	оросительных систем		осушительных систем		комплексных систем	
	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.
I класс – ГТС чрезвычайно высокой опасности	3	6	0	0	0	0
II класс – ГТС высокой опасности	21	20	0	3	18	17
III класс – ГТС средней опасности	68	79	0	21	6	5
IV класс – ГТС низкой опасности	6790	7193	5245	5466	511	544

Данное увеличение мелиоративных ГТС IV класса в большей степени обусловлено проведением повсеместно мероприятий по преддекларационному обследованию соответствующих сооружений, а также увеличением количества ГТС, не подлежащих декларированию.

Анализ технического состояния мелиоративных объектов проводился по степени износа сооружения (таблица 2). Имеющиеся сведения показывают «катастрофическое» состояние как оросительных, так и осушительных и систем комплексного назначения. Практически 80 % имеющихся систем относятся к категории ограниченного или неработоспособного состояния со степенью износа от 51 до 100 %, что говорит о необходимости принятия оперативных мер по реконструкции и модернизации действующих мелиоративных объектов.

Таблица 2 – Техническое состояние мелиоративных ГТС

В шт.

Техническое состояние	Количество					
	оросительных систем		осушительных систем		комплексных систем	
	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.	2016 г.	2017 г.
1	2	3	4	5	6	7
1 – исправное (износ 0–25 %)	139	255	531	464	66	5
2 – работоспособное (износ 26–50 %)	832	860	795	953	144	82

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
3 – ограниченно работоспособное (износ 51–75 %)	1680	2176	1648	1664	240	167
4 – неработоспособное (предаварийное, аварийное) (износ 76–100 %)	4684	4595	2469	2790	682	312

Выводы

1 Анализ правовых и нормативных документов в области ведения и формирования сведений для целей ГВР и ГМВО показывает, что на данный момент отсутствуют документы, отражающие специфику и подходы в определении включения мелиоративных объектов (мелиоративных ГТС) в указанные базы.

2 Анализ состояния мелиоративных объектов, находящихся в оперативном управлении Минсельхоза России, показывает, что: на балансе государства находится порядка 1689 систем различных типов; мелиоративные ГТС относятся в большинстве своем к IV классу, т. е. низкой опасности, это видно из увеличения их количества как на оросительных, так и на осушительных и системах комплексного назначения (соответственно на 5,7; 4,1 и 6,1 %); 80 % имеющихся систем относятся к категории ограниченного или неработоспособного состояния со степенью износа от 51 до 100 %.

3 Проведение НИР по сбору, обработке и представлению сведений о наличии и состоянии мелиоративных объектов позволяет выявить негативные последствия и оперативно принимать управленческие решения по поддержанию в работоспособном состоянии имеющихся на балансе государства мелиоративных объектов.

Список использованных источников

1 О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы: Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

2 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 2 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 307 с.

3 Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России / А. В. Колганов, Н. А. Сухой, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 222 с.

4 Об утверждении Инструкции о ведении Российского регистра гидротехнических сооружений: Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 29 января 2013 г. № 34 // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

5 Об утверждении состава, формы представления сведений о гидротехническом сооружении, необходимых для формирования и ведения Российского регистра гидротехнических сооружений, и правил ее заполнения: Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25 апреля 2016 г. № 159 // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

6 Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по предоставлению государственной услуги по утверждению деклараций безопасности поднадзорных гидротехнических сооружений, находящихся в эксплуатации: Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 августа 2015 г. № 312 // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

7 Об утверждении Дополнительных требований к содержанию декларации без-

опасности гидротехнических сооружений на объектах энергетики (вместе с «Дополнительными требованиями к содержанию декларации безопасности и методикой ее составления, учитывающими особенности декларирования безопасности гидротехнических сооружений объектов энергетики»): Приказ Ростехнадзора от 29 декабря 2006 г. № 1163 // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

8 ГОСТ Р 54523-2011. Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – Введ. 2011-11-25. – М., 2012. – 203 с.

9 О классификации гидротехнических сооружений: Постановление Правительства Российской Федерации от 2 ноября 2013 г. № 986 // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 633.16:631.582

Э. А. Гаевая

Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация

ЭЛЕМЕНТЫ АГРОТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ПОЧВОЗАЩИТНЫХ СЕВООБОРОТАХ

Целью настоящих исследований является разработка элементов агротехнологии возделывания ярового ячменя в почвозащитных севооборотах, позволяющих снизить сток талых вод и смыв почвы до безопасных пределов, повысить урожайность и окупаемость удобрений, увеличить экономическую эффективность и рентабельность производства. Для предотвращения возможной эрозии рекомендуется возделывать яровой ячмень на эрозионно опасных склонах в почвозащитных севооборотах с долей многолетних трав 20–40 % в системе контурно-полосного размещения полей с применением чизельной обработки. Это позволит сократить сток талой воды на 17,1–33,9 % и смыв почвы на 18,8–37,2 %.

Ключевые слова: яровой ячмень, сток, смыв, коэффициент подверженности эрозионным процессам, урожайность, окупаемость урожая, экономическая эффективность, рентабельность.

E. A. Gaevaya

Federal Rostov Agrarian Scientific Center, Rassvet, Russian Federation

SPRING BARLEY CULTIVATION AGROTECHNOLOGY ELEMENTS IN SOIL-PROTECTING CROP ROTATIONS

The purpose of this research is to develop the elements of agricultural technology for the spring barley cultivation in soil-protective crop rotations which allow reducing the snowmelt runoff and soil loss to safe limits, to increase the yield and payback of fertilizers and to increase the economic efficiency and profitability of production. To prevent possible erosion it is recommended to cultivate spring barley on erosion-hazardous slopes in soil-protective crop rotations with a share of perennial grasses of 20–40 % in the system of contour strip fields' placement using chisel plowing. This allows to reduce snowmelt runoff by 17.1–33.9 % and soil loss by 18.8–37.2 %.

Key words: spring barley, runoff, soil loss, erodibility coefficient, productivity, yield payback, economic efficiency, profitability.

Введение. На юге России яровой ячмень возделывается на площади около 2 млн га, при этом около 30 % посевов приходится на Ростовскую область. Среди ранних яровых культур урожайность ярового ячменя составляет 3–4 т/га зерна в зависимости от зоны возделывания. Потенциальная его урожайность достигает 7,0 т/га и зависит от погодных условий: в неблагоприятные годы она составляет 1,20 т/га, в благоприятные – 3,40 т/га [1, 2].

Современное земледелие при разработке новых технологических приемов ориентируется на обеспечение экологического равновесия агроценоза при получении гарантированных урожаев. Технология проведения агротехнических работ должна быть ресурсосберегающей и противоэрозийной, т. е. направленной на задержание стока талых и ливневых вод за счет увеличения их инфильтрации [3, 4].

Экономическую оценку рациональной организации почвозащитных работ в условиях склонового земледелия следует проводить по конечному производственному результату, характеризующему объем производства конкретного вида продукции соответствующего качества, размер эколого-экономического эффекта в расчете на единицу площади посева [5, 6].

Применение простейших уклоновых гидротехнических сооружений с контурно-полосным размещением их на склоновых землях показывает высокий эффект [7].

Целью настоящих исследований является разработка элементов агротехнологии возделывания ярового ячменя в почвозащитных севооборотах, позволяющих снизить сток талых вод и смыв почвы до безопасных пределов, повысить урожайность и окупаемость удобрений, увеличить экономическую эффективность и рентабельность производства.

Материалы и методы. Исследования были проведены в ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» в многофакторном стационарном опыте в 2016–2018 гг. Опыт развернут в пространстве и во времени на склоне юго-восточной экспозиции балки Большой Лог в Аксайском районе Ростовской области в системе контурно-ландшафтной организации территории склона крутизной до 3,5–4,0° с комплексом гидротехнических приемов и простейших сооружений [2].

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый на лесовидном суглинке, среднеэродированный. Среднегодовой сток составляет 20 мм (максимальный 34,4 мм). Среднегодовой смыв почвы – 18,5 т/га. Мощность Апах – 25–30 см, А + Б – от 30 до 60 см в зависимости от смывости. Порозность пахотного горизонта – 61,5 %, подпахотного – 54 %. ППВ – 33–35 весовых процентов, влажность завядания – 15,4 % [2].

Гидротермические условия вегетационного периода ярового ячменя в 2016–2018 гг. складывались крайне неблагоприятно. Сумма активных температур (1539 °С) была на 13,6 % выше среднемноголетних значений (1354 °С), причем количество выпавших осадков за этот же период оказалось меньше и составило 120 мм против 150 мм среднемноголетних значений. Средняя температура воздуха равнялась 16,9 °С, что на 2,1 °С выше среднемноголетней величины. Гидротермический коэффициент (ГТК) периода вегетации ярового ячменя, рассчитанный по среднемноголетним наблюдениям, составил 0,8. Условия вегетационного периода ярового ячменя оценивались по методике Г. Т. Селянинова [8]. Например, если в 2016 г. ГТК был равен 1,11, то условия естественного увлажнения можно охарактеризовать как удовлетворительные, а 2017 и 2018 гг. характеризовались высокими температурами и недостаточным количеством выпавших осадков, ГТК составил 0,74 и 0,23, при этом условия увлажнения были оценены недостаточными. Поэтому ГТК в среднем за изучаемый период был значительно меньше среднемноголетних наблюдений и составлял 0,69, а условия увлажнения были оценены как недостаточные.

Яровой ячмень изучали в почвозащитных севооборотах различной конструкции, контролем служил севооборот, в состав которого входил чистый пар. Структура севооборотов: «А» – чистый пар 20 %, многолетние травы 0 % (пар, озимая пшеница, озимая пшеница, кукуруза на зерно, ячмень); «Б» – чистый пар 0 %, многолетние травы 20 % (соя, озимая пшеница, кукуруза на зерно, ячмень, многолетние травы – выводное поле); «В» – чистый пар 0 %, многолетние травы 40 % (кукуруза на зерно, озимая пшеница, ячмень, многолетние травы, многолетние травы – выводное поле). Делянки были размещены рендомизированно. Применяли три уровня минерального питания растений («0» – естественное плодородие; «1» – $N_{46}P_{24}K_{30}$ и «2» – $N_{84}P_{30}K_{48}$ на 1 га севооборотной площади). Изучали две системы основной обработки почвы – чизельную и отвальную. Чизельная обработка осуществлялась чизельным плугом ПЧ-2,5, отвальная обработка (контроль) – плугом ПН-4-35.

Получение и обработка экспериментальных данных были проведены по методикам В. Н. Дьякова, Б. А. Доспехова [9, 10].

Результаты исследования и обсуждение. В наших исследованиях яровой ячмень высевали на склонах крутизной 3,0–3,5° в системе контурно-ландшафтной организации территории и в почвозащитных севооборотах. Контролем служил севооборот с наличием чистого пара. Показатели эрозионной опасности являются базовыми для разработки севооборотов применительно к ландшафтным системам земледелия. Обычный зернотравянопропашной севооборот при контурно-ландшафтной организации территории склона приобретает почвозащитные функции при условии сочетания устойчивых и неустойчивых к эрозии культур. Несмотря на все почвозащитные мероприятия, на опытном стационаре эрозионные процессы наблюдались в период интенсивного снеготаяния и выпадения осадков. В различных по конструкции севооборотах сток и смыв были различными. В зернопаропропашном севообороте смыв почвы был наибольшим, а введение в севооборот многолетних трав как элемента технологии позволило сократить его до безопасных пределов.

В среднем за годы исследований наибольший смыв почвы отмечен при отвальной обработке почвы (8,7–5,7 т/га). Введение в севооборот 20 % многолетних трав сократило смыв почвы на 17,1 %, а увеличение доли многолетних трав в два раза на 33,9 %. Применение почвозащитной основной обработки – чизельной позволило сократить смыв почвы на 12,2–27,4 % в сравнении с отвальной обработкой почвы.

Аналогичная закономерность была выявлена и по показателю стока талой воды. В зависимости от конструкции севооборота сток был меньше в севообороте «Б» на 18,8 % и на 37,2 % в севообороте «В». В варианте с чизельной обработкой почвы сток талых вод уменьшался на 13,8–17,6 % в сравнении с отвальной вспашкой. Эта тенденция подтверждается таким показателем, как коэффициент подверженности эрозионным процессам, составившим при чизельной обработке почвы 1,3 в почвозащитном севообороте «В» против 1,7 по отвальной в этом же севообороте (рассчитывается как отношение фактического смыва почвы к предельно допустимому (3,5 т/га)). По мере уменьшения доли многолетних трав в структуре посевов коэффициент подверженности эрозионным процессам увеличивался, что указывает на изменение соотношения устойчивых и неустойчивых к эрозии культур (таблица 1).

Таблица 1 – Сток, смыв и коэффициент подверженности эрозионным процессам в зависимости от способа основной обработки почвы

Севооборот	Способ обработки почвы	Смыв, т/га	Сток, мм	Коэффициент подверженности эрозионным процессам
«А»	Чизельная	7,7	24,1	2,3
	Отвальная	8,7	23,7	2,6
«Б»	Чизельная	5,4	16,6	1,6
	Отвальная	7,2	19,2	2,2
«В»	Чизельная	4,2	12,2	1,3
	Отвальная	5,8	14,9	1,7

Урожайность ярового ячменя в годы исследований варьировала в зависимости от сложившихся метеорологических условий и влияющих факторов – способов обработки почвы и фона минерального питания.

В среднем за годы исследований в варианте без удобрений урожайность ярового ячменя составляла от 2,33 т/га при отвальной обработке почвы до 2,43 т/га при чизельной обработке, при тех же условиях на фоне рекомендованной нормы внесения удобрений урожайность увеличилась до 2,87–3,14 т/га и на повышенном фоне – от 3,29 до 3,34 т/га. Отмечено, что достоверные прибавки урожая обусловлены большим влиянием уровня питания (на 17,3–23,0 %) (а в повышенных на 28,4–30,4 %), чем способов обработки почвы (3,3–7,9 %) (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность и окупаемость удобрений прибавкой урожая ярового ячменя при различных способах основной обработки почвы и уровнях минерального питания

Севооборот	Способ обработки почвы	Урожайность, т/га			Прибавка урожая, т/га		Окупаемость удобрений урожаем, кг/кг	
		0	1	2	1	2	1	2
«А»	Чизельная	2,37	3,06	3,40	0,69	1,03	6,9	6,4
	Отвальная	2,33	2,87	3,29	0,54	0,96	5,4	5,9
«Б»	Чизельная	2,41	3,13	3,46	0,72	1,06	7,2	6,5
	Отвальная	2,38	2,88	3,34	0,50	0,96	5,0	5,9
«В»	Чизельная	2,43	3,14	3,48	0,71	1,05	7,1	6,5
	Отвальная	2,39	2,96	3,33	0,57	0,95	5,7	5,8

НСР₀₅ в зависимости от предшественника, обработки почвы, уровня питания – 0,12; 0,1; 0,12 т/га.

Окупаемость урожая удобрениями в варианте с чизельной обработкой почвы составляла 6,9–7,2 кг/кг внесенных удобрений в дозе 100 кг д. в., а в варианте с отвальной обработкой ниже (5,0–5,7 кг/кг). Увеличение дозы внесения удобрений в 1,5 раза повышало урожайность ярового ячменя, но снижало окупаемость удобрений на 7,8–9,4 % в варианте с чизельной обработкой почвы. В варианте с отвальной обработкой почвы окупаемость удобрений урожаем при внесении удобрений в повышенной дозе 162 кг д. в. незначительно увеличивалась.

Экологическое состояние пашни взаимосвязано с ее экономическими характеристиками. Поэтому повышение экологической эффективности рассматривается как улучшение качества земли, позволяющее получать дополнительную продукцию и повышать экономические показатели хозяйств в целом в результате предотвращения ущерба окружающей среде. Оценка экологического эффекта от применения обработок на эрозионно опасных склонах проводится на примере экономии затрат на восстановление плодородия почв [11].

Наибольшие затраты на компенсацию годового ущерба от водной эрозии в результате смыва почвы и стока талых вод были отмечены при отвальной обработке (5,60–3,70 тыс. руб.). Применение чизельной обработки почвы в составе комплекса простейших противозерозионных сооружений позволило сократить эти затраты на 12,2 % в севообороте «А», на 25,8 % в севообороте «Б» и на 27,7 % в севообороте «В». Почвозащитный севооборот «В», имеющий в структуре посевов удвоенное поле многолетних трав, сдерживает развитие эрозионных процессов практически вдвое, и поэтому затраты на восстановление почвенного плодородия посредством внесения компенсационных доз удобрений сокращаются в 2 раза (таблица 3).

Таблица 3 – Годовой эколого-экономический ущерб при возделывании ярового ячменя на склонах в зависимости от различных способов основной обработки почвы, доз удобрений и конструкции севооборотов

В тыс. руб.

Севооборот	Способ обработки почвы	Уровень применения удобрений		
		Контроль без удобрений «0»	N ₄₆ P ₂₄ K ₃₀ «1»	N ₈₄ P ₃₀ K ₄₈ «2»
«А»	Чизельная	4,03	4,43	4,91
	Отвальная	4,59	5,04	5,60
«Б»	Чизельная	2,82	3,10	3,44
	Отвальная	3,81	4,18	4,64
«В»	Чизельная	2,19	2,41	2,67
	Отвальная	3,03	3,33	3,70

Наименьший суммарный годовой экономический ущерб от проявлений водной эрозии отмечен при чизельной обработке почвы, где он составил 2,19 тыс. руб./га (в севообороте «В»), наибольший ущерб – при отвальной обработке почвы в севообороте «А» (4,59 тыс. руб./га) в варианте естественного плодородия. По мере увеличения уровня питания растений растут и затраты на компенсацию ущерба от эрозии. Также сокращение доли многолетних трав с 40 до 20 % или их полное отсутствие увеличивает суммарные затраты на компенсацию ущерба в 2 раза или более.

Примерные прямые затраты на возделывание ярового ячменя считались при среднем уровне питания и составили 13,1–13,5 тыс. руб. на 1 га площади. Наибольшие производственные затраты отмечены при отвальной обработке почвы (13,5 тыс. руб./га), наименьшие – при чизельной обработке почвы (13,1 тыс. руб./га). Яровой ячмень возделывался в составе севооборота, и затраты на его производство были одинаковыми, отличались они только затратами на основную обработку почвы. Затраты на обработку почвы при чизелевании составили 0,47 тыс. руб./га, или на 25,4 % меньше, чем в варианте с отвальной вспашкой (0,63 тыс. руб./га). Минимальные затраты на возмещение ущерба от эрозии (2,4 тыс. руб./га) отмечены в варианте с чизельной обработкой почвы в севообороте «В». Сокращение доли многолетних трав вдвое и полное их отсутствие увеличивали эти затраты. С учетом затрат на возмещение ущерба от эрозии суммарные прямые затраты составили 15,5–18,5 тыс. руб./га с большими значениями при отвальной обработке почвы в севообороте «А» (таблица 4).

Таблица 4 – Эколого-экономическая эффективность различных способов основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя в севооборотах различной конструкции

Показатель	Севооборот, способ обработки почвы					
	«А»		«Б»		«В»	
	Ч	О	Ч	О	Ч	О
Производственные затраты, тыс. руб./га	13,1	13,5	13,1	13,5	13,1	13,5
Затраты на возмещение ущерба от эрозии, тыс. руб./га	4,4	5,0	3,1	4,2	2,4	3,3
Всего затрат, тыс. руб./га	17,5	18,5	16,2	17,7	15,5	16,8
Урожайность, т/га	3,1	2,9	3,1	2,9	3,1	3,0
Себестоимость, тыс. руб./т	5,73	6,46	5,18	6,10	4,94	5,68
Стоимость произведенной продукции, тыс. руб.	21,4	20,1	21,9	20,3	22,0	20,7
Условный чистый доход, тыс. руб./га	8,3	6,6	8,8	6,8	8,9	7,2
Рентабельность, %	45,0	2,2	69,3	11,6	79,4	27,3
Экономический эффект, руб.	2,9	–	5,7	–	10,2	–
Окупаемость дополнительных затрат, руб.	14,6	–	12,5	–	10,4	–
Примечание – Ч – чизельная обработка; О – отвальная обработка.						

Стоимость произведенной продукции считалась, исходя из средней цены зерна ярового ячменя за 2016–2018 гг., и составила 20,1–22,0 тыс. руб. Себестоимость 1 т зерна ячменя была равна 4,94–6,46 тыс. руб. Наибольший условный чистый доход получен при чизельной обработке почвы: 8,8–8,9 тыс. руб./га, что на 22,6–25,9 % выше, чем при отвальной обработке. Здесь же получена и наивысшая рентабельность в севообороте «В», составившая 79,4 % против 27,3 % при отвальной обработке в этом же севообороте. В севообороте «А» рентабельность производства имеет наименьшие значения в варианте с чизельной обработкой 45,0 %, а по отвальной – 2,2 %.

При оценке экономической эффективности технологии важным экономическим показателем является окупаемость произведенных затрат урожаем в стоимостном выражении, по максимальным значениям которого (10,2 руб. на 1 руб. затрат) преимущество имеет чизельная основная обработка почвы в севообороте «В»; в севообороте «Б»

экономический эффект был более чем в 2 раза меньшим (5,7 руб. на 1 руб. затрат) в сравнении с севооборотом «В», а в севообороте «А» он составлял 2,9 руб. на 1 руб. затрат. Окупаемость дополнительных затрат на восстановление почвенного плодородия увеличивалась по мере уменьшения доли многолетних трав в структуре севооборота с 40 % в севообороте «В» до 0 % в севообороте «А». Наибольшая окупаемость дополнительных затрат была отмечена в севообороте «А» в варианте с чизельной обработкой почвы и составляла 14,6 руб., в севообороте «Б» она была несколько меньше (12,5 руб.), а в севообороте «В» – наименьшей (10,4 руб.).

Выводы. Внедрение элементов технологии возделывания ярового ячменя на эрозионно опасных склонах позволило решить ряд экологических и экономических проблем, а также сократить затраты на его возделывание.

1 Для предотвращения возможной эрозии рекомендуется возделывать яровой ячмень на эрозионно опасных склонах в почвозащитных севооборотах с 20–40 % многолетних трав в системе контурно-полосного размещения полей. С развитием процессов эрозии рекомендуется увеличивать долю многолетних трав в севообороте до 40 %. Это позволит сократить сток на 17,1–33,9 %, смыв на 18,8–37,2 %.

2 Применение в качестве основной обработки почвы чизельной сокращает смыв на 12,2–27,4 % и сток на 13,8–17,6 %.

3 Увеличение потенциального и реального плодородия почвы возможно за счет уменьшения стока и смыва, что позволит повысить урожайность на 17,3–23,0 % при внесении удобрений в дозе 100 кг/га, а в повышенных дозах (162 кг/га) на 28,4–30,4 %.

4 Все эти меры увеличивают рентабельность сельскохозяйственного производства до 79,4 % вследствие роста урожайности ярового ячменя и окупаемости произведенных прямых затрат урожаем 5,7–10,2 руб. на 1 руб. вкладываемых средств, а также сокращают затраты на горюче-смазочные материалы на 25,4 %.

Список использованных источников

1 Методическое обеспечение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения: материалы всерос. науч. конф. – М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2010. – 554 с.

2 Гаевая, Э. А. Борьба с водной эрозией в севооборотах на склоновых землях / Э. А. Гаевая, А. Е. Мищенко, И. В. Сафонова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2012. – № 1(5). – С. 91–100. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=82&id=90>.

3 Гаевая, Э. А. Влияние способов обработки почвы на водно-физические свойства и урожайность ярового ячменя при возделывании на склоновых землях Ростовской области / Э. А. Гаевая // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 3(31). – С. 132–147. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=556&id=565>.

4 Солодовников, А. П. Отзывчивость ярового ячменя на технологии берегающего земледелия в условиях Саратовского правобережья / А. П. Солодовников, Е. П. Денисов, Ю. А. Тарбаев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2(52). – С. 50–51.

5 Рычкова, М. И. Оптимизация основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя на эрозионно-опасных склонах Ростовской области / М. И. Рычкова, И. Н. Ильинская // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3(71). – С. 74–77.

6 Городецкий, А. П. Особенности выполнения почвозащитных работ на склоновых землях / А. П. Городецкий, А. П. Волобуев // Аграрная наука. – 2009. – № 8. – С. 26–28.

7 Вольнов, В. В. Опыт использования противозерозионных гидротехнических со-

оружений в борьбе со стоком талых вод и смывом пахотных почв на склоновых землях Алтайского края / В. В. Вольнов, А. В. Бойко, А. С. Чичкарев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 6(152). – С. 42–48.

8 Селянинов, Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / Г. Т. Селянинов. – Л. – М., 1977. – 220 с. – (Мировой агроклиматический справочник).

9 Дьяков, В. Н. Совершенствование метода учета смыва почв по водородионам / В. Н. Дьяков // Почвоведение. – 1984. – № 3. – С. 146–148.

10 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования) / Б. А. Доспехов. – 6-е изд. – М.: Альянс, 2011. – 352 с.

11 Методические указания по составлению проекта агроландшафтной организации территории и систем земледелия с комплексом противоэрозионных мероприятий / В. П. Ермоленко [и др.]. – Рассвет, 2001. – 290 с.

УДК 635.657:631.445.4

А. В. Гринько, Н. Н. Вошедский, В. А. Кулыгин

Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация

ПРИЕМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НУТА В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Исследования проводились в 2017–2019 гг. в ФГБНУ ФРАНЦ. Целью исследований было выявление оптимальных способов основной обработки почвы и уровней минерального питания, обеспечивающих высокую продуктивность нового сорта нута Дон Плаза. Изучались варианты основной обработки почвы: отвальная (контроль), комбинированная, поверхностная, и фоны удобрений: высокий ($N_{30}P_{80}K_{80}$), средний ($N_{15}P_{40}K_{40}$) и без удобрений (контроль). При проведении полевых опытов применялась агротехника, рекомендованная зональными системами земледелия. Исследования велись на основании общепринятых методик. Опытными данными установлено, что наибольшая средняя урожайность нута получена в варианте с отвальным способом основной обработки почвы и высоким фоном удобрений 23,3 ц/га. Однако в условиях комбинированной обработки и фона $N_{30}P_{80}K_{80}$ аналогичный показатель оказался меньше на 0,6 ц/га, или на 2,6 %, по сравнению с контролем. Самая высокая отдача от применения удобрений обеспечивалась в варианте со средним фоном минерального питания ($N_{15}P_{40}K_{40}$) и отвальной обработкой почвы, в котором на 1 кг внесенных удобрений получено 4,42 кг дополнительной продукции.

Ключевые слова: нут, обработка почвы, удобрения, урожайность, эффективность использования, отдача.

A. V. Grin'ko, N. N. Voshedsky, V. A. Kulygin

Federal Rostov Agrarian Scientific Center, Rassvet, Russian Federation

WAYS OF CHICKPEAS CULTIVATION UNDER THE CONDITIONS OF ROSTOV REGION

The studies were conducted in 2017–2019 in FSBSE FRASC. The aim of the research was to determine the optimal ways for primary tillage and the levels of mineral nutrition ensuring the high productivity of the new variety of chickpeas Don Plaza. The primary tillage options were studied: moldboard (control), mixed, surface, and fertilizer backgrounds: high ($N_{30}P_{80}K_{80}$), medium ($N_{15}P_{40}K_{40}$) and without fertilizers (control). When conducting field experiments agricultural technology recommended by zonal farming systems was used. The research was conducted on the basis of generally accepted methods. It was established by experimental data that the highest average yield of chickpeas was obtained in the variant with the moldboard primary tillage and a high fertilizer background of 23.3 c/ha. However, under

the conditions of mixed tillage and background $N_{30}P_{80}K_{80}$, a similar indicator turned out to be less by 0.6 c/ha or 2.6 %, compared with the control. The highest return on the use of fertilizers was provided in the variant with the average background of mineral nutrition ($N_{15}P_{40}K_{40}$) and moldboard tillage, where 4.42 kg of additional products were obtained per 1 kg of fertilizer applied.

Key words: chickpeas, tillage, fertilizers, crop productivity, use efficiency, return.

Введение. В последние годы одной из перспективных зернобобовых культур, возделываемых в зоне недостаточного увлажнения юга России, становится нут. Среди главных достоинств нута – его самая высокая засухоустойчивость среди бобовых культур. Нут обладает мощной корневой системой, которая способствует экономному расходованию влаги растениями [1]. Это обуславливает высокую адаптивность культуры к частым засухам в летний период и позволяет давать устойчивые урожаи зерна даже при выращивании в засушливых условиях [2]. Кроме того, нут обладает самой высокой питательной ценностью среди всех зернобобовых культур, содержит большое количество витаминов и других биологически ценных веществ [1, 3]. Данные факторы определяют возрастающий спрос на зерно нута, которое используется не только в продовольственных целях, но и в качестве питательного корма для животноводческой отрасли.

Следует отметить, что площади посевов данной культуры в Ростовской области сохраняют тенденцию к увеличению и в 2018 г. составляли 74,1 тыс. га. При этом технологии выращивания нута на Дону остаются недостаточно разработанными, передовые достижения при возделывании культуры слабо внедряются в производство. В этих условиях фактическая урожайность нута значительно ниже потенциальной продуктивности культуры [1, 4]. Это подтверждают данные Минсельхоза, согласно которым в 2016 г. средняя урожайность нута в Ростовской области была не выше 7,9 ц/га. Среди причин низкой фактической продуктивности нута, наряду с несовершенством применяемых технологий возделывания, следует отметить дефицит новых, урожайных сортов, недостаточное внедрение их в производство [1, 5]. Поэтому основным направлением в изменении существующих негативных тенденций при выращивании данной культуры в регионе является оптимизация и совершенствование ключевых элементов технологии возделывания нута, внедрение в производство новых высокоурожайных сортов, хорошо адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям [2, 4]. Исходя из вышесказанного, в наших опытах исследовался новый, перспективный сорт нута Дон Плаза селекции ФГБНУ ФРАНЦ.

Цель исследований – выявление оптимальных способов основной обработки почвы и уровней минерального питания, обеспечивающих высокую продуктивность нового сорта нута Дон Плаза в почвенно-климатических условиях приазовской зоны Ростовской области.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытном стационаре ФГБНУ ФРАНЦ в 2017–2019 гг. Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным карбонатным среднемощным легкосуглинистым на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое 3,9–4,1 %, общего азота 0,21–0,24 %. Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН 7,2–7,3). Плотность сложения пахотного слоя в ненарушенном состоянии составляет 1,32 г/см³. Агротехника при проведении опыта соответствовала зональным рекомендациям [6]. В опыте использовались общепринятые методики [7, 8].

Глубина обработки почвы – одна из основ будущего урожая нута. Ранее проведенными исследованиями установлена перспективность глубокой вспашки на 25–27 см, разрыхляющей почву, способствующей накоплению влаги, улучшению аэрации, развитию клубеньковых бактерий, что создает условия для повышения урожайности нута и последующей культуры севооборота [1]. Однако в последнее время перспективным направлением становится замена глубокой вспашки менее энергозатратным глубокорыхлением почвы при ее минимальной обработке [3]. Поэтому, наряду с традиционной

для региона отвальной основной обработкой почвы под нут, изучались и ресурсосберегающие варианты. Известна хорошая отзывчивость нута на применение фосфорно-калийных удобрений под основную обработку. При этом с учетом высокой азотфиксирующей способности данной культуры применение азотных удобрений было сведено к минимуму. Инокуляция семян в опыте не проводилась, поэтому ограниченное внесение азота под нут является оправданным [1]. Изучение фонов минерального питания при возделывании культуры велось в аспекте ресурсосбережения.

Варианты опыта были расположены в пространстве в трехкратной повторности. При этом на варианты со способами основной обработки почвы наложены варианты с уровнями минерального питания растений. Опыт двухфакторный. Фактор А – способ обработки почвы: 1) отвальная на глубину 25–27 см (ПЛН-4-35) (контроль); 2) комбинированная (поверхностная на 14–16 см (БДТ-3) + щелевание на 40–45 см (Щ-2)); 3) поверхностная на 12–14 см (АКВ-4). Фактор В – режим питания растений: 1) высокий уровень питания – $N_{30}P_{80}K_{80}$ (NPK); 2) средний уровень питания – $N_{15}P_{40}K_{40}$ (0,5 NPK); 3) без удобрений (контроль) (б/у).

Под нут удобрения вносились дробно: под основную обработку почвы – $P_{80}K_{80}$ и $P_{40}K_{40}$. Азотные подкормки вносились в период полных всходов дозами N_{30} и N_{15} .

При проведении основных обработок под нут энергетические затраты составили: по отвальной обработке 352, комбинированной – 124, поверхностной – 92 МДж/га [5].

В годы проводимых исследований погодные условия в период роста и развития нута существенно отличались, что отражает показатель гидротермического коэффициента, который составил в 2017 г. 0,67, в 2018 г. – 0,35, в 2019 г. – 0,64, характеризующая в целом вегетационные периоды соответственно как средний, сухой и средний.

Результаты и обсуждение. Нут является самой засухоустойчивой из зернобобовых культур. Однако известно, что при оптимальной влагообеспеченности растений в течение вегетационного периода продуктивность нута может возрастать более чем в два раза по сравнению с произрастанием в засушливых условиях. В связи с этим большое влияние на формирование урожайности зерна при возделывании культуры на богаре оказывает ее обеспеченность почвенной влагой в периоды вегетации, когда потребность растений в воде наибольшая. Из литературных источников известно, что семена нута при прорастании поглощают более 100 % воды по отношению к своему весу [1, 2]. Поэтому большое значение для формирования будущей урожайности культуры имеет наличие достаточного количества почвенных влагозапасов уже в период сева, которые необходимы для нормального набухания семян и дружного их прорастания. Наибольшая потребность в почвенной влаге у растений нута приходится на начальный период вегетации: при набухании семян, листообразовании и закладке генеративных органов. Критический по потребности во влаге и тепле период у нута – всходы – цветение, когда формируется его потенциальная продуктивность.

Важной характеристикой влагообеспеченности растений является показатель запасов продуктивной почвенной влаги в слое 1 м [8]. Воздействие разных уровней минерального питания нута на данный фактор было несущественным. Однако разные способы основной обработки почвы оказали определенное влияние на изменение почвенных влагозапасов под культурой. Характерны средние показатели в годы исследований в варианте с фоном удобрений NPK (таблица 1).

Запасы продуктивной почвенной влаги в характерные фазы вегетации культуры в разные годы исследований имели существенные отличия. Но, как следует из приведенных данных, средние показатели почвенных влагозапасов в периоды наибольшей водопотребности растений оценивались как удовлетворительные (в фазе полных всходов – 104–109 мм) и плохие (в фазе цветения – 80–84 мм), что не способствовало созданию оптимальных условий вегетации растений.

Разные по интенсивности обработки почвы и уровни минерального питания оказали существенное влияние на отличия условий вегетации растений по вариантам опыта, что отразилось на средних показателях урожайности (таблица 2).

Таблица 1 – Запасы продуктивной почвенной влаги под нутом в слое 1 м в зависимости от способа основной обработки почвы и их оценка

Способ основной обработки	Время определения запасов влаги			
	Посев	Полные всходы	Цветение	Полная спелость
Отвальная	164 очень хорошие	104 удовлетворительные	80 плохие	51 очень плохие
Комбинированная	170 очень хорошие	107 удовлетворительные	83 плохие	54 очень плохие
Поверхностная	176 очень хорошие	109 удовлетворительные	84 плохие	52 очень плохие

В мм

Таблица 2 – Влияние фона минерального питания на урожайность нута

Способ основной обработки	Урожайность, ц/га, фон NPK						Прибавка урожайности от удобрений, фон NPK			
	б/у		0,5 NPK		NPK		0,5 NPK		NPK	
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Отвальная (контроль)	16,4	100	20,6	100	23,3	100	4,2	25,6	6,9	42,1
Комбинированная	16,3	99,4	20,3	98,5	22,7	97,4	4,0	24,5	6,4	39,2
Поверхностная	13,2	80,5	14,9	72,3	16,8	72,1	1,7	12,9	3,6	27,3

НСР_{0,5} общее – 0,98–1,12 ц/га;
НСР_{0,5}: по фактору А – 0,71–0,84 ц/га; по фактору В – 1,08–1,19 ц/га.

Наиболее благоприятные условия для роста и развития нута обеспечивались при отвальной основной обработке, на фоне которой отмечена самая высокая продуктивность нута. Последняя при разных уровнях минерального питания варьировала в пределах 16,4–23,3 ц/га. Однако на участках с комбинированной обработкой урожайность нута оказалась несколько меньше, чем при отвальной, взятой за контроль. При этом соответствующая разница составила: на участках без удобрений – 0,1 ц/га (0,6 %), в вариантах 0,5 NPK – 0,3 ц/га (1,5 %); NPK – 0,6 ц/га (2,6 %).

Наименее благоприятные условия для вегетации нута наблюдались в вариантах поверхностной основной обработки почвы, что подтверждается заметным снижением показателей урожайности зерна. На фоне разных уровней внесения удобрений данная разница по сравнению с отвальной вспашкой колебалась в пределах 3,2–6,5 ц/га, или 19,5–27,9 %.

Применение удобрений под нут способствовало повышению урожайности зерна в вариантах опыта по мере увеличения интенсивности фона питания и основной обработки почвы. Средний уровень минерального питания (N₁₅P₄₀K₄₀) при разных вариантах обработки почвы способствовал получению прибавки урожайности зерна 1,7–4,2 ц/га, или 12,9–25,6 %, по сравнению с контролем. Аналогичные прибавки на фоне высокого уровня питания (N₃₀P₈₀K₈₀) по сравнению с вариантом без удобрений изменялись в пределах 3,6–6,9 ц/га, что составило 27,3–42,1 %.

Влияние разных уровней минерального питания на эффективность использования удобрений имело свои закономерности (таблица 3).

Таблица 3 – Анализ эффективности применения удобрений под нут

Фон удобрений	Способ основной обработки	Прибавка от удобрений, ц/га	Окупаемость 1 кг удобрений прибавкой урожая, кг
Средний N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀ (95 кг д. в.)	Отвальный	4,2	4,42
	Комбинированный	4,0	4,21
	Поверхностный	1,7	1,79
Высокий N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀ (190 кг д. в.)	Отвальный	6,9	3,63
	Комбинированный	6,4	3,37
	Поверхностный	3,6	1,89

Высокий фон минерального питания способствовал более эффективному использованию удобрений на участках с поверхностной обработкой – 1,89 кг дополнительной продукции на единицу внесенных удобрений. При более интенсивных отвальной и комбинированной обработках самую высокую окупаемость удобрений прибавкой урожая обеспечивал средний фон удобрений. Самая высокая отдача получена в варианте с нормой $N_{15}P_{40}K_{40}$ и отвальной вспашкой – 4,42 кг дополнительной продукции на 1 кг внесенных удобрений. В условиях комбинированной обработки аналогичный показатель составил 4,21 кг/кг.

При высоком уровне минерального питания нута ($N_{30}P_{80}K_{80}$) отдача от применения удобрений по отвальной и комбинированной обработке оказалась ниже, не превысив 3,63 и 3,37 кг/кг.

Выводы. Самая высокая урожайность нута нового сорта Дон Плаза обеспечивалась в варианте с отвальным способом основной обработки почвы и высоким уровнем внесения удобрений ($N_{30}P_{80}K_{80}$), составив 23,3 ц/га. Аналогичный показатель в условиях комбинированной обработки оказался ниже на 0,6 ц/га, или на 2,6 %, по сравнению с отвальной вспашкой.

Наибольшая окупаемость применения удобрений прибавкой урожая в условиях отвальной и комбинированной обработок отмечена на среднем фоне минерального питания ($N_{15}P_{40}K_{40}$) – соответственно 4,42 и 4,21 кг/кг.

В условиях дефицита энергетических и минеральных ресурсов при возделывании нового сорта нута Дон Плаза, наряду с вариантом отвального способа основной обработки и высокого фона удобрений ($N_{30}P_{80}K_{80}$), возможно применение менее энергозатратной комбинированной обработки (поверхностная обработка на 14–16 см + щелевание на 40–45 см) и среднего фона минерального питания ($N_{15}P_{40}K_{40}$). Эти приемы позволяют существенно уменьшить энергетические затраты на обработку почвы и более эффективно использовать удобрения при минимальном снижении урожайности.

Список использованных источников

- 1 Балашов, В. В. Волгоградский нут: монография / В. В. Балашов, А. В. Балашов. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2013. – 108 с.
- 2 Германцева, Н. И. Нут – культура засушливого земледелия / Н. И. Германцева. – Саратов, 2011. – 200 с.
- 3 Вавилов, П. П. Бобовые культуры и проблема растительного белка / П. П. Вавилов, Г. С. Посыпанов. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 256 с.
- 4 Горлов, И. Ф. Нут – альтернативная культура многоцелевого назначения / И. Ф. Горлов. – Волгоград: Волгогр. науч. изд-во, 2012. – 107 с.
- 5 Гринько, А. В. Эффективность приемов возделывания нута / А. В. Гринько, Н. Н. Вошедский, В. А. Кулыгин // Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства. – Белгород: Принт, 2019. – С. 185–190.
- 6 Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы / С. С. Авдеенко, А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, Л. А. Воеводина, А. В. Гринько, Л. М. Докучаева, Н. А. Иванова, И. Н. Ильинская, Н. П. Кривко, Ю. Г. Кузнецов, В. А. Кулыгин, А. В. Лабынцев, В. В. Огнев, С. В. Пасько, С. А. Селицкий, Г. А. Сенчуков, О. А. Целуйко, В. В. Чулков; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. – Ростов н/Д., 2013. – 375 с.
- 7 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
- 8 Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.