

**ISSN 2313-2248**

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Научно-практический журнал**

**Выпуск № 4(84)/2021**

**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 № 4(84)/2021**

Октябрь – декабрь 2021 г.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**Главный редактор, председатель редакционной коллегии** – доктор сельскохозяйственных наук  
А. Н. Бабичев

**Заместитель главного редактора** – кандидат технических наук О. А. Баев

**Редакторы:** доктор сельскохозяйственных наук, профессор Г. Т. Балакай; доктор сельскохозяйственных наук, доцент И. В. Гурина, доктор технических наук Ю. Е. Домашенко; кандидат физико-математических наук М. В. Власов; кандидат сельскохозяйственных наук О. В. Воеводин; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент В. Д. Гостищев; кандидат сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаева; кандидат технических наук А. Л. Кожанов; кандидат сельскохозяйственных наук В. А. Монастырский; кандидат технических наук В. Иг. Ольгаренко; кандидат сельскохозяйственных наук С. А. Селицкий; кандидат технических наук В. В. Слабунов; кандидат технических наук А. А. Чураев; кандидат технических наук А. С. Штанько; кандидат сельскохозяйственных наук Р. Е. Юркова

**Ответственный секретарь** – Л. И. Юрина

**Технический редактор, выпускающий** – Е. А. Бабичева

**Литературный редактор** – А. И. Литовченко

**Переводчик** – В. В. Кульгавюк

**Адрес редакции и издателя:**

346421, Ростовская область,  
г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 190

**Тел.:** (8635) 26-65-00, 26-02-02

<http://www.rosniipm.ru/journal/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 77-82276 от 10 ноября 2021 г.**

Подписано в печать 17.12.2021. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 16,86. Тираж 500 экз. Заказ № 48

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

Отпечатано ИП Белоусов А. Ю.  
346421, Ростовская область,  
г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 186

ISSN 2313-2248



9

772313 224008

Дата выхода в свет 30.12.2021

Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2021

# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

### *Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция «Современные проблемы мелиоративно-водохозяйственного комплекса и пути их решения»*

<b>Лытов М. Н.</b> Варианты возобновления использования выведенных из оборота мелиорированных земель.....	5
<b>Малышева Н. Н., Якуба С. Н., Хаджиди А. Е., Кочнева А. Е.</b> К вопросу реабилитации степных рек в Краснодарском крае .....	11
<b>Рыжаков А. Н., Мартынов Д. В.</b> Применение воздушно-лазерного сканирования при строительстве объектов мелиоративного комплекса.....	17
<b>Баев О. А., Талалаева В. Ф.</b> Опыт применения бетононаполняемых материалов в гидромелиоративном строительстве.....	22
<b>Васильев Д. Г., Гурина И. В., Васильев С. М.</b> Результаты исследования химического состава дренажно-сбросных вод Азовской оросительной системы.....	29
<b>Клишин И. В.</b> Компьютерная программа для управления оптимизированной базой данных для государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации.....	35
<b>Юркова Р. Е., Докучаева Л. М.</b> Экологический и экономический эффект при разных уровнях увлажнения черноземов .....	41
<b>Гурина И. В., Монастырский В. А.</b> Мониторинг экологического состояния деградированных почв после проведения мероприятий по химической мелиорации.....	48
<b>Сидаренко Д. П., Рубцов А. А.</b> Состояние овощеводства в условиях дефицита доступных водных ресурсов.....	54
<b>Чутченко С. Г., Джулай Н. А.</b> Реализация единой схемы реконструкции очистных сооружений Республики Крым.....	60
<b>Пономаренко Т. С., Бреева А. В.</b> К вопросу автоматизации гидрологических расчетов .....	65
<b>Куприянов А. А., Шкура В. Н.</b> Средние диаметры локальных контуров увлажнения, формирующихся в южных среднemocных черноземах при капельном поливе .....	70
<b>Кузьмичёв А. А.</b> Перспективы использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища в орошаемом земледелии Ростовской области .....	76
<b>Шевченко А. В., Шкура В. Н.</b> Методика определения размеров рыбоводных бассейнов в составе приводохранилищного рыбоводно-мелиоративного комплекса .....	81
<b>Сарахатунова Ю. Я.</b> Виды загрязнения, способы и средства очистки воды в системах капельного орошения сельскохозяйственных растений.....	88
<b>Редина А. В., Домашенко Ю. Е.</b> Научное обоснование использования животноводческих стоков для удобрительно-увлажнительных поливов кормовых культур .....	95

## МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

<b>Бабичев А. Н., Рубцов А. А., Бабенко А. А.</b> Дифференцированное капельное орошение на посевах моркови.....	100
---	-----

<b>Кожанов А. Л.</b> Совершенствование мелиоративных систем на примере Узаклинской осушительной системы.....	106
<b>Кузнецов Е. В., Алматар А., Хасан М.</b> Влияние фронта увлажнения микроорошением на всхожесть семян сои в экстремальных условиях.....	112
<b>Макарова Н. М.</b> Роль лесных полос в сохранении биологического разнообразия на эрозионно опасных территориях Ростовской области .....	119
<b>Тищенко А. И.</b> Факторы, способствующие возникновению эрозии (деградации) почв сельскохозяйственных земель .....	128

## **СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО**

<b>Тимошенко И. В., Терновой К. Г.</b> Сортоиспытание сортов и гибридов редиса в Ростовской области .....	137
<b>Котлярова О. В., Котляров Д. Ю.</b> Улучшение сорта моркови столовой Несравненная .....	141

## МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

### **Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция «Современные проблемы мелиоративно-водохозяйственного комплекса и пути их решения»**

---

---

УДК 504.062:631.61

#### **Варианты возобновления использования выведенных из оборота мелиорированных земель**

**Михаил Николаевич Лытов**

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (Волгоградский филиал), Волгоград, Российская Федерация

**Аннотация.** Целью исследований является систематизация вариантов возобновления использования выведенных из оборота мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения. Актуальность исследований определяется современными масштабами проблемы использования мелиорированных земель, на которых в настоящее время не реализуется мелиоративная функция либо которые не используются вовсе. В основу разрабатываемой системы вариантов положено выделение природных и инженерных компонентов мелиорированных территорий на предмет возобновления хозяйственного использования. Варианты возобновления хозяйственной деятельности по этим компонентам должны быть согласованы и учтены в разрабатываемых проектах. Рассмотренные варианты возобновления использования ранее выведенных из оборота мелиорированных земель включают базисные направления, которые могут быть комплексированы при разработке объектно ориентированных тайм-планов.

**Ключевые слова:** мелиорированные земли, неиспользуемые земли, возобновление использования, варианты ввода в оборот, реконструкция систем, восстановление мелиоративной функции

\*\*\*\*\*

#### **Options for renewal the use of set-aside reclaimed land**

**Michail N. Lytov**

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

**Abstract.** The purpose of the research is to systematize the options for renewal the use of reclaimed agricultural lands withdrawn from circulation. The relevance of research is determined by the modern scale of the problem of using reclaimed lands, which don't fulfil any reclamation function now or are not used at all. The system of options being developed is based on the allocation of natural and engineering components of the reclaimed territories for economic use renewal. Options for resuming economic activity for these components must be agreed upon and taken into account in the projects developed. The considered options for renewal the use of set-aside reclaimed lands include basic directions that can be integrated when developing object-oriented time plans.

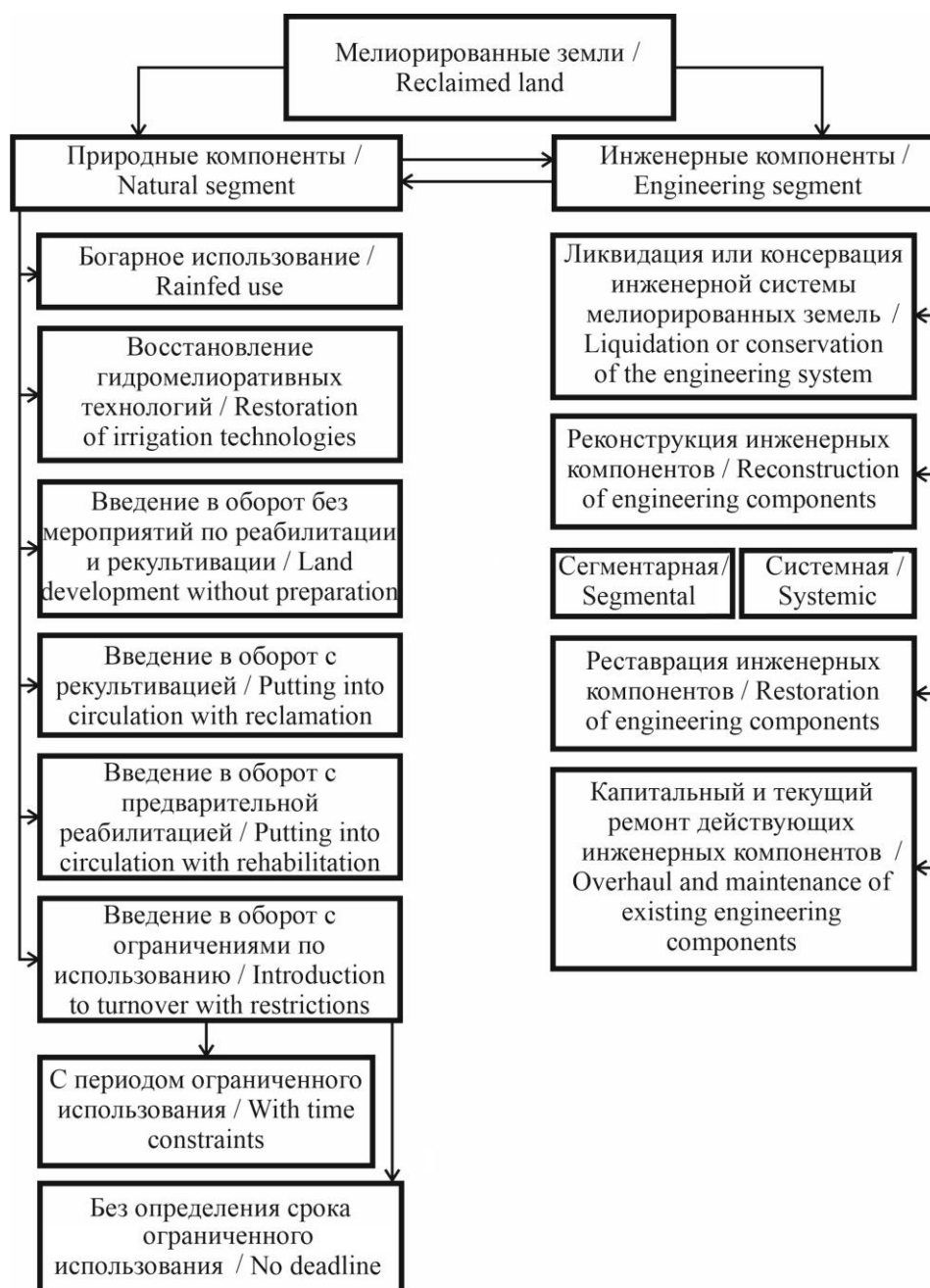
**Keywords:** reclaimed land, underutilized land, renewal of use, options for putting into circulation, system reconstruction, rehabilitation of reclamation function

**Введение.** Мелиорированные земли не только являются наиболее ценным фондом сельскохозяйственных земель, но и характеризуются особым образом организованной территорией [1, 2]. Гидротехнические мелиорации предполагают проведение совокупности мероприятий по организации и планированию территории, инфраструктурное обустройство и создание специализированной инженерной сети как инструмента регулирования водного режима в засушливых и переувлажненных природных зонах. Наряду с этим земельный фонд, сельскохозяйственные агроландшафты остаются, безусловно, природным компонентом, и это положение всегда должно оставаться в приоритете. Коренное улучшение земель, что по определению и есть мелиорация, не должно сопровождаться такими же основополагающими изменениями в экосистеме агроландшафтов, которые в целом должны сохранять свои природные идентификаторы. Природные и инженерные компоненты мелиорированных территорий находятся и всегда должны рассматриваться в единой системе. Системный подход важен на этапе проектирования и строительства гидромелиоративных систем, на этапе эксплуатации, на этапе, когда срок службы инженерных систем завершается. Брошенные мелиорированные земли характеризуют особую ситуацию, когда цикл жизни гидромелиоративной системы еще не подошел к концу, но отсутствие регулярного обслуживания и контроля может существенно ускорить выработку ресурса, сопровождаться различной степени деформациями и разрушениями инженерных систем [3, 4]. Аварии либо частичные деформации инженерных систем, сопровождающиеся нарушением выполнения всей совокупности функций, оказывают самое непосредственное влияние на природные объекты и экосистему окружающей среды в целом [5]. В результате могут существенно ускориться процессы деградации природных компонентов. Направленность и динамика процессов на брошенных мелиорированных землях имеют самое большое разнообразие, их трудно в какой-либо мере прогнозировать и предугадать. Поэтому и задача возобновления использования брошенных ранее мелиорированных земель чрезвычайно сложна и отличается большим разнообразием подходов. В настоящем исследовании мы постарались упорядочить все многообразие вариантов возобновления использования выведенных из оборота мелиорированных земель.

**Материалы и методы.** Как уже говорилось, природные и инженерные компоненты мелиорированных земель взаимосвязаны самым тесным образом, оказывают существенное взаимное влияние и не могут рассматриваться в отрыве один от другого. Это важно учитывать и при разработке проектов возобновления использования ранее выведенных из оборота мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения. Поэтому, с одной стороны, мы выделяем эти подсистемы по специфике обслуживания, эксплуатации и, собственно, повторного введения в оборот. С другой стороны, необходимо согласовывать проведение мероприятий по рассматриваемым компонентам и только с учетом этого формировать стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота мелиорированных земель. Объектом исследования являются выведенные из оборота и длительное время не используемые ранее мелиорированные земли сельскохозяйственного назначения. Предметом исследования являются практические варианты возобновления использования ранее выведенных из оборота мелиорированных земель.

**Результаты и обсуждение.** Неиспользуемые земельные ресурсы – основной природный компонент ранее мелиорированных, но выведенных из сельскохозяйственного оборота территорий (рисунок 1). Возобновление использования таких земель на основе богарных систем земледелия является одним из малопривлекательных вариантов введения в сельскохозяйственный оборот [6]. Тем не менее такой вариант объективно используется, когда восстановление инженерных компонентов системы невозможно или нецелесообразно. Причины могут быть самыми разнообразными, в т. ч. несоответствие экологической ситуации на предполагаемом к возобновлению использования объекте,

критические разрушения инженерных систем и инфраструктуры, отсутствие достаточного объема ресурсов для восстановления инженерных систем, мелиоративного обустройства вводимых в оборот земель и т. д. Этому варианту возобновления использования бывших мелиорированных земель со стороны инженерных компонентов системы соответствует их ликвидация или консервация. Богарное использование может носить временный статус, когда инженерные системы предполагается восстановить, но сроки этих работ никак не регламентированы. Компоненты инженерной системы на этот срок целесообразно законсервировать, предотвращая ускоренное развитие процессов деградации. В случае полной ликвидации инженерной системы бывшие мелиорированные земли могут быть переданы в богарный сельскохозяйственный фонд. Таким образом, возобновление использования бывших мелиорированных земель на основе богарных систем земледелия в отношении природного компонента предполагает полную ликвидацию или консервацию инженерного компонента.



**Рисунок 1 – Варианты возобновления использования выведенных из оборота мелиорированных земель**

В стратегическом плане более привлекательным является вариант возобновления использования ранее выведенных из оборота сельскохозяйственных земель с восстановлением мелиоративных технологий. Восстановление мелиоративной функции, в свою очередь, предполагает использование инженерного компонента, а следовательно, наряду с вводом земель в сельскохозяйственный оборот требуется восстановление гидромелиоративных систем, а также всей инфраструктуры обслуживания. По природному компоненту требуется укрепление экологического каркаса, возможно проведение планировочных работ, обустройство и организация вводимой в оборот территории. Восстановление функции гидромелиоративных систем в зависимости от их технического состояния может быть реализовано путем проведения текущего или капитального ремонта, реставрации отдельных составляющих инженерной сети или всей системы в целом, проведения комплексной реконструкции системы.

Восстановление функций путем текущего или капитального ремонта предполагает минимальные деформации системы и использование предусмотренных регламентом технологий обслуживания. На брошенных бывших мелиорированных землях такая ситуация, к сожалению, встречается нечасто. Реставрация инженерных систем предполагает восстановление конструкции и функций существующих гидромелиоративных объектов. Восстановление конструкции предполагается в рамках ранее реализованного проекта с минимально допустимыми, обоснованными отклонениями. Этот подход также предполагает, что стандартные инструменты технического обслуживания не позволяют восстановить функции гидромелиоративной системы, а проведения текущего либо капитального ремонта недостаточно.

Реконструкция системы допускает определенные конструктивные изменения системы, направленные на повышение эффективности по позициям основной технологической функции, расширение функциональных возможностей системы, обеспечение и повышение класса экологической безопасности. Конструктивные изменения гидромелиоративной системы также предполагают и возможность использования новых, более эффективных, а также более дешевых и технологичных конструкционных материалов, обеспечивающих экономию материальных и денежных средств при проведении реконструкции гидромелиоративных объектов. Реконструкция может носить частичный либо системный характер в зависимости от технического состояния инженерного компонента, организационно-технических характеристик проекта освоения, а также ресурсных возможностей и масштаба проекта.

Нами предложен концепт сегментарной реконструкции гидромелиоративных систем, который допускает проведение работ по отдельным территориально организованным сегментам системы и позволяет реализовывать проекты даже на уровне отдельных хозяйствующих субъектов. Концепт включает основные положения, которые были нами рассмотрены ранее [7]. В общем случае сегментарная реконструкция гидромелиоративной системы предполагает строительство всех структурно-функциональных модулей, присущих гидромелиоративной системе в целом. То есть предполагается организация узлов водозабора, водоподготовки, транспорта воды, орошения, а при необходимости – элементов водооборотной системы. Общая производительность водовыдела должна быть согласована с пропускной способностью и производительностью оросительной сети, от которой запитывается сегментарно восстанавливаемый участок орошения. Системы мониторинга сегментарно реконструируемых участков гидромелиоративной системы и автоматизированного управления ими должны работать в согласованном режиме. Выполнение этих условий позволяет согласовать проведение работ по реконструкции отдельных сегментов системы, рассредоточенных территориально и во времени.

В зависимости от экологического состояния предполагаемых к введению в оборот сельскохозяйственных территорий возобновление использования земель может осуществляться без проведения мероприятий по рекультивации и реабилитации (прямое

освоение), с проведением проблемно ориентированных рекультивационных мероприятий, а также с установлением предварительного периода реабилитации земель и проведением мероприятий, этому способствующих.

Прямое освоение земель предполагает непосредственное использование зональных технологий возделывания сельскохозяйственных культур с установлением особых режимных параметров, учитывающих особенности введения в оборот длительное время не используемых территорий (рисунок 2). Спецификой такого подхода является то, что каких-либо специальных технологий для ввода в оборот земель не используется. При этом восстановление мелиоративных функций здесь в полной мере зависит от состояния инженерных систем и необходимости проведения работ по их реконструкции или реставрации. В течение периода восстановления инженерных компонентов земли могут использоваться по богарному направлению.



**Рисунок 2 – Прямое освоение многолетней залежи в КФХ Выборнов В. Д. Ленинского района Волгоградской области (фото М. Н. Лытова, 2021 г.)**

Мероприятия по рекультивации земель предполагают использование специальных технологий в дополнение к приемам зональной агротехники сельскохозяйственных культур. Мероприятия направлены на устранение неприемлемых деформаций экологического каркаса осваиваемой территории. Это могут быть разовые мероприятия, не требующие дополнительного времени на возврат земель в сельскохозяйственный оборот, но может быть и система реализуемых в порядке очередности мер, с периодом, когда хозяйственное использование земель невозможно.

Освоение длительное время не используемых земель с реабилитацией предполагает определенную потребность во времени, в течение которого хозяйственное использование земель исключается. Этот период требуется для компенсации определенных отклонений фактического состояния от региональной экологической нормы, при этом предполагается создание положительного вектора процессов. Если положительный вектор процессов естественным образом не обусловлен, возможно проведение дополнительных мероприятий по реабилитации вводимых в оборот земель.

Еще один вариант освоения выведенных из оборота бывших мелиорированных земель предполагает их использование с ограничениями. Ограничения определяются характером деформации экологического каркаса территории и могут накладываться на использование производимой сельскохозяйственной продукции либо на использование агротехнических приемов. Ограничения могут носить временный характер до тех пор, пока экологическая ситуация на участке не нормализуется.

**Выводы.** Таким образом, возобновление использования ранее выведенных из оборота мелиорированных земель предполагает восстановление функций по двум основным компонентам: природному, включающему вводимые в оборот земли, и инженерному, включающему элементы гидромелиоративной системы. Варианты возобновления хозяйственной деятельности по этим компонентам должны быть согласованы

и учтены в разрабатываемых проектах. Рассмотренные варианты возобновления использования ранее выведенных из оборота мелиорированных земель включают базисные направления, которые могут быть комплексированы при разработке объектно ориентированных тайм-планов.

#### **Список источников**

1. Комов Н. В., Александровская Л. А. Эффективное использование мелиорированных земель на основе экологизации агромелиоративного землепользования // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. 2018. № 2. С. 74–80.

2. Поляков В. В., Чешев А. С. Механизм эколого-ландшафтного моделирования рационального использования и охраны мелиорированных земель // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. 2018. № 6. С. 32–37.

3. Шевченко В. А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Концептуальные подходы к оценке состояния выбывших из оборота мелиорированных и малопродуктивных земель сельскохозяйственного назначения // Научная жизнь. 2019. Т. 14, № 12(100). С. 1808–1818.

4. Рабинович Г. Ю., Тихомирова Д. В. Необходимость биологического мониторинга при введении в сельскохозяйственный оборот заброшенного мелиоративного объекта // Russian Agricultural Science Review. 2015. Т. 6, № 6-1. С. 103–108.

5. Балакай Г. Т., Куприянова С. В. Техническое состояние мелиоративных систем России и предложения по их восстановлению // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 1(77). С. 5–9.

6. Рожко А. А., Рытченко А. В. Перевод мелиорированных земель в иные земли // Теория и практика современной науки. 2017. № 6(24). С. 724–727.

7. Лытов М. Н. Концептуальные подходы к реконструкции гидромелиоративных систем с частично утраченными функциями // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 4(80). С. 23–28.

---

#### ***Информация об авторе***

**М. Н. Лытов** – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

#### ***Information about the author***

**M. N. Lytov** – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

*The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 28.09.2021; одобрена после рецензирования 28.10.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 28.09.2021; approved after reviewing 28.10.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 504.062

**К вопросу реабилитации степных рек  
в Краснодарском крае****Надежда Николаевна Малышева<sup>1</sup>, Сергей Николаевич Якуба<sup>1</sup>,  
Анна Евгеньевна Хаджиди<sup>1</sup>, Анна Евгеньевна Кочнева<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,  
Краснодар, Российская Федерация<sup>2</sup>Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения  
по Краснодарскому краю, Краснодар, Российская Федерация

**Аннотация.** Целью исследований являлся анализ проблем, связанных с использованием степных рек Краснодарского края в качестве водоисточников для нужд сельскохозяйственного водоснабжения, и обоснование проведения их реабилитации. Установлено, что ежегодно в регионе в рамках мероприятий госпрограммы Краснодарского края по развитию сельского хозяйства вводится в эксплуатацию порядка 5 тыс. га орошаемых участков, это в дальнейшем потребует привлечения дополнительных водных ресурсов в степной зоне края. Раскрыты основные проблемы, связанные с использованием вод степных рек Ея, Албаша, Бейсуг, Кирпили, Челбас для полива сельскохозяйственных культур. Отмечена высокая или повышенная минерализация их вод – от 600 до 12700 мг/л. Приведены расчеты свободных водных ресурсов для дополнительного использования в бассейнах степных рек Краснодарского края, которые составляют в годы 50% и 75% обеспеченности соответственно 119,00 и 80,28 млн м<sup>3</sup> при потребности порядка 230 млн м<sup>3</sup>. Указано на необходимость при стратегическом планировании сельхозпроизводства на мелиорированных землях взаимодействия министерств и ведомств региона для проведения комплекса работ в рамках государственных и региональных программ, направленных на повышение водности степных рек, улучшение показателей качества используемой воды, предотвращение деградиционных процессов в их бассейне.

**Ключевые слова:** гидромелиорация, орошаемое земледелие, орошаемые участки, государственная программа, степные реки, экологическое состояние, реабилитация рек, минерализация вод

\*\*\*\*\*

**On issue of steppe rivers rehabilitation in Krasnodar Territory****Nadezhda N. Malysheva<sup>1</sup>, Sergey N. Yakuba<sup>1</sup>, Anna Ye. Khadzhide<sup>1</sup>, Anna Ye. Kochneva<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation<sup>2</sup>Department of Land Reclamation and Agricultural Water Supply for the Krasnodar Territory,  
Krasnodar, Russian Federation

**Abstract.** The purpose of the research was to analyze the problems associated with the use of the steppe rivers of Krasnodar Territory as water sources for the needs of agricultural water supply, and to justify their rehabilitation. It was found that about 5 thousand hectares of irrigated areas are put into operation in the region annually in the framework of the state program of Krasnodar Territory for the development of agriculture, this will further require the attraction of additional water resources in the steppe zone of the territory. The main problems associated with the use of waters of the steppe rivers Eya, Albashi, Beysug, Kirpili, Chelbas for irrigation of agricultural crops are revealed. High or increased salinity of their waters – from 600 to 12700 mg/l was noted. Calculations of free water resources for additional use in the steppe rivers basins of Krasnodar Territory are given, which are average 50% and 75% of the supply, respectively, 119.00 and 80.28 million m<sup>3</sup> with a demand of about 230 million m<sup>3</sup>.

The need for strategic planning of agricultural production on reclaimed lands of interaction of ministries and departments of the region is indicated to carry out a work package within the framework of state and regional programs aimed at increasing the water content of steppe rivers, improving the quality of water used, preventing degradation processes in their basin.

**Keywords:** hydroreclamation, irrigated agriculture, irrigated areas, state program, steppe rivers, ecological state, river rehabilitation, water salination

**Введение.** Агропромышленный комплекс Кубани является одной из главных составляющих экономики региона и обеспечивает более 7 % объема валовой сельскохозяйственной продукции России, обладая 4,6 % посевных площадей в стране. Благоприятные природные условия и развитая материально-техническая база обеспечивают лидерство Краснодарского края в производстве продукции сельского хозяйства в России [1].

Значимым направлением в сельском хозяйстве края является эффективное функционирование водохозяйственно-мелиоративного комплекса в междуречье Кубани и Протоки, в основном обеспечивающего производство продукции рисоводства. Ежегодно полив риса осуществляется на площади порядка 120–125 тыс. га. Это позволяет стабильно получать около 1,0 млн т высококачественного зерна, что составляет около 80 % общего объема его производства в стране [2, 3].

Кроме используемых для выращивания риса мелиоративных систем федеральной собственности, расположенных в Нижней Кубани, в регионе активно развивается овощеводство на локальных орошаемых участках в междуречье Кубань – Лаба и зоне Средней Кубани на территориях Курганинского, Гулькевичского, Новокубанского районов с использованием таких водных объектов для нужд мелиорации земель сельскохозяйственного назначения, как Новокубанский, Лабинский, Михайловский, Константиновский, Родниковский каналы.

Дальнейшее развитие мелиорации в регионе направлено на использование водных объектов степной зоны края и рек, расположенных на Азово-Кубанской равнине в междуречье Кубани и Дона. При этом до настоящего времени открытым остается вопрос наличия свободных водных ресурсов на указанной территории и возможности орошения сельскохозяйственных культур на строящихся орошаемых участках. В этой связи цель нашего исследования заключается в анализе проблем, связанных с использованием степных рек Краснодарского края в качестве водоисточников для нужд сельскохозяйственного водоснабжения, и обосновании проведения их реабилитации [4].

Для достижения поставленной цели были решены задачи по проведению мониторинга достижения целевых показателей в рамках гидромелиоративных мероприятий государственной программы Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия»; проработке основных проблем, связанных с дальнейшим использованием вод степных рек для полива сельскохозяйственных культур и развития мелиорации в регионе; выявлению свободных водных ресурсов в их бассейнах для использования в орошаемом земледелии степной зоны края.

**Материал и методы.** В работе использованы и проанализированы следующие материалы: государственная программа Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия» (постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 5 октября 2015 г. № 944); государственная программа Краснодарского края «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов, развитие лесного хозяйства» (постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 20 ноября 2015 г. № 1057); федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах» (постановление Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2012 г. № 350). Камеральные работы проведены с технической отчетностью и оперативной информацией ГБУ Краснодарского края «Кубанский сельскохозяйственный информационно-консультационный центр», ФГБУ «Российский ин-

формационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр», Кубанского бассейнового водного управления, Министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края, ФГБУ «Управление «Кубань-мелиоводхоз».

**Результаты и обсуждение.** В результате проведенного анализа выявлено, что в рамках программных мероприятий по развитию мелиорации в Краснодарском крае в регионе в оборот ежегодно вводится порядка 5,0 тыс. га новых орошаемых участков с использованием мер государственной поддержки за счет средств федерального и краевого бюджета, в т. ч. в рамках регионального проекта Краснодарского края «Экспорт продукции агропромышленного комплекса» [5]. Анализ инвестиций в мелиорацию на территории региона с использованием субсидий на гидромелиоративные мероприятия указывает на высокую эффективность мер государственной поддержки отрасли и достижение целевых индикаторов программы (таблица 1).

**Таблица 1 – Эффективность выполнения гидромелиоративных мероприятий в Краснодарском крае, 2014–2020 гг.**

Наименование работ	Год							
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014–2020
Введено в эксплуатацию орошаемых участков, га	4920	5146	6177	5561	3544	8016	5836	39200
Построено насосных станций, ед.	6	3	9	7	5	14	9	53
Проложено трубопровода, км	80,0	22,7	41,3	38,6	46,5	97	35,2	361,3
Приобретено дождеваль-ных машин, ед.	63	30	56	44	61	59	52	365

Выявлено, что за период реализации программных мероприятий в период с 2014 по 2020 г. в регионе введено в эксплуатацию 39,2 тыс. га мелиорируемых земель с максимальным значением в 2019 г. 8016 га, минимальным 3544 га в 2018 г., построено 53 насосных станции, проложено 361,3 км трубопроводов, приобретено 365 высокотехнологичных дождевальных машин.

Это позволило увеличить объем валовой продукции овощеводства на 223,0 тыс. т за период реализации программных мероприятий с 610,0 тыс. т в 2010 г. (базовый) до 833,0 тыс. т в 2020 г.

Дальнейшее развитие мелиорации на Кубани в период с 2022 по 2031 г. будет реализовано в рамках мероприятий госпрограммы эффективного вовлечения в оборот земель сельхозназначения и развития мелиоративного комплекса, в которой немаловажную роль играют проблемы обеспечения водного режима гидромелиоративных систем, сохранения и повышения плодородия мелиорированных земель с целью предотвращения их выбытия из сельхозпроизводства.

В этой связи одной из актуальных задач, направленных на реализацию мероприятий госпрограммы, является проведение работ по улучшению водности и экологического состояния степных рек, таких как Ея, Албаши, Бейсуг, Кирпили, Челбас и др., что позволит дополнительно вводить в сельскохозяйственный оборот мелиорируемые участки, увеличивать объем валовых сборов сельскохозяйственных культур. В таблице 2 приведены основные гидрологические характеристики степных рек Краснодарского края [6].

Длина этих рек в среднем составляет порядка 200 км с площадью водосбора каждой до 2 тыс. км<sup>2</sup>, а длина всей гидрографической сети – 4791 км с площадью водосбора 24000 км<sup>2</sup>, что составляет 29 % территории края.

**Таблица 2 – Характеристики основных рек степной зоны Краснодарского края**

Река	Площадь бассейна, км <sup>2</sup>	Длина реки, км	Протяженность гидрографической сети на территории края, км
Ея	8650	345	1267
Албаши	962	71	103
Ясени	596	74	95
Челбас	4210	278	920
Бейсуг	5840	249	879
Кирпили	2270	202	827
Понура	1075	97	260

В настоящее время существует ряд проблем, связанных с использованием вод степных рек для полива сельскохозяйственных культур, которые требуют незамедлительного решения в связи с интенсивным развитием в регионе орошаемого земледелия. Так, в последние десятилетия на степных реках в междуречье Кубани и Дона сложилась напряженная водохозяйственная обстановка, обусловленная комплексом природных и антропогенных факторов, среди которых необходимо отметить полную зарегулированность стока многочисленными дамбами различного назначения, заиление и зарастание водной растительностью, изменение внутригодового распределения стока рек, в т. ч. вследствие климатических изменений, а также интенсивной хозяйственной деятельности в пределах русел, водоохраных зон и на водосборе в целом.

Обмеление рек вызывает целый ряд негативных экологических последствий: прекращение родникового питания, повышение испаряемости воды, заболачивание. Следствием ухудшения экологического состояния степных рек региона также является изменение показателей, характеризующих качество воды. Отмечена их высокая или повышенная минерализация с растворенными солями от 600 до 12700 мг/л в межень, что связано с маловодностью, засушливостью климата, вымыванием реками солей из пород и почв, засолением грунтовых вод [7]. Высокие показатели жесткости и общей минерализации степных рек, а также загрязненность их сточными водами приводят к непригодности их вод для орошения сельскохозяйственных культур [8].

Так, по данным многолетних наблюдений за гидрохимическим режимом воды в источниках орошения на основе местного стока по районам степной зоны края, которые были проведены специализированными подразделениями ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз», из 53,9 тыс. га обследованных орошаемых земель в 12 муниципальных образованиях водой I класса не орошается ни одного гектара. Водой II класса поливается всего 8182 га, III класса (ограниченно пригодной, в основном после разбавления пресными водами, опреснения или химической мелиорации) – 30281 га, остальные 15490 га орошаются условно пригодной и непригодной водой (IV и V классы), что не только сказывается на снижении урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур, но и приводит к деградации используемых в сельхозпроизводстве земель.

Анализ данных об использовании степных рек региона, в т. ч. по степени хозяйственной освоенности территорий их бассейнов для орошаемого земледелия, промышленного производства, коммунального хозяйства, прудовой аквакультуры и рекреации, показывает, что с учетом высокой минерализации воды в р. Ея, Албаши, Кирпили и ее непригодности для целей орошения фактическая величина свободных водных ресурсов в годы 50% и 75% обеспеченности составляет соответственно 119,00 и 80,28 млн м<sup>3</sup> при расчетной потребности порядка 230 млн м<sup>3</sup> (таблица 3).

Такая ситуация приводит к дефициту водных ресурсов для обеспечения потребностей отдельных водопользователей и отраслей экономики, в т. ч. и сельского хозяйства, ориентированного на выращивание продукции растениеводства и увеличение объемов валового сбора сельскохозяйственных культур. При этом при разработке программных мероприятий государственной программы по развитию сельского хозяйства и планиро-

вании целевых индикаторов в части, касающейся увеличения посевных площадей под орошение, не учитывается наличие свободных водных ресурсов для нужд мелиорации. В дальнейшем, по мере реализации программы, хозяйствующие субъекты столкнутся с вопросами вододефицита, особенно в маловодные годы, необходимостью опреснения высокоминерализованных вод посредством очистки водоисточников, необходимостью создания русловых прудов-накопителей и т. д. [9, 10]. Это потребует значительных затрат и дестабилизирует экономику предприятий, но при этом не решит глобально вопросы улучшения экологической ситуации водных объектов и водотоков в степной зоне края.

**Таблица 3 – Расчетные свободные водные ресурсы для дополнительного использования в бассейнах степных рек Краснодарского края**

В млн м<sup>3</sup>

Речной бассейн	Свободные водные ресурсы для дополнительного использования	
	50 %	75 %
Ея	19,33	0,00
Албаши	9,65	2,00
Челбас	41,00	27,58
Бейсуг	59,39	36,69
Кирпили	25,95	2,52
Понура	18,60	16,01
Всего по бассейнам (без учета качества воды)	173,93	84,80
Всего по бассейнам (с учетом качества воды)	119,00	80,28

В этой связи для развития мелиорации в регионе требуется реализация мероприятий не только государственной программы Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия», но и госпрограммы Краснодарского края «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов, развитие лесного хозяйства», в которой необходимо предусмотреть реабилитацию степных рек, используемых в качестве водоисточников для полива сельскохозяйственных культур, и улучшение их экологического состояния.

В настоящее время в рамках подпрограммы «Развитие водохозяйственного комплекса» госпрограммы Краснодарского края «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов, развитие лесного хозяйства» (постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 15 ноября 2015 г. № 1057) проводятся исключительно мероприятия, направленные на защиту территорий от негативного воздействия вод и предотвращение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [11].

**Выводы.** Таким образом, с учетом значимости орошаемого земледелия в сельхозпроизводстве региона, а также приоритетности развития мелиорации в степной зоне края при стратегическом планировании сельхозпроизводства на мелиорированных землях необходимо взаимодействие таких министерств и ведомств, как Росводресурсы и подведомственные территориальные органы, Министерство природных ресурсов Краснодарского края и Министерство сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края, при поддержке Законодательного собрания региона для проведения комплекса работ в рамках государственных и региональных программ (включая научно-исследовательские и проектно-изыскательские), направленных на повышение водности степных рек, улучшение показателей качества используемой воды, предотвращение деградационных процессов в их бассейне.

#### Список источников

1. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе / А. Н. Коробка [и др.]. Краснодар, 2015. 352 с.

2. Малышева Н. Н., Владимиров С. А. Технологические аспекты увеличения объемов производства риса на Кубани // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: сб. ст. междунар. науч.-практ. форума. Волгоград, 2019. Т. 1. С. 224–230.

3. К вопросу развития мелиорации на Кубани и водообеспеченности посевов сельскохозяйственных культур / Н. Н. Малышева, С. В. Кизинек, А. А. Баранов, О. Н. Каданцев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 2(82). С. 10–16.

4. Малышева Н. Н., Якуба С. Н. Развитие мелиорации на Кубани и рациональное водопользование при орошении риса // Рисоводство. 2017. № 4(37). С. 47–56.

5. Об утверждении государственной программы Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия» [Электронный ресурс]: постановление главы администрации (губернатора) Краснодар. края от 5 окт. 2015 г. № 944. URL: <http://docs.cntd.ru/document/430643160> (дата обращения: 22.10.2021).

6. Нагалецкий Ю. Я., Нагалецкий Э. Ю., Астанин И. А. Водно-ресурсный потенциал Северо-Западного Кавказа // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, № 1-6. С. 1467–1471.

7. Нагалецкий Э. Ю., Нагалецкий Ю. Я., Папенко И. Н. Региональная мелиоративная география. Краснодарский край: монография. Краснодар: КубГАУ, 2013. 280 с.

8. Марухно А. В., Жирма В. В., Ачмиз Т. А. Водохозяйственные проблемы Краснодарского края // Наука вчера, сегодня, завтра: сб. ст. по материалам IV Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: СибАК, 2013. № 4. С. 47–52.

9. Малышева Н. Н., Якуба С. Н., Владимиров С. А. Приоритетные направления развития мелиорации на Кубани // Рисоводство. 2019. № 1(42). С. 58–66.

10. Малышева Н. Н. Экологическая реабилитация режима орошения риса в условиях маловодья // Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности: сб. науч. ст. VII Междунар. науч. конф. Волгоград, 2021. С. 72–75.

11. Об утверждении государственной программы Краснодарского края «Охрана окружающей среды, воспроизводство и использование природных ресурсов, развитие лесного хозяйства» [Электронный ресурс]: постановление главы администрации (губернатора) Краснодар. края от 20 нояб. 2015 г. № 1057. URL: <http://docs.cntd.ru/document/430683249> (дата обращения: 22.10.2021).

#### *Информация об авторах*

**Н. Н. Малышева** – доцент, кандидат сельскохозяйственных наук;

**С. Н. Якуба** – доцент, кандидат технических наук;

**А. Е. Хаджиди** – профессор, доктор технических наук;

**А. Е. Кочнева** – студент, магистр.

#### *Information about the authors*

**N. N. Malysheva** – Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences;

**S. N. Yakuba** – Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

**A. Ye. Khadzidi** – Professor, Doctor of Technical Sciences;

**A. Ye. Kochneva** – Student, Magister.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 23.11.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 23.11.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 528.8:626.8

### **Применение воздушно-лазерного сканирования при строительстве объектов мелиоративного комплекса**

**Алексей Николаевич Рыжаков, Дмитрий Викторович Мартынов**

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

*Аннотация.* В статье представлены результаты применения метода воздушно-лазерного сканирования для проведения топографической съемки при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте объектов мелиоративного комплекса. Инженерно-геодезические изыскания были выполнены в 2019 г. на участке строительства водохранилища в селе Капустино Чеченской Республики. Для проведения воздушно-лазерного сканирования применялся беспилотный летательный аппарат с повышенной грузоподъемностью и воздушный сканер, обслуживаемый с помощью специализированного программного обеспечения. Привязка к пунктам местной геодезической сети осуществлялась с применением спутникового оборудования глобального позиционирования (GNSS). Для оценки выполняемых работ полученная модель фактического состояния объекта сравнивалась с моделями исходного рельефа (по состоянию на 2013 г.) и проекта сооружения, построенными согласно отчету о реконструкции Наурско-Шелкобской оросительно-обводнительной системы. В результате воздушно-лазерное сканирование рассматриваемого объекта, площадь которого составляет около 300 га, было проведено за один рабочий день. По итогам обработки полученного облака точек была построена цифровая модель фактической поверхности. Для осуществления контроля за выполнением строительных работ были рассчитаны два основных показателя – объем уже осуществленных на момент изысканий земляных работ и объем работ, необходимых для завершения строительства.

*Ключевые слова:* водообеспеченность мелиорированных земель, мелиоративные системы и сооружения, БПЛА, воздушно-лазерное сканирование, мелиоративный канал, цифровая модель рельефа

\*\*\*\*\*

### **The use of airborne-laser scanning in the construction of reclamation complex facilities**

**Aleksey N. Ryzhakov, Dmitry V. Martynov**

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

*Abstract.* The results of the application of airborne-laser scanning for conducting topographic surveys during the construction, reconstruction and major overhaul of the reclamation complex facilities are presented. Engineering and geodetic surveys were carried out in 2019 at the construction site of a reservoir in the village of Kapustino in the Chechen Republic. An unmanned aerial vehicle with an increased carrying capacity and an air scanner, supported by specialized software, were used to conduct airborne laser scanning. The binding to the points of the local geodetic network was carried out using satellite global positioning equipment (GNSS). To assess the work performed, the obtained model of the actual state of the object was compared with the models of the initial relief (as of 2013) and the construction project, built according to the report on the reconstruction of the Naur-Shelkob water distribution system. As a result, airborne laser scanning of the object under consideration, which area is about 300 hectares, was carried out in one working day. Based on the results of obtained point cloud processing, a digital model of the actual surface was built. To monitor the imple-

mentation of construction work, two main indicators were calculated – the amount of earthwork already carried out at the time of the survey and the amount of work required to complete the construction.

**Keywords:** water supply of reclaimed lands, reclamation systems and facilities, UAVs, airborne-laser scanning, reclamation canal, digital relief model

**Введение.** Развитие мелиоративной отрасли осуществляется за счет строительства новой инфраструктуры и за счет реконструкции существующей. Согласно государственной программе эффективного вовлечения и развития мелиоративного комплекса РФ на 2022–2023 гг., утвержденной постановлением Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 371, запланировано осуществление подпрограммы «Повышение водообеспеченности мелиорированных земель, инновационное развитие мелиоративного комплекса и его эффективное организационное и экономическое управление» [1]. В рамках этого направления предусмотрен ведомственный проект «Строительство, реконструкция и капитальный ремонт объектов мелиоративного комплекса государственной собственности РФ», направленный на предотвращение к концу 2031 г. выбытия из оборота земель сельскохозяйственного назначения до 2956,343 тыс. га мелиорированных земель за счет реконструкции, технического перевооружения и строительства мелиоративных систем государственной собственности РФ, осуществленных за весь период реализации проекта.

Инновационное развитие водного хозяйства и мелиорации в России в настоящее время невозможно без применения передового мирового опыта в сфере проектирования, строительства и эксплуатации мелиоративных систем и сооружений [2]. Для интенсификации этапов изысканий строительства и эксплуатации перспективно использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для проведения воздушно-лазерного сканирования. Лазерное сканирование с использованием БПЛА является относительно новым методом сбора информации, и тем не менее данное направление в настоящее время развивается очень интенсивно. Основным применением лазерного сканирования БПЛА являются полеты, направленные на расчет объема материалов полигона и массы земли, а также на горные работы [3].

Принцип воздушного лазерного сканирования заключается в регистрации отраженного сигнала с обширных территорий с воздуха, который при отражении от различных по плотности сред имеет различную характеристику, что позволяет идентифицировать объекты, от которых отразился сигнал. Этот принцип позволяет в процессе постобработки классифицировать в отдельные цифровые слои – рельеф, растительность, строения и водную среду.

Собранная в результате использования БПЛА информация и построенная на ее основе цифровая модель объекта впоследствии может быть использована для контроля геометрических параметров гидротехнического сооружения, морфометрических характеристик каналов и подсчета объемов земляных работ.

**Материал и методы.** Воздушно-лазерное сканирование успешно было применено в 2019 г. на участке строительства водохранилища в селе Капустино Чеченской Республики (рисунок 1).

Для проведения воздушно-лазерного сканирования применялся БПЛА DJI Mavic 600 Pro с повышенной грузоподъемностью [4] и воздушный сканер для БПЛА АГМ-МС3 [5], обслуживаемый с помощью программного обеспечения NovAtel Inertial Explorer [6]. Данная модель БПЛА является промышленным квадрокоптером нового поколения. Он разработан с использованием современных авиационных систем. Вместе с интегрированным воздушным лазерным сканером БПЛА способен эффективно сканировать местность. В данный комплекс входит программное обеспечение, которое максимизирует производительность оборудования, т. е. обеспечивает точные результаты даже при использовании инерционных датчиков более низкого качества. Комплекс для лазерного сканирования разработан для таких сфер и процессов, как картография,

инженерные изыскания, создание трехмерных моделей инфраструктурных объектов, паспортизация и диагностика состояния автомобильных и железных дорог, создание геоинформационных систем различного назначения. Вес лазерного сканера для БПЛА составляет 1,5 кг, что позволяет легко установить его на широкий ряд БПЛА. Лазерный сканер АГМ-МС3 предназначен для полностью автономной работы с минимальным участием оператора, что делает съемку легкой, быстрой и удобной.



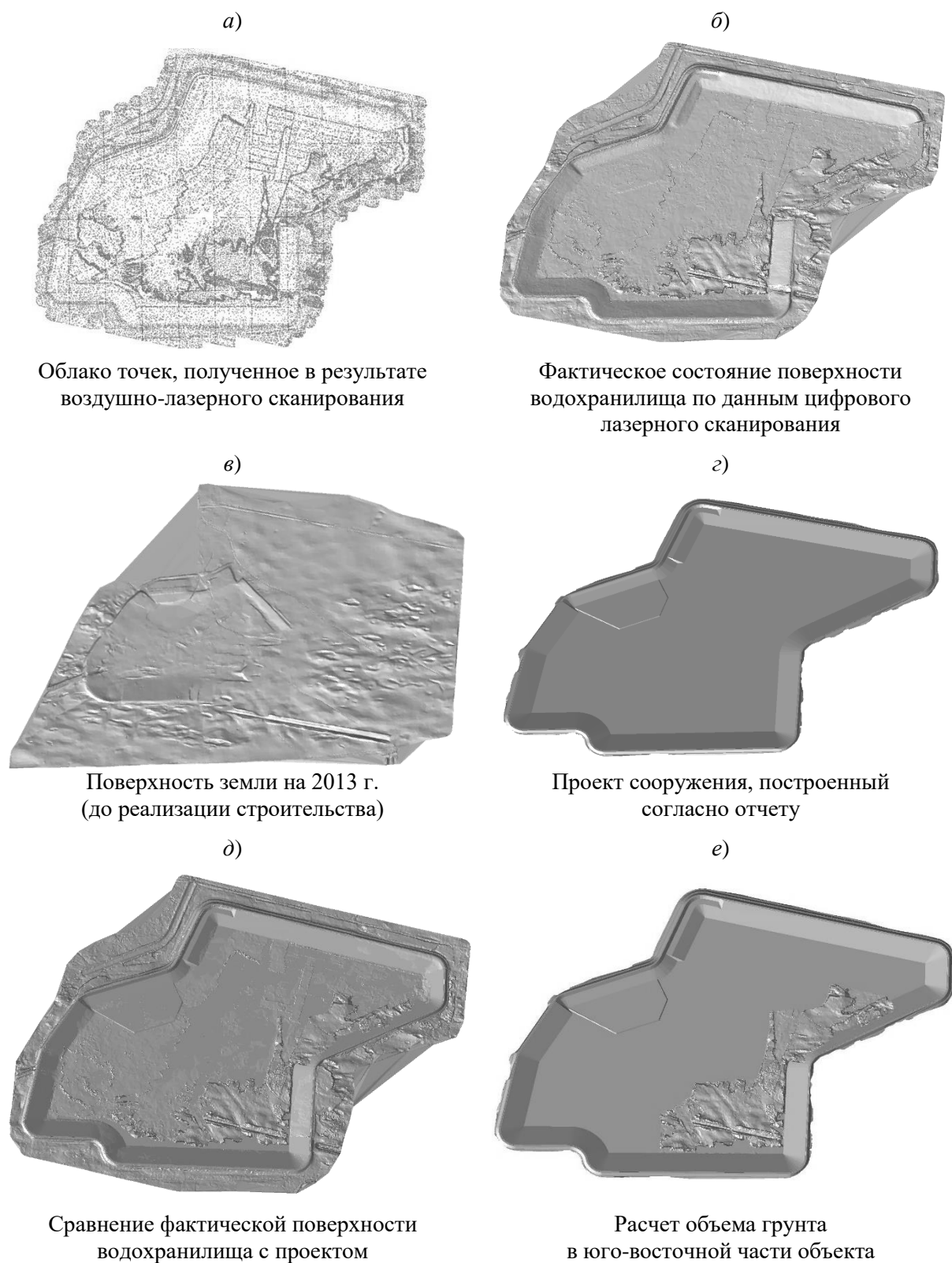
**Рисунок 1 – Схема расположения объекта исследований**

Привязка к пунктам местной геодезической сети осуществлялась с применением спутникового оборудования глобального позиционирования (GNSS) Leica CS10 3.5G с программным обеспечением Smart Worx Viva и приложения для полевых контроллеров CS10 в режиме RTK-съемки. Обработка полученного в результате съемки облака точек и оценка объемов работ осуществлялась при помощи специализированного программного обеспечения Autodesk Civil 3D.

Для оценки выполняемых работ полученная модель фактического состояния объекта сравнивалась с моделями исходного рельефа (по состоянию на 2013 г.) и проекта сооружения, построенными согласно отчету о реконструкции Наурско-Шелкобской оросительно-обводнительной системы. В результате были получены необходимые показатели земляных работ.

Данная работа выполнялась в рамках апробации метода воздушно-лазерного сканирования при строительстве и реконструкции мелиоративных объектов.

**Результаты и обсуждения.** В результате воздушно-лазерное сканирование рассматриваемого объекта, площадь которого составляет около 300 га, было проведено за один рабочий день. По итогам обработки полученного облака точек (рисунок 2а) была построена цифровая модель фактической поверхности (рисунок 2б).



**Рисунок 2 – Цифровые модели поверхности**

Для осуществления контроля за выполнением строительных работ определялись два основных показателя – объем уже осуществленных на момент изысканий земляных работ и объем работ, необходимых для завершения строительства, т. е. формирования дамбы в северо-восточной части объекта.

При сравнении цифровой модели фактической поверхности и модели поверхно-

сти земли, созданной по материалам инженерно-геодезических изысканий 2013 г. (рисунок 2в), была рассчитана картограмма земляных масс, по результатам которой объем выемки, как и было предусмотрено проектом, превысил объем насыпи.

Чтобы определить объем оставшихся работ, сравнивались цифровые модели проектной (рисунок 2г) и фактической поверхности. В результате рассчитанной картограммы (рисунки 2д, 2е) были определены показатели, необходимые для оценки сроков завершения строительных работ.

**Выводы.** Опыт применения воздушно-лазерного сканирования показал, что данный способ является эффективным при обследовании значительных по площади и протяженности объектов, это подтверждается высоким качеством и полнотой полученных исходных данных для компьютерного трехмерного моделирования сооружений и конструкций. Экономическая эффективность расчетов достигается за счет снижения временных и трудовых затрат по сравнению с традиционными способами геодезических измерений. Таким образом, воздушно-лазерное сканирование является прогрессивным способом выполнения работ для целей мелиоративного назначения.

### **Список источников**

1. Об утверждении требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий), предназначенных для организации отдыха детей и их оздоровления, и формы паспорта безопасности объектов (территорий) стационарного типа, предназначенных для организации отдыха детей и их оздоровления [Электронный ресурс]: постановление Правительства Рост. обл. от 14 мая 2021 г. № 732. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

2. Щедрин В. Н., Сенчуков Г. А. Перспективы развития мелиорации и водного хозяйства в Российской Федерации // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2012. № 1(05). С. 1–9. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=550> (дата обращения: 10.09.2021).

3. Реджепов М. Б., Колесникова С. А. Анализ применения наземного и воздушного лазерного сканирования // Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. фак. землеустройства и кадастров ВГАУ. 2019. С. 292–300.

4. Matrice 600 Pro. Выбор профессионалов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dji.com/ru/matrice600-pro/info#specs> (дата обращения: 10.09.2021).

5. Лазерный сканер для БПЛА АГМ-МС3 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agmsys.ru/mscan/ms3> (дата обращения: 10.09.2021).

6. NovAtel Inertial Explorer [Electronic resource]. URL: <https://novatel.com/products/waypoint-post-processing-software/inertial-explorer> (date of access: 10.09.2021).

### ***Информация об авторах***

**А. Н. Рыжаков** – научный сотрудник;

**Д. В. Мартынов** – младший научный сотрудник.

### ***Information about the authors***

**A. N. Ryzhakov** – Researcher;

**D. V. Martynov** – Junior Researcher.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 23.11.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 23.11.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 626.823.914

### Опыт применения бетононаполняемых материалов в гидромелиоративном строительстве

**Олег Андреевич Баев, Виктория Федоровна Талалаева**

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

***Аннотация.** Целью работы являлся анализ российских и зарубежных исследований, посвященных применению бетононаполняемых материалов в гидромелиоративном строительстве. Основной причиной нехватки водных ресурсов является расширение водопотребления населением и растущей экономикой. В настоящее время большинство оросительных каналов в России устроены в земляном русле, а в облицовке порядка 15–20 % от общей протяженности оросительной сети. Проблема, связанная с нехваткой воды в результате фильтрационных потерь, является очень важной в гидромелиоративной отрасли. Применяемые ранее в 1970–2000-х гг. противофильтрационные устройства недостаточно эффективны и в некоторых случаях неприменимы. В работе рассмотрен опыт применения и основные характеристики бетононаполняемых покрытий, в т. ч. преимущества перед полимерными устройствами. Также представлены зарубежные исследования, направленные на изучение возможности применения бетонного полотна на оросительных каналах и создание технологии улучшения его физико-механических характеристик.*

***Ключевые слова:** облицовка, защитное покрытие, бетононаполняемый материал, бетонное полотно, оросительный канал, противофильтрационное мероприятие*

\*\*\*\*\*

### Experience of the use of concrete-filling materials in hydro-reclamation construction

**Oleg A. Baev, Victoria F. Talalaeva**

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

***Abstract.** The purpose of the work was to analyze Russian and foreign studies on the use of concrete-filling materials in hydro-reclamation construction. The main reason for the water resources shortage is the increase of water consumption by population and the growing economy. Currently, most irrigation canals in Russia are constructed in an earthen bed, and about 15–20 % of the total length of the irrigation network are arranged in the lining. The problem associated with water scarcity as a result of filtration losses is very important in hydro-reclamation industries. The impervious devices used earlier in the 1970s and 2000s are not effective enough, and in some cases are not applicable. The experience of application and the main characteristics of concrete-filling lining, including advantages over polymer devices are considered. Foreign studies aimed at the possibility of using concrete sheet in irrigation canals and technologies for improving its physical and mechanical characteristics are also presented.*

***Keywords:** lining, protective coating, concrete filling material, concrete web, irrigation canal, impervious measure*

**Введение.** Проблема нехватки водных ресурсов является одной из глобальных не только в нашей стране, но и во всем мире. Основная причина этого состоит в расширении водопотребления увеличивающимся населением и растущей экономикой [1]. В области мелиорации значительные потери воды возникают в результате недостаточной гидравлической эффективности оросительных каналов, несовершенства технологии водораспределения, технологических сбросов и др. Для предотвращения негатив-

ных процессов, связанных с фильтрационными потерями, применяются различные мероприятия и устройство защитных покрытий.

В результате фильтрации оросительные каналы теряют через дно и стенки до 50 % поступающей в них воды. Например, Каракумский канал, ставший одной из причин катастрофического обмеления Аральского моря, теряет таким образом более четверти забираемой воды из р. Амударьи. В результате экономическая эффективность этих ирригационных сооружений заметно снижается. Кроме того, выход воды на поверхность вблизи каналов может привести к заболачиванию земель, а в горной местности – к селям и обрушениям. Такие процессы негативно сказываются и на самом сооружении, являясь причиной его деформаций и разрушений.

Общая протяженность оросительной сети в Российской Федерации, находящейся в федеральной собственности, составляет около 23 тыс. км. Срок эксплуатации некоторых систем составляет более 40–60 лет, физический износ сооружений достигает порядка 70 %, что требует реконструкции значительной протяженности оросительной сети. На сегодняшний день в России лишь 18–20 % общей длины каналов оросительных систем оборудованы противофильтрационными покрытиями, остальная часть сооружений выполнена в земляном русле. Ранее для борьбы с фильтрацией из каналов оросительных систем в 1980-х гг. использовались такие противофильтрационные мероприятия, как уплотнение, оглеение, кольматация глинистыми частицами и бентонитом, битумизация и цементация, а также устройство различных облицовок (грунтовых, бетонных и железобетонных, грунтоцементных, каменных, пленочных и др.) [2].

Для исключения больших непроизводительных потерь воды из каналов оросительных систем важной задачей является разработка технологии создания противофильтрационных облицовок из новых материалов. Общепринятая технология возведения защитных облицовок с использованием полимерных материалов и защитного слоя из монолитного бетона представлена на рисунке 1 [3].

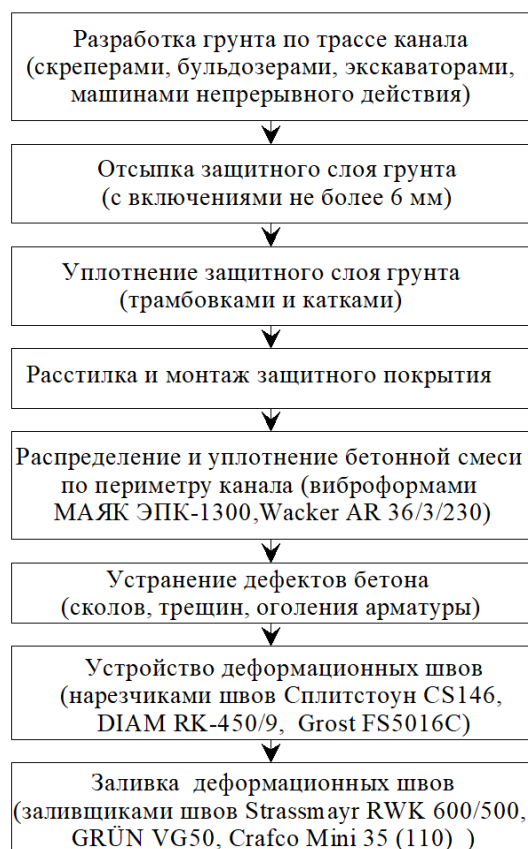
На технологической схеме (см. рисунок 1) представлены некоторые примеры машин и механизмов, которые при соответствующем обосновании могут использоваться при возведении защитных покрытий.

Использование специализированной техники значительно упрощает монтаж облицовок, но наряду с этим существенно возрастают затраты на весь технологический процесс. В связи с высокими затратами на укладку защитных покрытий особо важным вопросом остается выбор наиболее эффективных противофильтрационных мероприятий и строительных материалов. В настоящее время материалы, такие как бетон, железобетон, асфальтобетон, глинобетон, полимерные и др., предполагают значительные временные и финансовые затраты.

Вопросами совершенствования противофильтрационных мероприятий и защитных покрытий на оросительных каналах с применением современных геосинтетических материалов занимались многие российские ученые: Ю. М. Косиченко, А. В. Ищенко, О. А. Баев, Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников [2–6] и др. За рубежом исследованиями современных противофильтрационных материалов занимались: Н. Chen, F. Zhang, В. В. Jindal, К. А. Kadam, Н. Gabriel [7–10].

Целью работы является анализ зарубежных и отечественных исследований в области применения бетононаполняемых материалов в гидромелиоративном строительстве.

**Материалы и методы.** Британской инженерной компанией был разработан новый строительный материал под названием Concrete Canvas. Концепция бетонного полотна была впервые предложена Р. Brewin, W. Crawford в 2005 г., технология уже получила признание на мировом строительном рынке. Специалисты отмечают ее преимущества по сравнению с традиционным бетонированием [11].



**Рисунок 1 – Последовательность этапов возведения защитных покрытий каналов из полимерных материалов [3]**

Бетонное полотно (быстровозводимый бетононаполняемый материал) представляет собой гибкую, пропитанную цементом ткань, которая затвердевает при гидратации, образуя тонкий, прочный, водонепроницаемый и огнестойкий бетонный слой. Материал позволяет производить строительство без применения смесительного оборудования и специализированной техники. В таблице 1 представлены основные физико-механические характеристики трех типов бетонного полотна [12].

**Таблица 1 – Физико-механические параметры различных типов бетонного полотна**

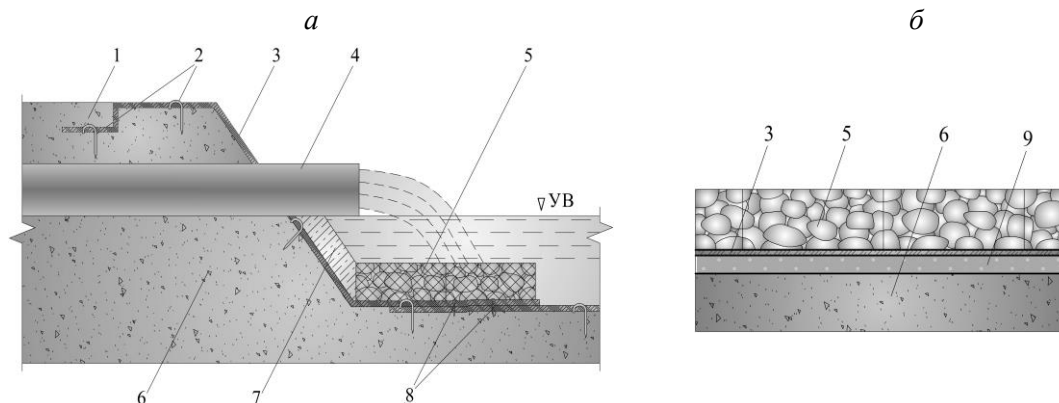
Тип	Толщина, мм	Ширина рулона, мм	Длина рулона, м	Вес до гидратации, кг/м <sup>2</sup>	Плотность после затвердевания, кг/м <sup>3</sup>	Прочность, МПа	
						на изгиб	на сжатие
СС5	5	1000	200,0	7,0	1700–2025	5,0	27,4
СС8	8	1100	113,6	12,0		4,5	30,4
СС13	13	1100	72,7	19,0		4,5	25,6

В сухом состоянии бетонное полотно довольно гибкое, его поставляют в рулонах. Материал возможно укладывать как на горизонтальные, так и на вертикальные поверхности, предварительно закрепив. Для резки полотна используется строительный нож, а крепление осуществляется с помощью винтов, стальных кольев или анкеров. Одно из преимуществ материала заключается в легкости монтажа, не требующего использования крупногабаритной техники и специализированных рабочих.

Слой из поливинилхлорида на нижней поверхности материала обеспечивает полную водонепроницаемость, а гидрофильные волокна (полиэтиленовые и полипропиленовые нити) на противоположной поверхности способствуют гидратации, притягивая воду в цементную смесь. Гидратация материала возможна при помощи распыления воды или погружения его в воду. По истечении 24 ч бетонное полотно набирает

80 % прочности. Благодаря особенностям монтажа материал значительно сокращает энерго- и трудозатраты [13].

Для предотвращения размыва противофильтрационного элемента полотна водным потоком возможно устройство защитных покрытий из габионов матрацного типа. На рисунке 2 представлены предлагаемые авторами варианты конструктивных решений применения бетонного полотна на малых водотоках, подверженных размыву.



*a* – облицованный участок в месте выхода водного потока; *б* – участок с защитным устройством из габионов; 1 – берма; 2 – стальной анкер; 3 – бетонное полотно; 4 – водовыпуск; 5 – габионы матрацного типа; 6 – естественное основание; 7 – бетон; 8 – саморез; 9 – геокompозит

**Рисунок 2 – Варианты защитных покрытий с применением бетонного полотна**

В таблице 2 (согласно данным United Concrete Canvas Russia [12]) представлен зарубежный опыт применения бетонного полотна в сельском хозяйстве с 2010 г.

**Таблица 2 – Зарубежный опыт применения бетонного полотна в сельском хозяйстве**

Место производства работ	Назначение	Год строительства
Оросительный канал в Александруполисе (Фракия, Греция)	Устройство дренажного канала	2018
Резервуары декантирования (Белла-Виста Норт, Парагвай)	Строительство резервуаров декантирования побочного продукта биоэтанола	2018
Оросительный канал реки Моой (Муден, Южная Африка)	Реконструкция оросительного канала	2015
Оросительный канал (Викунa, Чили)	Строительство дренажного канала	2016
Оросительный канал (Адлун, Южный Ливан)	Реконструкция оросительного канала	2017
Бетонный оросительный канал, соединенный с р. Тиса (Тисафюред, восточная Венгрия)	Реконструкция участка оросительного канала	2018

**Результаты и обсуждение.** В работе Ф. К. Абдразакова, А. А. Рукавишникова [4], посвященной интенсификации мелиоративного производства путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов, был проведен сравнительный анализ бетонного полотна и облицовочных плит, который показал, что бетонное полотно применимо в качестве альтернативы бетонным плитам.

В другой работе Ф. К. Абдразакова, А. А. Рукавишникова [5] были проведены экспериментальные исследования бетонного полотна для определения возможности применения его в качестве противофильтрационного облицовочного материала на оро-

сительных каналах. Проведенный эксперимент доказал высокую эффективность бетонного полотна относительно водопроницаемости. Авторами были получены коэффициенты скорости фильтрации бетонного полотна и бетонной облицовки, а также представлены результаты их сравнения.

По мнению Ф. К. Абдразакова, А. А. Рукавишникова, А. А. Хальметова, А. В. Поварова [14], бетонное полотно уступает бетонным облицовкам по показателям стоимости, морозостойкости и прочности, но, несмотря на это, по скорости и простоте монтажа, приобретению прочности, а также наименьшим фильтрационным потерям материал превосходит существующие на сегодняшний день покрытия и может допускаться к использованию в качестве облицовочного материала оросительных каналов.

Опираясь на работы, рассмотренные выше, можно сделать вывод о том, что бетонное полотно будет эффективным вариантом оптимизации оросительных систем. Так, например, стоимость 1 м<sup>2</sup> бетонного полотна составляет от 1,5 тыс руб., бетонной облицовки – 0,950 тыс. руб./м<sup>2</sup>. Скорость укладки данных материалов составляет 800 м<sup>2</sup> в день для бетонного полотна и 80 м<sup>2</sup> для бетонной облицовки. Учитывая затраты на использование специализированной техники при укладке бетонных плит, применение бетонного полотна считаем экономически эффективным.

Зарубежные ученые Н. Li, Н. Chen, X. Li, F. Zhang, P. R. Dhevasena, A. A. Deiveegan в своих работах [7, 11] детально рассматривают бетонное полотно как инновационный строительный материал. Целью их исследования было изучение физико-механических свойств бетонного полотна. Так, например, авторами отмечено, что бетонное полотно – коррозионно-стойкий, водонепроницаемый и огнеупорный материал, является перспективным методом повышения долговечности и несущей способности сооружения. В этом исследовании бетонное полотно и полимер, армированный углеродным волокном, использовались для совместного усиления конструкций.

Для усиления откосов оросительных каналов G. Ding, L. Zhou, J. Wang и др. [15] предложили бетонное полотно и композитную арматуру (георешетка, прикрепленная к бетонному полотну). Авторы установили, что недавно разработанное бетонное полотно оказывает лучшее влияние на ограничение деформации откоса при сейсмической нагрузке, чем нетканая геотекстильная арматура, и что использование композитной арматуры может повысить сейсмостойкость откосов.

Н. Li, Н. Chen, X. Li, F. Zhang в своей работе [7] рассматривают возможность применения бетонного полотна на откосах оросительных каналов. Также в работе приводится экономическая эффективность применения данного строительного материала. Авторы пришли к выводу, что по сравнению с традиционными цементирующими покрытиями бетонное полотно – более подходящее решение для быстрого строительства и защиты откосов. Помимо этого, авторы рассматривают возможность улучшения механических свойств бетонного полотна путем внесения изменений в химический состав цементного наполнителя и фибры.

Факторы, влияющие на процесс восстановления самовосстанавливающегося бетона, рассмотрены в работе Q. Zhao, P. Cheng, Y. Weic, J. Wangd [16]. В данной статье авторы изучают возможность ремонта и восстановления трещин на бетонной поверхности. Похожие исследования F. Nan, Н. Chen, X. Li, В. Bao и др. проводили в своей работе [8], где рассмотрены варианты создания самовосстанавливающейся бетонной смеси, увеличивающей механическую и химическую стабильность, а также проведено ее сравнение с обычным портландцементом. Работа посвящена модифицированному цементному материалу, в ней рассмотрена технология тампонажа для ремонта трещин бетонных конструкций.

**Выводы.** По сравнению с традиционным бетонированием, требующим применения крупногабаритной техники, монтаж и укладка бетонного полотна значительно проще, быстрее и экономически эффективнее. Помимо этого, материал легок в транс-

портировке, так как поставляется в рулонах, а для его монтажа нет необходимости в использовании специального оборудования.

Анализ результатов исследований показал, что бетонное полотно уже находит широкое применение за рубежом в различных отраслях строительства, в т. ч. при реконструкции гидротехнических сооружений мелиоративного назначения. Существенным недостатком, сдерживающим широкое применение бетонного полотна, является высокая его стоимость, составляющая от 1,5 тыс. руб. за 1 м<sup>2</sup> материала и более.

### Список источников

1. Вода или нефть? Создание единой водохозяйственной системы / Д. В. Козлов [и др.]; под ред. Д. В. Козлова. М.: МППА БИМПА, 2008. 456 с.
2. Косиченко Ю. М., Гурин К. Г., Самойленко А. В. Гидравлическая эффективность крупных каналов Северного Кавказа // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2005. Т. 7, № 4. С. 378–391.
3. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Рекомендации по применению геосинтетических материалов для противofильтрационных экранов каналов, водоемов и накопителей / ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2015. 65 с. Деп. в ВИНТИ РАН 12.01.15, № 1-В-2015.
4. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Интенсификация мелиоративного производства, путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов // Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса: сб. ст. Саратов, 2019. С. 431–440.
5. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Оценка перспективы использования бетонного полотна в качестве облицовочного материала оросительных каналов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4(60). С. 327–329. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-32.
6. Баев О. А. Моделирование процесса водопроницаемости противofильтрационных экранов из геомембран // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2818](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2818) (дата обращения: 10.08.2021).
7. Design and construction application of concrete canvas for slope protection / H. Li, H. Chen, X. Li, F. Zhang // Powder Technology. 2019. № 344. P. 937–946. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.12.075>.
8. Improvement of mechanical properties of concrete canvas by anhydrite-modified calcium sulfoaluminate cement / F. Han, H. Chen, X. Li, B. Bao, T. Lv, W. Zhang, W. H. Duan // Journal of Composite Materials. 2016. № 50(14). P. 1937–1950. <https://doi.org/10.1177/0021998315597743>.
9. Kadam K. A. Development of concrete canvas for structural applications // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. № 87. P. 637–644.
10. Analysis of seepage loss from concrete lined irrigation canals in Punjab, Pakistan / Z. Shah, H. Gabriel, S. Haider, T. Jafri // Irrigation and Drainage. 2020. № 8. P. 1–14. DOI: 10.1002/ird.2474.
11. Dhevasenaa P. R., Deiveegan A. A. Study on utilization of concrete cloth // International Research Journal of Multidisciplinary Technovation. 2019. № 1(6). P. 179–184. DOI: 10.34256/irjmtcon23.
12. Официальный сайт производителя Concrete Canvas [Электронный ресурс]. URL: <https://uccr.su/news/articles/358/> (дата обращения: 10.08.2021).
13. Талалаева В. Ф. К вопросу применения бетонного полотна в гидромелиоративном строительстве // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 2(82). С. 71–77.
14. Problems of irrigation canals and modern methods of their technical improvement due to innovative concrete materials and technologies / F. K. Abdrazakov, A. A. Rukavishni-

---

kov, A. A. Khalmetov, A. V. Povarov // Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” dedicated to the 85<sup>th</sup> anniversary of H. I. Ibragimov. 2019. <https://doi.org/10.2991/isees-19.2019.73>.

15. Shaking table tests on gravel slopes reinforced by concrete canvas / G. Ding, L. Zhou, J. Wang, Y. Xu, X. Geng, X. Li // Geotextiles and Geomembranes. 2020. № 48(4). P. 539–545. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2020.02.012>.

16. Factors effecting the recovery process of self-repairing concrete / Q. Zhao, P. Cheng, Y. Weic, J. Wangd // Magazine of Civil Engineering. 2019. № 88(4). P. 52–59.

---

***Информация об авторах***

**О. А. Баев** – старший научный сотрудник, кандидат технических наук;

**В. Ф. Талалаева** – младший научный сотрудник.

***Information about the authors***

**O. A. Baev** – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences;

**V. F. Talalaeva** – Junior Researcher.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 06.10.2021; одобрена после рецензирования 12.10.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 06.10.2021; approved after reviewing 12.10.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 628.1.034.3:631.67

**Результаты исследования химического состава  
дренажно-сбросных вод Азовской оросительной системы**

**Дмитрий Геннадьевич Васильев, Ирина Владимировна Гурина,  
Сергей Михайлович Васильев**

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

**Аннотация.** Цель – изучить химический состав дренажно-сбросных вод для их повторного использования при орошении сельскохозяйственных культур. Изучался химический состав дренажно-сбросных вод Азовской оросительной системы. Методика исследований заключалась в периодическом отборе проб воды и анализе их химического состава. Дренажно-сбросные воды исследовались в магистральном коллекторе АС-МС-3, коллекторах второго порядка АС-6-В-1, АС-5-В-1, дренах 6-ХД-3, 6-ХД-4, 5-ХД-2, 5-ХД-13, 5-ХД-15 Аксайского участка Азовской оросительной системы. Результаты проведенных анализов показали, что химический состав исследуемых вод неоднороден как по содержанию отдельных элементов, так и по минерализации. В течение вегетационного периода химический состав дренажно-сбросных вод подвержен резким колебаниям. К основным причинам можно отнести минерализацию используемой для орошения воды, интенсивность поливов, сумму выпадающих атмосферных осадков. Оценка качества дренажно-сбросных вод позволила установить, что они не соответствуют предъявляемым требованиям, в связи с чем для использования в целях орошения необходима их очистка.

**Ключевые слова:** дренажно-сбросные воды, минерализация, орошение, оросительная вода, качество оросительной воды

\*\*\*\*\*

**Results of the study of chemical composition  
of drainage and waste waters of the Azov irrigation system**

**Dmitry G. Vasiliev, Irina V. Gurina, Sergey M. Vasiliev**

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

**Abstract.** The purpose is to study the chemical composition of drainage and waste waters for their reuse in crop irrigation. The chemical composition of the drainage and waste waters of the Azov irrigation system was studied. The research method consisted in periodic water sampling and their chemical composition analysis. Drainage and waste waters were studied in the main collector AS-MS-3, collectors of the second order AS-6-V-1, AS-5-V-1, drains 6-HD-3, 6-HD-4, 5-HD-2, 5-HD-13, 5-HD-15 of the Aksai section of the Azov irrigation system. The results of the analyses carried out showed that the chemical composition of the investigated waters is heterogeneous both in terms of the content of individual elements and in mineralization. During the growing season, the chemical composition of drainage and waste waters is subject to sharp fluctuations. The main reasons include the salinity of the water used for irrigation, the intensity of irrigation, the amount of precipitation. The evaluation of the drainage and waste waters quality made it possible to determine that they do not meet the requirements, and therefore, they need to be purified for irrigation purposes.

**Keywords:** drainage and waste water, salinity, irrigation, irrigation water, irrigation water quality

**Введение.** Результатами исследований многих авторов, проведенных как в нашей стране, так и за рубежом, обосновано повторное использование дренажно-сбросных

вод для полива сельскохозяйственных культур [1–5]. Однако следует отметить, что химические соединения в их составе, содержащиеся в количествах, превышающих допустимые для почв и растений, приводят к развитию негативных процессов. Поэтому особую актуальность приобретают вопросы оценки качества дренажно-сбросных вод. Ряд авторов указывают на целесообразность изучения химического состава дренажно-сбросных вод в каждом конкретном случае их повторного использования [4–7]. В связи с этим цель наших исследований состояла в изучении химического состава дренажно-сбросных вод для их последующего использования при орошении сельскохозяйственных культур.

**Материалы и методы.** Исследования проводились на Азовской оросительной системе (Аксайский участок) в 2018 г. Методика исследований заключалась в периодическом отборе проб воды с последующим их анализом для определения химического состава.

**Результаты и обсуждение.** Дренажно-сбросные воды исследовались в магистральном коллекторе АС-МС-3, коллекторах второго порядка АС-6-В-1, АС-5-В-1, дренах 6-ХД-3, 6-ХД-4, 5-ХД-2, 5-ХД-13, 5-ХД-15 Аксайского участка Азовской оросительной системы. Результаты анализов, приведенные в таблице 1, показали, что химический состав исследуемых вод неоднороден как по содержанию отдельных элементов, так и по минерализации. Минерализация дренажно-сбросных вод в дрене 5-ХД-2 колебалась от 2,968 до 3,352 г/л. При этом отмечалось уменьшение значений минерализации от весны к осени. По составу воды можно отнести к сульфатно-натриевым. Содержание  $\text{Cl}^-$  варьировало от 9,92 до 10,64 % экв.,  $\text{SO}_4^{2-}$  – от 32,34 до 32,83 % экв.,  $\text{HCO}_3^-$  – от 5,99 до 7,74 % экв.

Из катионов в воде было установлено преобладание Na, содержание которого в исследуемых пробах составляло от 28,47 до 31,61 % экв.

Дренажно-сбросные воды в дрене 5-ХД-13 также имели сульфатно-натриевый состав. Значения минерализации изменялись от 2,376 г/л осенью до 3,6 г/л весной. Содержание  $\text{Cl}^-$  колебалось от 10,58 до 12,7 % экв., достигая минимума осенью,  $\text{SO}_4^{2-}$  – от 30,88 до 33,20 % экв.,  $\text{HCO}_3^-$  – от 4,27 до 6,80 % экв. Из катионов в анализируемых пробах преобладал  $\text{Na}^+$ , содержание которого составляло 26,46–30,64 % экв.

Пробы воды, отобранные в дрене 5-ХД-15, по составу являлись сульфатно-натриевыми. Значения минерализации изменялись в течение периода отбора проб от 2,456 до 5,46 г/л, достигая минимума к осени. Содержание  $\text{Cl}^-$  было минимальным весной – 9,00 % экв. Аналогичная ситуация отмечалась и по содержанию  $\text{HCO}_3^-$ . Содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  варьировало от 28,62 до 37,22 % экв.,  $\text{Na}^+$  – 21,86–30,64 % экв.

Дренажно-сбросные воды дрен 6-ХД-3 и 6-ХД-4 по составу также можно отнести к сульфатно-натриевым. Показатели минерализации составляли 3,86–3,49 г/л в пробах дрены 6-ХД-3, 4,12–3,64 г/л – в дрене 6-ХД-4. Содержание  $\text{Cl}^-$  изменялось от 10,73 до 16,72 % экв. в пробах воды, отобранных в дрене 6-ХД-3, и от 10,73 до 16,77 % экв. В пробах из дрены 6-ХД-4. Содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  в пробах из дрены 6-ХД-3 находилось в пределах 24,97–32,56 % экв., достигая максимума весной. В пробах из дрены 6-ХД-4, напротив, весной отмечались минимальные значения этого показателя – 23,30 % экв. Максимум отмечался при отборах в июне. Содержание  $\text{HCO}_3^-$  в пробах, отобранных в дрене 6-ХД-3, варьировало от 6,71 до 9,23 % экв., в пробах из дрены 6-ХД-4 – от 5,83 до 7,22 % экв. При анализе содержания катионов было установлено преобладание  $\text{Na}^+$ , содержание которого в исследуемых пробах воды дрены 6-ХД-3 составляло от 30,64 до 34,80 % экв., в пробах дрены 6-ХД-4 – от 29,41 до 32,41 % экв.

Таблица 1 – Химический состав дренажно-сбросных вод

Дата отбора	Ион в граммах								% эквивалентов							Сухой остаток	Cl <sup>-</sup> / SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Индекс по Аллену
	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Сумма ионов	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
5-ХД-2																		
17.03	0,366	1,613	0,490	–	0,158	0,136	0,755	3,518	9,92	32,34	7,74	–	7,63	10,77	31,60	3,352	0,33	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
22.06	0,344	1,586	0,435	–	0,149	0,153	0,685	3,354	10,00	33,12	6,88	–	7,47	12,65	29,88	3,144	0,29	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
24.08	0,372	1,563	0,362	0,018	0,124	0,146	0,721	3,307	10,59	32,83	5,99	0,59	6,23	12,16	31,61	3,240	0,32	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
25.09	0,341	1,407	0,381	–	0,177	0,128	0,511	3,025	10,64	32,45	6,91	–	9,82	11,71	28,47	2,968	0,33	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
5-ХД-13																		
22.04	0,486	1,777	0,290	0,010	0,156	0,177	0,770	3,666	12,31	33,20	4,27	0,22	6,97	13,06	29,97	3,600	0,36	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
24.08	0,488	1,604	0,399	0,012	0,080	0,206	0,762	3,552	12,70	30,88	6,05	0,37	3,70	15,66	30,64	3,464	0,41	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
12.11	0,284	1,127	0,313	0,036	0,135	0,134	0,460	2,489	10,58	31,05	6,80	1,57	8,94	14,60	26,46	2,376	0,34	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
5-ХД-15																		
22.04	0,529	2,978	0,387	–	0,255	0,427	0,841	5,397	9,00	37,22	3,78	–	7,04	21,10	21,86	5,40	0,24	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
24.08	0,473	2,789	0,387	0,012	0,365	0,233	0,932	5,196	12,70	30,88	6,05	0,37	3,70	15,66	30,64	5,46	0,41	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
12.11	0,369	1,070	0,319	0,029	0,180	0,113	0,474	2,555	13,37	28,62	6,74	1,27	1,58	11,95	26,47	2,456	0,41	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
6-ХД-3																		
17.03	0,473	1,942	0,508	–	0,198	0,172	0,875	4,168	10,73	32,56	6,71	–	7,97	11,39	30,64	3,86	0,31	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
12.05	0,659	1,432	0,553	–	0,134	0,145	0,893	3,816	16,17	25,94	7,89	–	5,81	10,40	33,72	3,56	0,62	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
21.06	0,700	1,474	0,532	–	0,142	0,157	0,901	3,908	16,72	26,00	7,28	–	6,01	10,73	33,06	3,76	0,65	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
24.08	0,659	1,439	0,507	0,024	0,080	0,164	0,923	3,798	16,11	26,00	7,21	0,68	3,47	11,73	34,80	3,50	0,62	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
25.09	0,596	1,275	0,598	–	0,131	0,141	0,805	3,548	15,80	24,97	9,23	–	6,18	10,88	32,94	3,49	0,64	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
6-ХД-4																		
17.03	0,667	1,415	0,473	–	0,181	0,170	0,758	3,665	16,77	23,30	6,93	–	8,09	12,50	29,41	3,80	0,71	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
12.05	0,444	1,687	0,490	–	0,181	0,155	0,779	3,737	11,24	31,54	7,22	–	8,12	11,44	30,49	3,64	0,36	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
22.06	0,486	2,067	0,456	–	0,189	0,189	0,898	4,275	10,73	33,40	5,83	–	7,36	12,15	30,45	4,12	0,32	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
24.08	0,459	1,851	0,471	0,029	0,118	0,186	0,898	4,012	10,75	32,02	6,41	0,82	4,89	12,70	32,41	3,81	0,33	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
АС-6-B-1																		
17.03	0,315	1,760	0,401	–	0,323	0,213	0,424	3,437	8,53	35,17	6,30	–	15,47	16,84	17,69	3,886	0,24	S <sub>II</sub> <sup>MgNa</sup>
12.05	0,301	1,448	0,359	–	0,233	0,148	0,476	2,965	9,53	33,86	6,61	–	13,07	13,70	23,23	3,12	0,28	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
22.06	0,301	0,770	0,311	–	0,125	0,085	0,376	1,968	14,32	27,10	8,52	–	10,56	11,84	27,60	1,832	0,53	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
24.08	0,287	0,502	0,181	0,006	0,080	0,063	0,287	1,406	18,62	24,08	6,84	0,46	9,22	12,05	28,73	1,240	0,77	S <sub>I</sub> <sup>Na</sup>
22.09	0,312	2,016	0,296	–	0,297	0,174	0,609	3,704	7,91	37,72	4,37	–	13,36	12,83	23,80	3,856	0,21	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
АС-5-B-1																		
17.03	0,531	1,448	0,453	–	0,207	0,158	0,671	3,468	14,24	28,70	7,06	–	9,83	12,39	27,78	3,40	0,48	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
12.05	0,459	1,506	0,407	–	0,168	0,155	0,686	3,381	12,69	30,76	6,55	–	8,22	12,53	29,25	3,37	0,41	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
22.06	0,286	0,494	0,276	–	0,096	0,065	0,292	1,510	17,65	22,46	9,89	–	10,53	11,74	27,79	1,21	0,80	ClS <sub>I</sub> <sup>Na</sup>
24.08	0,273	1,588	0,404	–	0,323	0,197	0,345	3,131	8,11	34,89	7,60	–	17,07	17,08	15,25	3,07	0,23	S <sub>II</sub> <sup>MgNa</sup>
22.09	0,454	1,506	0,417	–	0,186	0,155	0,667	3,384	12,55	30,74	6,71	–	9,10	12,47	28,43	3,39	0,41	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
АС-МС-3																		
18.03	0,409	1,613	0,418	–	0,285	0,146	0,648	3,467	11,08	32,33	6,50	–	11,30	11,58	27,12	3,20	0,34	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
15.05	0,674	1,522	0,297	–	0,205	0,187	0,688	3,574	17,09	28,53	4,38	–	9,24	13,82	26,94	3,81	0,60	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
22.06	0,473	1,274	0,276	–	0,169	0,194	0,554	2,890	15,02	30,00	4,98	–	9,50	13,34	27,16	2,68	0,50	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
24.08	0,273	1,135	0,260	0,018	0,162	0,089	0,477	2,414	10,62	32,67	5,89	0,82	11,18	10,16	28,66	2,28	0,32	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
25.09	0,284	1,448	0,332	–	0,217	0,134	0,500	2,916	9,18	34,58	6,24	–	12,45	12,62	24,93	2,85	0,26	S <sub>II</sub> <sup>Na</sup>

Минерализация дренажно-сбросных вод в коллекторе второго порядка АС-6-В-1 изменялась от 3,886 до 1,24 г/л, в основном воды имели сульфатно-натриевый тип засоления. Содержание  $\text{Cl}^-$  варьировало от 7,91 до 18,62 % экв.,  $\text{SO}_4^{2-}$  – от 24,08 до 37,72 % экв.,  $\text{HCO}_3^-$  – от 4,37 до 8,52 % экв. Содержание катионов в пробах также было подвержено колебаниям в течение периода отборов:  $\text{Ca}^{2+}$  – от 9,22 до 13,36 % экв.,  $\text{Mg}^{2+}$  – от 11,84 до 16,84 % экв.,  $\text{Na}^+$  – от 17,69 до 28,73 % экв. Следует отметить, что увеличение в воде содержания  $\text{Cl}^-$  наблюдалось от весны к осени, максимум отмечался в августе. Аналогичная ситуация отмечалась и по содержанию  $\text{Na}^+$  в исследуемых пробах воды. В содержании  $\text{SO}_4^{2-}$ , напротив, было установлено снижение значений от марта до августа и повышение в сентябре. Аналогичная ситуация наблюдалась и с содержанием  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ .

В коллекторе АС-5-В-1 в течение рассматриваемого периода минерализация дренажно-сбросных вод колебалась в пределах 1,21–3,40 г/л, достигая максимума весной. По составу анализируемые воды были в основном сульфатно-натриевыми. По содержанию  $\text{Cl}^-$  отмечалось повышение значений до августа и понижение в сентябре. Содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  изменялось от 22,46 до 34,89 % экв.,  $\text{HCO}_3^-$  – от 6,55 до 9,89 % экв. Содержание катионов в пробах изменялось в течение периода отборов:  $\text{Ca}^{2+}$  – от 8,22 до 17,07 % экв.,  $\text{Mg}^{2+}$  – от 11,74 до 17,08 % экв.,  $\text{Na}^+$  – от 15,25 до 29,25 % экв. Количество  $\text{Ca}^{2+}$  в исследуемых пробах увеличивалось, достигая максимума в августе – 17,07 % экв., затем снизилось до 9,10 % экв. в сентябре. Показатели  $\text{Mg}^{2+}$ , напротив, снижались с марта по июнь, максимальные значения были зафиксированы в августе, затем в сентябре также наблюдалось снижение значений. Аналогичная ситуация складывалась и по содержанию  $\text{Na}^+$  в исследуемых пробах.

Коллектор АС-МС-3 являлся основным водоприемником для всех коллекторов и дрен на данном участке. Минерализация дренажно-сбросных вод в коллекторе АС-МС-3 в течение периода отборов проб колебалась от 2,28 до 3,81 г/л. Максимальные значения минерализации наблюдались в весенний период. По составу воды коллектора можно охарактеризовать как сульфатно-натриевые. Содержание  $\text{Cl}^-$  в пробах составляло от 9,18 до 17,09 % экв., достигая минимума осенью,  $\text{SO}_4^{2-}$  – от 28,53 до 34,58 % экв.,  $\text{HCO}_3^-$  – от 4,38 до 6,50 % экв. Из катионов преобладал  $\text{Na}^+$ , содержание которого варьировало от 24,93 до 28,66 % экв., достигая минимума осенью.

**Выводы.** Таким образом, результаты проведенных анализов позволили отметить, что в течение теплого периода года химический состав дренажно-сбросных вод подвержен резким колебаниям. Очевидно, основными причинами, определяющими это, могут быть минерализация воды, используемой для орошения, интенсивность поливов, сумма выпадающих атмосферных осадков. Оценка качества дренажно-сбросных вод позволила установить, что они не соответствуют требованиям, предъявляемым к оросительной воде [8], в связи с чем для повторного использования необходимо проведение очистки.

#### Список источников

1. Исаев С. Х., Хайдаров Б. Использование коллекторно-дренажных вод для орошения в маловодные годы // European Research: сб. ст. XVI Междунар. науч.-практ. конф. Пенза: Наука и Просвещение, 2018. С. 114–117.
2. Suitability of Sustainable Agricultural Drainage Systems for adapting agriculture to climate change / S. Zubelzu, R. Sánchez-Calvo, D. S. Cardozo, F. C. Ide, L. Rodríguez-Sinobas // Science of the Total Environment. 2022. Vol. 805. 150319. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150319>.

3. Дементьева О. И. Дренажно-сбросные стоки рисовой системы как источник поливной воды // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2016. № 2(22). С. 30–40. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1079> (дата обращения: 01.10.2021).

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

5. Кравченко Д. Б. Повторное использование сбросных вод как природоохранное мероприятие // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения: сб. науч. тр. по материалам междунар. конф. и науч. семинаров 2003 г. Новочеркасск, 2003. С. 275–279.

6. Дровозова Т. И., Паненко Н. Н., Манжина С. А. Оценка пригодности воды из открытых коллекторов Семикаракорского района Ростовской области для орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 154–169. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1144> (дата обращения: 01.10.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-154-169.

7. Стрельбицкая Е. Б., Соломина А. П. Мониторинг качества дренажно-сбросных вод мелиоративных систем для защиты природных вод от загрязнения // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. Рязань, 2017. С. 146–150.

8. ГОСТ 17.1.2.03-90. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения. Введ. 1991-07-01. М.: Изд-во стандартов, 2001. 10 с.

#### ***Информация об авторах***

**Д. Г. Васильев** – соискатель;

**И. В. Гурина** – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, доцент;

**С. М. Васильев** – главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор.

#### ***Information about the authors***

**D. G. Vasiliev** – Applicant;

**I. V. Gurina** – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor;

**S. M. Vasiliev** – Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences, Professor.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 23.11.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 23.11.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 519.256:631.6

**Компьютерная программа для управления оптимизированной базой  
данных для государственного водного реестра и мониторинга  
водных объектов, используемых в целях мелиорации**

**Игорь Викторович Клишин**

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

*Аннотация.* Целью работы являлась разработка программного обеспечения, позволяющего осуществлять ежегодный сбор и анализ сведений, которые предоставляются Минсельхозом России в Федеральное агентство водных ресурсов (ФАВР) для ведения государственного водного реестра (ГВР) и осуществления государственного мониторинга водных объектов (ГМВО), используемых в целях мелиорации. Формы и порядок предоставления сведений определены приказами Министерства природных ресурсов РФ от 6 февраля 2008 г. № 30 и от 30 ноября 2007 г. № 316. Была разработана оптимизированная база данных, исключая имеющиеся случаи дублирования показателей в регламентированных соответствующими приказами отчетных таблицах ГВР и ГМВО. По сложившейся практике сведения для ГВР и ГМВО собираются с региональных организаций Депземмелиорации и предоставляются в ФАВР в виде таблиц MS Excel. Поэтому база данных представлена также в виде структурированных таблиц MS Excel. Для реализации функций выборки, сравнений, поиска ошибок, корректировок, анализа данных и формирования отчетных таблиц была разработана специальная программа для управления оптимизированной базой данных для ГВР и ГМВО. Эта программа представляет собой файл MS Excel с поддержкой макросов и реализована с использованием языка программирования Visual Basic for Applications.

*Ключевые слова:* государственный водный реестр, государственный мониторинг водных объектов, компьютерная программа, база данных, анализ данных, обработка данных, выгрузка данных, программа управления, сбор сведений, периодическая отчетность, сведения о гидротехнических сооружениях, отчетные формы

\*\*\*\*\*

**The computer program for optimized database  
management for state water register and monitoring  
of water bodies used for land reclamation**

**Igor V. Klishin**

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

*Abstract.* The aim of the work was to develop software that allows for the annual information collection and analysis that is provided by the Ministry of Agriculture of Russia to the Federal Agency for Water Resources (FAWR) for maintaining the state water register (SWR) and implementing the state monitoring of water bodies (SMWB) used for the purpose of reclamation. The forms and procedure for providing information are determined by orders of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation of February 6, 2008 no. 30 and of November 30, 2007 no. 316. An optimized database that excludes the existing cases of duplication of indicators in the report tables of SWR and SMWB, regulated by the corresponding orders was developed. Due to the accepted practice, information for SWR and SMWB is collected from the regional organizations of the Department of Land Reclamation and provided to FAWR in the form of MS Excel tables. Therefore, the database is also presented in the form of structured MS Excel tables. To implement the functions of sampling,

comparisons, error search, corrections, data analysis and the formation of report tables, a special program managing an optimized database for SWR and SMWB was developed. This program is an MS Excel file with macro support and is implemented using the Visual Basic for Applications programming language.

**Keywords:** state water register, state monitoring of water bodies, computer program, database, data analysis, data processing, data uploading, management program, data collection, periodic reporting, information on hydraulic structures, report forms

**Введение.** Согласно постановлениям Правительства РФ от 10 апреля 2007 г. № 219 [1] и от 28 апреля 2007 г. № 253 [2] Минсельхоз России (как исполнитель – Департамент мелиорации, земельной политики и госсобственности) должен ежегодно собирать и передавать в Федеральное агентство водных ресурсов (ФАВР) сведения для ведения государственного водного реестра (ГВР) и осуществления государственного мониторинга водных объектов (ГМВО), используемых в целях мелиорации. Формы и порядок предоставления сведений определены приказами Министерства природных ресурсов РФ (МПР РФ) от 6 февраля 2008 г. № 30 [3] и от 30 ноября 2007 г. № 316 [4].

До 2020 г. сбор сведений для ГВР и ГМВО мелиоративной отрасли осуществлялся с использованием баз данных отдельно для ведения ГВР и отдельно для осуществления ГМВО. Обработка и анализ также велись соответствующими отдельными программами: программой управления базой данных для ГВР и программой управления базой данных для ГМВО.

В ходе работ по сбору и подготовке сведений выявился ряд недостатков, связанных с принятым ранее подходом, при котором опросные таблицы строго соответствовали формам отчетности, определенным соответствующими приказами МПР РФ. Этот подход изначально был принят по той причине, что сведения в региональных организациях готовились именно по этим формам. При таком подходе ряд показателей в формах отчетности для ГМВО присутствовал и в формах отчетности для ГВР. Это создавало возможность внесения различающейся информации для одних и тех же показателей, что усложняло подготовку необходимых данных. Кроме этого, такой подход не позволял в рамках сбора сведений для ГВР и ГМВО собирать дополнительную уточняющую информацию, обеспечивающую более качественную информационную поддержку Депземмелиорации.

В 2020 г. было принято решение изменить существующий подход к сбору информации, чтобы устранить указанные недостатки. Был установлен порядок, при котором сбор данных с региональных организаций осуществляется по специально разработанным опросным формам, в них минимизировано дублирование информации и добавлены уточняющие сведения. Эти формы содержат показатели одновременно и для ГВР, и для ГМВО. При этом отчетные формы, предназначенные для передачи в ФАВР (соответствующие приказам МПР РФ), теперь формируются автоматически из опросных форм после этапа их сбора и проверки.

В соответствии с новым подходом были разработаны новые, единые для ГВР и ГМВО оптимизированная база данных и программа для управления оптимизированной базой данных. Кроме этого, в новую программу управления были внедрены новые возможности анализа информации для более удобной работы.

**Материалы и методы.** Программа управления представляет собой файл MS Excel с поддержкой макросов и реализована с использованием встроенного языка программирования Visual Basic for Applications. База данных реализована в виде структурированных таблиц MS Excel, отдельных для каждой региональной организации.

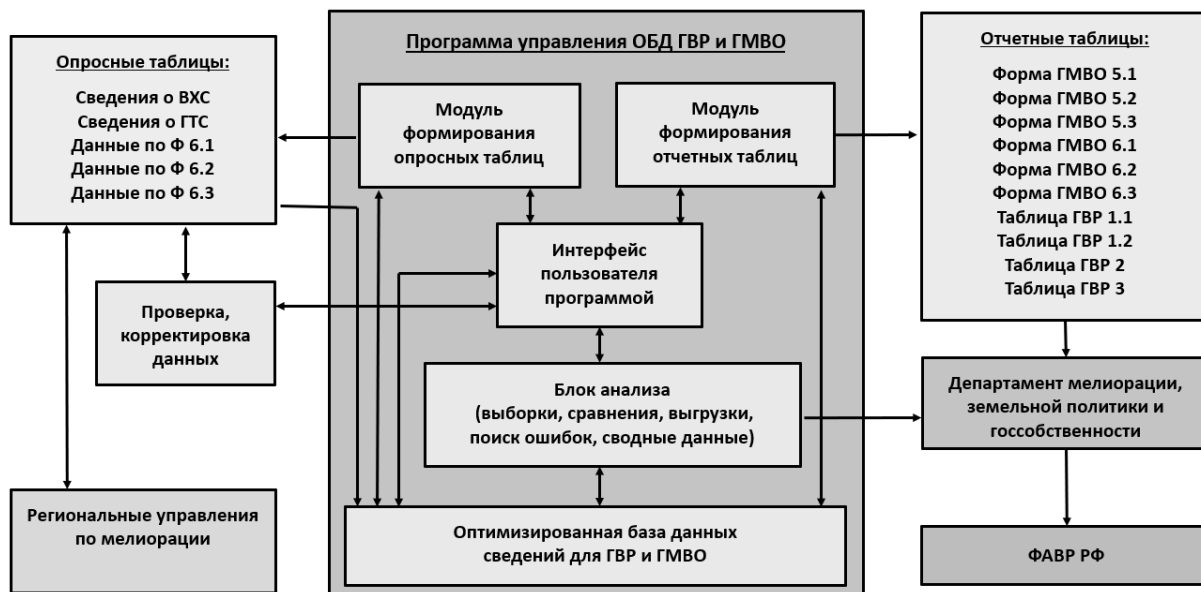
Выбор таблиц MS Excel для хранения данных, а также для опросных и отчетных таблиц обусловлен сложившейся практикой сбора отчетной информации с региональных организаций Депземмелиорации и требований формата данных для передачи в ФАВР. Использование таблиц MS Excel не требует установки дополнительного плат-

ного программного обеспечения и наличия высококвалифицированных специалистов для обслуживания.

Поля отчетных таблиц для ГМВО определены приказом МПР РФ от 6 февраля 2008 г. № 30 [3]. Поля отчетных таблиц для ГВР определены приказом МПР РФ от 30 ноября 2007 г. № 316 [4].

**Описание компьютерной программы.** Компьютерная программа для управления оптимизированной базой данных для ГВР и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации, представляет собой файл таблицы MS Excel с поддержкой макросов с именем «ПУ\_ОБД.xlsx» и реализована с использованием языка программирования Visual Basic for Applications.

Функциональная схема формирования отчетных данных с использованием программы управления представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Функциональная схема формирования отчетных данных с использованием программы управления**

Данные собираются с подведомственных организаций Депземмелиорации. Для их сбора используются специально разработанные опросные таблицы MS Excel: «Сведения о ВХС», «Сведения о ГТС», «Данные по Ф 6.1», «Данные по Ф 6.2», «Данные по Ф 6.3». Эти таблицы формируются из отчетных таблиц прошлого года с использованием функции автоматического формирования опросных таблиц (реализована в модуле формирования опросных таблиц). В таблице «Сведения о ВХС» содержатся данные с показателями водохозяйственных (гидромелиоративных) систем (ВХС). В таблице «Сведения о ГТС» содержатся данные с показателями, относящимися к гидротехническим сооружениям (ГТС), как входящим в состав систем, так и отдельно расположенным. В структурированных таблицах «Данные по Ф 6.1», «Данные по Ф 6.2», «Данные по Ф 6.3» представлены данные наблюдений за водными объектами и водоохранными зонами, соответствующие регламентированному, но не структурированному отчетным формам «Форма 6.1», «Форма 6.2», «Форма 6.3».

С помощью функций анализа данных, реализованных в программе управления (блок анализа), осуществляется проверка полученных сведений. При необходимости соответствующие таблицы с указанием ошибок возвращаются на корректировку в подведомственные организации. После этапа проверки с использованием функции автоматического формирования отчетных таблиц (реализована в модуле формирования отчетных таблиц) создаются отчетные таблицы, регламентированные соответствующими приказами МПР. Эти таблицы передаются в Депземмелиорации, а затем в ФАВР.

Все данные хранятся в отдельных таблицах по формам, организациям и годам и располагаются в строго определенных соответствующих папках.

Программа позволяет:

- быстро открывать для просмотра и анализа указанную таблицу с данными по выбранному году (без поиска ее расположения в папках базы данных);
- осуществлять выполнение различных пользовательских функций с таблицей одной выбранной региональной организации, сразу всех организаций, организаций указанного федерального округа либо организаций из произвольно выбранного перечня;
- формировать таблицы, сводные по всем организациям (данные всех подведомственных организаций по выбранной форме и году в одном файле);
- хранить различные версии и создавать копии всех таблиц данных;
- осуществлять выполнение различных пользовательских функций с версиями и копиями таблиц данных;
- осуществлять функцию формирования списков уникальных значений по выбранным столбцам таблиц с подсчетом их количества;
- осуществлять функцию выборки по совпадению с введенным значением в выбранном столбце таблиц;
- осуществлять функцию выборки по множественным условиям, заданным пользователем для любого количества столбцов;
- быстро формировать условия выборки по часто используемым условиям;
- осуществлять функцию выделения чередующимся цветом строк по значению в выбранном столбце исходных таблиц;
- осуществлять функцию сравнения однотипных таблиц с указанием ключевых и сравниваемых столбцов в произвольном их соответствии;
- осуществлять функцию сравнения различающихся типов таблиц с указанием ключевых и сравниваемых столбцов в произвольном их соответствии;
- осуществлять функцию сравнения таблиц, разделенных по организациям, со сводной таблицей;
- осуществлять быстрое открытие исходной таблицы в отмеченной позиции по указанной ячейке результирующих таблиц выборок и сравнений;
- быстро формировать условия сравнений по часто используемым условиям;
- осуществлять функцию получения суммарных значений в указанном столбце таблиц;
- осуществлять функцию формирования опросных таблиц из отчетных;
- осуществлять функцию формирования отчетных таблиц из опросных;
- осуществлять функцию проверки таблиц на соответствие списочных значений;
- осуществлять функцию проверки таблиц на правильность кодировок;
- осуществлять функцию поиска ячеек без информации;
- осуществлять функцию получения сводных количественных показателей по выбранным типизациям;
- осуществлять функции автоматического проставления номера по порядку, года, наименования организации и названия таблицы в заголовке;
- осуществлять функции удаления пробелов и автоматической замены данных в указанном столбце при совпадении заданного условия;
- осуществлять функцию приведения шрифтов, цвета, формата таблиц к определенному стандартному виду;
- осуществлять общие настройки, влияющие на выполнение всех функций работы с таблицами.

Запуск программы управления осуществляется автоматически с открытием файла программы с именем «ПУ\_ОБД.xlsm». Главное окно программы управления представлено на рисунке 2.

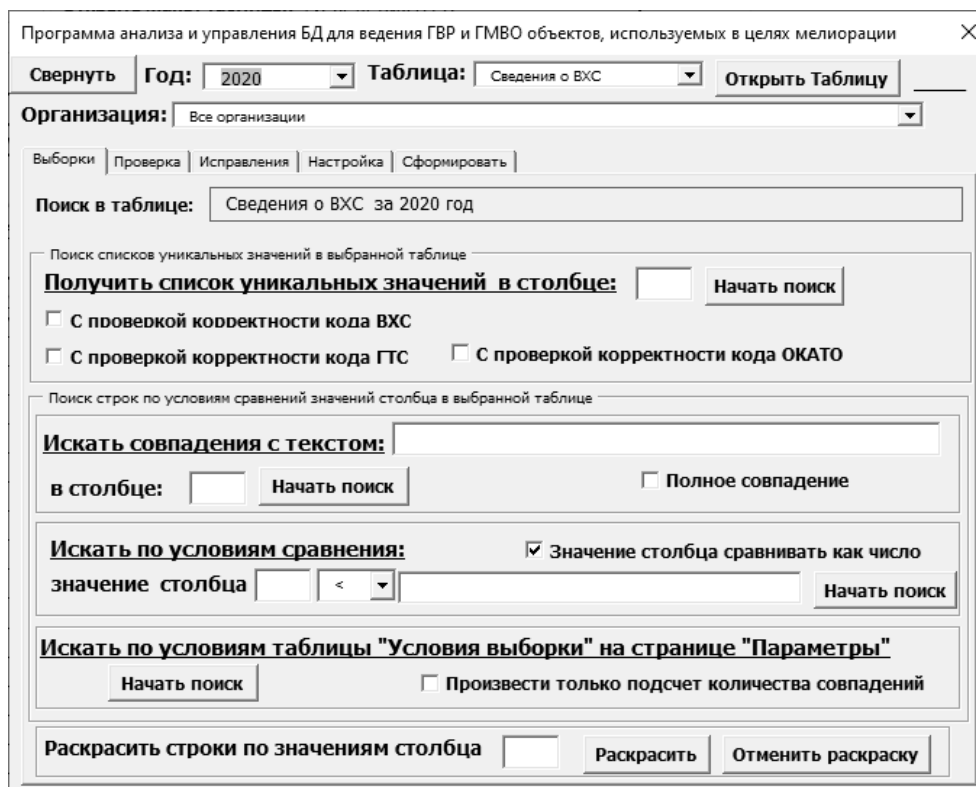


Рисунок 2 – Главное окно программы

Главное окно программы содержит общую панель управления и панель с пятью переключающимися страницами: «Выборки», «Проверка», «Исправления», «Настройка», «Сформировать», позволяющие реализовывать свой набор функций.

На общей панели представлены элементы интерфейса, определяющие основную таблицу (или список таблиц), с которыми будут производиться действия, заданные расположенными на всех страницах интерфейса элементами управления.

Сама книга «ПУ\_ОБД.xlsm» (файл программы) изначально содержит два обязательных листа: «Параметры» и «Словари». Лист «Параметры» используется для формирования условий выборки и сравнений таблиц по любым вариантам, задаваемым пользователем. Кроме того, на данном листе можно сохранять эти варианты условий для последующего быстрого их применения. Лист «Словари» используется для хранения справочных таблиц и словарей, используемых программой управления при своем функционировании. Вносить изменения на странице «Словари» не рекомендуется. Для внесения изменений на странице «Словари» необходимо понимание принципов работы программного кода.

При необходимости главное окно программы всегда можно свернуть, нажав кнопку «Свернуть», расположенную в левом верхнем углу главного окна. Окно программы будет сжато до минимального размера, на котором будет расположена одна кнопка «Развернуть», с помощью которой можно снова восстановить главное окно в прежних размерах.

Во время процесса поиска, сравнения или выборки справа на общей панели отображается номер организации, данные по которой обрабатываются в текущий момент.

В результате операций выборки и сравнений формируется результирующая таблица со строками, соответствующими заданным пользователем условиям. Ячейки результирующих таблиц имеют специализированную раскраску, улучшающую просмотр и анализ. При необходимости можно оперативно открыть исходную таблицу для любой ячейки из результирующей таблицы, выделив ее и нажав комбинацию клавиш Ctrl+й.

В случае если файл, содержащий использующуюся в выборке, поиске или анализе таблицу, по какой-либо причине отсутствует, программа выведет сообщение о том, что такая таблица не найдена, с указанием полного имени файла, соответствующего данной таблице.

Результаты поиска уникальных значений выводятся в книге «ПУ\_ОБД.xlsx» (файл программы) на вновь создаваемом листе с наименованием «Уник. данные столбца».

Программа позволяет производить действия как со всеми организациями, так и с ограниченным (выбранным произвольно пользователем) списком организаций. Определение списка выбранных организаций осуществляется при помощи специального столбца «Маска выбора» на листе «Параметры» книги «ПУ\_ОБД.xlsx». Возможна работа только с данными одного выбранного федерального округа.

**Выводы.** Применение разработанной компьютерной программы позволяет осуществлять сбор, обработку, анализ и подготовку собираемой информации, необходимой для ведения государственного водного реестра и осуществления государственного мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации. Разделение на опросные и отчетные таблицы предотвращает возникновение ошибок, связанных с появлением различий в дублируемых показателях. Реализованный в программе механизм формирования различных множественных условий сравнений и выборок с возможностью их сохранения для повторного использования предоставляет широкие возможности для анализа, получения сводных таблиц и проверки данных.

#### **Список источников**

1. Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 10 апр. 2007 г. № 219: по состоянию на 18 апр. 2014 г. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

2. О порядке ведения государственного водного реестра [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 28 апр. 2007 г. № 253: по состоянию на 26 окт. 2019 г. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

3. Об утверждении форм и порядка представления сведений, полученных в результате наблюдений за водными объектами, заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, собственниками водных объектов и водопользователями [Электронный ресурс]: приказ М-ва природ. ресурсов РФ от 6 февр. 2008 г. № 30: по состоянию на 30 марта 2015 г. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

4. Об утверждении порядка представления и состава сведений, представляемых Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, для внесения в государственный водный реестр [Электронный ресурс]: приказ М-ва природ. ресурсов РФ от 30 нояб. 2007 г. № 316. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

---

#### ***Информация об авторе***

**И. В. Клишин** – старший научный сотрудник.

#### ***Information about the author***

**I. V. Klishin** – Senior Researcher.

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

*The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 29.10.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 29.10.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 631.67:631.452:631.147:338.43

### Экологический и экономический эффект при разных уровнях увлажнения черноземов

**Рита Евгеньевна Юркова, Лидия Михайловна Докучаева**

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

**Аннотация.** Целью исследования являлось установление предела сокращения оросительных норм с получением экологического и экономического эффектов при сохранении почвенного плодородия черноземов. Опыты с разными уровнями увлажнения проводились на различных видах черноземов. В результате проведения опытов установлено, что уменьшение оросительной нормы на 20 % незначительно повлияло на снижение урожайности (всего на 4–5 %, что допустимо для условий полевого опыта). По интегральным показателям, характеризующим экологическую функцию почв, выявлено, что наибольшее содержание гумуса, наращенного за год при поливах черноземов обыкновенных пресной водой, наблюдалось в варианте 0,8 м и составило 3,35 т/га, по накоплению питательных элементов на всех видах черноземов выделены варианты 1 м и 0,8 м – 0,11–0,14 т/га. Наибольший чистый доход установлен в вариантах 1 м и 0,8 м на черноземе обыкновенном при поливе пресной водой (соответственно 81,08 и 78,22 тыс. руб./га). Расчеты экономической эффективности по уровням увлажнения черноземов показали допустимость снижения оросительной нормы на 20 %, так как чистый доход снижается всего на 3–4 % по сравнению с расчетной нормой полива (1 м). Экологический эффект даже увеличивается на 10 %, а в целом эколого-экономический эффект уменьшился всего на 3 %.

**Ключевые слова:** уровни увлажнения, оросительная норма, экономический эффект, экологический эффект, чистый доход

\*\*\*\*\*

### Ecological and economic effect at different levels of chernozem humidification

**Rita Ye. Yurkova, Lidiya M. Dokuchaeva**

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

**Abstract.** The purpose of the study was to establish a limit for irrigation rate reduction with ecological and economic effects while maintaining chernozem soil fertility. Experiments with different levels of humidification were carried out on various types of chernozems. As a result of the experiments, it was found that a decrease in the irrigation rate by 20 % had an insignificant effect on the yield decrease (only by 4–5 %, which is permissible for the conditions of a field experiment). According to the integral indicators characterizing the ecological soil function, it was revealed that the highest humus content, accumulated during the year when irrigating ordinary chernozem with fresh water, was observed in the 0.8 m variant and amounted to 3.35 t/ha; according to the accumulation of nutrients in all types of chernozems options 1 m and 0.8 m – 0.11–0.14 t/ha were distinguished. The highest net income was determined in options 1 m and 0.8 m on ordinary chernozem with fresh water irrigation (81.08 and 78.22 thousand rubles/ha, respectively). Calculations of economic efficiency based on humidification levels have shown that it is permissible to reduce the irrigation rate by 20 %, since the net chernozem income is reduced by only 3–4 % compared to the calculated irrigation rate (1 m). The ecological effect even increases by 10 %, in general, the ecological and economic effect has decreased by only 3 %.

**Keywords:** humidification levels, irrigation rate, economic effect, environmental effect, net income

**Введение.** Орошаемое земледелие и в целом гидромелиорация должны сохранять благоприятный гидрохимический режим мелиорируемых земель и прилегающих к ним территорий, что позволит не допустить проявления негативных почвенных процессов, сдерживающих основные естественные процессы, а именно гумификацию и нитрификацию.

Согласно критериям благополучного экологического состояния почв и ландшафтов, наиболее эффективное земледелие наблюдается в степной зоне, где в большей степени распространены черноземы, при отношении оросительной нормы к осадкам, равном 0,3–0,5, а оросительная норма не должна превышать 130–270 мм [1–3].

Существующие нормы водопотребности сельскохозяйственных культур рассчитываются на удовлетворение биологической потребности растений [4]. Но такие нормы не отвечают экологическим критериям, чтобы к ним приблизиться, необходимо снижать поливные нормы. Предыдущие исследования показали, что возможно их уменьшение на 20 % без снижения урожайности сельскохозяйственных культур по сравнению с нормами, рассчитанными на биологическую потребность культур, с сохранением почвенного плодородия [5].

Цель данных исследований – установить предел сокращения оросительных норм с получением экологического и экономического эффектов при сохранении почвенного плодородия черноземов.

**Материалы и методы.** Опыты по изучению влияния различных уровней увлажнения на свойства почв, урожайность возделываемых культур и эколого-экономическую эффективность их применения проводили по следующей схеме:

- вариант 1 – богара;
- вариант 2 – 1 т – расчетная оросительная норма по потребности возделываемой культуры;
- вариант 3 – 0,6 т – расчетная норма снижена на 40 %;
- вариант 4 – 0,8 т – расчетная норма снижена на 20 %;
- вариант 5 – 1,3 т – расчетная норма увеличена на 30 %.

Опыты по этой схеме проводились на различных видах черноземов (Ростовская область): черноземе обыкновенном, орошаемом пресной водой; черноземе обыкновенном, орошаемом слабоминерализованной водой, и черноземе южном, орошаемом пресной водой.

В опытах экономия водных ресурсов оценивалась по показателю экономии оросительной воды на 1 га по сравнению с применяемыми на настоящий момент оросительными нормами.

Для расчетов экономической эффективности ежегодно по вариантам опытов в трехкратной повторности отбиралась урожайность возделываемых культур по методу Б. А. Доспехова [6]. Критериями эффективности являлись стоимость продукции, чистый доход и окупаемость затрат [7].

Интегральными показателями, характеризующими экологическую функцию почв, являются запасы гумуса и питательных элементов [8]. Отборы образцов почв для анализа этих показателей осуществлялись ежегодно после уборки сельскохозяйственных культур. Оценка почвенного плодородия в денежном выражении проводилась по рекомендациям В. Н. Краснощекова и РД-АПК 3000-01-003-03 [9, 10].

**Результаты и обсуждение.** Полевые опыты, проведенные на различных видах черноземов, подтвердили целесообразность снижения оросительных норм на 20 % без ущерба урожаю возделываемых культур и почвенному плодородию (таблица 1) [5]. Урожайность культур, представленных в таблице 1, по сравнению с контролем (богарой) в варианте с расчетной нормой 1 т (по потребности растений) в среднем за 4 года

увеличилась на 67 % на черноземах, орошаемых пресной водой, и на 56 % – на черноземах, орошаемых слабоминерализованной водой [5].

**Таблица 1 – Влияние уровней увлажнения на урожайность сельскохозяйственных культур и расход оросительной воды в среднем за 4 года**

Вариант	Урожайность, ц к. е./га	Прибавка, ц к. е./га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Выход дополнительной продукции на 100 м <sup>3</sup> , ц к. е.	Экономия оросительной воды на 1 га по сравнению с 1 т, м <sup>3</sup>
Черноземы обыкновенные, орошаемые пресной водой					
Богара	41,6	–	0	0	0
1 т – расчетная норма	69,5	27,9	1855	1,50	0
0,6 т	55,0	13,4	1113	1,20	–742
0,8 т	67,3	25,7	1484	1,73	–371
1,3 т	58,9	17,3	2412	0,72	+557
Черноземы обыкновенные, орошаемые слабоминерализованной водой					
Богара	33,8	0	0	–	0
1 т – расчетная норма	52,6	18,8	923	2,00	0
0,6 т	40,9	7,1	554	1,28	–369
0,8 т	51,4	17,6	738	2,38	–185
1,3 т	43,4	9,6	1200	0,80	+277
Черноземы южные, орошаемые пресной водой					
Богара	40,5	0	0	0	0
1 т – расчетная норма	68,0	27,5	1365	2,00	0
0,6 т	51,4	10,9	819	1,33	–546
0,8 т	66,2	25,7	1092	2,35	–273
1,3 т	55,5	15,0	1638	0,91	+273

Уменьшение оросительной нормы на 20 % незначительно повлияло на снижение урожайности (всего на 4–5 %, что допустимо для условий полевого опыта). Следует отметить, что в этом варианте увеличивался выход дополнительной продукции на 100 м<sup>3</sup> воды по сравнению с аналогичными показателями в варианте с расчетной нормой. В варианте 0,6 т урожайность по сравнению с богарой выросла всего на 20–30 %, а в варианте 1,3 т наблюдалось снижение урожайности на 20–30 % по сравнению с расчетной нормой при существенных затратах воды.

Из данных таблицы 1 также видно, что экономия оросительной воды от 369 до 742 м<sup>3</sup>/га при режиме 0,6 т по сравнению с 1 т не обеспечивает достаточной урожайности, а при режиме 0,8 т, когда экономия воды составляет от 185 до 371 м<sup>3</sup>/га, урожайность культур практически находится на уровне урожая, полученных при расчетном режиме 1 т, но в то же время плодородие почв улучшается. Увеличение поливных норм от 273 до 557 м<sup>3</sup>/га отрицательно сказывается как на урожайности, так и на свойствах почв [5].

Расчет экономической эффективности при разных уровнях увлажнения в среднем за 4 года представлен в таблице 2, из данных которой видно, что на всех черноземах показатели экономической эффективности практически одинаковы в вариантах 1 т и 0,8 т.

Так, стоимость урожая на черноземах обыкновенных, орошаемых пресной водой, составила в варианте 1 т 104,25 тыс. руб./га, а в варианте 0,8 т – 100,95 тыс. руб./га. На черноземах обыкновенных, орошаемых слабоминерализованной водой, эти данные

соответственно составили 78,90 и 77,10 тыс. руб./га, а на южных, орошаемых пресной водой, – 102,0 и 99,3 тыс. руб./га. Аналогичные результаты получены по чистому доходу, себестоимости и окупаемости затрат.

**Таблица 2 – Экономическая эффективность при различных уровнях увлажнения почв в среднем за 4 года**

Вариант опыта	Затраты на возделывание культур с учетом поливов, тыс. руб./га	Стоимость урожая, тыс. руб./га	Чистый доход, тыс. руб./га	Себестоимость 1 т урожая, тыс. руб./га	Окупаемость, лет
<b>Черноземы обыкновенные, орошаемые пресной водой</b>					
Богара	20,75	62,40	41,65	4,99	3,01
1 т	23,23	104,25	81,08	3,34	4,49
0,6 т	22,23	82,50	60,21	4,04	3,71
0,8 т	22,73	100,95	78,22	3,38	4,44
1,3 т	23,96	88,35	64,39	4,07	3,69
<b>Черноземы обыкновенные, орошаемые слабоминерализованной водой</b>					
Богара	20,75	50,70	29,95	6,14	2,44
1 т	23,23	78,90	55,67	4,42	3,40
0,6 т	22,23	61,35	39,12	5,44	2,72
0,8 т	22,73	77,10	54,37	4,45	3,39
1,3 т	23,96	65,10	41,14	5,52	2,72
<b>Черноземы южные, орошаемые пресной водой</b>					
Богара	20,75	60,75	40,00	5,12	2,93
1 т	23,23	102,0	78,77	3,42	4,39
0,6 т	22,23	77,10	54,87	4,32	3,47
0,8 т	22,73	99,30	76,57	3,43	4,37
1,3 т	23,96	83,25	59,29	4,32	3,47

Эффект плодородия почв чаще всего связывают с изменением содержания гумуса и питательных элементов в результате проведения тех или иных мероприятий. Экологический эффект почвенного плодородия черноземов в зависимости от воздействия различных водных нагрузок при четырехлетнем возделывании сельскохозяйственных культур (озимая пшеница, кукуруза на зерно, соя, кукуруза на зерно) представлен в таблице 3.

Наибольшее содержание гумуса, наращенного за год при поливах черноземов обыкновенных пресной водой, наблюдалось в вариантах 1 т и 0,8 т и соответственно составило 2,93 и 3,35 т/га. При средней цене за 1 т органики 248 руб. стоимость почвы за 1 год по гумусу в варианте 1 т равнялась 797 руб., а в варианте 0,8 т – 831 руб. На контроле и в вариантах 0,6 т и 1,3 т наращивание гумуса не наблюдалось и даже отмечалась его убыль (если выразить в рублях, то соответственно минус 50, минус 25, минус 699 руб./га). Особенно выделился по этому показателю вариант с увеличением водной нагрузки на 30 % (1,3 т). Здесь преобладали анаэробные процессы, которые сдерживали гумификацию.

Накопление питательных элементов также зависело от уровней увлажнения черноземов. В наименьшей степени они накапливались за год в неорошаемом варианте (0,05 т/га), в варианте с недостатком влаги 0,6 т (0,07 т/га) и в вариантах 1 т и 0,8 т, которые по накоплению питательных элементов (NPK) идентичны (0,11 и 0,12 т/га).

В целом экологический эффект складывается из стоимости наращенного гумуса за год при различных уровнях увлажнения черноземов и стоимости накопленных за год NPK. Он составил на черноземе обыкновенном, орошаемом пресной водой, в варианте 1 т 2377 руб./га, а в варианте 0,8 т – 2631 руб./га. В варианте со снижением оросительной нормы на 20 % создаются лучшие условия для протекания естественных процессов почвообразования.

**Таблица 3 – Экологический эффект по почвенному плодородию и эколого-экономический эффект при разных уровнях увлажнения черноземов**

Вариант опыта	Запасы, т/га		Гумус		Стоимость за год, руб./га	Питательные элементы (NPK)			Экологический эффект, руб. в год	Эколого-экономический эффект, руб./га	
	До орошения	После 4 лет орошения	Наращенный за год, т/га	Запасы, кг/га		До орошения	После 4 лет орошения	Накопленные за год, т/га			Стоимость за год, руб./га
Черноземы обыкновенные, орошаемые пресной водой											
Контроль (без орошения)	189,2	188,5	-0,20	-50	1820	2023	0,05	750	700	42350	
1 м	186,4	198,1	2,93	727	1732	2184	0,11	1650	2377	83457	
0,6 м	183,4	183,0	-0,1	-25	1851	2137	0,07	1050	1025	61295	
0,8 м	188,3	201,7	3,35	831	1862	2330	0,12	1800	2631	80851	
1,3 м	191,8	180,5	-2,82	-699	1815	2023	0,06	900	201	64591	
Черноземы обыкновенные, орошаемые слабоминерализованной водой											
Контроль (без орошения)	156,0	158,1	0,53	131	2111	2350	0,06	900	1031	30981	
1 м	156,5	165,9	2,35	583	2090	2626	0,13	1950	2533	58203	
0,6 м	159,6	162,2	0,65	161	2106	2496	0,09	1350	1511	40631	
0,8 м	159,1	168,0	2,23	553	2106	2595	0,12	1800	2353	56723	
1,3 м	158,1	155,0	-0,78	0	2111	2470	0,09	1350	1350	42490	
Черноземы южные, орошаемые пресной водой											
Контроль (без орошения)	144,6	141,4	-0,80	-198	2569	2602	0,01	150	-48	39952	
1 м	137,8	147,2	2,35	583	2454	3018	0,14	2100	2683	81453	
0,6 м	144,0	147,1	0,78	194	2517	2720	0,05	750	944	55814	
0,8 м	139,9	146,1	1,55	385	2496	3015	0,13	1950	2335	78905	
1,3 м	145,1	143,0	-0,53	-131	2470	2692	0,06	900	769	60059	

Эколого-экономический эффект, полученный сложением годового экономического и экологического эффектов, максимальный получен также в вариантах 1 *m* и 0,8 *m*. Он соответственно составил 83457 и 80851 руб./га.

Аналогичные закономерности получены и в опытах по изучению уровней увлажнения на черноземах обыкновенных, орошаемых слабоминерализованной водой, и черноземах южных, орошаемых пресной водой. Их эффекты определяются исходными запасами гумуса и питательных элементов, а также теми воздействиями на почвы, которые оказывают различные уровни увлажнения. Лучшими в целом по эколого-экономическому эффекту являются, как и на черноземах обыкновенных, орошаемых пресной водой, варианты 1 *m* и 0,8 *m*. В них эколого-экономический эффект соответственно составил на черноземах обыкновенных, орошаемых слабоминерализованной водой, 58203 и 56723 руб./га, а на черноземах южных – 81453 и 78905 руб./га.

**Выводы.** Расчеты экономической эффективности по уровням увлажнения черноземов показали допустимость снижения оросительной нормы на 20 %, так как чистый доход снижается всего на 3–4 % по сравнению с расчетной нормой полива (1 *m*). Экологический эффект даже увеличивается на 10 %, а в целом эколого-экономический эффект уменьшился всего на 3 %.

#### Список источников

1. Щедрин В. Н. Орошение сегодня: проблемы и перспективы. М.: Мелиоводинформ, 2004. 225 с.
2. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587–596.
3. Щедрин В. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. К обоснованию экологических норм водопотребности различных типов почв для оптимизации мелиоративного состояния и почвенного плодородия // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 1(29). С. 105–121. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=526&id=533> (дата обращения: 03.09.2021).
4. ГОСТ Р 58331.3-2019. Системы и сооружения мелиоративные. Водопотребность для орошения сельскохозяйственных культур. Общие требования. Введ. 2019-03-15. М.: Стандартинформ, 2019. 25 с.
5. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Уровни увлажнения черноземов, способствующие сохранению почвенного плодородия // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 2. С. 144–157. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1201> (дата обращения: 13.10.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-144-157.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Кн. по требованию, 2012. 352 с.
7. Комплексная оценка эффективности агромероприятий [Электронный ресурс]. URL: <http://agro-portal.su/ekonomiko-ekologicheskie-osnovy/2736-kompleksnaya-ocenka-effektivnosti-agromeropriyatiy.html> (дата обращения: 08.07.2021).
8. Журавский П. П., Краснощеков В. Н. Основные направления совершенствования методов оценки экономической эффективности инвестиций в мелиорацию сельскохозяйственных земель // Природообустройство. 2014. № 3. С. 87–92.
9. Краснощеков В. Н. Эколого-экономическое обоснование эффективности комплексных мелиораций. Теория и практика: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05. М., 2002. 41 с.
10. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиций проектов мелиорации сельскохозяйственных земель: РД-АПК 3000-01-003-03: утв. Первым зам.

Министра сел. хоз-ва Рос. Федерации С. А. Данквертом 24.01.03: введ. в действие с 01.02.03. М., 2002. 130 с.

---

***Информация об авторах***

**Р. Е. Юркова** – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;

**Л. М. Докучаева** – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

***Information about the authors***

**R. Ye. Yurkova** – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;

**L. M. Dokuchayeva** – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 27.10.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 27.10.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 631.6:631.445.52:54

**Мониторинг экологического состояния деградированных почв после проведения мероприятий по химической мелиорации**

**Ирина Владимировна Гурина, Валерий Алексеевич Монастырский**

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

**Аннотация.** Цель: изучение и анализ нормативно-правовых основ мониторинга для установления состава показателей и периодов выполнения мониторинга деградированных почв после проведения мероприятий по их химической мелиорации. Материалы и методы: нормативно-правовые материалы и результаты обследований более 13,0 тыс. га сельскохозяйственных угодий Российской Федерации, проведенных в 2018 г. Результаты: методической основой мониторинга является установление состава показателей и периодов проведения мониторинговых обследований. Рассмотрены нормативно-правовые основы мониторинга, представленные в законодательных актах Российской Федерации. Представлено определение мониторинга земель, в т. ч. мелиорированных, изложены его задачи. Установлен состав показателей мониторинга деградированных почв после проведения мероприятий по химической мелиорации. Поскольку химическая мелиорация имеет длительный период последействия (более 5–6 лет), мониторинг почв рекомендуется проводить дважды (через 3 года и через 5–6 лет). Выводы: мониторинг почв, проводимый после их химической мелиорации, позволяет оценить качество выполненных работ, а также является источником информации для разработки и применения мелиоративных мероприятий, необходимых для достижения планируемых показателей.

**Ключевые слова:** мониторинг, показатели мониторинга, деградированные почвы, химическая мелиорация, проект химической мелиорации

\*\*\*\*\*

**Monitoring of the ecological state  
of degraded soils after chemical reclamation activities**

**Irina V. Gurina, Valeriy A. Monastyrskiy**

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

**Abstract.** Purpose: to study and analyze the regulatory framework for monitoring to determine the composition of indicators and periods for monitoring degraded soils after chemical reclamation. Materials and methods: legal and regulatory materials and survey results of more than 13.0 thousand hectares of agricultural land in the Russian Federation, carried out in 2018. Results: the methodological basis for monitoring is to determine the composition of indicators and monitoring survey periods. The legal and regulatory framework for monitoring presented in the legislative acts of the Russian Federation has been considered. The definition of land monitoring, including reclaimed lands is presented, its tasks are stated. The composition of indicators for monitoring degraded soils after chemical reclamation has been determined. Since chemical reclamation has a long aftereffect period (more than 5–6 years), it is recommended to carry out soil monitoring twice (after 3 years and after 5–6 years). Conclusions: monitoring of soils, carried out after their chemical reclamation, makes it possible to assess the quality of the work performed, and is also a source of information for development and application of reclamation measures necessary to achieve the planned indicators.

**Keywords:** monitoring, monitoring indicators, degraded soils, chemical reclamation, chemical reclamation project

**Введение.** В настоящее время в Российской Федерации процессами деградации охвачено около 80 % сельскохозяйственных угодий, что негативно сказывается на их продуктивности. Экспертными оценками установлено, что ежегодные потери урожая сельскохозяйственных культур достигают 30 % [1].

Восстановлению плодородия деградированных почв способствуют мероприятия по химической мелиорации, которая в соответствии с Федеральным законом от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель» (ст. 9) «...состоит в проведении комплекса мелиоративных мероприятий по улучшению химических и физических свойств почв. Химическая мелиорация земель включает в себя известкование почв, фосфоритование почв и гипсование почв» [2].

В ст. 32 [2] указано, что «осуществление мелиоративных мероприятий не должно приводить к ухудшению состояния окружающей среды. Мелиоративные мероприятия осуществляются с соблюдением требований земельного, водного, лесного законодательства Российской Федерации, а также законодательства Российской Федерации об охране окружающей среды, о недрах, о растительном мире и о животном мире». Любое мелиоративное мероприятие, в т. ч. и химическая мелиорация, должно включать «проведение мониторинга проектных показателей и проведение оценки возможности совершенствования мелиоративного мероприятия и формирование предложений о применении корректирующего действия» в соответствии с ГОСТ Р 58330.2-2018 «Мелиорация. Виды мелиоративных мероприятий и работ. Классификация» [3].

Порядок проведения мониторинга строится на методической базе, включающей определение состава показателей мониторинга, периодов его проведения на основе действующего законодательства. В связи с этим цель наших исследований заключалась в изучении и анализе нормативно-правовых основ мониторинга, определении показателей и периодов мониторинговых обследований деградированных почв после проведения мероприятий по их химической мелиорации.

**Материалы и методы.** При проведении исследований использовались нормативно-правовые материалы [2–10], а также результаты обследований сельскохозяйственных угодий страны, выполненных в 2018 г. на площади более 13,0 тыс. га [11].

**Результаты и обсуждение.** Нормативно-правовые основы мониторинга приведены в следующих основных документах.

Федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (редакция от 9 марта 2021 г.) определено, что мониторинг земель является подсистемой «единой системы государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды)» для обеспечения «потребностей государства, юридических и физических лиц в достоверной информации, необходимой для предотвращения и (или) уменьшения неблагоприятных последствий изменения состояния окружающей среды» [4].

Земельным кодексом Российской Федерации [5] установлено понятие мониторинга земель, который «является частью государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) и представляет собой систему наблюдений, оценки и прогнозирования, направленных на получение достоверной информации о состоянии земель, об их количественных и качественных характеристиках, их использовании и о состоянии плодородия почв». Объектами мониторинга являются все земли в Российской Федерации.

В соответствии со ст. 67 [5] «задачами государственного мониторинга земель являются:

- 1) своевременное выявление изменений состояния земель, оценка и прогнозирование этих изменений, выработка предложений о предотвращении негативного воздействия на земли, об устранении последствий такого воздействия;
- 2) обеспечение органов государственной власти информацией о состоянии окру-

жающей среды в части состояния земель в целях реализации полномочий данных органов в области земельных отношений, включая реализацию полномочий по государственному земельному надзору (в т. ч. для проведения административного обследования объектов земельных отношений);

3) обеспечение органов местного самоуправления информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель в целях реализации полномочий данных органов в области земельных отношений, в т. ч. по муниципальному земельному контролю;

4) обеспечение юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, граждан информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель».

В зависимости от целей наблюдения государственный мониторинг земель подразделяется на мониторинг использования земель и мониторинг состояния земель.

В рамках мониторинга использования земель осуществляется наблюдение за использованием земель и земельных участков в соответствии с их целевым назначением.

В рамках мониторинга состояния земель осуществляются наблюдения за изменением количественных и качественных характеристик земель, в т. ч. с учетом данных результатов наблюдений за состоянием почв, их загрязнением, захламлением, деградацией, нарушением земель, оценка и прогнозирование изменений состояния земель.

Федеральным законом от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» регулируется осуществление государственного мониторинга земель в отношении земель сельскохозяйственного назначения и земель иных категорий, используемых или предоставленных для нужд сельского хозяйства [6].

Порядок осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, утвержденный приказом Минсельхоза России от 24 декабря 2015 г. № 664, определяет механизм осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения [7].

В соответствии с приказом Минсельхоза России от 24 декабря 2015 г. № 664 [7] «государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения представляет собой систему оперативных, периодических и базовых (исходных) наблюдений за изменением качественного и количественного состояния земель сельскохозяйственного назначения, в том числе мониторинг плодородия таких земель.

В рамках государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, в том числе, осуществляются выявление изменений состояния земель, оценка качественного состояния земель с учетом воздействия природных и антропогенных факторов, оценка и прогнозирование развития негативных процессов, обусловленных природными и антропогенными воздействиями, выработка предложений о предотвращении негативного воздействия на земли, об устранении последствий такого воздействия, обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и граждан информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель».

Государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения подразделяется на мониторинг использования земель и мониторинг состояния земель.

В рамках мониторинга использования земель осуществляется наблюдение за использованием земель и земельных участков в соответствии с их целевым назначением.

В рамках мониторинга состояния земель осуществляется мониторинг плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и учет показателей состояния плодородия почв в соответствии с Порядком государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения, утвержденным приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 4 мая 2010 г. № 150 [8].

Федеральным законом от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель»

установлено, что «государственный мониторинг мелиорированных земель является составной частью государственного мониторинга земель и представляет собой систему наблюдений за состоянием мелиорированных земель. На основе этих наблюдений выявляются изменения состояния мелиорированных земель и дается оценка таких изменений. Объектами государственного мониторинга мелиорированных земель являются все мелиорированные земли в Российской Федерации» (ст. 21) [2].

В «Методических указаниях по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» изложены основные требования к проведению мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения: мониторинг должен осуществляться с использованием современных средств и методик, мониторинг должен проводиться по рекомендованному ОСТами набору показателей, по каждому показателю необходимо иметь региональные оптимальные величины (критерии) и диапазон их возможных колебаний [9]. Перечень показателей мониторинга по основным природно-сельскохозяйственным зонам Российской Федерации и методы исследований определены соответствующими ОСТами [10].

В связи с тем, что химическая мелиорация имеет длительный период последствий (более 5–6 лет), мониторинг рекомендуется проводить дважды (через 3 года и через 5–6 лет) по следующим показателям (таблица 1).

**Таблица 1 – Показатели мониторинга деградированных почв после проведения мероприятий по химической мелиорации**

Показатель мониторинга	Нормативный документ
Удельная электрическая проводимость	ГОСТ 26423-85 [12]
pH водной вытяжки	ГОСТ 26423-85 [12]
Плотный остаток	ГОСТ 26423-85 [12]
Ионы карбоната и бикарбоната	ГОСТ 26424-85 [13]
Ионы хлорида	ГОСТ 26425-85 [14]
Ионы сульфата	ГОСТ 26426-85 [15]
Натрий, калий	ГОСТ 26427-85 [16]
Кальций, магний	ГОСТ 26428-85 [17]
Емкость поглощения	ГОСТ 17.4.4.01-84 [18]
Обменный натрий	ГОСТ 26950-86 [19]
Обменный магний в солонцовом горизонте при содержании обменного натрия менее 5 %	Методические указания по экспрессному определению солевого состава водных вытяжек из почв, грунтовых и поливных вод методом ЦИНАО [20]; ГОСТ 26428-85 [17]
Содержание гипса (солонцовые почвы)	Агрохимические методы исследования почв [21]
СО <sub>2</sub> почвенных карбонатов (солонцовые почвы)	Методические указания по определению углекислоты карбонатов в почвах [22]
Фтор, подвижная форма	Методические указания по определению содержания подвижного фтора в почвах [23]
Стронций, валовая форма	ОСТ 10259-2000 [24]

Кроме того, необходимо также постоянно контролировать качество используемой для полива воды, а также глубину залегания грунтовых вод и степень их минерализации.

Поскольку для химической мелиорации солонцовых почв применяется фосфогипс, который является отходом суперфосфатного производства и содержит в своем составе около 0,1–0,7 % общего и 0,03–0,20 % водорастворимого фтора и примерно 1–2 % стабильного стронция (фтор относится к II классу опасности, стронций к III классу

опасности), после проведения мелиорации фосфогипсом рекомендуется через 3 года действия проконтролировать содержание фтора и стронция в почве, а также фоновое содержание стронция в растительном материале и соотношение Ca:Sr в почве и растениях.

Согласно ст. 13 Земельного кодекса Российской Федерации [5] мероприятия по воспроизводству плодородия земель сельскохозяйственного назначения обязаны проводить собственники земельных участков, землепользователи, землевладельцы и арендаторы земельных участков.

**Выводы.** Мониторинг почв, проводимый после их химической мелиорации, позволяет оценить качество выполненных работ, а также является источником информации для разработки и применения мелиоративных мероприятий, необходимых для достижения планируемых показателей.

#### **Список источников**

1. Дашковский И. Без почвы под ногами. Деградация земель лишает аграриев прибыли // Агротехника и технологии [Электронный ресурс]. 2018. № 3. URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/29844-bez-pochvy-pod-nogami/> (дата обращения: 01.11.2021).

2. О мелиорации земель [Электронный ресурс]: Федер. закон от 10 янв. 1996 г. № 4-ФЗ (ред. от 8 дек. 2020 г.). Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

3. ГОСТ Р 58330.2-2018. Мелиорация. Виды мелиоративных мероприятий и работ. Классификация. Введ. 2019-07-01. М.: Стандартинформ, 2019. 27 с.

4. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федер. закон от 10 янв. 2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 9 марта 2021 г.). Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

5. Земельный кодекс Российской Федерации от 25 окт. 2001 г. № 136-ФЗ (ред. от 30 апр. 2021 г.) (с изм. и доп., вступ. в силу с 1 мая 2021 г.) [Электронный ресурс]. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

6. О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс]: Федер. закон от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ (ред. от 31 июля 2020 г.). Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

7. Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс]: приказ Минсельхоза России от 24 дек. 2015 г. № 664. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

8. Об утверждении Порядка государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс]: приказ М-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации от 4 мая 2010 г. № 150. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

9. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: Росинформагротех, 2003. 240 с.

10. Показатели состояния плодородия почв по основным природно-сельскохозяйственным зонам Российской Федерации: сб. отраслевых стандартов ОСТ 10 294-2002 – ОСТ 10 297-2002. М.: Росинформагротех, 2002. 44 с.

11. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2018 году. М.: Росинформагротех, 2020. 340 с.

12. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. Введ. 1986-01-01. М.: Стандартинформ, 2011. 6 с.

13. ГОСТ 26424-85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке // Сборник ГОСТов. М.: Изд-во стандартов, 1985. С. 8–11.

14. ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке // Сборник ГОСТов. М.: Изд-во стандартов, 1985. С. 12–20.

- 
15. ГОСТ 26426-85. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке // Сборник ГОСТов. М.: Изд-во стандартов, 1985. С. 21–27.
  16. ГОСТ 26427-85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке // Сборник ГОСТов. М.: Изд-во стандартов, 1985. С. 28–31.
  17. Почвы. Метод определения катионно-анионного состава водной вытяжки // Сборник ГОСТов. М.: Изд-во стандартов, 1985. С. 32–39.
  18. ГОСТ 17.4.4.01-84. Охрана природы. Почвы. Методы определения емкости катионного обмена. Введ. 1985-04-01. М.: Стандартиформ, 2008. 7 с.
  19. ГОСТ 26950-86. Почвы. Метод определения обменного натрия. М.: Изд-во стандартов, 1986. 8 с.
  20. Методические указания по экспрессному определению солевого состава водных вытяжек из почв, грунтовых и поливных вод методом ЦИНАО. М.: Союзсельхозхимия, 1991. 150 с.
  21. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
  22. Методические указания по определению углекислоты карбонатов в почвах. М., 1984. 24 с.
  23. Методические указания по определению содержания подвижного фтора в почвах ионометрическим методом. М.: Минсельхоз России, 1993. 8 с.
  24. ОСТ 10-259-2000. Почвы. Рентгенофлуоресцентное определение валового содержания тяжелых металлов. Введ. 2000-07-01. М., 2001. 27 с.
- 

#### ***Информация об авторах***

**И. В. Гурина** – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, доцент;  
**В. А. Монастырский** – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

#### ***Information about the authors***

**I. V. Gurina** – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor;  
**V. A. Monastyrskiy** – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 23.11.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 23.11.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 635

### Состояние овощеводства в условиях дефицита доступных водных ресурсов

Дмитрий Петрович Сидаренко<sup>1</sup>, Александр Александрович Рубцов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Бирючукская овощная селекционная опытная станция – филиал Федерального научного центра овощеводства, Новочеркасск, Российская Федерация

**Аннотация.** Цель исследований состояла в оценке изменения площадей и объемов производства овощной продукции в условиях крайне засушливого года по сельскохозяйственным зонам Ростовской области. В ходе проведения оценки установлено, что посевная площадь овощных культур в 2020 г. по отношению к 2019 г. в целом по области осталась на прежнем уровне. Вместе с тем по сельскохозяйственным зонам Ростовской области различия по площадям более существенны. Так, по основным сельскохозяйственным зонам, в которых возделываются овощные культуры, посевные площади увеличились на 1,3–7,1 % и наблюдалось уменьшение площади их возделывания по остальным зонам на 0,6–2,0 %. Отмечено снижение урожайности овощных культур по всем сельскохозяйственным зонам области на 0,3–5,3 %. Максимальное снижение отмечено по городам Ростовской области, минимальное значение отмечено по южной сельскохозяйственной зоне. Снижение урожайности отразилось на валовом сборе овощей, по всем сельскохозяйственным зонам области, кроме южной, отмечается его снижение, которое в сравнении с 2019 г. составило 1,1–10,8 %. Дальнейшее развитие сельскохозяйственной мелиорации в условиях Ростовской области и юга России в целом и орошаемого земледелия должно базироваться на рациональном природопользовании за счет имеющихся водных ресурсов.

**Ключевые слова:** овощеводство, посевная площадь, урожайность, валовой сбор, сельскохозяйственная зона

\*\*\*\*\*

### The state of vegetable growing under the conditions of available water resources shortage

Dmitry P. Sidarenko<sup>1</sup>, Aleksandr A. Rubtsov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

<sup>2</sup>Biryuchekutskaya Vegetable Breeding Experimental Station – branch of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing, Novocherkassk, Russian Federation

**Abstract.** The purpose of the research was to assess changes in the vegetable production areas and volumes in an extremely dry year in agricultural zones of Rostov region. In the course of the assessment, it was found that the vegetable crop area in 2020 in relation to 2019 as a whole in the region remained at the same level. At the same time, in the agricultural zones of Rostov region, the differences in the crop areas are more significant. Thus, in the main agricultural zones in which vegetable crops are cultivated, the crop areas increased by 1.3–7.1 % and in the remaining zones a decrease in the area of their cultivation by 0.6–2.0 % was observed. There was a vegetable crop yield in all regional agricultural zones by 0.3–5.3 %. The maximum reduction was noted in towns of Rostov region, the minimum value was noted in the southern agricultural zone. The yield reduction affected the vegetable gross yield, in all agricultural zones of the region, except for the southern one, there is a decrease, which in comparison with 2019 amounted to 1.1–10.8 %. Further development of agricultural

reclamation in the conditions of Rostov region and the south of Russia as a whole and irrigated agriculture should be based on the rational use of natural resources at the expense of available water resources.

**Keywords:** vegetable growing, crop area, yield, gross yield, agricultural zone

**Введение.** Ростовская область относится к одной из наиболее крупных административных единиц Российской Федерации. При общей площади области 100,8 тыс. км<sup>2</sup> в Ростовской области, по данным Росреестра на 1 января 2020 г., общий объем земель сельхозназначения составляет 8863710 га, при этом к сельскохозяйственным угодьям из них относятся 8,2 млн га – это пашни, многолетние насаждения, сенокосы и пастбища. При этом больше всего таких земель в Зимовниковском районе (468 тыс. га), а меньше всего в Гуково – лишь 262 га. Область отличается большим разнообразием почвенно-климатических и геоморфологических условий.

Площадь посева сельскохозяйственных культур под урожай 2020 г. в хозяйствах всех категорий насчитывала 4701 тыс. га, что практически не превышало уровень 2019 г. При этом площадь овощных культур открытого грунта и закрытого грунта в хозяйствах населения составила 24,5 тыс. га. В овощеводстве преобладает производство овощей в открытом грунте: выращиваются картофель, капуста, морковь, свекла, лук, чеснок, томаты, огурцы и прочие овощные культуры [1].

Как подчеркнул первый заместитель губернатора Ростовской области В. Гончаров, «развитие овощеводства открытого и закрытого грунта является важным сельскохозяйственным направлением как для донского региона, так и страны в целом. Перспективы по овощеводству открытого грунта видим в расширении площадей мелиорируемых земель, что в свою очередь позволит увеличить посевные площади овощных культур» [2].

Наряду с этим необходимо учесть неблагоприятные природно-климатические условия, сложившиеся в 2020 г., который с 1881 г. оказался самым засушливым. Если смотреть по метеорологии, то это самый затяжной засушливый период. Причем началось это еще в 2007 г. [3].

Почти во всех районах рассматриваемого региона урожайность сельскохозяйственных культур, и особенно овощных, зависит от степени увлажненности года, изменяясь в 2–3 раза и более. Поэтому здесь особенно большое значение для получения высоких и устойчивых урожаев имеет орошение [4, 5].

Современный отечественный рынок овощной продукции характеризуется относительно низким уровнем развития инфраструктуры и наличием целого комплекса проблем практически во всех его звеньях: от производства продукции до ее реализации конечному потребителю в свежем и переработанном виде. Такая ситуация обуславливает высокий уровень потерь, недостаточное развитие отечественной перерабатывающей отрасли, доминирование импортной продукции в некоторых сегментах свежих и практически во всех сегментах переработанных овощей. В результате на фоне снижения покупательной способности населения потребление овощной продукции в России продолжает оставаться недостаточным, не превышая в последние годы 80 % нормы. Таким образом, поиск путей совершенствования функционирования российского рынка овощей приобретает все большее значение [6].

Получение высоких урожаев овощных культур обеспечивается целым комплексом агрометеорологических приемов и мероприятий, в т. ч. орошением. Режим орошения определяется почвенно-климатическими условиями и биологическими особенностями сельскохозяйственных культур, а также на него оказывают влияние способ и техника полива, водообеспеченность, гидрогеологические и геоморфологические условия, уровень агротехники, степень дренированности территории, трудообеспеченность, капитальные затраты и др.

Необходимость рационального использования водных ресурсов в орошаемом земледелии и увеличения продуктивности мелиорированных земель логически вытека-

ет из экономической сущности и особенностей ирригации как главного фактора повышения плодородия сельскохозяйственных земель в условиях недостаточного увлажнения. При этом важнейшим фактором эффективности функционирования оросительных систем является количество и качество оросительной воды. Планируя орошение грунтовых овощей, нужно обязательно задуматься над расходами на такое предприятие. Основным условием рентабельности орошения является обеспечение выгодного и надежного сбыта плодов по ценам, обеспечивающим возмещение издержек (орошение и применяемые для этого технологии).

Цель исследований состояла в оценке изменения площадей и объемов производства овощной продукции в условиях крайне засушливого года по сельскохозяйственным зонам Ростовской области.

**Материалы и методы.** При написании статьи был использован метод анализа и синтеза, позволяющий разделять совокупность на части, анализировать каждую часть, определять свойства отдельного элемента, чтобы потом с помощью синтеза получить общую картину.

Для этого были взяты данные Федеральной службы государственной статистики о посевной площади, валовом сборе, урожайности и реализации овощных культур открытого грунта (и закрытого грунта в хозяйствах населения) в 2019–2020 гг. Вышеуказанная информация была объединена по сельскохозяйственным зонам Ростовской области. Отдельно были выделены города Ростовской области.

**Результаты и обсуждения.** Как показывают данные таблицы 1, посевная площадь овощных культур в 2020 г. по отношению к 2019 г. в целом по области осталась на прежнем уровне. Вместе с тем по сельскохозяйственным зонам Ростовской области различия по площадям более существенны.

**Таблица 1 – Посевная площадь овощей открытого грунта (и закрытого грунта в хозяйствах населения)**

Сельскохозяйственная зона	Посевная площадь овощей открытого грунта (и закрытого грунта в хозяйствах населения)				Хозяйства всех категорий			Доля во всех посевах, %
	сельскохозяйственные организации	из них: малые предприятия	хозяйства населения	крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели	2020 г.	2019 г.	2020 г. в % к 2019 г.	
Северо-Западная			2424,4	86,4	2510,8	2622,0	97,2	0,2
Северо-Восточная			1786,3	24,7	1811,0	1827,7	99,4	0,2
Центральная орошаемая	1491,9	282,0	3835,0	2388,2	7715,1	8038,6	103,5	2,0
Приазовская	663,8	543,0	5541,6	1280,4	7513,8	7695,7	101,3	1,0
Южная			2073,0	145,4	2218,4	2165,2	107,1	0,2
Восточная			367,4	1,0	368,4	375,3	98,0	0,1
Города Ростовской области			2338,3	3,8	2342,1	2564,9	95,0	35,0
Итого по области	2155,7	825,0	18366,0	3929,9	24479,6	25289,4	100,2	5,5

В га

Так, по основным сельскохозяйственным зонам, в которых возделываются овощные культуры, посевные площади увеличились на 1,3–7,1 % и наблюдалось уменьшение площади их возделывания по остальным зонам на 0,6–2,0 %. Максимальный показатель увеличения площади возделывания овощных культур отмечен в Южной сельскохозяйственной зоне (на 53,2 га, или 7,1 %, по отношению к 2019 г.). Максимальный показатель уменьшения площади возделывания составил 6,9 га, или 2,0 %, в Восточной зоне. Существенно сократилась площадь возделывания овощных культур по городам Ростовской области (на 222,8 га, или 5 %). То есть снижение количества выпавших осадков, их отсутствие осенью 2019 г. не способствовали значительному снижению площади посева овощных культур весной 2020 г. Основные площади возделывания овощных культур в Ростовской области сконцентрированы в личных подсобных хозяйствах населения (18336,0 га, или 72,6 %). То есть возделывание овощей сельскохозяйственными организациями осуществляется только в Центральной орошаемой и Приазовской сельскохозяйственных зонах, доля их в общей площади возделывания овощных культур в масштабах Ростовской области крайне незначительна и составляет 2155,7 га, или 8,5 % от общей площади возделывания.

Урожайность овощных культур по сельскохозяйственным зонам Ростовской области очень сильно варьирует (таблица 2).

**Таблица 2 – Урожайность овощей открытого грунта  
(и закрытого грунта в хозяйствах населения)**

В т/га

Сельскохозяйственная зона	Посевная площадь овощей открытого грунта (и закрытого грунта в хозяйствах населения)				Хозяйства всех категорий		
	сельскохозяйственные организации	из них: малые предприятия	хозяйства населения	крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели	2020 г.	2019 г.	2020 г. в % к 2019 г.
Северо-Западная	–	–	12,0	12,6	12,0	12,5	96,3
Северо-Восточная	–	–	14,3	17,6	14,5	14,2	99,6
Центральная орошаемая	36,5	19,6	21,6	27,4	25,3	26,4	95,2
Приазовская	27,2	30,3	17,2	16,4	18,8	19,5	96,3
Южная	–	–	12,6	13,7	11,9	12,6	99,7
Восточная	–	–	8,3	4,0	8,3	8,7	94,9
Города Ростовской области	–	–	14,9	7,2	13,4	16,0	94,7
Итого по области	31,9	25,0	14,4	14,1	14,9	15,7	96,7

Согласно данным таблицы 2 в 2020 г. отмечено снижение урожайности овощных культур по всем сельскохозяйственным зонам области на 0,3–5,3 %. Максимальное снижение отмечено по городам Ростовской области, минимальное значение отмечено по Южной сельскохозяйственной зоне.

Снижение урожайности отразилось на валовом сборе овощей. Согласно данным таблицы 3 по всем сельскохозяйственным зонам области, кроме Южной, отмечается его снижение (в сравнении с 2019 г. на 1,1–10,8 %).

**Таблица 3 – Валовой сбор овощей открытого грунта  
(и закрытого грунта в хозяйствах населения)**

В тыс. т

Сельскохозяйственная зона	Посевная площадь овощей открытого грунта (и закрытого грунта в хозяйствах населения)				Хозяйства всех категорий		
	сельскохозяйственные организации	из них: малые предприятия	хозяйства населения	крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели	2020 г.	2019 г.	2020 г. в % к 2019 г.
Северо-Западная	8,0	8,0	31,3	1,5	40,9	43,4	93,7
Северо-Восточная	–	–	25,8	0,8	26,6	28,3	98,9
Центральная орошаемая	61,6	5,56	97,4	76,9	235,8	253,8	98,3
Приазовская	28,7	16,0	103,6	50,6	182,9	180,7	97,9
Южная	–	–	24,8	1,0	25,8	24,7	104,7
Восточная	–	–	3,6	0,004	3,6	3,7	92,8
Города Ростовской области	0,5	0,5	33,2	0,05	33,6	40,3	89,2
Итого по области	98,8	29,9	319,8	130,8	549,4	574,9	96,5

**Выводы.** Оценка изменения площади и объемов производства овощных в условиях недостатка доступных водных ресурсов выявила снижение площади возделывания овощных культур в Ростовской области, падение их урожайности и, как следствие этого, сокращение валового сбора овощей открытого грунта и закрытого грунта в хозяйствах населения. Положительная динамика площади возделывания овощных культур отмечена только в Южной сельскохозяйственной зоне. Кроме того, в ходе проведения оценки выявлено, что основная масса овощной продукции возделывается в личных подсобных хозяйствах населения, которым не под силу осуществление надлежащего содержания оросительных систем (его могли бы обеспечить крупные сельскохозяйственные организации), а также внедрение в производство новых высокоточных и экономически выгодных технологий орошения. Дальнейшее развитие сельскохозяйственной мелиорации в условиях Ростовской области и юга России в целом и орошаемого земледелия должно базироваться на рациональном природопользовании за счет имеющихся водных ресурсов.

#### Список источников

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rostov.gks.ru/> (дата обращения: 01.10.2021).
2. Ростовская область: В донских хозяйствах убрано почти 40% площадей под овощными культурами и почти 50 процентов посевов картофеля [Электронный ресурс]. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/236357029> (дата обращения: 01.10.2021).
3. Никитин Н. В Ростовской области 2020 год стал самым засушливым в истории [Электронный ресурс]. URL: <https://bloknot-rostov.ru/news/v-rostovskoy-oblasti-2020-god-stal-samym-zasushliv-1287520> (дата обращения: 01.10.2021).
4. Бабичев А. Н., Сидаренко Д. П. Дифференцированное внесение минеральных

удобрений при использовании точного земледелия на фоне орошения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 2(78). С. 23–29.

5. Щедрин В. Н., Бабичев А. Н. Перспективы использования современных оросительных технологий в условиях маловодности // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 1(81). С. 104–110.

6. Онежкина О. Н. Функционирование и развитие рынка овощной продукции: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Ставрополь, 2020. 23 с.

---

***Информация об авторах***

**Д. П. Сидаренко** – научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;

**А. А. Рубцов** – руководитель, кандидат сельскохозяйственных наук.

***Information about the authors***

**D. P. Sidarenko** – Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;

**A. A. Rubtsov** – Director, Candidate of Agricultural Sciences.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 28.10.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 28.10.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 628.3

### Реализация единой схемы реконструкции очистных сооружений Республики Крым

Светлана Генриховна Чутченко, Надежда Александровна Джулай  
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

**Аннотация.** Цель исследований – провести анализ реализации федеральной целевой программы «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2024 года» и мероприятий по обеспечению водоотведения на территории Республики Крым. В статье рассматривается проблема строительства и реконструкции очистных сооружений и создания новой единой схемы реконструкции очистных сооружений Республики Крым для приведения параметров очистки сточных вод к нормам российского законодательства. Выявлены причины, оказывающие негативное влияние на сроки реализации федеральной целевой программы: отсутствие правоустанавливающих документов на здания, что не позволяет оформить разрешение на строительство; не учтенные проектами зеленые насаждения, в т. ч. растения, занесенные в Красную книгу Республики Крым и Красную книгу Российской Федерации; превышение стоимости строительства; отсутствие документального подтверждения доступа в акваторию Черного моря в зоне строительства или реконструкции; отсутствие согласования доступа и проезда к объектам строительства и реконструкции с правообладателем прилегающих территорий.

**Ключевые слова:** строительство, реконструкция, канализационные очистные сооружения, федеральная целевая программа, Республика Крым

\*\*\*\*\*

### Implementing a unified scheme for treatment facilities reconstruction in the Republic of Crimea

Svetlana G. Chutchenko, Nadezhda A. Dzhulay

South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov, Novocherkassk,  
Russian Federation

**Abstract.** The purpose of the research is to analyze the implementation of the Federal Target Program “Social and Economic Development of the Republic of Crimea and the City of Sevastopol Until 2024” and measures to ensure water discharge in the territory of the Republic of Crimea. The problem of construction and reconstruction of treatment facilities and the creation of a new unified scheme for the treatment facilities reconstruction of the Republic of Crimea to normalization of wastewater treatment parameters to the standards of Russian legislation is discussed. The reasons having a negative impact on the delivery time of the Federal Target Program implementation have been identified: the lack of the entitling documents for buildings, which does not allow legalize a permission for construction; green spaces including plants listed in the Red Book of the Republic of Crimea and the Red Book of the Russian Federation not considered by the projects; excess construction cost; lack of documented confirmation of access to the Black Sea waters in the construction or reconstruction zone; lack of coordination of access and travel to the construction and reconstruction facilities with the right holder of the adjacent territories.

**Keywords:** construction, reconstruction, sewage treatment facilities, federal target program, the Republic of Crimea

**Введение.** Сохранение экологически устойчивого состояния окружающей среды является первостепенной задачей, особенно это относится к курортным регионам

нашей страны. С 2014 г. Крымский полуостров стал полноценным регионом нашей страны. С начала 90-х гг. прошлого столетия строительство и реконструкция очистных сооружений на территории Республики Крым не проводились, а если и проводились, то незначительные и на местном уровне. В настоящее время на территории Крыма насчитывается около 100 канализационных очистных сооружений (КОС), которые ежегодно сбрасывают не менее 160 млн м<sup>3</sup> стоков, износ их составляет более 70 %.

Все без исключения КОС полуострова сегодня нуждаются либо в новом строительстве, либо в модернизации и реконструкции. Также в капитальном ремонте нуждаются 12 глубоководных выпусков, которые принимают очищенные стоки от КОС и выводят их в море. Основные загрязнители водного бассейна Республики Крым и места их нахождения представлены на рисунке 1 [1].

**Результаты и обсуждения.** Для контроля качества сбрасываемой сточной воды необходимо создать единую схему реконструкции очистных сооружений Республики Крым, основная цель которой – это доведение параметров очищения стоков до норм российского законодательства. На сегодняшний день только лишь 17 % сточных вод имеют биологическую очистку и соответствуют нормам очистки Российской Федерации.

Другой задачей является «модернизация существующих и строительство новых канализационных очистных сооружений с внедрением современных технологий очистки сточных вод, решение вопроса утилизации осадка сточных вод, реконструкция тоннельных коллекторов с целью обеспечения надежности водоотведения».

Также одной из проблем крымских технически и морально устаревших КОС в том, что они не были разработаны для очистки стоков от современных химических загрязнителей, это приводит к регулярному сбросу в море огромного количества сточных вод, насыщенных различными видами поверхностно-активных веществ (ПАВ) и других вредных веществ, которые в избытке содержат обычные стиральные порошки, моющие средства и др.

Согласно данным ГУП «Вода Крыма», на территории муниципалитетов Алушта, Феодосия, Судак большинство абонентов централизованного водоснабжения не имеют подключения к централизованной системе водоотведения, что повышает несанкционированный сброс неочищенных сточных вод [2].

По словам заместителя председателя Совета министров Республики Крым Ю. Михайличенко, нарушители используют для водоотведения систему ливневой канализации и септики-накопители. «Как правило, большинство септиков-накопителей не соответствуют санитарным, эпидемиологическим и строительным нормам. Неочищенные сточные воды попадают в почву и потом в акваторию Черного моря, нанося серьезный ущерб экологической и биологической безопасности курортных регионов» [3].

Для решения данных проблем Правительством Российской Федерации разработана и реализуется федеральная целевая программа «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2024 года», целевые индикаторы которой представлены в таблице 1 [4].

По данным Минстроя Крыма, на все проекты КОС в рамках федеральной целевой программы в общей сложности выделено более 40 млрд руб. Завершение всех мероприятий запланировано не позднее 2024 г. Кроме того, в новую федеральную целевую программу добавлено строительство 13 КОС на южном берегу Крыма. На данный момент ведется разработка проектно-сметной документации.

Анализ реализации федеральной целевой программы «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2024 года» и мероприятия по обеспечению водоотведения на территории Республики Крым представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

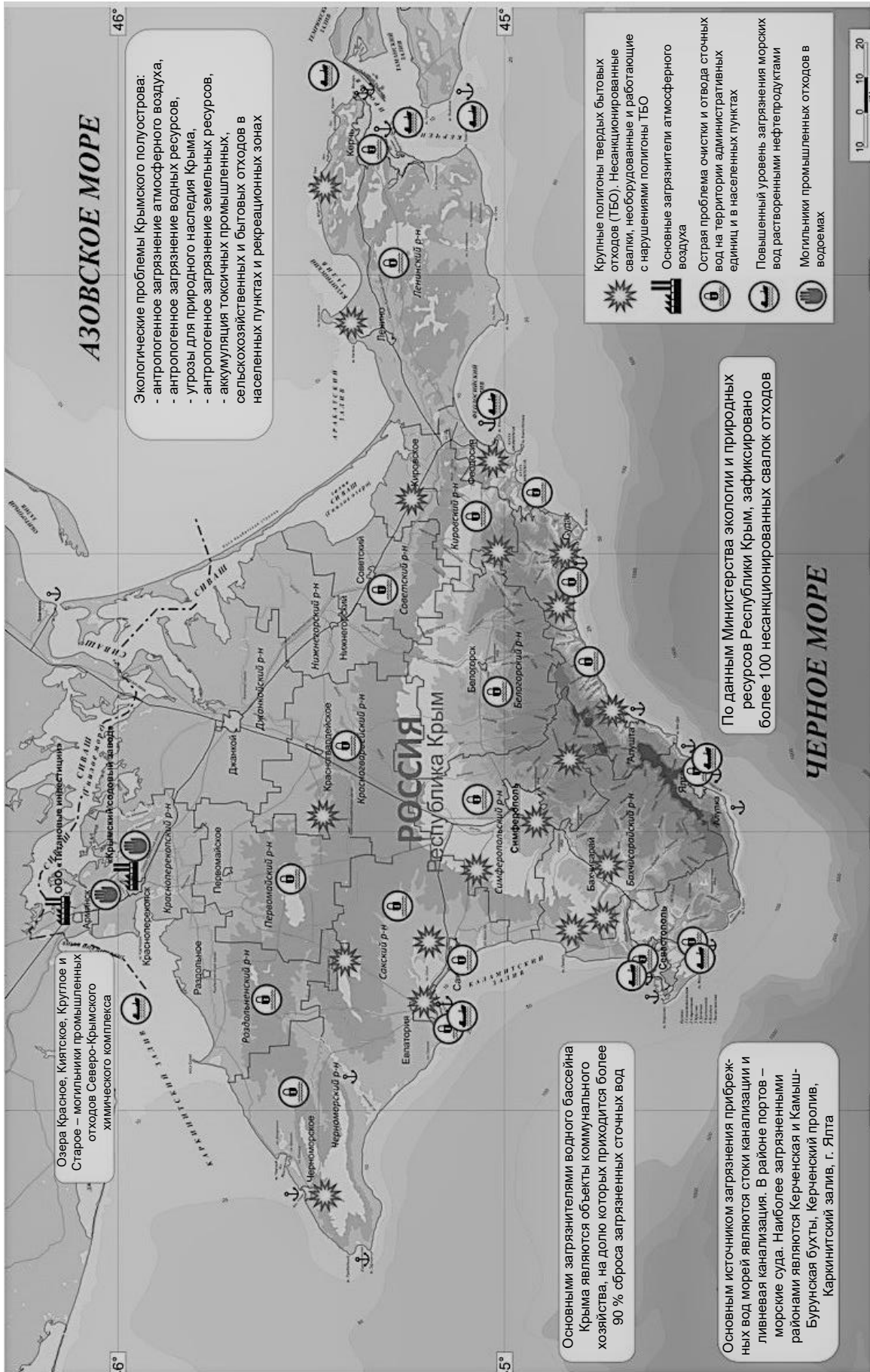


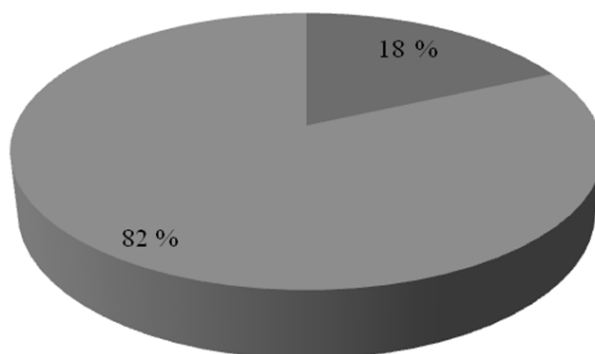
Рисунок 1 – Основные загрязнители водного бассейна Республики Крым

**Таблица 1 – Индикаторы федеральной целевой программы  
«Социально-экономическое развитие Республики Крым и  
г. Севастополя до 2024 года»**

Наименование индикатора	Единица измерения	Ожидаемый результат
1 Протяженность новых и реконструируемых систем водоснабжения (нарастающим итогом)	км	462,5
2 Строительство, реконструкция водоочистных сооружений	единиц	4
3 Восстановление изношенных сетей за счет реконструкции (нарастающим итогом)	км	55,9801
4 Количество новых и реконструированных КОС (нарастающим итогом) – всего	единиц	25
5 В Республике Крым	единиц	21
6 В г. Севастополе	единиц	4
7 Количество новых и реконструированных канализационных сооружений (нарастающим итогом) – всего	единиц	9
8 В Республике Крым	единиц	6
9 В г. Севастополе	единиц	3
10 Протяженность новых и реконструируемых канализационных коллекторов (нарастающим итогом) – всего	км	20,0748
11 В Республике Крым	км	17,381
12 В г. Севастополе	км	2,6938

**Таблица 2 – Анализ реализации федеральной целевой программы  
«Социально-экономическое развитие Республики Крым и  
г. Севастополя до 2024 года» по состоянию на 02.09.2021**

Вид деятельности	Всего	Финансирование	Проектно-изыскательские работы	Заключение экспертизы		Разрешение на строительство	Строительно-монтажные работы
				отрицательное	положительное		
Строительство	4	3	3	3	–	–	–
Реконструкция	18	7	7	1	6	2	2



■ Строительство ■ Реконструкция

**Рисунок 2 – Мероприятия по обеспечению водоотведения на территории Республики Крым**

Анализируя особенности и проводимые мероприятия по обеспечению водоотведения на территории Республики Крым, выявили ряд причин, оказывающих негативное влияние на сроки реализации федеральной целевой программы:

- отсутствие правоустанавливающих документов на здания, что не позволяет оформить разрешение на строительство;
- на территории строительных площадок находятся не учтенные проектами зеленые насаждения, в т. ч. растения, занесенные в Красную книгу Республики Крым и Красную книгу Российской Федерации, необходимость их сноса и, как следствие, губительное воздействие на флору и фауну;
- превышение стоимости строительства;
- отсутствие документального подтверждения доступа в акваторию Черного моря в зоне строительства или реконструкции;
- отсутствие согласования доступа и проезда к объектам строительства и реконструкции с правообладателем прилегающих территорий.

**Выводы.** В целом реализация федеральной программы и созданная единая схема реконструкции очистных сооружений Республики Крым общей мощностью 600 тыс. м<sup>3</sup>, по экспертной оценке, к 2025 г. позволят повысить объем очистки воды в Республике Крым с 65 % (2014 г.) до 95 %, в Севастополе с 94,1 % (2014 г.) до 98,5 %.

#### **Список источников**

1. Винник С. Заплели КОСы [Электронный ресурс] // Российская газета – Экономика Крыма. 2021. № 118(8469). URL: <https://rg.ru/2021/06/01/reg-ufo/krym-vyshel-napik-stroitelstva-vodovodov-i-kanalizacionno-ochistnyh-sooruzhenij.html> (дата обращения: 01.10.2021).
2. Блинова О. А., Король Т. О. Геоэкологические подходы к оценке прибрежных территорий Крыма // Проблемы региональной экологии. 2015. № 3.
3. Вода Крыма [Электронный ресурс]. URL: <https://voda.crimea.ru/smi7> (дата обращения: 01.10.2021).
4. Федеральная целевая программа «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2024 года» [Электронный ресурс]. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe\\_razvitie/socialno\\_ekonomicheskoe\\_razvitie\\_respubliki\\_krym\\_i\\_goroda\\_federalnogo\\_znacheniya\\_sevastopolya/fcp\\_socialno\\_ekonomicheskoe\\_razvitie\\_respubliki\\_krym\\_i\\_g\\_sevastopolya\\_do\\_2025\\_goda/](https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/socialno_ekonomicheskoe_razvitie_respubliki_krym_i_goroda_federalnogo_znacheniya_sevastopolya/fcp_socialno_ekonomicheskoe_razvitie_respubliki_krym_i_g_sevastopolya_do_2025_goda/) (дата обращения: 01.10.2021).

#### ***Информация об авторах***

**С. Г. Чутченко** – старший преподаватель;

**Н. А. Джулай** – магистрант.

#### ***Information about the authors***

**S. G. Chutchenko** – Senior Lecturer;

**N. A. Dzhulay** – Master's Student.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 29.10.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 29.10.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 556.048.004.42

### К вопросу автоматизации гидрологических расчетов

**Таисия Сергеевна Пономаренко, Анна Викторовна Бреева**

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

**Аннотация.** В статье представлена программа для расчета максимального расхода воды в реке с заданной вероятностью превышения при наличии гидрологических наблюдений. Программа разработана в MS Excel и предназначена для расчета расходов водных объектов и построения кривой обеспеченности при наличии данных наблюдений. Программа состоит из четырех основных блоков: исходные данные, среднестатистические параметры, исходные данные для построения эмпирических и теоретических кривых обеспеченности ежегодных максимальных расходов воды и справочные материалы. Разработанная программа позволяет выполнять расчеты расходов воды на различные обеспеченности и формировать отчетные графические материалы. Применение данной программы позволяет значительно сократить процессы расчета и повысить их точность путем исключения ошибок. Может применяться при расчете максимальных расходов воды редкой повторяемости при актуальной на сегодняшний день проблеме установления зон затопления. Все формулы, использованные в данной разработке, соответствуют СП 33-101-2003.

**Ключевые слова:** гидрологические расчеты, обеспеченность, расход воды, уровень воды, программа, кривая обеспеченности

\*\*\*\*\*

### On issue of hydrological computation automation

**Taisiya S. Ponomarenko, Anna V. Breeva**

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

**Abstract.** The program for calculating the maximum water discharge in a river with a given probability of excess with hydrological observations is presented. The program was developed in MS Excel and is intended for calculating water discharge of water bodies and constructing a frequency curve with observational data. The program consists of four main blocks: initial data, average statistical parameters, initial data for constructing empirical and theoretical frequency curves of annual maximum water discharges and reference materials. The developed program allows calculate water discharge for various availability and generate reporting graphic materials. This program application allows significantly reduce the calculation processes and improve their accuracy by errors exception. It can be used to calculate the maximum water discharge of rare occurrence by current problem of establishing flood zones. All formulas used in this work correspond to Code 33-101-2003.

**Keywords:** hydrological computation, availability, water discharge, water level, program, frequency curve

**Введение.** Основная задача гидрологических расчетов – получить количественные характеристики, описывающие гидрологические явления и процессы в ближайшем и отдаленном будущем, на основании анализа прошлого и настоящего состояния водных объектов. Гидрологические расчеты являются комплексным разделом гидрологии, призванным соединить теоретические исследования в области гидрологии суши с решением практических задач в целях обеспечения различных отраслей народного хозяйства, и прежде всего строительного проектирования и водного хозяйства. Поэтому гидрологические расчеты относятся к основному разделу инженерной гидрологии [1].

В полном объеме гидрологические расчеты включают расчеты: характеристик стока воды, основных гидрометеорологических характеристик (осадки, испарение и др.) водного баланса, стока наносов, термического режима, динамики водных масс, а также гидрохимических характеристик и разбавления сточных вод. Развитие гидрологической науки привело к дифференциации гидрологических расчетов и выделению в самостоятельные разделы методов определения годового, минимального, максимального стока, внутригодового распределения стока и др. Поэтому в настоящее время гидрологические расчеты включают прежде всего различные аспекты расчетов расходов и уровней воды рек и озер, а также определение гидрологических характеристик, связанных с речным стоком (расходы наносов, ледниковый сток, подземный сток и др.) [1].

Методы расчетов основных гидрологических характеристик используются не только при осуществлении собственно гидрологических расчетов, но и в областях, связанных с использованием гидрологических данных (водохозяйственные расчеты, гидрологические прогнозы, охрана вод суши и др.). Следовательно, очень важным является использование наиболее надежных методов расчета гидрологических характеристик [1].

Методика расчета расхода воды в зависимости от исходных данных предполагает три вида формул: при наличии данных наблюдений, при недостаточности данных наблюдений и при отсутствии данных наблюдений. Расчеты являются весьма трудоемким процессом и без автоматизации могут занимать довольно продолжительный период.

В настоящее время существуют различные компьютерные программы для выполнения таких расчетов, основная часть предоставляется на коммерческой основе. В связи с этим возникла необходимость разработки программы, которая учитывала бы все особенности при формировании отчетов.

**Материалы и методы.** Программа разработана в MS Excel и предназначена для расчета расходов водных объектов и построения кривой обеспеченности при наличии данных наблюдений. В качестве исходных справочных материалов использованы нормативные и методические источники [2–5].

**Результаты и обсуждение.** Программа состоит из четырех основных блоков (рисунок 1). В каждом из них выполняются последовательные вычисления в зависимости от данных предыдущего.



Рисунок 1 – Структура программы

Раздел исходных данных состоит из табличной и графической формы отображения данных. В данном разделе вводятся исходные ряды статистических данных (расходы и уровни воды) и выполняется построение двух графиков.

Для анализа ряда наблюдений строится график динамики ежегодных расходов. На данном графике отображается среднегодовое значение. Этот график позволяет проанализировать периоды многоводных и маловодных лет.

Также в этом разделе выполняется построение графика зависимости расхода воды от уровня и выводится уравнение связи данных параметров (рисунок 2).

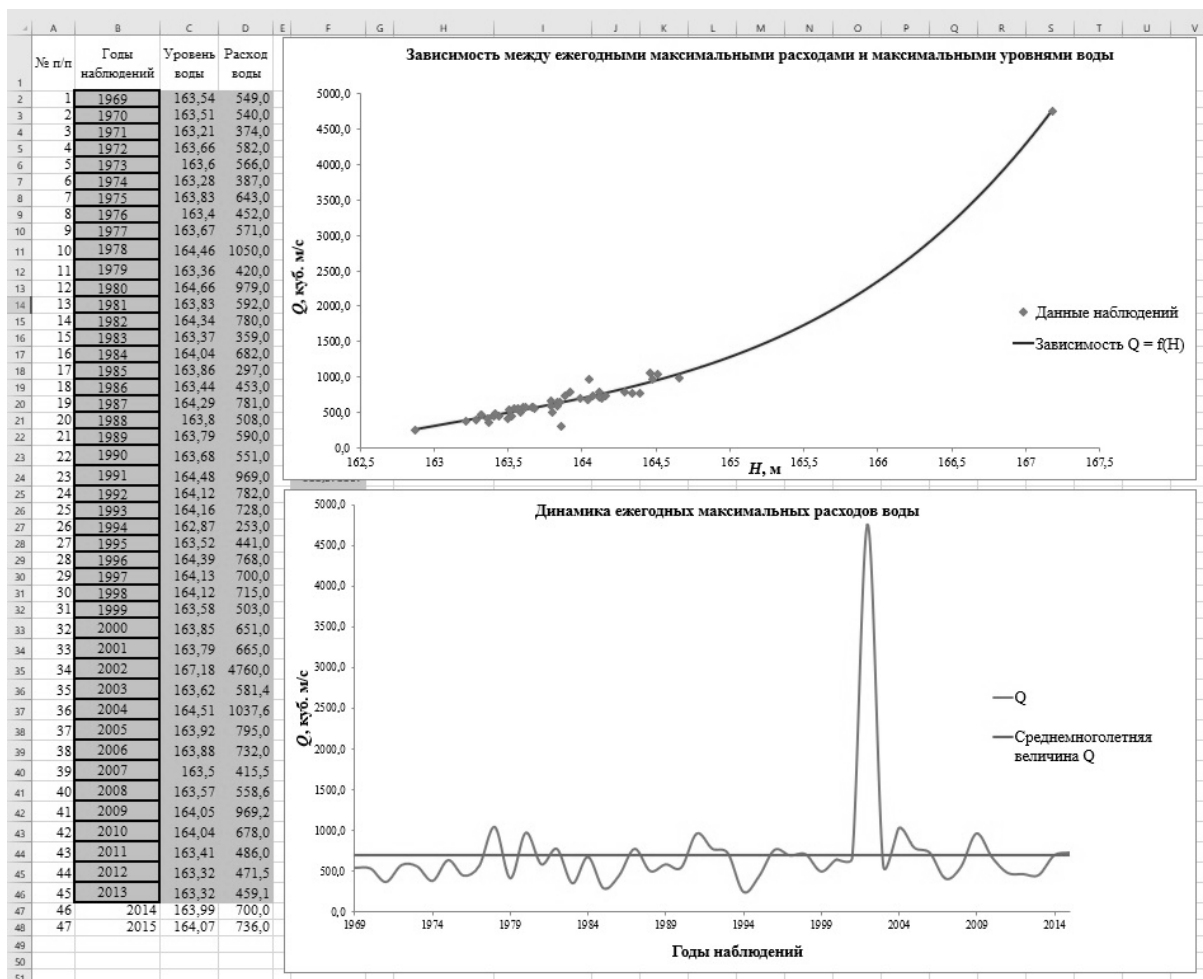


Рисунок 2 – Результаты расчета в блоке 1

В блоке среднестатистических параметров вычисляются коэффициенты вариации и асимметрии, а также расходы заданной обеспеченности (рисунок 3).

Коэффициент вариации вычисляется по формуле [2]:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (K_i - 1)^2}{n - 1}},$$

где  $n$  – число членов ряда;

$K_i$  – среднеарифметическая величина безразмерного ряда.

Формула коэффициента асимметрии имеет вид:

$$C_s = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(K - 1)^3}{n - 1} \cdot C_v^3,$$

где  $K$  – величина безразмерного ряда.

В блоке 3 по полученным в двух предыдущих разделах данным выполняется построение кривой обеспеченности. Для подтверждения достоверности расчетной кривой на графике дополнительно строится эмпирическая кривая. Это позволяет оценить погрешность расчетной величины. Помимо графического представления кривой, имеется таблица, в которой каждое значение соответствует расчетной обеспеченности (рисунок 4).

№ п/п	Годы наблюдений	Q	K <sub>1</sub>	(K <sub>1</sub> -1)	(K <sub>1</sub> -1) в квадрате	(K <sub>1</sub> -1) в кубе	Р, %	Отклонение ординат	K <sub>1</sub> , %	Q, куб. м/с	W, млн куб.	
<b>Расход</b>							<b>Расчет</b>					
							Кoeffициент вариации		<b>0,89</b>			
							Кoeffициент асимметрии		<b>5,68</b>			
							<b>Модульные коэффициенты</b>					
							1	3	5	10	25	50
							4,67	2,60	1,66	0,60	-0,13	-0,36
							5,176	3,325	2,483	1,537	0,886	0,682
							<b>3 663,01</b>	<b>2 383,16</b>	<b>1 757,12</b>	<b>1 087,62</b>	<b>626,75</b>	<b>482,33</b>
							<b>118 516,78</b>	<b>74 209,37</b>	<b>55 412,46</b>	<b>34 299,05</b>	<b>19 765,32</b>	<b>15 210,82</b>
1												
2												
3												
4	1	1969	549	0,77578	-0,22422	0,05028	-0,011273					
5	2	1970	540	0,76306	-0,23694	0,05614	-0,013302					
6	3	1971	374	0,52849	-0,47151	0,22232	-0,104828					
7	4	1972	582	0,82241	-0,17759	0,03154	-0,005601					
8	5	1973	566	0,79980	-0,20020	0,04008	-0,00802					
9	6	1974	387	0,54686	-0,45314	0,20534	-0,093047					
10	7	1975	643	0,90860	-0,09140	0,00835	-0,000763					
11	8	1976	452	0,63871	-0,36129	0,13053	-0,047160					
12	9	1977	571	0,80686	-0,19314	0,03730	-0,007204					
13	10	1978	1050	1,48372	0,48372	0,23399	0,113186					
14	11	1979	420	0,59349	-0,40651	0,16525	-0,067176					
15	12	1980	979	1,38340	0,38340	0,14699	0,056356					
16	13	1981	592	0,83654	-0,16346	0,02672	-0,004368					
17	14	1982	780	1,10220	0,10220	0,01044	0,001067					
18	15	1983	359	0,50729	-0,49271	0,24276	-0,119610					
19	16	1984	682	0,96371	-0,03629	0,00132	-0,000048					
20	17	1985	297	0,41968	-0,58032	0,33677	-0,195433					
21	18	1986	453	0,64012	-0,35988	0,12951	-0,046609					
22	19	1987	781	1,10361	0,10361	0,01073	0,001112					
23	20	1988	508	0,71784	-0,28216	0,07961	-0,022464					
24	21	1989	590	0,83371	-0,16629	0,02765	-0,004598					
25	22	1990	551	0,77860	-0,22140	0,04902	-0,010852					
26	23	1991	969	1,36927	0,36927	0,13636	0,050352					
27	24	1992	782	1,10502	0,10502	0,01103	0,001158					
28	25	1993	728	1,02872	0,02872	0,00082	0,000024					
29	26	1994	253	0,35751	-0,64249	0,41280	-0,265219					
30	27	1995	441	0,62316	-0,37684	0,14201	-0,053513					
31	28	1996	768	1,08524	0,08524	0,00727	0,000619					
32	29	1997	700	0,98915	-0,01085	0,00012	-0,000001					
33	30	1998	715	1,01035	0,01035	0,00011	0,000001					
34	31	1999	503	0,71077	-0,28923	0,08365	-0,024194					
35	32	2000	651	0,91991	-0,08009	0,00641	-0,000514					
36	33	2001	665	0,93969	-0,06031	0,00364	-0,000219					
37	34	2002	4760	6,72622	5,72622	32,78956	187,760099					
38	35	2003	581	0,82158	-0,17842	0,03183	-0,005680					
39	36	2004	1038	1,46621	0,46621	0,21735	0,101332					
40	37	2005	795	1,12338	0,12338	0,01522	0,001878					
41	38	2006	732	1,03437	0,03437	0,00118	0,000041					
42	39	2007	416	0,58717	-0,41283	0,17043	-0,070361					
43	40	2008	559	0,78935	-0,21065	0,04438	-0,009348					
44	41	2009	969	1,36952	0,36952	0,13654	0,050454					
45	42	2010	678	0,95806	-0,04194	0,00176	-0,000074					
46	43	2011	486	0,68675	-0,31325	0,09812	-0,030737					
47	44	2012	472	0,66628	-0,33372	0,11137	-0,037166					
48	45	2013	459	0,64870	-0,35130	0,12341	-0,043355					
49	46	2014	700	0,98915	-0,01085	0,0001177	-1,277E-06					
50	47	2015	736	1,04002	0,04002	0,0016016	6,41E-05					
51			Среднее арифметическое значение									
52			707,68									
53				Сумма =	Сумма =	Сумма =						
54				-2,22E-15	36,79	186,83						
				Проверка (сумма должна равняться нулю)								
				Сумма, округленная до 5 знаков =								

**Рисунок 3 – Результаты расчета в блоке 2**

В блоке 4 расположены ординаты кривых трехпараметрического гамма-распределения, которые используются для расчета расхода на заданную обеспеченность.

Для выполнения расчета необходимы ряды данных наблюдений за расходами и уровнями воды, и далее весь расчет выполняется автоматически.

**Выводы.** Разработанная программа позволяет выполнять расчеты расходов воды на различные обеспеченности и формировать отчетные графические материалы. Применение данной программы позволяет значительно сократить процессы расчета и повысить их точность путем исключения ошибок. Может применяться при расчете максимальных расходов редкой повторяемости при актуальной на сегодняшний день проблеме установления зон затопления.

Все формулы, использованные в данной разработке, соответствуют СП 33-101-2003 [2].

На данную разработку получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019612722 «Программа расчета максимального расхода воды в реке с заданной вероятностью превышения при наличии гидрологических наблюдений».

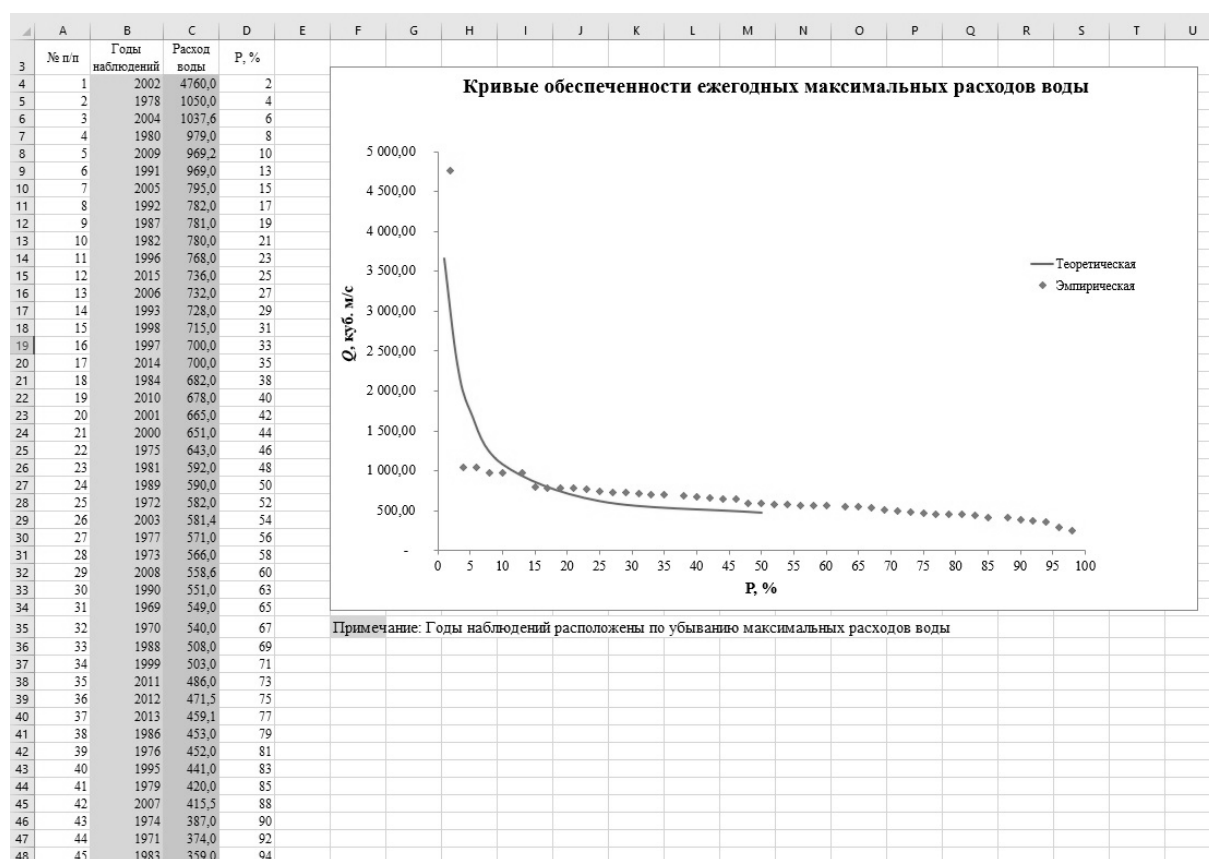


Рисунок 4 – Результаты расчета в блоке 3

## Список источников

1. Владимиров А. М. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 360 с.
2. Определение основных расчетных гидрологических характеристик: СП 33-101-2003: утв. Госстроем России 26.12.03. М.: Госстрой России, 2004. 85 с.
3. Железняков Г. В., Неговская Т. А., Овчаров Е. Е. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока. М.: Колос, 1984. 205 с.
4. Шмидт Т. С. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 444 с.
5. Мелиорация и водное хозяйство. Водное хозяйство: справочник / И. И. Бородавченко [и др.]; под ред. И. И. Бородавченко. М.: Агропромиздат, 1988. Т. 5. 398 с.

**Информация об авторах**

**Т. С. Пономаренко** – научный сотрудник;  
**А. В. Бреева** – младший научный сотрудник.

**Information about the authors**

**T. S. Ponomarenko** – Researcher;  
**A. V. Breeva** – Junior Researcher.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 29.10.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 29.10.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 631.674.6

### Средние диаметры локальных контуров увлажнения, формирующихся в южных среднетяжелых черноземах при капельном поливе

Андрей Александрович Куприянов, Виктор Николаевич Шкура

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

**Аннотация.** Цель исследования – установление расчетных зависимостей и разработка методики определения величины среднего диаметра локальных контуров капельного увлажнения почв, формирующихся в южных черноземах. Средние диаметры контуров влажности являются одной из определяющих их форму и размеры геометрических характеристик, что предопределяет актуальность цели исследования. Эмпирическую основу исследования составили данные авторских натурных измерений 13 локальных контуров влажности. При камеральной обработке использовались общепринятые методики определения геометрических размеров контуров капельного увлажнения почвы, методы научного анализа и синтеза данных экспериментальных исследований. В результате анализа установлено наличие функциональных связей между отношением среднего диаметра контура  $\bar{d}_{\text{кон}}$  к его глубине  $h_{\text{кон}}$  и почвенными характеристиками южных среднетяжелых черноземов – содержанием в почве физической глины  $W_{\text{Г}}$  и наименьшей влагоемкостью  $W_{\text{НВ}}$  увлажняемого слоя почвы. Получены эмпирические зависимости, и на их основе разработана методика расчета среднего диаметра локального (капельного) контура влажности почвы  $\bar{d}_{\text{кон}}$  в зависимости от значений  $W_{\text{Г}}$ ,  $W_{\text{НВ}}$  и  $h_{\text{кон}}$ .

**Ключевые слова:** капельное орошение, капельный полив, контур влажности, контур увлажнения, размеры контура, локальный контур, диаметр контура

\*\*\*\*\*

### Mean diameters of local humidification contours formed in southern medium chernozems during drip irrigation

Andrey A. Kupriyanov, Viktor N. Shkura

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

**Abstract.** The aim of the study is to determine the calculated dependencies and develop a method for evaluating the mean diameter of drip moisture local contours formed in southern chernozems. The moisture contours mean diameters are one of the geometric characteristics that determine their shape and size, which predetermines the relevance of the research purpose. The empirical basis of the study was the author's field measurement data of 13 local moisture contours. In office studies, the generally accepted methods for determining the soil moisture contour geometric dimensions, methods of scientific analysis and experimental research data synthesis were used. As a result of the analysis, the presence of functional relationships between the ratio of the mean diameter of the contour  $\bar{d}_{\text{кон}}$  to its depth  $h_{\text{кон}}$  and soil characteristics of southern medium chernozems – the content of physical clay in soil  $W_{\text{Г}}$  and the lowest moisture capacity  $W_{\text{НВ}}$  of the moistened soil layer was found. The empirical dependencies were obtained, and on their basis, a method for calculating the mean diameter of the local (drip) soil moisture contour  $\bar{d}_{\text{кон}}$ , depending on the values  $W_{\text{Г}}$  and  $h_{\text{кон}}$  was developed.

**Keywords:** drip irrigation, drip watering, moisture contour, humidification contour, contour dimensions, local contour, contour diameter

**Введение.** Определяющим и критериально-оценочным параметром капельного полива являются локальные контуры влажности, формирующиеся в подкапельном почвенном пространстве в процессе каплевания. Контуры капельного увлажнения почвы характеризуются их геометрическими и влажностными параметрами. Изучению геометрии контуров влажности, формирующихся в разных почвенных и технологических условиях капельного полива, посвящены исследования ряда специалистов-гидромелиораторов [1, 2]. Имеет место определенный дефицит эмпирических данных и научных рекомендаций по капельным контурам влажности, формирующимся в южных среднетяжелых черноземах, характерных для степной природно-климатической зоны.

Отметим, что многие из исследователей геометрии капельных контуров влажности преимущественно занимались изучением очертаний увлажняемых зон, определением их максимальных диаметров ( $d_{\text{кон}}$ ) и глубины локальных контуров ( $h_{\text{кон}}$ ) капельного увлажнения почвенной толщи. При этом изучению средних диаметров ( $\bar{d}_{\text{кон}}$ ) капельных контуров влажности почвы должного внимания не уделялось [3]. На восполнение дефицита данных зависимостей и методик расчета средних диаметров контуров влажности, формирующихся в подкапельном почвенном пространстве при капельном поливе южных среднетяжелых легко-, средне-, тяжелосуглинистых и глинистых черноземов, направлено настоящее исследование.

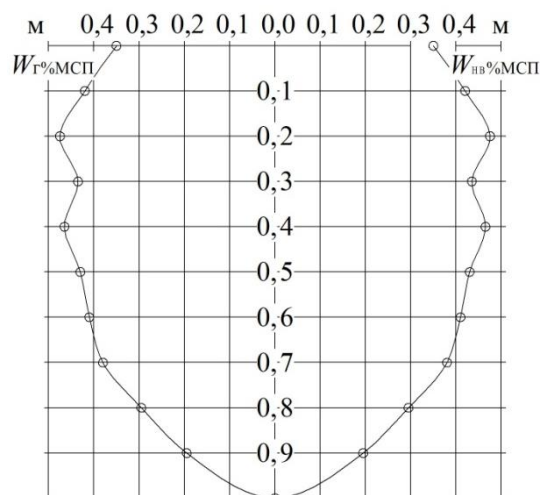
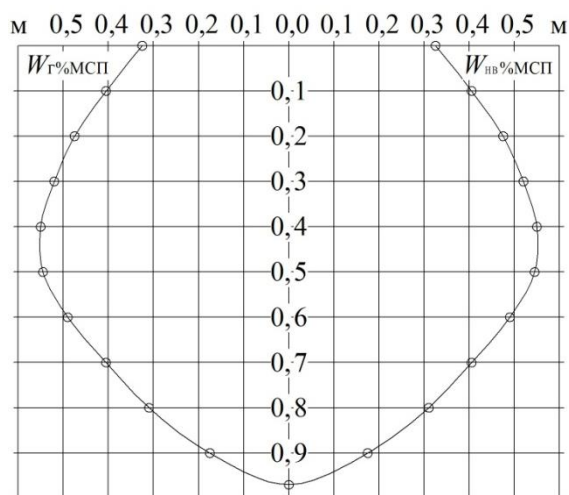
**Материалы и методы.** Факторологическую основу для анализа и обобщения составили данные полевых исследований контуров влажности, сформировавшихся в подкапельном почвенном пространстве при капельном поливе. Экспериментальные измерения контуров капельного увлажнения подкапельного почвенного пространства выполнены по общепринятым методикам, приведенным в монографии О. Е. Ясониди [2]. Исследования проводились на 13 экспериментальных площадках, расположенных в хозяйствах «Ключевое», «Персиановское» и «Донлесхоз», с различными показателями увлажняемых почвенных профилей, в качестве которых приняты: содержание в почве физической глины ( $W_{\text{Г}}$ ) в процентах от массы сухой почвы (% МСП) и наименьшая влагоемкость метрового слоя почвы ( $W_{\text{НВ}}$ ), % МСП. Диапазоны изменений почвенных характеристик южных среднетяжелых глинистых и легко-, средне-, тяжелосуглинистых черноземов составили: по  $W_{\text{Г}}$  от 29,0 до 71,1 % МСП, а по  $W_{\text{НВ}}$  от 20 до 30,3 % МСП. Глубина увлажняемого слоя в опытах составила  $h_{\text{увл}} = h_{\text{кон}} = 0,82...1,38$  м. Каплевание осуществлялось капельницами с расходом  $q_{\text{кап}} = 2$  л/ч. Измерение влажности почвы осуществлялось через 25–30 ч после окончания поливов отбором почвенных проб буром по двум радиалам с шагом по их длине и глубине, составляющим 0,1 м. Влажность почвы определялась термостатно-весовым способом и протарированным влагомером. Опытные данные измерений влажности почвы представлялись в виде контуров влажности, шесть примеров которых проиллюстрированы рисунком 1.

**Результаты и обсуждение.** Судя по приведенным на рисунке 1 локальным контурам влажности, все их разнообразие может аппроксимироваться очертанием (формой) и геометрическими параметрами, проиллюстрированными на рисунке 2.

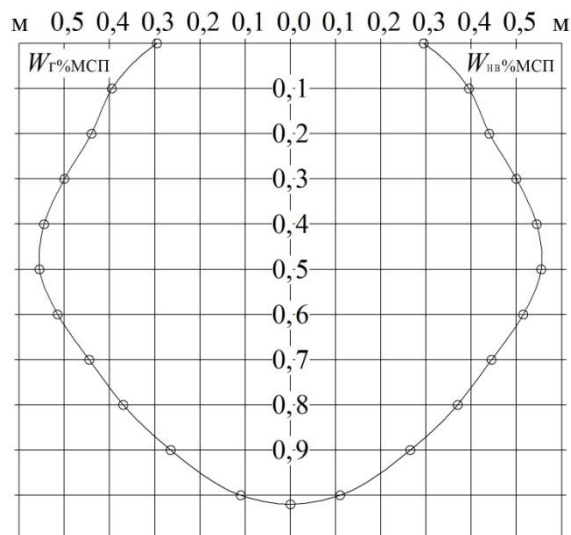
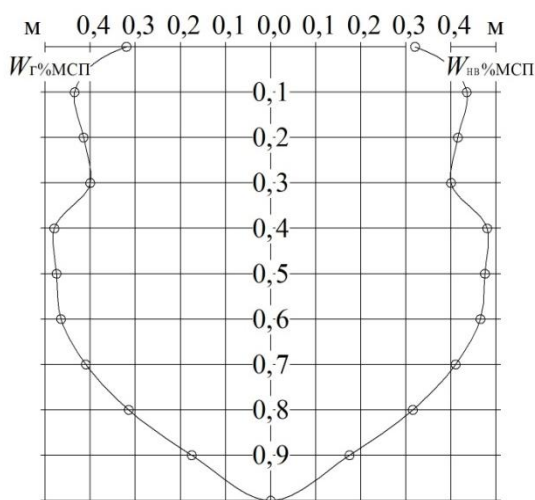
Камеральная обработка 13 контуров влажности (включая повторности опытов и шесть контуров по рисунку 2) предусматривала определение средних диаметров локальных зон увлажнения почвы  $\bar{d}_{\text{кон}}$ , примеры значений приведены в таблице 1.

Анализ приведенных в таблице 1 данных о значениях средних диаметров локальных контуров влажности позволяет отметить отсутствие корреляционных связей между абсолютными значениями  $\bar{d}_{\text{кон}}$  и почвенными характеристиками ( $W_{\text{Г}}$ ,  $W_{\text{НВ}}$  и  $W_{\text{Г}}/W_{\text{НВ}}$ ) и между относительными значениями  $\bar{d}_{\text{кон}}/d_{\text{кон}}$  и этими же характеристиками почв. Вне зависимости от значений  $W_{\text{Г}}$  и  $W_{\text{НВ}}$  соотношение величины средних диаметров капельных контуров влажности составляет  $\bar{d}_{\text{кон}} = (0,75 \pm 0,03) \cdot d_{\text{кон}}$ .

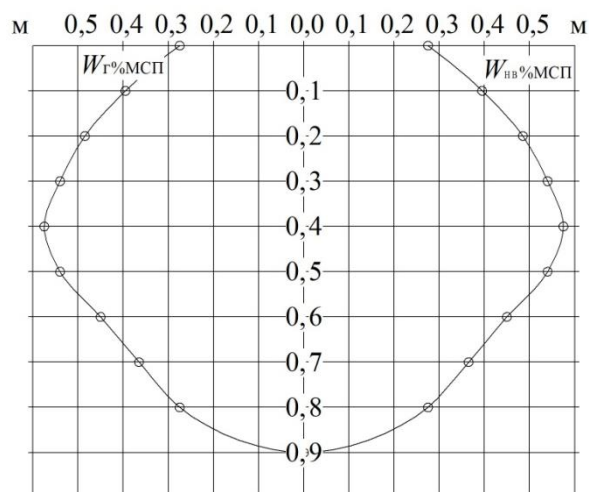
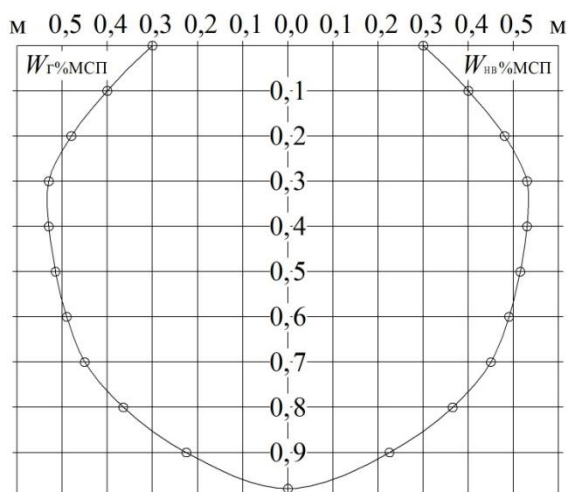
а)  $W_{\Gamma} = 66,0 \% \text{ МСП}; W_{\text{НВ}} = 27,4 \% \text{ МСП}$     б)  $W_{\Gamma} = 36,9 \% \text{ МСП}; W_{\text{НВ}} = 21,1 \% \text{ МСП}$



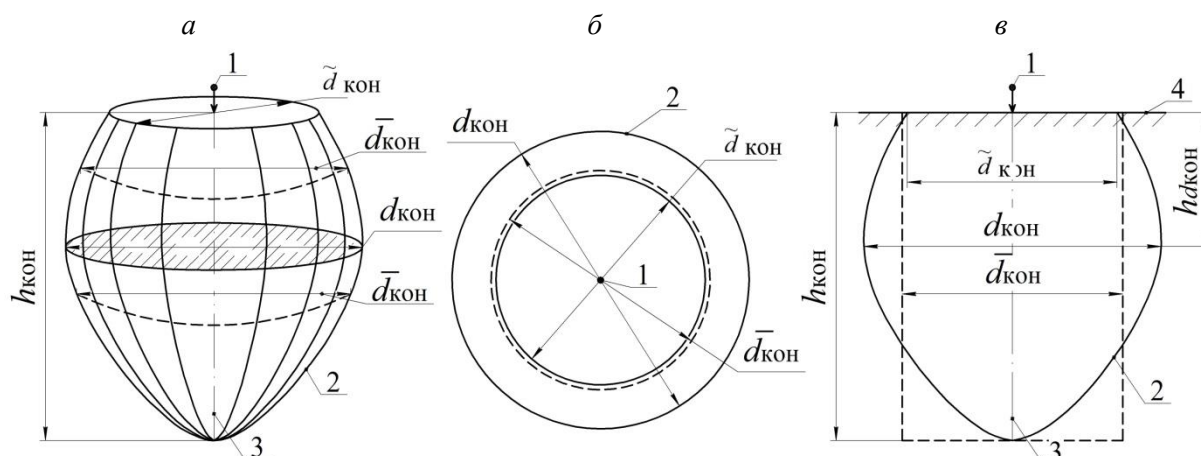
в)  $W_{\Gamma} = 53,5 \% \text{ МСП}; W_{\text{НВ}} = 27,0 \% \text{ МСП}$     г)  $W_{\Gamma} = 65,6 \% \text{ МСП}; W_{\text{НВ}} = 30,1 \% \text{ МСП}$



д)  $W_{\Gamma} = 71,7 \% \text{ МСП}; W_{\text{НВ}} = 30,3 \% \text{ МСП}$     е)  $W_{\Gamma} = 69,6 \% \text{ МСП}; W_{\text{НВ}} = 27,1 \% \text{ МСП}$



**Рисунок 1 – Примеры очертаний опытных контуров влажности, образующихся в южных среднемощных черноземах**



*a* – объемное представление контура; *б* – план контура; *в* – профиль контура;  
 1 – капельница; 2 – оконтуривающая линия; 3 – ось капания; 4 – поверхность земли;  
 $d_{\text{кон}}$  – максимальный диаметр контура увлажнения;  $\tilde{d}_{\text{кон}}$  – диаметр контура на поверхности почвы;  $\bar{d}_{\text{кон}}$  – средний по глубине диаметр контура увлажнения почвы;  $h_{d_{\text{кон}}}$  – глубина заложения сечения, соответствующего максимальному диаметру контура

**Рисунок 2 – Расчетные схемы контура капельного увлажнения почвы**

**Таблица 1 – Экспериментальные данные о почвенных условиях каплевания и значения основных геометрических параметров контуров влажности, формирующихся в среднемощных черноземах при капельном поливе**

Параметр	Значение почвенной характеристики и параметра контура					
	1	2	3	4	5	6
$W_{\Gamma}$ , % МСП	36,9	53,5	65,6	66,0	69,6	71,1
$W_{\text{НВ}}$ , % МСП	21,1	27,0	30,1	27,4	27,1	30,3
$W_{\Gamma} / W_{\text{НВ}}$	1,75	1,98	2,18	2,41	2,57	2,35
$h_{\text{кон}}$ , м	1,00	1,00	1,02	0,97	0,90	1,01
$d_{\text{кон}}$ , м	0,97	1,00	1,13	1,70	1,17	1,12
$d_{\text{кон}} / h_{\text{кон}}$	0,97	1,00	1,11	1,13	1,02	1,11
$\bar{d}_{\text{кон}}$ , м	0,70	0,72	0,85	0,85	0,82	0,86
$\bar{d}_{\text{кон}} / d_{\text{кон}}$	0,72	0,72	0,75	0,74	0,71	0,77
$\bar{d}_{\text{кон}} / h_{\text{кон}}$	0,70	0,72	0,83	0,87	0,92	0,85

Судя по приведенным в таблице 1 значениям  $\bar{d}_{\text{кон}} / d_{\text{кон}}$ , имеет место функциональная связь этого параметра контура влажности почвы со значениями параметров, характеризующими почвенные условия формирования контуров ( $W_{\Gamma}$  и  $W_{\text{НВ}}$ ).

Вид функциональной связи  $\bar{d}_{\text{кон}} / d_{\text{кон}} = f(W_{\Gamma})$  проиллюстрирован рисунком 3.

Приведенные на рисунке 3 данные аппроксимируются линейной зависимостью:

$$\bar{d}_{\text{кон}} / h_{\text{кон}} = 0,514 + 0,0051 \cdot W_{\Gamma}.$$

Судя по данным таблицы 1, имеет место функциональная связь между значениями  $\bar{d}_{\text{кон}} / h_{\text{кон}}$  и  $W_{\text{НВ}}$  (рисунок 4).

Опытные данные по рисунку 4 описываются эмпирической зависимостью:

$$\bar{d}_{\text{кон}} / h_{\text{кон}} = 0,378 + 0,0161 \cdot W_{\text{НВ}}.$$

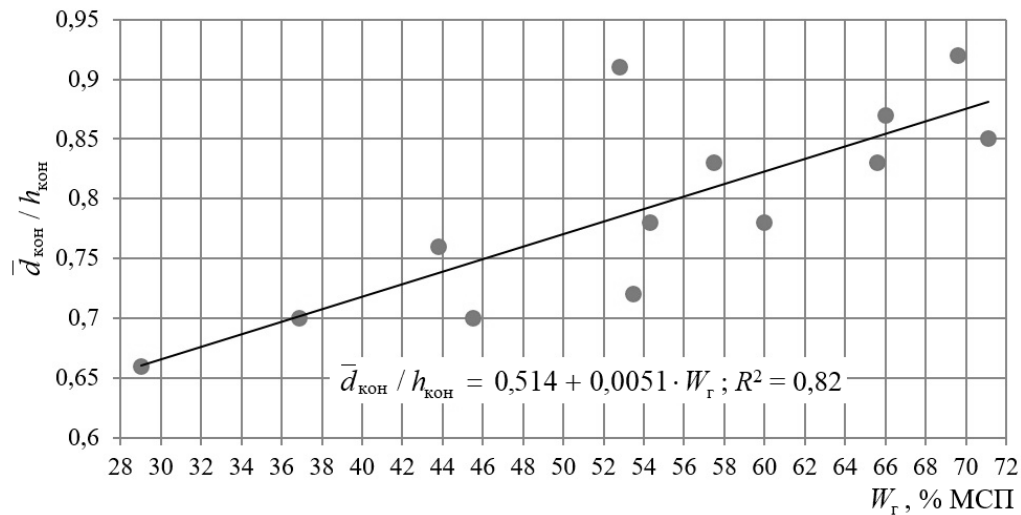


Рисунок 3 – Опытные данные и график функциональной связи

$$\bar{d}_{\text{кон}} / h_{\text{кон}} = f(W_r)$$

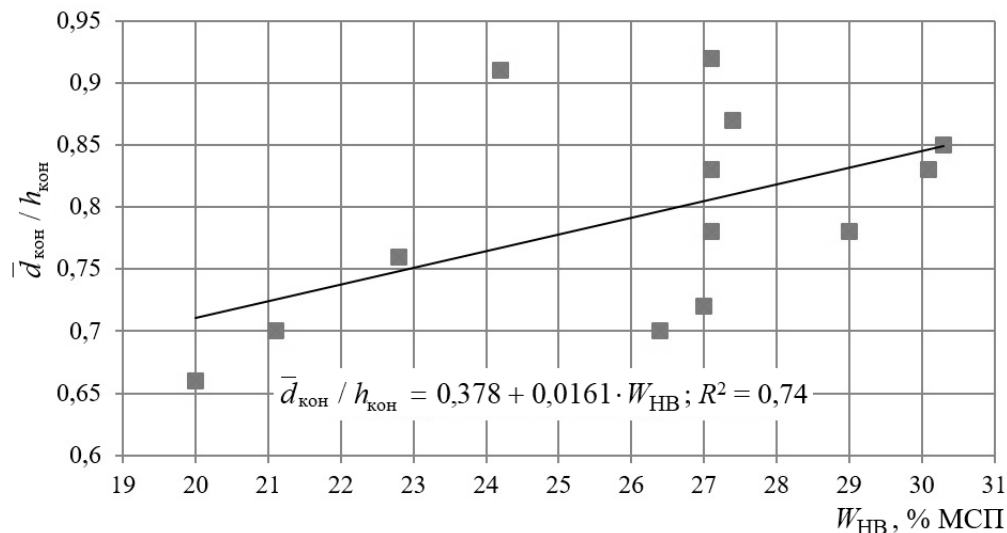


Рисунок 4 – Опытные данные и график функциональной связи

$$\bar{d}_{\text{кон}} / h_{\text{кон}} = f(W_{\text{HB}})$$

Более прочная корреляционная связь имеет место между относительными параметрами  $\bar{d}_{\text{кон}} / h_{\text{кон}}$  и соотношениями характеристик  $W_r / W_{\text{HB}}$  (рисунок 5).

Функциональная связь между параметрами  $\bar{d}_{\text{кон}} / h_{\text{кон}}$ ,  $W_r / W_{\text{HB}}$  имеет вид:

$$\bar{d}_{\text{кон}} / h_{\text{кон}} = 0,288 + 0,244 \cdot W_r / W_{\text{HB}}.$$

Для повышения точности определения значений средних диаметров контуров влажности предлагается использовать зависимости:

$$\bar{d}_{\text{кон}} / h_{\text{кон}} = 0,50 \cdot (0,892 + 0,0051 \cdot W_r + 0,0161 \cdot W_{\text{HB}}),$$

$$\bar{d}_{\text{кон}} / h_{\text{кон}} = 0,333 \cdot (1,18 + 0,051 \cdot W_r + 0,0161 \cdot W_{\text{HB}} + 0,244 \cdot W_r / W_{\text{HB}}).$$

Полученные экспериментальные зависимости положены в основу методики определения значений средних диаметров локальных контуров влажности, формирующихся при капельном поливе южных среднemocных черноземов. Суть методики состоит в сборе исходных данных об условиях капельного полива и расчете значений средних диаметров контуров влажности почвы  $\bar{d}_{\text{кон}}$  по зависимостям, имеющим вид:

$$\bar{d}_{\text{кон}} = 0,50 \cdot h_{\text{кон}} \cdot (0,892 + 0,051 \cdot W_{\text{г}} + 0,0161 \cdot W_{\text{HB}}),$$

$$\bar{d}_{\text{кон}} = 0,333 \cdot h_{\text{кон}} \cdot (1,18 + 0,051 \cdot W_{\text{г}} + 0,0161 \cdot W_{\text{HB}} + 0,244 \cdot W_{\text{г}}/W_{\text{HB}}).$$

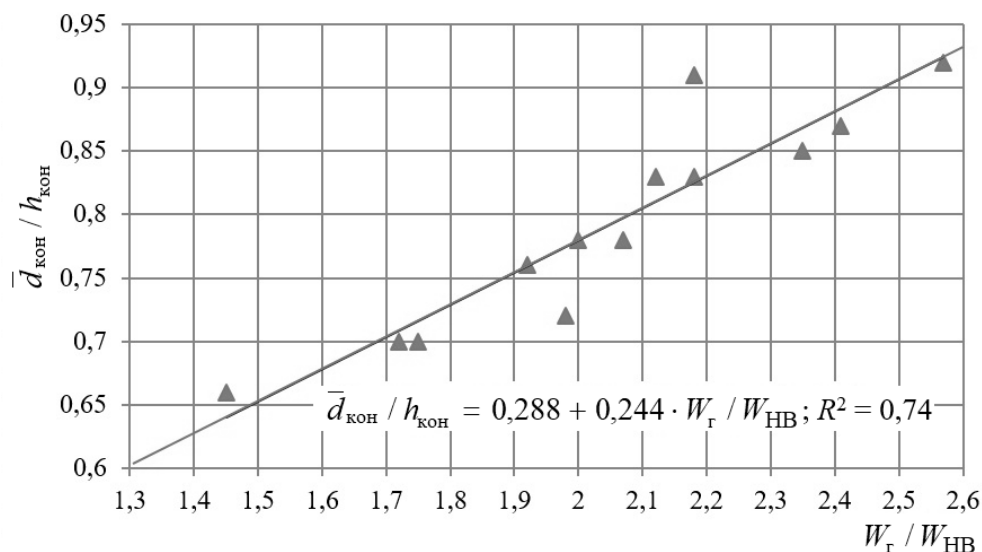


Рисунок 5 – Опытные данные и график функциональной связи

$$\bar{d}_{\text{кон}} / h_{\text{кон}} = f(W_{\text{г}} / W_{\text{HB}})$$

**Вывод.** По данным натурных исследований локальных контуров капельного увлажнения почвы получены расчетные зависимости и предложена методика определения значений их средних диаметров применительно к условиям формирования контуров влажности при капельном поливе южных среднесплошных черноземов.

#### Список источников

1. Ахмедов А. Д., Галиуллина Е. Ю. Контурные увлажнения почвы при капельном орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 3. С. 183–188.
2. Ясониди О. Е. Капельное орошение: монография / НГМА. Новочеркасск: Лик, 2011. 322 с.
3. Штанько А. С., Шкура В. Н. Геометрические параметры локальных контуров капельного увлажнения почвы // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 2(66). С. 214–218.

#### Информация об авторах

**А. А. Куприянов** – младший научный сотрудник;

**В. Н. Шкура** – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, профессор.

#### Information about the authors

**A. A. Kupriyanov** – Junior Researcher;

**V. N. Shkura** – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences, Professor.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 06.10.2021; одобрена после рецензирования 15.10.2021; принята к публикации 17.12.2021.

The article was submitted 06.10.2021; approved after reviewing 15.10.2021; accepted for publication 17.12.2021.

УДК 626.82:631.587

### **Перспективы использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища в орошаемом земледелии Ростовской области**

**Александр Анатольевич Кузьмичёв**

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

**Аннотация.** В статье представлен анализ сценариев использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища на базе водохозяйственного комплекса Донского магистрального канала (ДМК), рассматриваемых в схеме комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) р. Дон. В схеме рассмотрены два варианта восстановления и развития мелиоративного комплекса до 2020 г. Вариант В1 «Форсированный» предполагает, что площадь орошаемых земель в зоне влияния ДМК достигнет 194,2 тыс. га с объемом водопотребления 1476,4 млн м<sup>3</sup>. Вариант В2 «Умеренный» предполагает, что площадь орошения составит 146,5 тыс. га с объемом водопотребления 1177,7 млн м<sup>3</sup>. Сделан вывод о том, что выполнение сценария В1 невозможно, а выполнение сценария В2 обеспечивается только при гарантированной отдаче водных ресурсов из водохранилища, также не рассмотрены сценарии сниженной отдачи I и II уровня. Приводится расчет по сценариям – перспективные площади орошения составят 142,5 и 124,4 тыс. га соответственно. Отмечается, что оптимального использования водных ресурсов для целей орошения возможно достичь только за счет внедрения режимов орошения, принятых в ГОСТ Р 58331.3-2019. Рекомендуется осуществлять изучение всех возможных вариантов развития орошения и производить выбор оптимального на основе применения имитационных моделей водохозяйственных систем.

**Ключевые слова:** сценарии развития орошаемого земледелия, Цимлянское водохранилище, правила использования водных ресурсов (ПИВР), Донской магистральный канал, орошение

\*\*\*\*\*

### **Prospects for using Tsimlyansk reservoir water in irrigated agriculture of Rostov region**

**Alexander A. Kuzmitchev**

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

**Abstract.** The analysis of scenarios for using water resources of the Tsimlyansk reservoir on the basis of water management complex of the Don Main Canal (DMK), considered in the Water Resources Assessment Scheme (WRAS) of the river Don is presented. Two options for restoration and development of the reclamation complex until 2020 are considered in the scheme. Option B1 “Forced” assumes that the area of irrigated land in the DMK affected zone will reach 194.2 thousand hectares with water consumption of 1476.4 million m<sup>3</sup>. Option B2 “Moderate” assumes that the irrigated area will be 146.5 thousand hectares with water consumption of 1177.7 million m<sup>3</sup>. It is concluded that the execution of scenario B1 is impossible, and the execution of scenario B2 is ensured only with a guaranteed water return from the reservoir, and scenarios of reduced productivity of levels I and II are also not considered. The calculation is based on the scenarios – the prospective irrigated areas will amount to 142.5 and 124.4 thousand hectares, respectively. It is noted that the optimal use of water resources for irrigation can be achieved only through the introduction of irrigation regimes adopted by GOST R 58331.3-2019. It is recommended to study all possible options for the development of irrigation and to select the optimal one based on the use of simulation models of water management systems.

**Keywords:** scenarios for the irrigated agriculture development, the Tsimlyansk reservoir, Rules on Water Resources Use (RWRU), the Don Main Canal, irrigation

**Введение.** Территория Ростовской области относится к зоне недостаточного увлажнения с преобладающим дефицитом влаги в вегетационный период. В таких условиях единственный путь достижения устойчивости сельскохозяйственного производства – развитие орошаемого земледелия.

В 2020 г. в бассейне р. Дон наблюдался маловодный год редкой повторяемости и Цимлянское водохранилище функционировало в режиме сниженной отдачи водных ресурсов, что послужило причиной снижения лимитов отдачи воды для целей орошения [1].

Главной питающей артерией ростовских оросительных систем (ОС) является Донской магистральный канал (ДМК). Это крупное инженерное сооружение, построенное в 1952 г. в числе первоочередных объектов Волго-Донского комплекса. ДМК рассчитан на забор воды из Цимлянского водохранилища до 250 м<sup>3</sup>/с, имеет протяженность 112 км и заканчивается сбросом в Веселовское водохранилище.

По каналу осуществляется подача воды девяти ОС. По состоянию на 2020 г. обслуживаемая площадь орошения на них составила 142,5 тыс. га (таблица 1).

**Таблица 1 – Площадь орошаемых земель по оросительным системам Донского магистрального канала**

Наименование ОС	Площадь, обслуживаемая ОС
Багаевская	34,45
Садковская	4,4
Верхне-Сальская	14,28
Донская	5,87
Мартыновская	2,17
Нижне-Донская	35,56
Пролетарская	25,04
Большовская	10,95
ОС ДМК	9,8
Всего	142,5

В тыс. га

Однако площадь фактически политых земель существенно меньше, чем площадь земель, обслуживаемая ОС. Так, в 1990 г. доля поливаемых земель составляла 80,6 % от фактической площади земель с оросительной сетью. В период 2005–2007 гг. доля поливаемых земель составляла уже 56–62 %, а к 2020 г. этот показатель снизился до 35 % [2].

На рисунке 1 представлена динамика площади фактически политых земель по ОС водохозяйственного комплекса ДМК за период 2013–2020 гг.

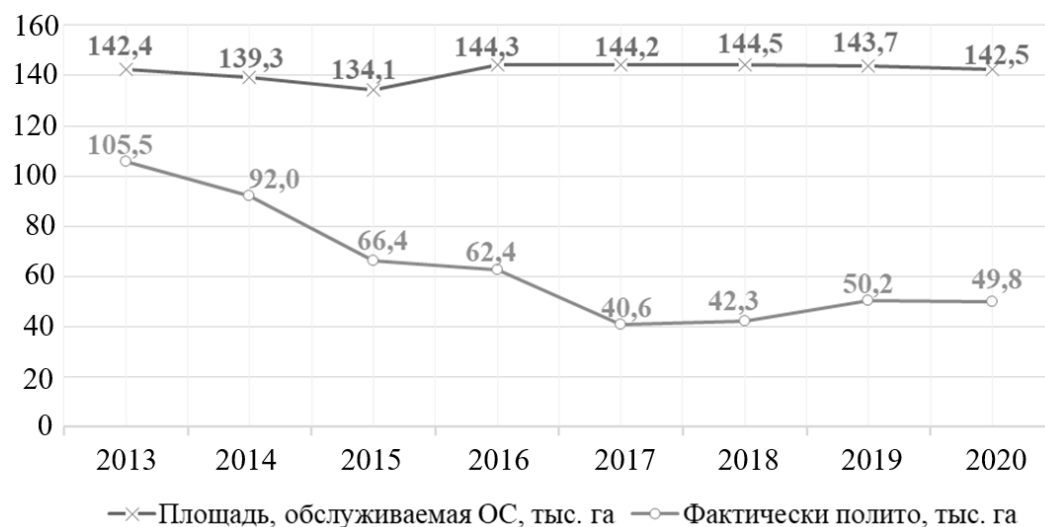
Определение путей развития орошаемого земледелия возможно на основе разработки различных сценариев использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища.

**Материалы и методы.** Основой сценариев восстановления и развития мелиорации земель на базе водохозяйственного комплекса ДМК в настоящее время служит «Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Дон» [2], разработка которой была выполнена в 2013 г.

В схеме рассмотрены два варианта восстановления и развития мелиоративного комплекса до 2020 г. Основой сценариев, рассматриваемых в СКИОВО, является концепция федеральной целевой программы «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель России на период до 2020 года», подготовленная Россельхозакадемией (в настоящее время не действует [3]).

Первый вариант В1 «Форсированный» предполагает, что площадь орошаемых

земель в зоне влияния ДМК достигнет 194,2 тыс. га, а объем водопотребления составит 1476,4 млн м<sup>3</sup>. Второй вариант В2 «Умеренный» предполагает, что площадь орошения составит 146,5 тыс. га с объемом водопотребления 1177,7 млн м<sup>3</sup>.



**Рисунок 1 – Динамика площади фактически поливаемых земель по оросительным системам водохозяйственного комплекса Донского магистрального канала за 2013–2020 гг.**

Однако в соответствии с ПИВР Цимлянского водохранилища отдача воды в ДМК зависит от наполнения водохранилища и составляет при гарантированной отдаче 1388,8 млн м<sup>3</sup>, при сниженной отдаче I уровня – 1041,6 млн м<sup>3</sup>, а при сниженной отдаче II уровня – 902,7 млн м<sup>3</sup> [4]. Таким образом, развитие мелиоративного комплекса по сценарию В1 невозможно, а сценарий В2 возможен только при гарантированной отдаче водных ресурсов.

Необходимо рассчитать, как будет развиваться мелиоративный комплекс ДМК при функционировании Цимлянского водохранилища по сценариям сниженной отдачи водных ресурсов I и II уровня.

**Результаты и обсуждения.** Объем водопотребления зависит от состава орошаемых культур и их оросительных норм, а также структуры орошаемых площадей.

Структура распределения сельхозкультур по системам орошения принята из сложившейся практики ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» с доведением в долевом отношении к общей площади 142,5 тыс. га. Оросительные нормы приняты по двум документам: СКИОВО р. Дон и ГОСТ Р 58331.3-2019 при  $P = 75\%$ . Полученные значения сведены в таблицу 2.

**Таблица 2 – Состав и нормы орошения сельхозкультур на оросительных системах водохозяйственного комплекса Донского магистрального канала**

Состав сельхозкультур	Площадь орошения, тыс. га	Норма орошения, м <sup>3</sup> /га	
		СКИОВО р. Дон	ГОСТ Р 58331.3-2019
1	2	3	4
Озимая пшеница	33,4	2870	3140
Кукуруза на зерно	26,6	3070	5200
Овощи	23,5	3370	3550
Картофель	14,8	2180	4460
Многолетние насаждения	3,5	4060	5750
Кукуруза на силос	4,0	2380	7000
Многолетние травы	6,5	4960	2500

## Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Технические	5,6	1000	500
Рис	23,9	29730	24000
Пастбища	0,7	2280	1000

Средневзвешенная оросительная норма, принятая по СКИОВО р. Дон, составляет 2908 м<sup>3</sup>/га, что на 20 % меньше средневзвешенной нормы орошения по ГОСТу (3678 м<sup>3</sup>/га). Однако норма орошения для риса, принятая по СКИОВО, на 20 % больше принятой по ГОСТу. Такое соотношение обеспечивает большую перспективную площадь орошения при применении норм по ГОСТ Р 58331.3-2019.

Перспективные площади орошения для сценариев сниженной отдачи водных ресурсов из Цимлянского водохранилища I и II уровня приведены в таблице 3.

**Таблица 3 – Перспективные площади орошения для сценариев сниженной отдачи водных ресурсов из Цимлянского водохранилища I и II уровня**

В тыс. га

Норма орошения, принятая по	Сниженная отдача I уровня	Сниженная отдача II уровня
СКИОВО р. Дон	139,7	121,1
ГОСТ Р 58331.3-2019	142,5	124,4

При реализации сценария «Сниженная отдача I» водными ресурсами возможно обеспечить всю фактически обслуживаемую мелиоративную площадь водохозяйственного комплекса ДМК только при использовании норм орошения, утвержденных ГОСТом. При реализации сценария «Сниженная отдача II» перспективная площадь орошения сокращается на 13 %, тем не менее это больше площади земель, фактически политых в 2020 г., в 2,5 раза. Такую площадь орошения необходимо изыскивать в первую очередь на существующих ОС. Например, в 2020 г. максимально загружена была только Пролетарская ОС, а Верхне-Сальская, Мартыновская и Донская ОС практически не функционировали.

При изменении структуры орошаемых сельхозкультур возможная площадь орошения может изменяться, поэтому в дальнейших исследованиях необходимо предусмотреть разработку имитационных моделей водохозяйственных систем с учетом всех возможных вариантов развития орошения и выбора оптимального по технико-экономическим параметрам.

### Выводы

1 Анализ сценариев восстановления и развития мелиоративного комплекса Нижнего Дона, представленных в СКИОВО р. Дон, показал, что выполнение сценария В1 невозможно по причине сложившегося напряженного водохозяйственного баланса. Выполнение сценария В2 обеспечивается только при гарантированной отдаче водных ресурсов из Цимлянского водохранилища. В СКИОВО не рассмотрены сценарии снеженной отдачи I и II уровня.

2 Оптимального использования водных ресурсов для целей орошения возможно достичь только за счет внедрения рациональных научно обоснованных режимов орошения, принятых в ГОСТ Р 58331.3-2019.

3 При применении норм орошения, утвержденных ГОСТом, водными ресурсами по сценарию сниженной отдачи I возможно обеспечить общую площадь орошения 142,5 тыс. га. При реализации сценария «Сниженная отдача II» перспективная площадь орошения может составить 124,4 тыс. га.

4 Изучение всех возможных вариантов развития орошения и выбор оптимального возможны только на основе применения имитационных моделей водохозяйственных систем.

**Список источников**

1. Кузьмичёв А. А., Бреева А. В. Использование водных ресурсов Цимлянского водохранилища для целей орошения в условиях малой водообеспеченности // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 1(81). С. 44–47.

2. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Дон [Электронный ресурс]. URL: [http://donbv.ru/activities/use\\_and\\_protection\\_don](http://donbv.ru/activities/use_and_protection_don) (дата обращения: 01.11.2021).

3. О федеральной целевой программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» [Электронный ресурс]: постановление Правительства Рос. Федерации от 12 окт. 2013 г. № 922. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

4. Об утверждении Правил использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища [Электронный ресурс]: приказ М-ва природ. ресурсов и экологии Рос. Федерации от 2 июня 2016 г. № 114. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

---

***Информация об авторе***

**А. А. Кузьмичёв** – старший научный сотрудник, кандидат технических наук.

***Information about the author***

**A. A. Kuzmitchev** – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences.

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

*The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 29.11.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 29.11.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 626.885

### **Методика определения размеров рыбоводных бассейнов в составе приводохранилищного рыбоводно-мелиоративного комплекса**

**Алексей Викторович Шевченко, Виктор Николаевич Шкура**

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

**Аннотация.** Цель исследования – разработка рекомендаций по определению площадных и линейных размеров рыбовыростных бассейнов в составе рыбоводно-мелиоративных комплексов, устраиваемых при ирригационных водохранилищах. В результате анализа специальных информационных источников выявлен дефицит данных по расчету размеров рыбоводных бассейнов со средней площадью акватории (от 0,1 до 1,5 га). На устранение выявленного информационного пробела и направлена настоящая работа. Основу публикации составили рекомендации специалистов по созданию и проектированию рыбопитомников прудового и бассейнового типов. Эмпирической основой исследования послужили авторские данные комплексного обследования Веселовского водохранилища. При разработке методических рекомендаций использовались общепринятые приемы научного поиска, анализа и синтеза. Выполняя целевую установку исследования, разработали методику определения площади и (или) линейных размеров рыбоводных бассейнов в зависимости от количества и плотности посадки в них рыб и получили соответствующую математическую зависимость. Численная апробация зависимости осуществлена при решении частной задачи по определению размеров каскада рыбовыростных водоемов приводохранилищного рыбоводно-мелиоративного комплекса, обеспечивающего выращивание и выпуск 1 млн сеголеток травоядных рыб. Расчетная площадь личиночного рыбоводного бассейна составила 0,1 га, малькового – 0,3 га, сеголеточного – 1,3 га, зимовально-выростного – 9,4 га.

**Ключевые слова:** рыбоводство, рыбоводный бассейн, выращивание растительных рыб, биологическая мелиорация, Веселовское водохранилище

\*\*\*\*\*

### **Technique for size detection of fish-farming basins as part of fish-breeding-reclamation complex arranged at water reservoir**

**Alexey V. Shevchenko, Viktor N. Shkura**

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

**Abstract.** The purpose of the study is to develop recommendations for determining the areal and linear dimensions of fish growing basins, as part of fish breeding-reclamation complexes, arranged at irrigation reservoirs. As a result of the analysis of special information sources, a shortage of data on fish-breeding basins sizing calculations with an average water area (from 0.1 to 1.5 hectares) was revealed. This work is aimed at eliminating the identified information gap. The publication is based on the recommendations of specialists on creating and designing fish nurseries of pond and basin types. The empirical basis of the study was the author's comprehensive survey data of the Veselovsky reservoir. When developing methodological recommendations, the generally accepted methods of scientific research, analysis and synthesis were used. Fulfilling the study objectives, a method for determining the area and (or) linear dimensions of fish-breeding basins depending on the number and density of fish stocking in them was developed, and a corresponding mathematical relationship was obtained. The dependenc numerical approbation was carried out when solving a particular problem of determining the size of the cascade of fish growing reservoirs of fish-breeding and rec-

lamation complex arranged at reservoir, which ensures the cultivation and release of 1 million underyearlings of herbivorous fish. The estimated area of the larval fish-breeding basin was 0.1 hectares, the fry's – 0.3 hectares, the underyearling's – 1.3 hectares, the wintering-breeding area – 9.4 hectares.

**Keywords:** fish farming, fish-breeding basin, herbivorous fish cultivation, biological reclamation, the Veselovskiy reservoir

**Введение.** В настоящее время существует острая потребность восстановления экологического состояния ирригационных водных объектов до нормативного уровня, утраченного в ходе деграционных процессов природного и техногенного характера (эвтрофикации, заиления и др.). Авторскими экспедиционными обследованиями Веселовского водохранилища на р. Западный Маныч установлено, что значительная часть акваториального пространства водоема покрыта надводной и внутриводной растительностью, а водная толща перенасыщена цианобактериями (синезелеными водорослями) при системно протекающем процессе заиления чаши водохранилища, приводящем к уменьшению ее полезного объема (емкости) и другим негативным аспектам [1]. С целью кардинального улучшения экологического состояния ирригационных водных объектов и ведения в них рыбоводческой деятельности предложено устраивать и использовать приводохранилищные рыбоводно-мелиоративные комплексы. Целесообразность создания и эффективность применения комплекса рыбоводных сооружений и устройств для выращивания рыбопосадочного материала и его адаптации к условиям зарыбляемого оросительного водоема обоснована в предыдущих работах авторов в соавторстве с О. А. Баявым, А. Ю. Гарбузом [2, 3]. Культивирование рыб в таких приводоемных комплексах осуществляется в системе каскадно расположенных рыбоводных бассейнов, каждый из которых конструктивно адаптирован под определенную стадию роста и развития рыб (личиночную, мальковую, сеголеточную и годовиковую). Соответствующим образом каждый из бассейнов отличается от предыдущего (последующего) конструктивным исполнением, площадными и глубинными параметрами.

Исследованиями в области производства и воспроизводства рыбных биологических ресурсов по прудовой и заводской технологиям в разное время занимались В. Л. Сикорский (1905), А. Н. Елеонский (1946), Ф. М. Суховеров (1960), А. И. Исаев (1968), С. Ф. Литвин (1977), А. П. Иванов (1988), Э. В. Гриневский (1990), Д. И. Козлов (1998), Н. А. Шелестова (2003), С. В. Пономарев (2007) и другие ученые и исследователи.

Результаты научного анализа специальных информационных источников [4–24] в области рыбоводства и рыбохозяйственной гидротехники свидетельствуют о дефиците данных по устройству и расчету средооткрытых рыбоводных бассейнов со средней площадью акваториального пространства. В учебном пособии Н. А. Шелестовой [23] приведены обстоятельные рекомендации и наработки в этой области, однако данные по расчету размеров рыбовыростных бассейнов в зависимости от количества и стадии роста рыб отсутствуют. Помимо этого, представленные в вышеуказанной работе данные по плотности (норме) посадки рыб в бассейны, по нашему мнению, соответствуют скорее требованиям высокоинтенсивной заводской технологии воспроизводства водных биологических ресурсов, нежели средооткрытой бассейновой, занимающей промежуточное положение между прудовой и заводской, применяемой в приканальных и приводохранилищных рыбопитомниках.

Целью исследования является разработка рекомендаций по определению площадных и линейных размеров рыбовыростных бассейнов со средней площадью акватории, входящих в состав приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов.

**Материалы и методы.** Методологической базой работы послужили рекомендательные материалы по ведению рыбоводческой деятельности и созданию рыбовоспроизводственных комплексов прудового и заводского типов, приведенные в открытых печатных и электронных источниках [2, 4–24]. Опытную основу исследования составили авторские данные экспедиционного обследования Веселовского водохранилища [1].

**Результаты и обсуждение.** Культивирование растительноядных пород рыб в притводохранилищном рыбоводно-мелиоративном комплексе начиная от личиночной стадии их роста и развития осуществляется в каскаде средооткрытых рыбоводных бассейнов со средней площадью акваториального пространства (0,1–1,5 га). Указанные выше рыбовыростные водоемы функционируют по специально разработанной технологии, сущность которой заключается в создании высокоуправляемых условий (физико-химических, гидравлических, кормовых и т. д.) для обитания и поэтапной адаптации рыб к условиям зарыбляемого ими водохранилища при обеспечении эффективного физиологического роста гидробионтов. Реализация вышеуказанной целевой установки достигается обеспечением соответствующих площадных и объемных характеристик жизненного пространства для рыб, выращиваемых в рыбоводных водоемах. Вышеуказанное условие осуществляется посредством применения промежуточных (занимающих среднюю нишу между прудовым и заводским бассейновым способом выращивания рыб) плотностей посадок рыб в средооткрытые среднеплощадные бассейны.

Величина плотности (нормы) посадки рыб (шт./м<sup>3</sup>, особей/м<sup>2</sup> или шт./га) в рыбовыростные водоемы (пруды, садки, бассейны) определяет количество особей гидробионтов, выпускаемых на единицу объема (площади) водоема. В зависимости от технологии культивирования рыб, рыбоводно-климатической зоны расположения рыбоводного водоема, вида рыб, стадии их роста и развития величина нормы посадки может изменяться соответствующим, определенным нормативными требованиями образом.

Так, например, для получения сеголеток карповых рыб в стандартной навеске 25–30 г с применением прудовой технологии их возделывания средняя плотность посадки малька весом 0,5–1,0 г в водоем составляет 5–7 шт./м<sup>3</sup> (Ю. А. Привезенцев, 2004) при 900 шт./м<sup>3</sup> в мини-площадные бассейны заводского типа (В. И. Козлов, 1991).

Осредненные значения плотностей посадок и выживаемости (выхода) рыб, выращиваемых в рыбоводных прудах и средозакрытых заводских (мини-площадных) рыбоводных бассейнах, приведены в нижеследующей таблице 1 [4–24].

**Таблица 1 – Осредненные значения норм посадки и выхода рыб, выращиваемых по прудовой и бассейновой технологиям [4–24]**

Стадия роста рыб	Вид технологии			
	прудовая		заводская бассейновая	
	Норма посадки, шт./м <sup>3</sup>	Норма выхода, %	Норма посадки, тыс. шт./м <sup>3</sup>	Норма выхода, %
Личинка	577	52	190	70
Малек	44	49	70	90
Сеголетка	6	72	1000	87
Годовик	37	80	3000	93

Авторами настоящего исследования приняты нормы посадки рыб в рыбовыростные водоемы (бассейны), функционирующие по средооткрытой технологии возделывания рыбных биологических ресурсов, значения которых представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Результаты расчета размеров рыбоводных бассейнов**

Вид бассейна	Норма посадки, шт./м <sup>3</sup>	Норма выхода, %	$S_6$ , га	$\bar{h}_6$ , м	$L_6$ , м	$B_6$ , м
Личиночный	6000	50	0,1	0,67	50	20
Мальковый	708	60	0,3	0,85	100	30
Сеголеточный	100	80	1,3	1,0	160	80
Зимовально-выростной	350	90	9,4	2,7	400	235

$S_6$  – площадь акваториального пространства рыбоводного бассейна, м<sup>2</sup>;  
 $\bar{h}_6$ ,  $L_6$ ,  $B_6$  – средняя глубина, длина и ширина бассейна, м.

Определение мощности приводохранилищного рыбоводно-мелиоративного комплекса (в данном случае) производится согласно рекомендательным данным специалистов-рыбоводов Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (АзНИИРХ) по объемам зарыбления Веселовского водохранилища растительными породами рыб с целью его эффективного экологического оздоровления и восстановления промысла рыбных ресурсов. Согласно вышеуказанному, для достижения поставленной целевой установки необходимо обеспечить выпуск 1,00 млн особей сеголеток рыбопосадочного материала растительных пород рыб (белого и пестрого толстолобика, белого и черного амура, карпа). Получение такого количества рыб в условиях их культивирования в приводохранилищном рыбоводно-мелиоративном комплексе, территориально расположенном в условиях V–VI климатической зоны ведения рыбоводства, обеспечивается посадкой 8,5 млн шт. икринок рыб в инкубационно-личиный цех.

Необходимую площадь акваториального пространства рыбоводных бассейнов различного функционального назначения предлагается определять по зависимости:

$$S_6 = \frac{n_{\text{особей}}}{10000 \cdot \rho_{\text{п}} \cdot \bar{h}_6}, \quad (1)$$

где  $S_6$  – площадь водной поверхности (водного зеркала) бассейна, га;

$n_{\text{особей}}$  – количество культивируемых в рыбоводном бассейне рыб, шт.;

$\rho_{\text{п}}$  – норма посадки культивируемого рыбопосадочного материала, шт./м<sup>3</sup>;

$\bar{h}_6 = (h_{\text{min}} + h_{\text{max}}) / 2$  – средняя глубина воды в рыбоводном бассейне, м;

$h_{\text{min}}, h_{\text{max}}$  – минимальная и максимальная глубина воды в бассейне, м.

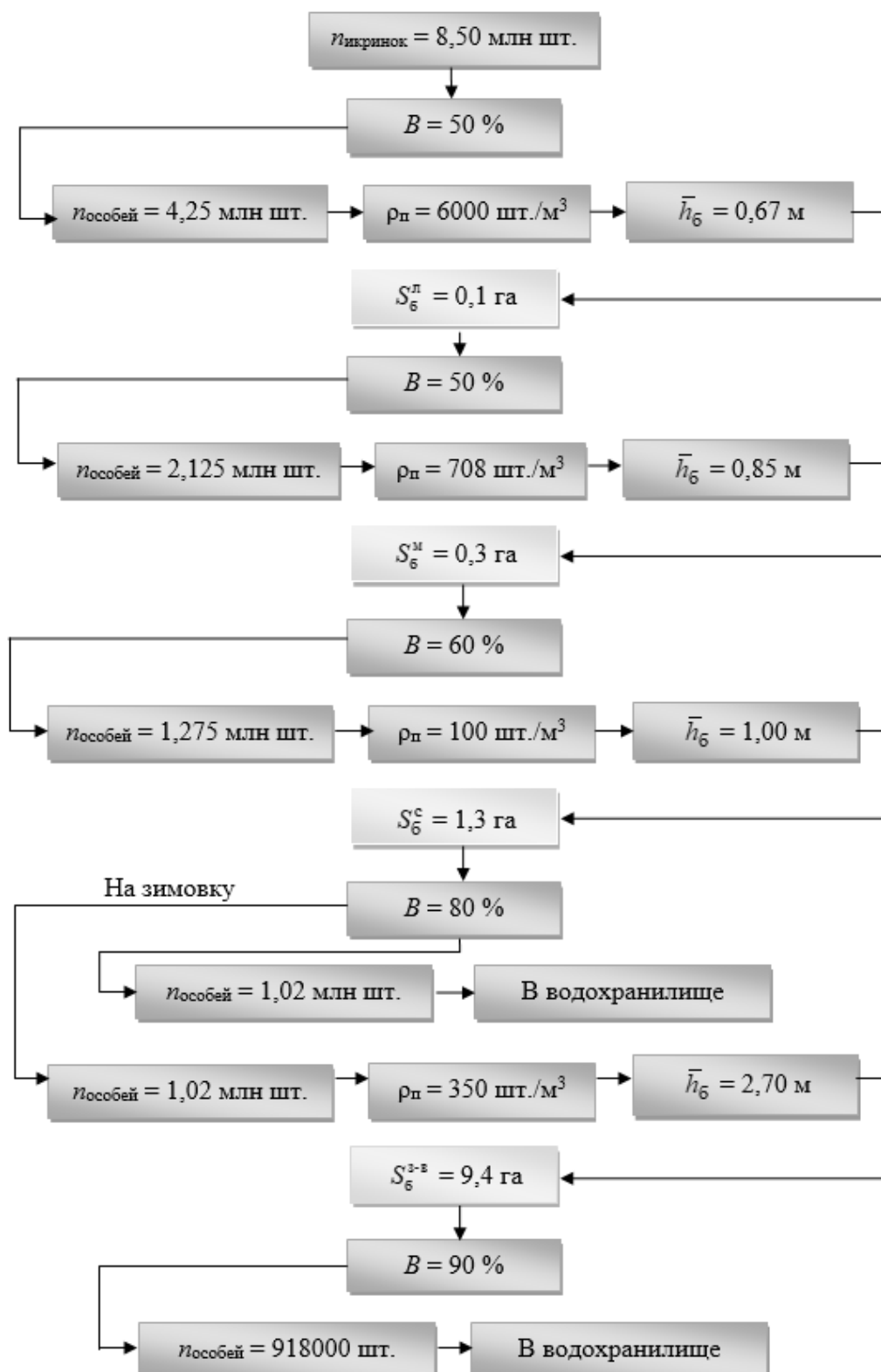
С использованием зависимости (1) определены площадные и приняты линейные размеры рыбоводных бассейнов. Полученные результаты приведены в таблице 2.

Схема, иллюстрирующая ход указанных выше операций, приведена на рисунке 1.

Согласно данным, представленным на рисунке 1, площадь личиночного рыбоводного бассейна, предназначенного для подращивания личинок растительных пород рыб в течение 8–12 сут до массы 25–30 мг, при плотности их посадки 6000 шт./м<sup>3</sup> и нормативном выходе 50 % составит 0,1 га, или 1000 м<sup>2</sup>. Минимальная глубина в сооружении принимается равной 0,25 м, максимальная – 1,1 м, средняя по акватории – 0,675 м, что соответствует действующим рыбоводным нормативам по подращиванию личинок растительных пород карповых рыб в условиях V–VI рыбоводно-климатической зоны. Форму бассейна в плановом очертании предлагается устраивать прямоугольной с соотношением сторон 1:2,5 при ширине чаши водоема 20 м и длине 50 м.

Мальковый рыбоводный бассейн устраивается с площадью акватории 0,3 га (3000 м<sup>2</sup>) при соотношении сторон 1:3,3. Длина сооружения принимается равной 100 м, ширина – 30 м. Минимальная глубина водоема – 0,5 м, максимальная – 1,2 м, средняя – 0,85 м. Глубины чаши приняты по действующим нормативам выращивания мальков карповых рыб. Площадь бассейна определена с учетом запуска и последующего выращивания 2125000 особей рыб. Минимальная (у верхнего устья) и максимальная (у водовыпускного трубопровода) глубины воды приняты согласно действующим рыбоводно-биологическим требованиям к водоемам, обеспечивающим подращивание личинки до стадии малька с весом штучной особи 0,5–1,0 г при нормативном выходе рыб 60 %.

Площадь акваториального пространства сеголеточного рыбоводного бассейна составляет 1,3 га, или 13000 м<sup>2</sup>, при плотности посадки рыб 100 особей на 1 м<sup>3</sup> водоема. Расчетный выход гидробионтов – 80 %. Указанной выше площадью акваториального пространства обеспечивается эффективный набор гидробионтами ростовой и жировой массы тела до установленного технологией весового лимита веса 25–30 г (при 80% выходе рыб). Длина бассейна принимается равной 160 м, ширина – 80 м. Нормативные глубины: минимальная – 0,7 м, максимальная – 1,3 м и средняя по акватории – 1,0 м.



$n_{\text{икринок}}$ ,  $n_{\text{особей}}$  – количество икринок (рыб), шт.;  $\rho_n$  – плотность посадки рыб, шт./м<sup>3</sup>;  
 $\bar{h}_б$  – средняя глубина бассейна, м;  $B$  – выход рыбопосадочного материала, %;  
 $S_б^л$ ,  $S_б^м$ ,  $S_б^с$ ,  $S_б^{3-з}$  – площадь личиночного, малькового, сеголеточного и зимовально-выростного рыбоводных бассейнов, га

**Рисунок 1 – Схема к расчету каскада рыбовыростных бассейнов для получения 1 млн сеголеток рыбопосадочного материала**

Содержание рыб в зимний период и их последующий нагул в постзимний период осуществляется в зимовально-выростном бассейне – самом крупном водоеме в цепи сооружений приводохранилищного рыбоводно-мелиоративного комплекса. Размеры бассейна определены с учетом запуска и последующего подращивания в нем 1,02 млн особей посадочного материала в стандартной навеске, составляющей 25–30 г, до массы 250–500 г при плотности их посадки 350 шт./м<sup>3</sup>. Выживаемость сеголеток при зимовке составляет 90 %, что соответствует выходу 918000 особей. Площадь акватории бассейна составляет 9,4 га, или 94000 м<sup>2</sup>. Линейные размеры: длина – 400 м, ширина – 235 м. Минимальная глубина водоема – 1,6 м, максимальная – 3,8 м, средняя – 2,7 м.

Установленные в ходе проведения исследования размеры рыбывростных бассейнов положены в основу дальнейшей разработки их конструктивных решений.

### Выводы

1 Приняты нормы посадки рыб в среднеплощадные средооткрытые рыбоводные бассейны приводохранилищного рыбоводно-мелиоративного комплекса, предназначенные для культивирования рыб по средооткрытой бассейновой технологии.

2 Разработаны обоснование и рекомендации по определению размеров рыбоводных бассейнов различного функционального предназначения, обеспечивающих выращивание рыбопосадочного материала травоядных видов рыб и входящих в состав приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов.

### Список источников

1. Шкура В. Н., Шевченко А. В. Веселовское водохранилище на реке Западный Маныч как объект ихтиологических мелиораций и пастбищного рыбоводства // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 1(77). С. 24–31.

2. Баев О. А., Гарбуз А. Ю., Шкура В. Н. Рыбоводный комплекс на базе оросительно-обводнительного канала и малой реки // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 2(70). С. 151–156.

3. Шкура В. Н., Шевченко А. В. Рыбоводно-мелиоративный комплекс для ихтиологических мелиораций и ведения рыбоводства в эвтрофных водоемах (на примере Веселовского водохранилища на реке Западный Маныч) // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2021. № 7(186). С. 68–79.

4. Исаев А. И. Разведение рыбы в оросительных водоемах и на полях. М.: Колос, 1968. 135 с.

5. Елеонский А. Н. Прудовое рыбоводство. М.: Пищепромиздат, 1946. 326 с.

6. Козлов В. И., Абрамович Л. С. Справочник рыбовода. М.: Россельхозиздат, 1980. 220 с.

7. Справочник рыбовода / под ред. Ф. М. Суховерова. М.: Сельхозиздат, 1960. 351 с.

8. Пономарев С. В., Лагуткина Л. Ю., Киреева И. Ю. Фермерская аквакультура: рекомендации. М.: Росинформгротех, 2007. 192 с.

9. Иванов А. П. Рыбоводство в естественных водоемах. М.: Агропромиздат, 1988. 367 с.

10. Литвин С. Ф., Романовский В. А. Опыт подращивания личинок рыб в лотках в Ровенском рыбокомбинате // Рыбное хозяйство. 1977. № 24. С. 38–39.

11. Выращивание сеголетков карпа, пестрого толстолобика и белого амура в определенных экологических условиях / А. И. Рыжников, М. А. Алексеев, В. Р. Шемчук, Б. А. Кирюшин // Рыбное хозяйство. 1977. № 24. С. 19–25.

12. Балан А. И., Федоренко В. А., Пистун А. М. Опыт выращивания рыб на рационах с фитопланктоном // Рыбное хозяйство. 1977. № 24. С. 39–43.

13. Пашинова Н. Г., Москул Г. А. Товарное рыбоводство: лаб. практикум. Краснодар: Куб. гос. ун-т, 2014. 155 с.

- 
14. Богданов Н. И., Асанов А. Ю. Прудовое рыбоводство. 3-е изд., доп. Пенза, 2011. 89 с.
  15. Создание интенсивной технологии производства продукции аквакультуры: метод. рекомендации / А. С. Срибный, М. Е. Пономарева, С. П. Скляров, А. А. Покотило. Ставрополь: АГРУС, 2017. 118 с.
  16. Герасимов Ю. Л. Основы рыбного хозяйства: учеб. пособие. Самара: Изд-во «Сам. ун-т», 2003. 108 с.
  17. Привезенцев Ю. А., Власов В. А. Рыбоводство. М.: Мир, 2004. 456 с.
  18. Козлов В. И. Справочник фермера-рыбовода. М.: Изд-во ВНИРО, 1998. 342 с.
  19. Проектирование рыбоводных предприятий / Э. В. Гриневский [и др.]. М.: Агропромиздат, 1990. 223 с.
  20. Волынкин Ю. Л., Волынкина О. Б. Особенности выращивания сеголетков карпа и толстолобика в маленьких прудах // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2009. № 11(66). С. 62–68.
  21. Белковский Н. М. Проведение зимовки товарной рыбы в нагульных прудах // Рыбоводство. 2011. № 3–4.
  22. Бурлаченко И. В., Яхонтова И. В. Рыбоводные технологии в искусственном воспроизводстве: современное состояние, проблемы, решения // Труды ВНИРО. 2015. Т. 153. Аквакультура. С. 137–153.
  23. Шелестова Н. А. Проектирование гидротехнических сооружений рыбоводных хозяйств: учеб. пособие. Новочеркасск: НГМА, 2003. 271 с.
  24. Сикорский В. Л. Рыбоводство в прудах и озерах. СПб.: А. Ф. Девриен, 1905. 157 с.
- 

#### ***Информация об авторах***

**А. В. Шевченко** – младший научный сотрудник;

**В. Н. Шкура** – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, профессор.

#### ***Information about the authors***

**A. V. Shevchenko** – Junior Researcher;

**V. N. Shkura** – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences, Professor.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 06.10.2021; одобрена после рецензирования 22.10.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 06.10.2021; approved after reviewing 22.10.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 631.674.6:628.16

**Виды загрязнения, способы и средства очистки воды в системах  
капельного орошения сельскохозяйственных растений**

**Юлия Ярославовна Сарахатунова**

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

*Аннотация.* Цель исследования – установить виды и типы загрязнителей, негативно влияющие на капельные системы, рассмотреть способы и средства очистки воды в системах капельного орошения сельскохозяйственных растений. В исследованиях рассмотрены три основных вида загрязнителя: биологический, химический и механический. В зависимости от количества и концентрации содержащихся в источнике водозабора загрязнителей подбирают способы и средства очистки в системах капельного орошения, проектируют очистные сооружения. В диссертационном исследовании, частью которого является данная статья, основная задача состоит в оптимизации водозаборно-очистного сооружения для систем капельного орошения сельскохозяйственных культур, вследствие этого в работе уделено особое внимание фильтрационным материалам, а именно мембранам. Понимание видов и типов загрязнителей поливной воды для использования в системах капельного орошения даст возможность подобрать конструкцию и наполнитель фильтрующих кассет водозаборно-очистного сооружения, отвечающих основным требованиям капельных систем, установить скоростной режим и коэффициент фильтрации, время и расход в лабораторных условиях на моделях фильтрующих кассет. Известно, что фильтрующая кассета должна в нормальном режиме обеспечивать суммарную производительность системы капельного орошения, в связи с этим необходимо установить состав и возможные фракции загрязнителей в источнике орошения.

*Ключевые слова:* виды загрязнений, биологический загрязнитель, химический загрязнитель, механический загрязнитель, средства очистки, мембранный фильтр

\*\*\*\*\*

**Types of pollution, methods and means of water purification  
in drip irrigation systems of agricultural plants**

**Yulia Ya. Sarakhatunova**

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

*Abstract.* The purpose of the study is to establish the kinds and types of pollutants negatively affecting drip systems, to consider methods and means of water purification in drip irrigation systems of agricultural plants. Three main types of pollutants have been examined in the studies: biological, chemical and mechanical. Depending on the amount and concentration of pollutants contained in the source of water intake, methods and means of purification in drip irrigation systems are selected and water treatment facilities are designed. In thesis research, of which this article is a part, the main task is to optimize the water intake treatment facilities for drip irrigation systems of agricultural crops, as a result, special attention is paid to filtration materials, namely membranes. Understanding the kinds and types of irrigation water pollutants for use by drip irrigation systems will make it possible to select the design and filler of filter cassettes of the water intake treatment facility that meet the basic requirements of drip systems, to set the speed mode and filtration coefficient, time and consumption in laboratory conditions on models of filter cassettes. It is known, that the filter cassette should normally provide the total performance of the drip irrigation system, in this regard, it is necessary to determine the composition and possible fractions of pollutants in the irrigation source.

**Keywords:** types of pollution, biological contaminant, chemical contaminant, mechanical contaminant, cleaning agents, membrane filter

**Введение.** К очистке воды прибегают в том случае, когда ее качество не соответствует требованиям, обеспечивающим нормальную работу всех звеньев системы капельного орошения. Капельное орошение предъявляет жесткие требования к содержанию взвешенных частиц в поливной воде. Так как скорости течения воды в поливных капельных линиях, особенно в концевых частях, могут достигать 0,01 м/с, то при наличии взвешенных частиц происходит их осаждение и залипание капельниц [1]. В соответствии с требованиями СП 31.13330.2012 [2], оптимальное содержание сухих (растворенных) веществ в отфильтрованной воде должно быть менее 500 мг/л, взвешенных примесей – менее 50 мг/л. Из существующих способов, наиболее распространенных в технологиях регулирования качества воды, можно выделить следующие: механические (фильтрование, гидроциклонирование [1], отстаивание, смешивание), химические (фертигация, коагуляция, сорбция), физические (вымораживание, выпаривание, гелиоопреснение), магнитоэлектрические (воздействие на воду и растворенные в ней вещества физическими полями), мембранные (обратный осмос, ультрафильтрация, электродиализ) [3]. Все они имеют как положительные, так и отрицательные моменты, могут применяться как самостоятельно, так и в комплексе. Если же рассматривать технологический процесс подготовки воды с позиции возможного управления ее качеством, то наибольший практический интерес в этом плане представляет мембранный способ, при реализации которого изменение компонентного состава воды осуществляется на молекулярном уровне, что позволяет удалить более 75 % всех известных примесей.

Выбор баромембранного метода водоподготовки для систем капельного орошения основывается на более качественной очистке воды из источника, чем при механической фильтрации. Из баромембранного метода водоподготовки наиболее применим для систем капельного орошения именно процесс микрофильтрации. Мембрана при микрофильтрации задерживает частицы размером 0,1–1,0 мкм, бактерии и дрожжи, т. е. осуществляет как механическую, так и биологическую очистку. Рабочее давление при микрофильтрации < 2 бар, морфология мембран – часто гомогенные (симметричные пористые мембраны), толщина рабочего слоя 10–150 мкм. Для водозаборно-очистного сооружения можно использовать касетную систему мембран наподобие системы «Пеликон» [4]. «Чем более крупные поры образованы в мембране, тем более понятен процесс фильтрации через мембрану, тем более он по физическому смыслу приближается к так называемому механическому фильтрованию» [5].

**Материалы и методы.** В работе преимущественно использовался метод анализа и обзора информации из научных, методических и научно-технических источников. В основу исследования вопросов данной статьи легли труды таких российских ученых, как О. Е. Ясониди [6], В. П. Максименко, С. А. Зайцев [3], Н. А. Безроднов [1], Т. В. Коржова [7], С. М. Васильев, В. Н. Шкура [7, 8], А. С. Штанько [8], Г. Т. Балакай, Л. А. Воеводина, А. Н. Бабичев, В. А. Кулыгин, Н. И. Балакай, М. В. Евтухов, Д. Б. Латария, Ю. Ф. Снопич, Т. А. Погоров, Д. В. Сухарев, Е. А. Бабичева, Н. И. Тупикин, Е. А. Кропина, А. Б. Фиошин [9], В. Н. Щедрин [10] и др.

В исследовании рассматривается баромембранный метод водоподготовки [3].

**Результаты и обсуждения.** Стоимость сооружений для очистки воды в зависимости от их сложности составляет 10–30 % от капиталовложений в строительство систем капельного орошения. В связи с этим очень важно правильно выбрать конструкцию капельницы для конкретных условий, что резко уменьшит затраты на строительство и эксплуатацию системы капельного орошения [11].

При значительном количестве гидробионтов в прудах, озерах, водохранилищах и других источниках воду предварительно хлорируют в подводящем канале или обра-

батьвают медным купоросом, а после этого очищают на микрофильтрах и подают насосами второго подъема на поливной участок.

В том случае, когда вода забирается из оросительных каналов и рек и имеет высокую мутность, применяют двухступенчатую очистку. На первом этапе очистки используют сетки, отстойники, микрофильтры и гидроциклоны. Более тщательную доочистку воды проводят на гравийно-песчаных, гравийно-сетчатых фильтрах и фильтрах с плавающей вспененной полистирольной загрузкой [12–14].

При проектировании состав очистных сооружений может быть предварительно определен по СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» [2] и по справочнику проектировщика «Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий» 1977 г. [15].

От качества подготовки (очистки) поливной воды (водоподготовки), подаваемой в систему капельного орошения, зависит надежность работы оросительной сети, уровень безопасности поливов для почвы и растений, качество и количество получаемой сельскохозяйственной продукции.

В статье рассматриваются три вида засорения капельных систем: биологическое, химическое и механическое.

*Биологическое засорение.* Засорение (загрязнение) капельных водоводов и капельниц может осуществляться бактериями и водорослями («бактериальное» и «водорослевое» засорение). При бактериальном загрязнении в капельной трубопроводной системе образуется клейкое, желеобразное вещество, при определенных скоплениях которого наблюдается закупоривание капельниц и водоводов. Интенсивное образование бактерий отмечается в трубопроводных системах с теплой водой, содержащей такие питательные элементы, как  $\text{CO}_2$ , Na, P, Fe, Cu, Mo и ряд других. Поливная вода, содержащая более 0,1 мг/л сульфидов, может спровоцировать образование и развитие серных бактерий непосредственно в системе капельного орошения (для исключения «сернобактериального загрязнения» капельной сети может потребоваться проведение регулярного хлорирования поливной воды).

*Химическое загрязнение.* При использовании жесткой поливной воды с  $\text{pH} > 7,5$  на стенках водоводов могут образовываться отложения Ca и Mn. При содержании в воде соединения  $\text{CaCO}_3$  со степенью насыщенности более 0,5 и при жесткости воды более 300 мг/л проявляется солевое закупоривание капельниц. Среди загрязнителей капельниц – полугорасернистое железо, марганец и гидроокиси металлов. Загрязнители (засорители) в системах капельного орошения могут образовываться и затем выпадать в осадок при смешивании в трубопроводах отдельных видов удобрений.

*Механическое засорение* капельных трубопроводных сетей и устройств капельного орошения (капельниц) осуществляется содержащимися в поливной воде крупными взвесями. При этом размер задерживаемых (подлежащих задержке в фильтре) частиц (взвесей) во избежание засорения капельных микроводовыпусков не должен превышать 0,1 размера минимального прохода в капельнице.

При высоком содержании в воде биологических, химических и механических загрязнителей предусматривается первичная (отстойная и химическая) обработка природной воды в отстойниках (в бассейнах или в соответствующе оборудованных резервуарах).

В зависимости от качества исходной воды подбирают очистные сооружения. Выбор состава очистных сооружений представлен в таблице 1 [6].

Таблица 1 – Выбор состава очистных сооружений

Производительность сооружений, м <sup>3</sup> /ч	Условия применения					Возможный вариант
	Качество исходной воды			Характеристика взвеси		
	Взвешенные вещества, мг/л	Концентрация гидрионтов, мг/л	Количество железа, мг/л			
23–1100 (НСФ)	< 50	20–50, 40–100 тыс. кл./мл	–	Тонкодисперсная взвесь $d_y < 100$ мкм. Водоросли $d_b = 0,1 \dots 0,2$ мм	Напорные сетчатые автоматически промываемые фильтры (НСФ) либо микрофильтры с непрерывной промывкой фильтрующего полотна (МФ), размер ячеек сеток от 20 до 40 мкм (МФ), 70–250 мкм (НСФ)	
100–896 (МФ), 416–3750 (БС)	50–200, 150 (КФ)	5–20, 10–20 тыс. кл./мл	–	Взвесь полидисперсная $d_y = 0,001 \dots 0,5$ мм. Водоросли $d_b = 0,01 \dots 100$ мм	Микрофильтры, барабанные сетки (БС) или напорные сетчатые фильтры + крупнозернистые кварцевые или гравийно-кварцевые фильтры (ГКФ), 25–250 мкм (БС), 200–2500 мкм (НСФ)	
10–20 (ГКФ), любая при технико-экономическом обосновании (ТЭО)	200–300	< 100 кл./мл (ГКФ), < 1000 кл./мл	–	Взвесь полидисперсная $d = 0,001 \dots 0,5$ мм	Гидроциклоны + гравийно-кварцевые фильтры или фильтры с плавающей загрузкой	
Любая при ТЭО	500–1000, 500 (ФПЗ)	–	–	Взвесь полидисперсная с плотностью частиц $\rho < 1,0$ г/см <sup>3</sup> , $d = 0,01 \dots 5,0$ мм	Гидроциклоны + гравийно-кварцевые фильтры или фильтры с плавающей загрузкой; фильтры с плавающей загрузкой	
Любая при ТЭО	500–1000, 500 (ФПЗ)	> 1000 < 500 (ФПЗ)	0,1 + 2	Взвесь полидисперсная $d = 0,01 \dots 5,0$ мм	Ковши (бассейны) отстаивания, земляные и бетонные отстойники + гравийно-кварцевые фильтры; тонкослойные отстойники + зернистые фильтры; гидроциклоны + фильтры с плавающей загрузкой	
100 (ГКФ), любая при ТЭО	–	–	< 2 + 15	Хлопья гидроокиси железа после аэрации	Упрощенная или принудительная аэрация в бассейнах + фильтры с зернистой, песчаной или пенополистирольной загрузкой	

Нужно учитывать, что сегодня чаще в системах капельного орошения используются микроспринклеры, нежели капельницы, вмонтированные в трубопроводы капельных систем [9]. Размер микроспринклеров обычно составляет до 0,8 мм, а капельниц от 0,5–1,0 мм [16]. Из этого следует, что для системы водоподготовки необходимо применять фильтр, обеспечивающий оптимальную работу микроспринклеров и уж тем более – капельниц. Для решения поставленной задачи в исследовании рассматривается баромембранный метод водоподготовки, а именно метод микрофильтрации. Теоретически, оборудовав блок водоподготовки системы капельного орошения микрофильтрационной мембраной, можно оптимизировать работу системы в целом и сделать ее менее затратной, исключить из конструкции системы фильтры тонкой очистки на местах узлов водовыделов в оросители и капельные линии, уменьшить давление по сети. Микрофильтрационная мембрана в составе водозаборно-очистного сооружения оптимизирует работу системы капельного орошения и продлит срок ее службы. Планируется, что в нормальном режиме фильтрующая кассета с микрофильтрационной мембраной обеспечит суммарную производительность системы. В последующих работах будет произведен гидравлический расчет фильтрующей кассеты с микрофильтрационной мембраной и обоснован ее выбор.

Среди мембранных фильтрующих материалов почетное место занимают микрофильтрационные мембраны с цилиндрическими порами, которые производятся облучением полимерных пленок пучком заряженных частиц и последующим химическим травлением материала области треков этих частиц до получения сквозных пор. Отличительные свойства таких мембран – малая толщина и цилиндрические поры, что обеспечивает высокую селективность разделения и легкость регенерации. В ФГУП «Центр Келдыша» разработана серия рулонных микрофильтрационных элементов на основе мембран с цилиндрическими порами, способных к обратной водной промывке, они отличаются высокой производительностью при очистке водных суспензий. При фильтрации природных вод скорость образования отложений на поверхности и в порах мембран определяется свойствами мембраны (гидрофобностью, зарядом поверхности и ее морфологией), физико-химическими характеристиками фильтруемой воды (структурой и зарядом загрязняющего вещества, величиной рН, ионной силой и содержанием ионов кальция), а также гидродинамическими параметрами процесса. Производительность мембран при фильтрации природных вод существенно зависит от присутствия в них коллоидных частиц размером 3–20 нм (неорганических и органических). Характеристики баромембранного метода водоподготовки представлены в таблице 2 [3].

**Таблица 2 – Характеристики баромембранного метода водоподготовки**

Метод	Размер пор, мкм	Поток очищенной воды, л/(ч·м <sup>2</sup> ·Па)	Рабочее давление, Па	Отношение пермеат/исходная вода, %	Удаляемая примесь
Микрофильтрация	0,1–1,0	0,2·10 <sup>-2</sup> – 0,5·10 <sup>-2</sup>	Менее 20·10 <sup>4</sup>	95–99	Взвешенные вещества, крупные коллоиды, эмульсии, цисты простейших, водоросли

**Выводы.** В ходе исследования были установлены виды и типы загрязнителей, негативно влияющие на системы капельного орошения, рассмотрены способы и средства очистки воды в системах капельного орошения сельскохозяйственных растений.

Особое внимание в исследовании уделено средствам механической и биологической очистки, а именно фильтрующим мембранным материалам. Установлено, что водозаборно-очистное сооружение с фильтрующей кассетой из мембранного материала уменьшает нагрузку на систему капельного орошения, увеличивает срок ее службы, яв-

ляется экономически выгодным вариантом в сравнении с водозаборным сооружением без фильтрующих кассет, а также задерживает не только механический загрязнитель с фракциями от 0,1–1,0 мкм, но и биологический загрязнитель.

### **Список источников**

1. Пат. 2411719 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/09. Установка для очистки воды преимущественно для систем капельного орошения / Безроднов Н. А., Кузнецов П. И., Мелихов В. В., Константинова Т. Г.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т орошаемого земледелия Россельхозакадемии. № 2009122097/21; заявл. 09.06.09; опубл. 20.02.11, Бюл. № 5. 7 с.
2. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СП 31.13330.2012: утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации 29.12.11: введ. в действие с 01.01.13. М.: Минрегион России, 2012. 153 с.
3. Максименко В. П., Зайцев С. А. Регулирование качества поливной воды на оросительных системах // *Природообустройство*. 2011. № 5. С. 15–20.
4. Орлов Н. С. Ультра- и микрофильтрация: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. 117 с.
5. Первых В. Д. Баромембранные методы очистки воды // *Сибирская экологическая компания*. 2011. № 5(41). С. 22–23.
6. Ясонида О. Е. Капельное орошение: монография / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск: Лик, 2011. 322 с.
7. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 200 с.
8. Васильев С. М., Шкура В. Н., Штанько А. С. Капельные оросительные системы: учеб. пособие. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2019. 179 с.
9. Безопасные системы и технологии капельного орошения: науч. обзор / сост.: Г. Т. Балакай, Л. А. Воеводина, А. Н. Бабичев, В. А. Кулыгин, Н. И. Балакай, М. В. Евтухов, Д. Б. Латария, Ю. Ф. Снопич, Т. А. Погоров, Д. В. Сухарев, Е. А. Бабичева, Н. И. Тупикин, Е. А. Кропина, А. Б. Фиошин; М-во сел. хоз-ва РФ. Новочеркасск, 2010. 52 с.
10. Поколения оросительных систем: прошлое, настоящее, будущее: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, Ю. М. Косиченко, А. В. Колганов, А. А. Чураев, А. Н. Бабичев; под ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. 164 с.
11. Сельскохозяйственное водоснабжение. Мелиорация и водное хозяйство: справочник. М.: Агропромиздат, 1992. 287 с.
12. Оводов В. С. Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1984. 480 с.
13. Айдаров И. П., Голованов А. И., Мамаев М. Г. Оросительные мелиорации. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1982. 176 с.
14. Костяков А. Н. Основы мелиораций: учеб. пособие для с.-х. вузов. М.: Сельхозгиз, 1938. 732 с.
15. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий / В. А. Клячко [и др.]; под ред. И. А. Назарова. М.: Стройиздат, 1977. 288 с.
16. An in-situ accelerated experimental testing method for drip irrigation emitter clogging with inferior water / S. Han, Y. Li, B. Zhou, Z. Liu, J. Feng, Y. Xiao // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 212. P. 136–154. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.024>.

### ***Информация об авторе***

**Ю. Я. Сарахатунова** – аспирант.

***Information about the author***

**Yu. Ya. Sarakhatunova** – Postgraduate Student.

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

*The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 26.11.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 26.11.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 628.381.4

**Научное обоснование использования животноводческих стоков для удобрительно-увлажнительных поливов кормовых культур****Анастасия Витальевна Редина, Юлия Евгеньевна Домашенко**

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

**Аннотация.** Целью исследования является разработка эффективных доз внесения животноводческих стоков при выращивании зерновых и кормовых культур. Объектом исследований выступил животноводческий комплекс с поголовьем свиней численностью 3 тыс. с объемом жидкой фракции навоза 28,4 тыс. м<sup>3</sup>/год. Основные показатели качества животноводческих стоков определены фотометрическими и атомно-абсорбционными методами. Установлено, что минимальная средневзвешенная норма внесения животноводческих стоков по фосфору для люцерны 4,6 м<sup>3</sup>/га, по азоту для суданской травы 0,8 м<sup>3</sup>/га и для свеклы 1,1 м<sup>3</sup>/га, по калию для люцерны 6,7 м<sup>3</sup>/га. Общая площадь сельхозугодий, на которой при такой норме внесения будут полностью использоваться стоки комплекса по производству свиней на 3 тыс. голов, будет составлять 172 га. Соблюдение технологий орошения животноводческими сточными водами и санитарных правил оказывает положительное влияние на плодородие почвы при сохранении качества выращенной продукции, обеспечивает требуемое санитарно-гигиеническое состояние почвы, растений и окружающих агроландшафтов.

**Ключевые слова:** животноводческие стоки, норма внесения, орошение, кормовые культуры, урожайность

\*\*\*\*\*

**Scientific justification of livestock wastes application for fertilizer-moistening irrigation of forage crops****Anastasiya V. Redina, Yu. Ye. Domashenko**

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

**Abstract.** The aim of the work is to develop effective doses of livestock wastewater application when growing grain and fodder crops. The object of research was a livestock complex with a 3 thousand pig population with a liquid manure fraction volume of 28.4 thousand m<sup>3</sup>/year. The main indicators of the livestock wastes quality were determined by photometric and atomic absorption methods. It was found that the minimum weighted average application livestock wastes rate of phosphorus for alfalfa is 4.6 m<sup>3</sup>/ha, of nitrogen for Sudanese grass is 0.8 m<sup>3</sup>/ha and for beets is 1.1 m<sup>3</sup>/ha, of potassium for alfalfa 6.7 m<sup>3</sup>/ha. The total area of farmland where, with such an application rate, the wastes of the pig-breeding complex of 3 thousand heads will be fully used, will be 172 hectares. Compliance with livestock wastewater irrigation technologies and sanitary rules have a positive effect on soil fertility while maintaining the quality of grown products, provide the required sanitary and hygienic condition of soil, plants and surrounding agricultural landscapes.

**Keywords:** livestock wastes, application rate, irrigation, forage crops, yield.

**Введение.** Снижение запасов природной воды в поверхностных источниках вынуждает искать альтернативные источники для орошения сельскохозяйственных культур. Животноводческие стоки, в свою очередь, являются многотоннажными жидкими отходами, которые после предварительной подготовки возможно использовать для удобрительно-увлажнительных поливов [1].

Учеными Д. П. Гостищевым [2, 3], О. А. Суржко [4, 5], О. Е. Ясониди [6] доказа-

на высокая эффективность применения животноводческих стоков в оросительных мелиорациях, в частности наблюдается повышение концентрации в почве соединений азота, фосфора и калия.

Причиной загрязнения окружающей среды животноводческими стоками (почвы, воды и воздуха) является отсутствие эффективных очистных сооружений и специального оборудования, а существующие очистные сооружения уже много лет не модернизируются. Большинство хозяйств вообще не имеют специальных средств удаления жидких стоков. Для крупных хозяйств объем жидких стоков, подлежащих утилизации, составляет от 100 до 1500 м<sup>3</sup>/год [7].

Целью исследования является разработка эффективных доз внесения животноводческих стоков при выращивании кормовых культур.

**Материал и методы исследования.** Физико-химический состав животноводческих стоков оценивался по аттестованным методикам. Азот нитратный определялся фотометрическим методом по ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.67-10 [8], фосфор по ГОСТ 26205-91 [9], калий атомно-абсорбционным методом.

Годовая величина внесения животноводческих стоков, используемых для орошения, определяется с соблюдением требований, изложенных в п. 5.4 РД-АПК 1.30.03.01-20 «Методические рекомендации по технологическому проектированию оросительных систем с использованием животноводческих стоков» [10].

**Результаты исследований.** Рассматриваются стоки от комплекса по выращиванию свиней на 3 тыс. голов с объемом жидкой фракции навоза 28,4 тыс. м<sup>3</sup>/год. При этом содержание питательных веществ в жидкой фракции с учетом потерь при реагентной обработке стоков [11] представлено в таблице 1. Орошение осуществляется с помощью дождевальных машин.

**Таблица 1 – Характеристика животноводческих стоков**

Показатель	Жидкая фаза	
	до обработки	после обработки
pH	6,6	6,7
Влажность, %	92,6	100,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	620	200
K <sub>2</sub> O, мг/дм <sup>3</sup>	830	300
NH <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	856	434
ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	15050	10040
Остаточный алюминий Al, мг/дм <sup>3</sup>	0	0

Участок расположен в Семикаракорском районе Ростовской области. Почвы участка представлены черноземами обыкновенными с характеристиками: среднее содержание гумуса в пахотном слое почвы – 3,4–3,6 %, pH – 7,2–7,4, сумма поглощенных оснований – 38–40 мг/100 г почвы, содержание валовых форм (%): N – 0,18–0,19, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,16–0,17, K<sub>2</sub>O – 2,3–2,4. Плотность сложения пахотного слоя почвы – 1,16 г/см<sup>3</sup>, влажность устойчивого увядания – 12,5 %. Обеспеченность подвижным фосфором (по Мачигину) низкая (11–14 мг/кг почвы), обменным калием повышенная (310–360 мг/кг почвы).

Годовая норма внесения животноводческих стоков рассчитывается по формуле:

$$M_c = \frac{10^3 \cdot B \cdot K_B \cdot K_{II}}{C_{NPK}},$$

где  $M_c$  – годовая норма внесения животноводческих стоков, м<sup>3</sup>/га;

$10^3$  – коэффициент приведения к единой размерности;

$B$  – средневзвешенный по севообороту вынос NPK плановым урожаем в зависимости от природной зоны, кг/га;

$K_B$  – коэффициент возмещения выноса NPK урожаем, который учитывает величину

ну использования НРК сточных вод в условиях почв различного механического (гранулометрического) состава и осредненно принимается для азота на тяжелых почвах – 1,1–1,2, для фосфора и калия на тяжелых почвах – 1,05–1,15;

$K_{\Pi}$  – коэффициент, учитывающий потери летучего азота сточных вод в аммиачной форме при поливе дождеванием (1,2);

$C_{\text{НРК}}$  – содержание НРК в сточных водах, мг/л.

Результаты расчета нормы внесения жидкой фракции животноводческих стоков с оросительной водой на планируемую урожайность представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Нормы внесения жидкой фракции животноводческих стоков на планируемую урожайность**

Культура	Урожайность, т/га	Вынос азота, фосфора, калия, кг/т			Годовая норма внесения $M_c$ , м <sup>3</sup> /га		
		N	P	K	N	P	K
Яровые зерновые (ячмень), зерна	4,8	25	11	22	120	52,8	105,6
Люцерна, сено	10,0	26	6,5	15	260	65	150
Суданская трава, сено	6,0	15,7	7,0	24	102,1	45,5	156
Свекла кормовая	70,0	4,9	1,5	6,7	343	105	469

В данном случае минимальная средневзвешенная норма внесения животноводческих стоков по фосфору для люцерны  $M_c = 65$  м<sup>3</sup>/га, по азоту для суданской травы  $M_c = 102,1$  м<sup>3</sup>/га и для свеклы  $M_c = 343$  м<sup>3</sup>/га, по калию для люцерны  $M_c = 150$  м<sup>3</sup>/га. Средневзвешенная годовая норма внесения под сельскохозяйственные культуры проектируемого четырехпольного севооборота будет такова:

$$M_c^{\text{ср.взв.}} = \frac{\sum M_{c \min}^{\text{НРК}} \cdot n_{\min}}{n} = \frac{65 \cdot 1 + 102,1 \cdot 1 + 150 \cdot 1 + 343 \cdot 1}{4} = 165 \text{ м}^3/\text{га},$$

где  $\sum M_{c \min}^{\text{НРК}}$  – сумма минимальных средневзвешенных норм внесения животноводческих стоков из трех рассчитанных по НРК, м<sup>3</sup>/га;

$n_{\min}$  – количество культур с минимальной средневзвешенной нормой внесения животноводческих стоков из трех рассчитанных по НРК, шт.;

$n$  – количество сельскохозяйственных культур, шт.

Общая площадь сельхозугодий, на которой при такой норме внесения будет полностью использоваться стоки комплекса по производству свиней на 3 тыс. голов, должна составлять 172 га, она была определена как отношение объема жидкой фракции навоза к средневзвешенной годовой норме внесения стоков, что соответствует данным рекомендуемого положения РД-АПК 1.30.03.01-20.

Внесение годовой нормы стоков рекомендуется производить в несколько приемов (3–5 раз за вегетацию) [5].

Назначение сроков внесения животноводческих стоков увязывается с фазами развития растений и необходимым количеством чистой воды (таблица 3).

**Таблица 3 – Сроки и нормы внесения смеси жидкой фракции животноводческих стоков и чистой воды**

Наименование культуры	Поливная площадь культуры, га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Принятый срок полива		Поливной период	Норма внесения стоков, м <sup>3</sup> /га
				от	до		
1	2	3	5	6	7	8	9
Суданская трава	43	2800	400	20.05	25.05	5	33
			400	03.06	08.06	5	–
			500	29.06	02.07	5	33

Продолжение таблицы 3

1	2	3	5	6	7	8	9
			500	18.07	22.07	5	33
			500	30.07	04.08	5	33
			500	20.08	25.08	5	33
Ячмень	43	2200	400	25.04	30.05	5	41,25
			400	10.05	15.05	5	–
			500	20.05	25.05	5	41,25
			400	10.06	15.06	5	41,25
			500	20.06	25.06	5	41,25
Многолет- ные травы	43	4100	500	20.05	25.05	5	33
			600	10.06	15.06	5	–
			600	23.06	28.06	5	33
			600	04.07	09.07	5	33
			600	15.07	20.07	5	–
			600	05.08	10.08	5	33
Кормовая свекла	43	4080	400	10.05	15.05	5	33
			400	05.06	10.06	5	–
			400	29.06	02.07	5	33
			500	18.07	22.07	5	33
			500	08.08	13.08	5	33
500	20.08	25.08	5	33			
Средне- взвешенная норма, м <sup>3</sup> /га		3295					165

На рисунке 1 представлен график сроков увлажнительно-удобрительных поливов и поливная норма для установленной площади с учетом водопотребности культур.

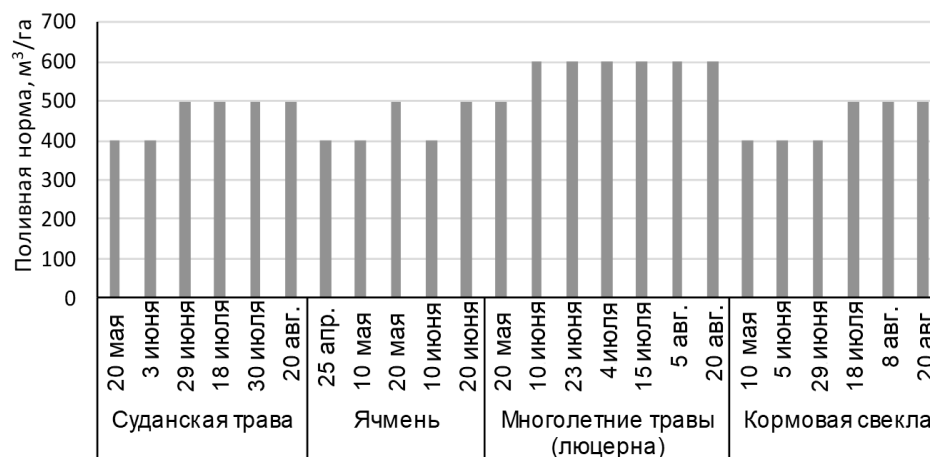


Рисунок 1 – Сроки увлажнительно-удобрительных поливов и поливные нормы

**Вывод.** Использование животноводческих стоков для орошения и удобрения кормовых культур при поливе дождеванием является природоохранным и ресурсосберегающим мероприятием, способствующим повышению плодородия земель, экономии водных ресурсов и минеральных удобрений. Соблюдение технологий орошения животноводческими сточными водами и санитарных правил позволяет утилизировать стоки при сохранении качества выращенной продукции, обеспечивает требуемое санитарно-гигиеническое состояние почвы, растений и окружающих агроландшафтов.

**Список источников**

1. Домашенко Ю. Е. Проблемы и перспективы использования сточных вод для орошения: монография / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. Новочеркасск: Лик, 2017. 212 с.
2. Гостищев Д. П., Вершинин В. В., Хватыш Н. В. Утилизация сточных вод и животноводческих стоков на полях орошения // Евразийский Союз Ученых. 2015. № 7-7(16). С. 7–12.
3. Гостищев Д. П., Хватыш Н. В., Тарасова Н. С. Методы очистки сточных вод // Актуальные проблемы обеспечения современного землеустройства: сб. науч. тр. М.: ГУЗ, 2014. С. 617–625.
4. Суржко О. А., Колесникова Т. А., Куликова М. А. Инженерно-экологические решения утилизации высококонцентрированных сточных вод животноводческих хозяйств // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2011. № 2. С. 136–139.
5. Суржко О. А. Ресурсосбережение и экологическая безопасность при утилизации отходов животноводческих хозяйств. Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. 156 с.
6. Ясониди О. Е., Ясониди Е. О., Григоренко М. В. Способ орошения сельскохозяйственных культур // Вестник аграрной науки Дона. 2011. № 4(16). С. 92–95.
7. Домашенко Ю. Е. Оценка воздействия продуктов гидросмыва свиноводческих комплексов на экосистемы почв // Инновационные подходы в решении экологических проблем сельскохозяйственных производств: материалы Всерос. науч.-практ. конф., 3–4 дек. 2008 г. пос. Персиановский: ДонГАУ, 2008. С. 60–62.
8. Гостищев Д. П., Рогозина Ю. Е. Орошение животноводческими стоками и его влияние на грунтовые воды, урожай и качество сельскохозяйственных культур // Вопросы мелиорации. 2004. С. 89–97.
9. Пат. 2645573 Российская Федерация, МПК С 09 F 1/58, С 09 F 11/14, В 09 В 3/00, С 05 F 3/00, С 05 F 5/00, С 05 F 103/20. Способ подготовки продуктов гидросмыва свиноводческих комплексов и ферм для сельскохозяйственного использования / Редина А. В., Васильев С. М., Домашенко Ю. Е.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 20171107695; заявл. 07.03.17; опубл. 21.02.18, Бюл. № 6. 6 с.
10. Методические рекомендации по технологическому проектированию оросительных систем с использованием животноводческих стоков: РД-АПК 1.30.03.01-20: введ. в действие с 03.02.20. М., 2019. 78 с.
11. Желязко В. И., Лукашевич В. М. Эколого-экономическая эффективность использования животноводческих стоков для орошения многолетних трав // Мелиорация. 2021. № 2. С. 13–22.

***Информация об авторах***

**А. В. Редина** – младший научный сотрудник;

**Ю. Е. Домашенко** – заместитель директора по науке в области мелиорации, доктор технических наук.

***Information about the authors***

**A. V. Redina** – Junior Researcher;

**Yu. Ye. Domashenko** – Deputy Director of Science in the Field of Land Reclamation, Doctor of Technical Sciences.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 09.12.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 09.12.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

## МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.674.6:635.132

### Дифференцированное капельное орошение на посевах моркови

Александр Николаевич Бабичев<sup>1</sup>, Александр Александрович Рубцов<sup>2</sup>,  
Алексей Александрович Бабенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

<sup>2</sup>Бирючукская овощная селекционная опытная станция – филиал Федерального  
научного центра овощеводства, Новочеркасск, Российская Федерация

**Аннотация.** Целью исследований являлось изучение влияния дифференцированного орошения на урожайность моркови сорта Бирючукская 415 при использовании капельного способа полива. Опыт был проведен в условиях открытого грунта на полях Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала Федерального научного центра овощеводства в г. Новочеркасск Ростовской области в 2020 г., изучались различные варианты поддержания предполивного порога влажности почвы в слое 40 см. Почва опытного участка представлена обыкновенным карбонатным черноземом среднемощным, легкосуглинистым, содержание гумуса в пахотном слое 4,3 %. Удобрения вносились традиционным способом перед посевом и путем фертигации с помощью капельного орошения. Вместе с традиционными удобрениями применялись водорастворимые удобрения марки «Акварин» Буйского химического комбината. В ходе исследований было установлено, что при дифференцированном орошении урожайность моркови увеличивается примерно в 2,5 раза во всех вариантах опыта по сравнению с контрольным вариантом. Коэффициент водопотребления в вариантах дифференцированного орошения снижается на 23,9–27,3 м<sup>3</sup>/т по сравнению с вариантом без орошения.

**Ключевые слова:** капельный полив, дифференцированное орошение, оросительная норма, количество поливов, суммарное водопотребление, коэффициент водопотребления

\*\*\*\*\*

### Differentiated drip irrigation on carrot seeding

Aleksandr N. Babichev<sup>1</sup>, Aleksandr A. Rubtsov<sup>2</sup>, Alexey A. Babenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation

<sup>2</sup>Biryuchekutskaya Vegetable Breeding Experimental Station – branch of the Federal  
Scientific Center for Vegetable Growing, Novocherkassk, Russian Federation

**Abstract.** The aim of the research was to study the effect of differentiated irrigation on the carrot yield of the Biryuchekutskaya 415 variety when using the drip irrigation method. The experiment was carried out in open ground in the fields of the Biryuchekutskaya Vegetable Breeding Experimental Station – branch of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing, in Novocherkassk, Rostov Region, in 2020 and various options for maintaining the pre-irrigation soil moisture threshold in a layer of 40 cm were studied. The soil on the experimental site is represented by ordinary, medium, light loamy carbonate chernozem, the humus content in the arable layer is 4.3 %. Fertilizers were applied in the traditional way before sowing and by fertigation using drip irrigation. Along with traditional fertilizers, water-soluble

fertilizers of the Aquarin brand of Buisik Chemical Plant were used. In the course of the research, it was found that with differentiated irrigation, the carrot yield increases approximately 2.5 times in all experiment variants in comparison with the control one. The water consumption coefficient in the variants of differentiated irrigation is reduced by 23.9–27.3 m<sup>3</sup>/t compared to the variant without irrigation.

**Keywords:** drip irrigation, differentiated irrigation, irrigation rate, number of irrigations, total water consumption, water consumption coefficient

**Введение.** Морковь по своим питательным свойствам входит в десятку самых важных овощных культур в мире. Корнеплоды моркови обладают высокой питательной и диетической ценностью благодаря содержанию в них большого количества полезных для человека витаминов (С, группы В, РР), различных минеральных солей, аминокислот, сахаров (до 12 %), белков (до 6,5 %), эфирных масел и клетчатки. Особую ценность моркови приобрела за содержание каротина (витамин А) [1].

Морковь употребляют в пищу в свежем и вареном виде, ее используют для консервирования и сушки. В кулинарии применяют корнеплоды моркови в виде пряностей, в качестве приправы и как самостоятельные блюда. Плоды моркови используют в маринадах, при обработке рыбы, а также в консервном и ликеро-наливочном производстве. Морковь используется и на корм скоту. Благодаря наличию в корнеплодах каротина морковь широко применяется для различных медицинских целей. Ее употребляют при заболеваниях желудочно-кишечного тракта и почек, при нарушении минерального обмена, при заболеваниях конъюнктивы и роговицы глаза [2].

Благоприятные почвенно-климатические условия Ростовской области позволяют региону быть одним из лидеров в РФ по количеству производимых овощей. Главным препятствием для получения высоких стабильных урожаев сельскохозяйственных культур является водообеспечение [3]. Создавшиеся рыночные отношения, учет затрат на материалы и энергоресурсы вынуждают сельхозпроизводителей использовать различные способы орошения при выращивании своей продукции [4].

Широкую популярность в последнее время набирает капельное орошение, используемое в районах с разнообразным климатом [5–7]. Источниками воды при капельном орошении могут быть колодцы, скважины, реки и крупные оросительные системы [8, 9].

К преимуществам капельного орошения относят: снижение поливных и оросительных норм на получение единицы продукции по сравнению с дождеванием, уменьшение потерь влаги при испарении за счет уменьшения площади увлажняемой зоны, возможность проведения сельскохозяйственных работ во время орошения, исключение водной эрозии на неровных участках. К недостаткам капельного орошения относят: высокую стоимость комплектующих частей системы капельного орошения, необходимость утилизации большого количества отходов, засорение капельниц.

**Материалы и методы.** Исследования проводились на полях Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», расположенной в г. Новочеркасске Ростовской области. Почва опытного участка представлена обыкновенным карбонатным черноземом среднесуглинистым, легкосуглинистым. Содержание гумуса в пахотном слое 3,4 %, обеспеченность почвы азотом 55–72 мг/кг, подвижным фосфором 32–43 мг/кг, обменным калием 320–380 мг/кг [10]. Реакция почвенного раствора слабощелочная. Климат зоны проведения исследований характеризуется как засушливый, но недостаточно жаркий, сумма активных температур колеблется в пределах 3000–3400 °С. Продолжительность безморозного периода составляет 165–175 дней [11].

В опыте изучалась урожайность районированного сорта моркови Бирючукская 415, выращиваемого в открытом грунте по предшественнику огурцу, в зависимо-

сти от режима орошения. Подготовка почвы включала в себя лущение на глубину 6–8 см с заделкой растительных остатков сразу после уборки предшественника и глубокую вспашку на глубину 25–30 см осенью, а весной боронование с предпосевной культивацией на глубину 5–8 см и прикатывание. Система удобрений состояла из внесения 35 т/га органических удобрений под предшественник и внесения под осеннюю вспашку 2/3 дозы фосфорных и 1/2 дозы калийных удобрений, а 2/3 дозы азотных удобрений вносилось под предпосевную культивацию. Недостающие элементы питания вносились в виде подкормок водорастворимыми удобрениями марки «Акварин» Буйского химического комбината. Доза вносимых минеральных удобрений во всех вариантах опыта составляла N<sub>100</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> [12].

Для ускорения прорастания семян и появления ранних и дружных всходов семена моркови подвергают предпосевной обработке, включающей в себя калибровку, барботирование, дражирование (укрупнение), протравливание, проверку на всхожесть.

Опыт проводился в двукратной повторности. Высев семян осуществлялся по схеме 60 × 30 × 30 см с расстоянием между семенами в ряду 3–4 см на глубину 2–4 см сеялкой СД8 в агрегате с трактором МТЗ-80. Дата посева семян 10 июня 2020 г. В качестве капельного орошения применялось оборудование фирмы Eurodrip с расстоянием между капельницами 40 см и расходом 1,6 л/ч на 1 м.

Схемой опыта предусмотрены следующие режимы орошения: поддержание предполивного порога влажности почвы в слое 40 см дифференцированно 70 % НВ до фазы образования настоящих листьев и роста корней, 80 % НВ от фазы образования настоящих листьев и роста корней до технической спелости, 70 % НВ от технической спелости до уборки; 70–80–80 % НВ; 70–90–80 % НВ и контрольный вариант (без орошения).

Густота стояния растений моркови перед уборкой составляла 1,0 млн шт./га. Для математической обработки полученных результатов использовались общепринятые методики с применением персонального компьютера [13].

**Результаты и обсуждения.** Анализ результатов проведенных исследований показал, что при орошении урожайность моркови увеличивается примерно в 2,5 раза по сравнению с контрольным вариантом (таблица 1).

**Таблица 1 – Урожайность моркови в зависимости от режимов орошения**

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка от орошения	
		т/га	%
70–80–80 % НВ	43,0	25,2	242
70–90–80 % НВ	47,2	29,4	265
70–80–70 % НВ	41,8	24,0	235
Без орошения (контроль)	17,8	–	–
НСР <sub>05</sub>	3,7		

Наибольшая урожайность 47,2 т/га была получена в варианте с поддержанием предполивного порога влажности почвы в слое 40 см дифференцированно 70 % НВ до фазы образования настоящих листьев и роста корней, 90 % НВ от фазы образования настоящих листьев и роста корней до технической спелости, 80 % НВ от технической спелости до уборки. Наименьшая урожайность 41,8 т/га среди вариантов с орошением была получена при дифференцированном орошении 70–80–70 % НВ.

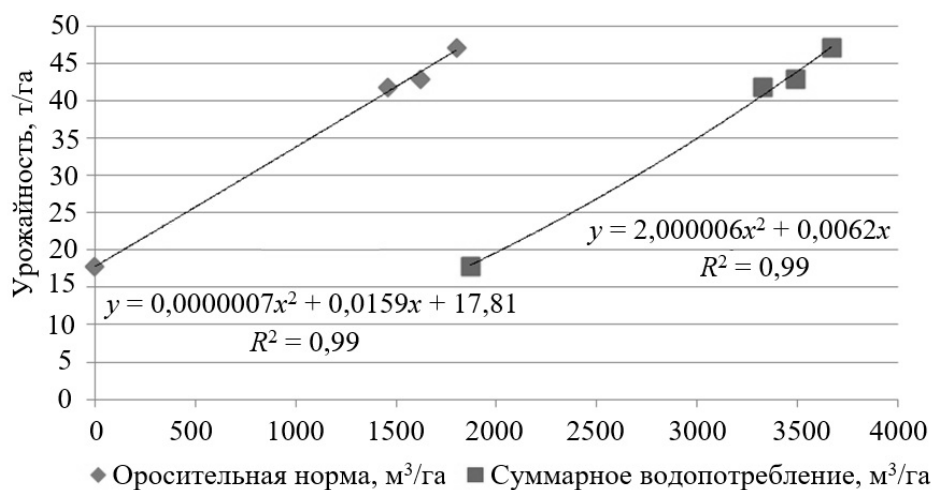
В вариантах опыта, где поддерживался нижний предполивной порог влажности на уровне 70–80–70 % НВ, потребовалось провести 15 поливов оросительной нормой 1460 м<sup>3</sup>/га. Для поддержания предполивного порога влажности на уровне 70–80–80 % НВ было проведено 17 поливов оросительной нормой 1620 м<sup>3</sup>/га. Поддержание предполивного порога влажности на уровне 70–90–80 % НВ обеспечивалось проведением 36 поливов оросительной нормой 1800 м<sup>3</sup>/га (таблица 2).

Наименьшее значение суммарного водопотребления моркови при орошении 3330 м<sup>3</sup>/га отмечено в варианте с поддержанием предполивного порога влажности почвы 70–80–70 % НВ. Наибольший расход влаги растениями моркови 3670 м<sup>3</sup>/га наблюдался в варианте 70–90–80 % НВ. Наиболее высокий коэффициент водопотребления 105,1 м<sup>3</sup>/т отмечен в варианте без орошения, а наименьший в варианте 70–90–80 % НВ.

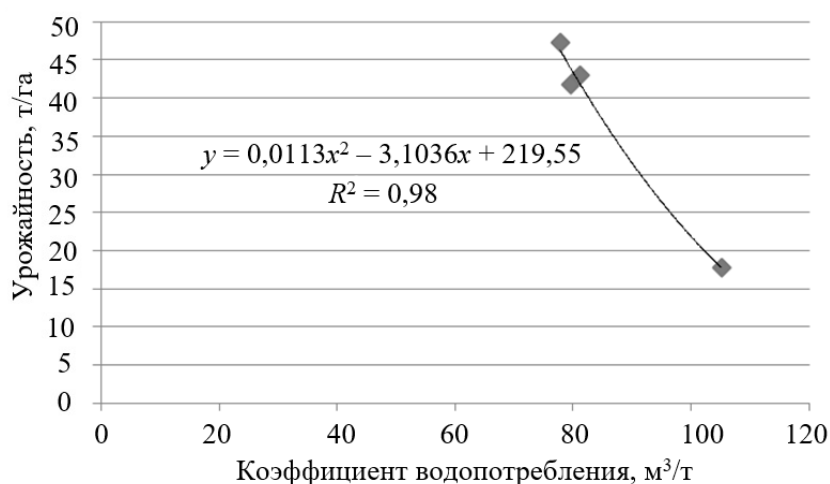
**Таблица 2 – Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления моркови**

Вариант опыта	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Осадки, м <sup>3</sup> /га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т
70–80–80 % НВ	1620	1870	3490	43,0	81,2
70–90–80 % НВ	1800	1870	3670	47,2	77,8
70–80–70 % НВ	1460	1870	3330	41,8	79,6
Без орошения (контроль)	0	1870	1870	17,8	105,1

Зависимость между суммарным водопотреблением, оросительной нормой, коэффициентом водопотребления и урожайностью моркови отражена на рисунках 1, 2.



**Рисунок 1 – Влияние оросительной нормы и суммарного водопотребления на урожайность моркови**



**Рисунок 2 – Зависимость между коэффициентом водопотребления и урожайностью моркови**

**Выводы.** Применение различных вариантов дифференцированного орошения при возделывании моркови с использованием капельного способа полива позволяет повысить урожайность данной культуры почти в 2,5 раза. При различных вариантах дифференцированного орошения урожайность изменяется от 41,8 до 47,2 т/га, коэффициент водопотребления при этом снижается на 23,9–27,3 м<sup>3</sup>/т.

#### **Список источников**

1. Рекомендации по технологии возделывания моркови на орошаемых землях Ростовской области / Р. С. Масный, С. М. Васильев, А. Н. Бабичев, И. В. Гурина, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко, А. А. Бабенко. Новочеркасск, 2021. 14 с.

2. Рубацкий В. Е., Кирос К. Ф., Сеймон Ф. В. Морковь и другие овощные культуры семейства зонтичных. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. 388 с.

3. Бабичев А. Н. Урожайность и водопотребление столовых корнеплодов в условиях Ростовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. по материалам круглого стола и науч.-практ. семинара / ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2007. Вып. 37. С. 124–127.

4. Бабичев А. Н., Гурина И. В. Орошение моркови: проблемы и перспективы // Мелиорация и гидротехника = Land Reclamation and Hydraulic Engineering [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 3. С. 123–139. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1218> (дата обращения: 18.09.2021). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-123-139.

5. Бабичев А. Н., Монастырский В. А., Ольгаренко В. Иг. Способ совершенствования элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 4(72). С. 48–53.

6. Бабичев А. Н., Васильев С. М. Ресурсосберегающие режимы орошения сельскохозяйственных культур в условиях аридной зоны юга России // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 2(82). С. 5–10.

7. Штанько А. С., Шкура В. Н. Методика определения геометрических параметров зоны увлажнения почвенного пространства при капельном поливе // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 3(71). С. 196–202.

8. Безопасные системы и технологии капельного орошения: науч. обзор / Г. Т. Балакай, Л. А. Воеводина, А. Н. Бабичев, В. А. Кулыгин, Н. И. Балакай, М. В. Евтухов, Д. Б. Латария, Ю. Ф. Снопич, Т. А. Погоров, Д. В. Сухарев, Е. А. Бабичева, Н. И. Тупикин, Е. А. Кропина. М.: Мелиоводинформ, 2010. 52 с.

9. Щедрин В. Н., Бабичев А. Н. Перспективы использования современных оросительных технологий в условиях маловодности // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 1(81). С. 104–110.

10. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова, Г. И. Табала; под ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 137 с.

11. Агроклиматические ресурсы Ростовской области: справочник. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 251 с.

12. Монастырский В. А., Бабичев А. Н., Ольгаренко В. Иг. Алгоритм расчета доз удобрений в прецизионном земледелии // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 1(33). С. 26–38. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=985> (дата обращения: 18.09.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-26-38.

13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 4-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.

#### **Информация об авторах**

**А. Н. Бабичев** – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук;

**А. А. Рубцов** – руководитель, кандидат сельскохозяйственных наук;

**А. А. Бабенко** – младший научный сотрудник.

***Information about the authors***

**A. N. Babichev** – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences;

**A. A. Rubtsov** – Director, Candidate of Agricultural Sciences;

**A. A. Babenko** – Junior Researcher.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 06.10.2021; одобрена после рецензирования 22.10.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 06.10.2021; approved after reviewing 22.10.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 626.86

### Совершенствование мелиоративных систем на примере Узаклинской осушительной системы

**Антон Леонидович Кожанов**

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

**Аннотация.** Целью исследований являлось изучение Узаклинской осушительной системы, подготовка предложений по совершенствованию и разработка конструктивного решения модульной осушительно-увлажнительной системы. Объектом-представителем выбрана Узаклинская осушительная система, расположенная в Новосибирской области в центре Барабинской низменности. Для разработки положений по совершенствованию данной системы был выбран типовой участок № 1. Основными направлениями совершенствования приняты следующие: устройство модульной системы с закрытым дренажем двойного действия для отвода стока и подачи воды на увлажнение, устройство регулирующей емкости для целей увлажнения и дополнительной регулирующей емкости, аккумулирующей избыточный объем дренажного стока, что позволило ввести в севооборот овощные и кормовые культуры. На основании предложенных направлений совершенствования разработана модульная восьмипольная осушительно-увлажнительная система площадью 472 га, позволяющая наиболее эффективно использовать дренажный сток с осушаемого массива, применять систему дождевания с использованием шлангобарабанных дождевальными машин и передвижных насосных станций для подачи воды в засушливые периоды с целью увлажнения сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** совершенствование, конструктивное решение, модуль, Узаклинская осушительная система, осушительно-увлажнительная система, регулирующая емкость

\*\*\*\*\*

### Improvement of reclamation systems by the example of Uzaklinskaya drainage system

**Anton L. Kozhanov**

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

**Abstract.** The aim of the research was to study the Uzaklinskaya drainage system, to prepare proposals for its improving and to develop a constructive solution for a modular complex irrigation system. The representative object is the Uzaklinskaya drainage system located in Novosibirsk region in the center of the Barabinsk lowland. To develop provisions for improving this system, a typical section no. 1 was chosen. The main directions of improvement were the following: modular system device with a close drainage of double action for drainage flow and water supply for humidification, device of a regulating storage for humidification purposes and an additional regulating storage accumulating an excess volume of drainage flow, which made it possible to introduce vegetable and fodder crops into the crop rotation. On the basis of the proposed improvement directions, a 472 hectares modular eight-field complex irrigation system has been developed, which allows the most efficient use of drainage flow from a drained massif, the use of sprinkler system with hose-reel sprinkling machines and mobile pumping stations to supply water during dry periods to moisten agricultural crops.

**Keywords:** improvement, constructive solution, module, Uzaklinskaya drainage system, complex irrigation system, regulating storage

**Введение.** Резолюция VI Межрегионального Барабо-Кулундинского эколого-мелиоративного форума 12–14 июля 2017 г. постановляет, что одними из ключевых предложений Министерству сельского хозяйства Российской Федерации являются [1]:

- поддержание инициативы развития агропромышленного комплекса: «Тысяча семей с наделом земли в 1000 га на одну семью на Барабинской низменности»;
- поддержание инициативы создания инженерной инфраструктуры для осушения земель на площади 1 млн га в границах Новосибирской области с созданием кластера производства сельскохозяйственной продукции на экспорт.

Несмотря на то, что территория Западной Сибири относится к гумидной зоне, на данной площади одновременно с осушением имеется потребность и в увлажнении, когда наблюдается дефицит осадков в вегетационный период. По этой причине целесообразно восстановление, реконструкция или строительство осушительно-увлажнительных систем [2, 3].

В настоящее время на большом количестве осушительно-увлажнительных систем в периоды засух при поддержании влажности почвы шлюзованием за счет поднятия уровня грунтовых вод не достигается нужных уровней из-за нехватки грунтовых вод, но, несмотря на этот факт, весенний сток отводится за пределы осушаемой территории. Все это говорит о необходимости применения и разработки (отвечающих современным условиям) осушительно-увлажнительных систем с повторным использованием дренажного стока в летние периоды, когда наблюдается нехватка почвенной влаги осушенного массива [3, 4].

Так, при создании современных мелиоративных систем необходимо ориентироваться: на снижение непроизводительного сброса водных ресурсов [2, 5]; использование регулирующих емкостей, оказывающих также положительное воздействие на выращивание сельскохозяйственных культур за счет прогрева воды, используемой для увлажнения в составе осушительно-увлажнительных систем [6, 7]; применение принципа блочно-модульной компоновки [3]; использование местного стока без забора дополнительной воды [8].

**Материалы и методы.** В ходе анализа систем применялись аналитический, сравнительный и логический методы. При разработке (совершенствовании) конструктивного решения использовался метод конструирования.

Объектом-представителем выбрана Узаклинская осушительная система Новосибирской области. Узаклинская осушительная система была запроектирована на землях Булатовского, Комсомольского и Куйбышевского совхозов Куйбышевского района Новосибирской области в бассейне р. Узакла, левого притока р. Омь. Куйбышевский район находится в западной части Новосибирской области в центре Барабинской низменности на границе южной тайги и лесостепи, при этом водоразделы имеют следы прогрессивного заболачивания.

Согласно плану типового участка № 1, была составлена его схема, приведенная на рисунке 1.

Типовой участок № 1 включает три поля. Между полями IV и V проходит открытый осушительный канал 1-3Д, открытые коллекторы расположены перпендикулярно данному каналу, коллекторы поля VI отводят дренажный сток в открытый осушитель 1-2Д и далее в проводящий канал 1-ГД и магистральный канал ГД. Сверху огражден нагорным каналом.

**Результаты и обсуждения.** Основные направления совершенствования Узаклинской осушительной системы:

- устройство модульной осушительно-увлажнительной системы;
- устройство регулирующей сети в виде закрытого пластмассового (полимерного) дренажа взамен открытого щелевого;
- устройство закрытых совмещенных герметичных коллекторов второго порядка

(неперфорированных) для использования их как для отвода дренажного стока, так и для подачи воды к дождевальным машинам из полимерных труб;

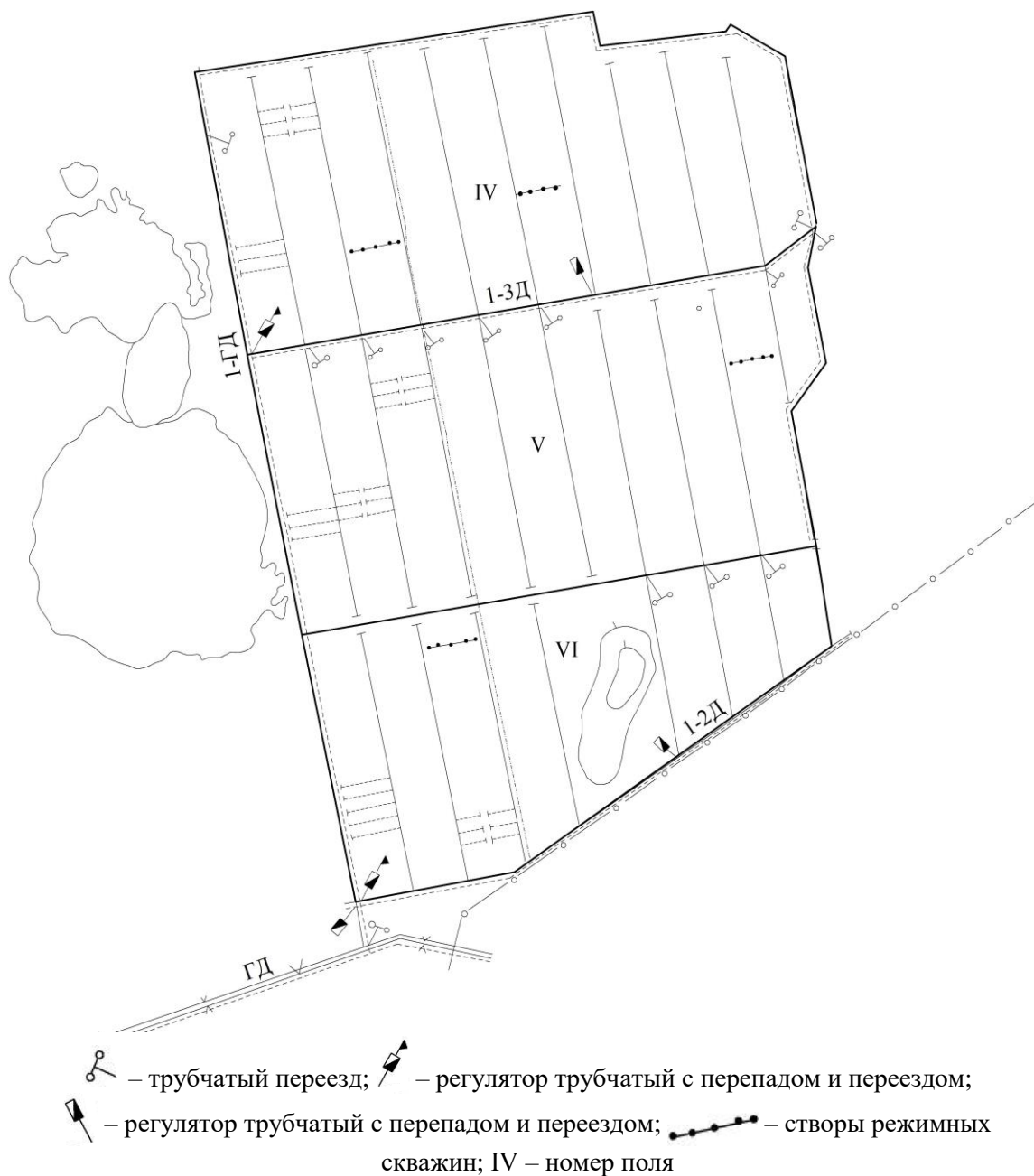
- устройство закрытых совмещенных коллекторов первого порядка из полимерных труб;

- устройство увлажнения дождеванием с применением дождевальных машин барабанного типа;

- устройство регулирующей емкости по центру модуля для целей увлажнения;

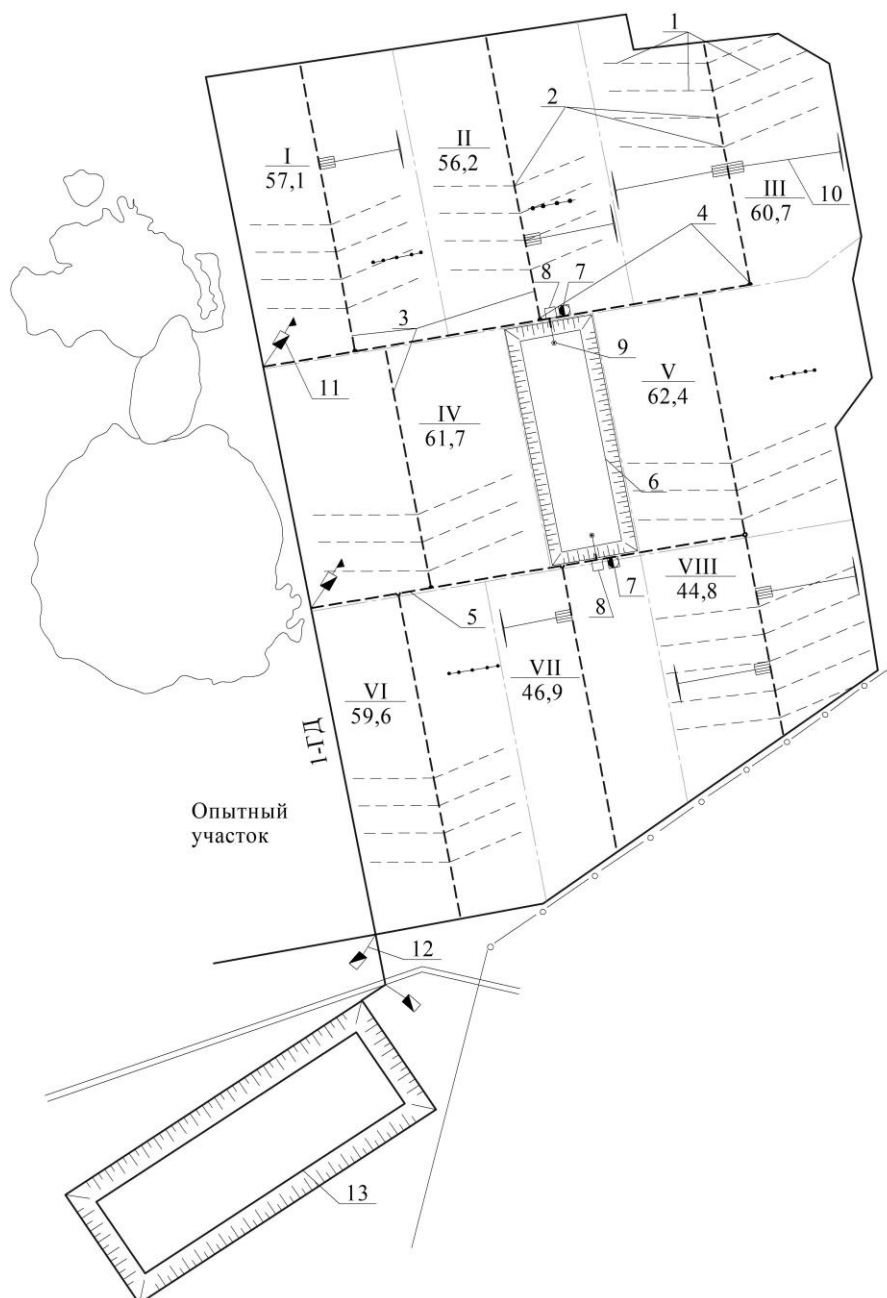
- устройство дополнительной регулирующей емкости, аккумулирующей избыточный объем дренажного стока, поступающего с проводящей сети осушаемого участка и с нагорного канала, для целей пожаротушения и др.;

- введение в сельхозоборот кормовых и овощных культур.



**Рисунок 1 – Схема типового участка № 1 Узаклинской осушительной системы**

В связи с приведенными основными направлениями совершенствования предложено конструктивное решение модульной восьмипольной осушительно-увлажнительной системы, приведенное на рисунке 2.



1 – дрены; 2 – устья дрен с обратными клапанами; 3 – коллекторы второго порядка; 4 – устья коллекторов с регуляторами; 5 – коллекторы первого порядка; 6 – увлажнительная регулирующая емкость; 7 – передвижная насосная станция; 8 – очистные сооружения; 9 – водовыпуск; 10 – шлангобарabanная дождевальная машина; 11 – регулятор трубчатый с перепадом и переездом; 12 – регулятор трубчатый с переездом; 13 – дополнительная регулирующая емкость; 1-ГД – проводящий осушительный канал

### Рисунок 2 – Конструктивное решение осушительно-увлажнительной системы

Конструкция включает закрытый горизонтальный дренаж, выполненный по поперечной схеме из полимерных перфорированных труб, закрытые совмещенные коллекторы второго и первого порядка из полимерных труб, дождевальные машины, регулирующие емкости.

В состав модуля входят восемь полей площадью брутто 57,7; 56,2; 60,7; 61,7; 62,4; 59,6; 46,9; 44,8 га, расположение которых приведено на конструктивной схеме, общая площадь брутто системы – 472 га. Дренажный сток с полей I–III поступает по вышерасположенному совмещенному коллектору первого порядка в регулирующую

емкость через очистные сооружения, а с полей IV–VIII по нижерасположенному совмещенному коллектору первого порядка в регулируемую емкость также через очистные сооружения. Подача воды на увлажнение производится по тем же совмещенным коллекторам передвижными насосными станциями. Избыток дренажного стока сбрасывается в дополнительную регулируемую емкость по каналу 1-ГД с применением передвижных насосных станций при закрытых задвижках коллекторов второго порядка.

В принятой схеме модульной осушительно-увлажнительной системы коллекторы второго порядка располагаем по центру полей, при этом длина дрен находится в пределах 255–390 м, длина коллекторов – 650–1050 м. Общая протяженность составляет: коллекторов второго порядка около 6985 м, первого порядка – 2980 м. Коллекторы первого порядка в устьевом сооружении снабжаются регуляторами с задвижками, применяемыми при регулировании подачи воды на увлажнение к дождевальным машинам и отводе избытков дренажного стока из регулирующей емкости. Коллекторы первого порядка в устьевом сооружении снабжаются регуляторами с перепадом при сопряжении с существующим открытым осушителем 1-ГД.

Способом увлажнения выбрано дождевание с подачей воды передвижной насосной станцией из регулирующей емкости по напорному совмещенному коллектору (трубопроводу) к шлангобарабанным дождевальным машинам, подключаемым к напорным гидрантам. При этом регулирование потоков воды производится маневрированием задвижками на совмещенных коллекторах. Расположение гидрантов на напорной сети зависит от применяемых дождевальных машин и может составлять от 30 до 130 м. Количество гидрантов при этом будет находиться в интервале 53–234, в связи с чем рекомендуются дождевальные машины шлангобарабанного типа с шириной полосы орошения до 130 м, что даст экономию гидрантов в 4,5 раза.

Предложенная модульная осушительно-увлажнительная система предполагает размещение севооборотного участка в виде модуля, который снабжен регулирующей емкостью по центру, занимающей не более 5 % площади, с объемом, необходимым для увлажнения выращиваемых культур в засушливый период вегетации, для сбора, аккумуляции и перераспределения водных ресурсов. Размер регулирующей емкости представлен площадью 22 га (800 × 275 м). Объем стока, который может аккумулировать данная регулирующая емкость, составляет 550 тыс. м<sup>3</sup> при глубине воды 2,5 м. Данного объема достаточно для увлажнения 458 га при оросительной норме сельскохозяйственных культур 1200 м<sup>3</sup>/га. При этом общая площадь брутто полей составляет 449,4 га, при коэффициенте земельного использования 0,93 увлажняемая площадь составит 418 га, оросительная норма составит уже 1300 м<sup>3</sup>/га.

Конструкция модульной осушительно-увлажнительной системы предполагает наличие дополнительной регулирующей емкости, расположенной ниже мелиорируемой площади, она может использоваться для аккумуляции избыточного объема дренажного стока, поступающего по коллекторам первого порядка через открытый осушитель 1-ГД из нагорного канала при весеннем паводке и после наполнения регулирующей емкости, применяемой для увлажнения. Накопленный дополнительный объем дренажного стока применяется для целей пожаротушения осушенных торфяников, рыбо-разведения. Параметры данной регулирующей емкости будут определяться дальнейшим направлением использования. На болотах со средней мощностью торфяной залежи в неосушенном состоянии более 0,5 м, где эта площадь представлена единым массивом 400 га (согласно проекту), предполагаются противопожарные мероприятия. Объем регулирующей емкости для целей пожаротушения составит 120 тыс. м<sup>3</sup> (220 × 220 м, глубина воды – 2,5 м).

Наполнение дополнительной регулирующей емкости может также производиться дренажным стоком, поступающим с вышерасположенной осушаемой территории по магистральному осушительному каналу (ГД).

**Выводы.** Предложенное конструктивное решение модульной осушительно-увлажнительной системы на примере Узаклинской осушительной системы позволяет: наиболее эффективно использовать дренажный сток с осушаемого массива, применить систему дождевания с использованием шлангобарабанных дождевальными машин и передвижных насосных станций для подачи воды в засушливые периоды на овощные и другие пригодные для увлажнения севообороты, обеспечить двустороннее регулирование водного режима почв за счет местного стока, а также неиспользованный транзитный дренажный сток накапливать в дополнительной регулирующей емкости и использовать для рыбозаведения и пожаротушения.

#### Список источников

1. Соболев А. К. Резолюция VI межрегионального Барабо-Кулундинского эколого-мелиоративного форума 12–14 июля 2017 г. [Электронный ресурс]. URL: [https://informraduga.ru/sites/all/files/news2/20171010\\_Resolution.pdf](https://informraduga.ru/sites/all/files/news2/20171010_Resolution.pdf) (дата обращения: 01.10.2021).
2. Кожанов А. Л. Конструктивные схемы энергосберегающих осушительных систем двойного регулирования водного режима // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 1(73). С. 27–34.
3. Васильев С. М., Кожанов А. Л. Моделирование процесса проектирования элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2019. № 1. С. 113–128. URL: [http://www.rosniipm-sm1.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb4-rec16-field12.pdf](http://www.rosniipm-sm1.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec16-field12.pdf) (дата обращения: 17.03.2021).
4. Возможности реализации рециклинга на осушительно-увлажнительных системах гумидной зоны / В. П. Максименко, Е. Б. Стрельбицкая, А. П. Соломина, Н. В. Айриян // Природообустройство. 2016. № 2. С. 87–94.
5. Кожанов А. Л., Воеводин О. В. К вопросу разработки энергоэффективных оросительных систем нового поколения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. № 3(59). С. 62–65.
6. Оросительная система: пат. 2324332 Рос. Федерация: МПК<sup>6</sup> А 01 G 25/00 / Щедрин В. Н., Салдаев А. М., Васильев С. М., Бородычев В. В., Кожанов А. Л.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2006134366/12; заявл. 27.09.06; опубл. 20.05.08, Бюл. № 14. 3 с.
7. Оросительная система с использованием прудов-накопителей: пат. 2353088 Рос. Федерация: МПК<sup>6</sup> А 01 G 25/00 / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Швайко Г. Н., Кожанов А. Л.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2007124078/12; заявл. 26.06.07; опубл. 27.04.09, Бюл. № 12. 3 с.
8. Использование местного стока для орошения земель сельскохозяйственного назначения: науч. обзор / Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев, А. С. Капустян, Ю. Ф. Снопич, А. С. Штанько, А. Л. Кожанов, В. А. Кулыгин, Д. В. Ермак, И. В. Клишин; ФГНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2011. 172 с. Деп. в ВИНТИ 23.05.11, № 243-B2011.

#### Информация об авторе

**А. Л. Кожанов** – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук.

#### Information about the author

**A. L. Kozhanov** – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences.

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

*The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 29.10.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 29.10.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 631.674.6:633.34

**Влияние фронта увлажнения микроорошением  
на всхожесть семян сои в экстремальных условиях**

**Евгений Владимирович Кузнецов, Анас Алматар, Марва Хасан**

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар,  
Российская Федерация

**Аннотация.** Целью статьи является исследование влияния способов микроорошения на всхожесть семян сои на почвах рисовых полей в пожнивных посевах в экстремальных условиях при отсутствии осадков и дневных температурах воздуха 45 °С. Посев семян сои выполнялся во второй декаде июля после уборки озимых. Сравнивались между собой два способа микроорошения – внутрипочвенное и капельное орошение. Установлено, что при внутрипочвенном орошении всхожесть семян сои составила 82 %, а при капельном поливе – 48 %. Основной причиной различий во всхожести семян является разный фронт распространения влаги по контурам увлажнения. При внутрипочвенном орошении влажность после полива на 5-е сутки в почве составила 33,1 %, при капельном орошении 26,4 %, влажность определялась на глубине почвы 0,2 м и расстоянии от растений сои 0,1 м. При внутрипочвенном орошении средняя скорость фронта увлажнения составила  $7,18 \cdot 10^{-6}$  м/с, а при капельном орошении –  $5,76 \cdot 10^{-6}$  м/с. При внутрипочвенном орошении средняя скорость подачи влаги к растениям выше на 24,6 %, чем при капельном орошении.

**Ключевые слова:** капельное орошение, внутрипочвенное орошение, лизиметр, контур увлажнения, движение влаги, почва, соя

\*\*\*\*\*

**Influence of wetting front on the soybeans  
germination by microirrigation under extreme conditions**

**Yevgeniy V. Kuznetsov, Anas Almatar, Marwa Hasan**

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

**Abstract.** The aim of the article is to study the influence of micro-irrigation on germinating ability of soybeans on rice field soils in stubble crops under extreme conditions in the absence of precipitation and daytime air temperatures of 45 °C. Sowing of soybean seeds was performed in the second decade of July after harvesting winter crops. Two methods of microirrigation – subsurface and drip irrigation – were compared. It was found that the germination of soybeans was 82 % by subsurface irrigation, and 48 % by drip irrigation. The main reason for the differences in seed germination is the different moisture propagation front along the moisture contours. By subsurface irrigation, the moisture content after irrigation on the 5th day was 33.1 % in the soil, with drip irrigation – 26.4 %, the moisture content was determined at a soil depth of 0.2 m and a distance from soybean plants of 0.1 m. The velocity of the wetting front was  $7.18 \cdot 10^{-6}$  m/s, and with drip irrigation –  $5.76 \cdot 10^{-6}$  m/s. With subsurface irrigation, the average rate of moisture supply to plants is 24.6 % higher than by drip irrigation.

**Keywords:** drip irrigation, subsurface irrigation, lysimeter, moisture contour, moisture flow, soil, soy

**Введение.** Для поддержания нужного уровня влажности почвы в корневой зоне, создания условий для получения всходов и хорошего роста растений применяют современные способы орошения – внутрипочвенное (ВПО) и капельное орошение (КО). Вода движется вниз по вертикали и в стороны по горизонтали от источника. Это движение воды вниз и в стороны формирует увлажненную зону, в которой развивается основная корневая масса растения [1]. Зона увлажнения имеет практическое значение,

поскольку представляет собой количество почвенной воды, хранящейся в корневой зоне. Ее глубина и ширина должны быть больше, чем глубина укоренения и ширина корневой системы растения. Следовательно, объем и структура увлажненной почвы становятся целью, а не результатом процесса проектирования системы орошения [1, 2]. Размер и форма увлажняемого участка во многом зависят от нормы полива, типа почвы и способов орошения [3–6].

Для получения высокой урожайности при минимальных затратах поливной воды необходимо создавать благоприятные условия в почве для растений, обеспечивающие повышение эффективности полива культур. Эти требования удовлетворяются за счет использования современных способов орошения – КО и ВПО, которые имеют ряд преимуществ перед другими способами орошения [2–4], и в особенности при получении второго урожая в год в пожнивных посевах.

При дефиците воды ведущая роль будет принадлежать системам КО и ВПО, которые наиболее эффективны и экономичны по сравнению с дождеванием и, следовательно, имеют большие перспективы широкого распространения во всех странах мира [6, 7]. Однако возможности КО и ВПО реализуются не полностью в связи с недостаточной изученностью теории и практики, поэтому возникает необходимость в научном и обоснованном подходе к технологии КО и ВПО, где важное место занимают научные вопросы распространения влаги в экстремальных условиях.

В связи с этим целью статьи является исследование влияния способов микроорошения на всхожесть семян сои на почвах рисовых полей в пожнивных посевах в экстремальных условиях при отсутствии осадков и дневных температурах воздуха 45 °С.

**Материалы и методы.** Для изучения фронта увлажнения, влияющего на распределение влаги, были подготовлены четыре лизиметра размером 1,25 × 2,7 × 0,7 м в ботаническом саду КубГАУ. Почва была изолирована от внешней среды, дно и стенки лизиметра были изготовлены из водонепроницаемого бетона.

Соя сорта Арлета выращивается в рисовом севообороте. Поэтому для достоверности опытов почва лугово-черноземная была доставлена с рисового поля из пахотного горизонта. Плотность почвы была приближена к естественному значению – 1,25 т/м<sup>3</sup>. По механическому составу относится к тяжелосуглинистым почвам. В пахотном горизонте определялось содержание гумуса, аммония, подвижного фосфора и обменного калия. Наименьшая влагоемкость почвы составляет 27,4 %.

Основные характеристики почвы представлены в таблице 1.

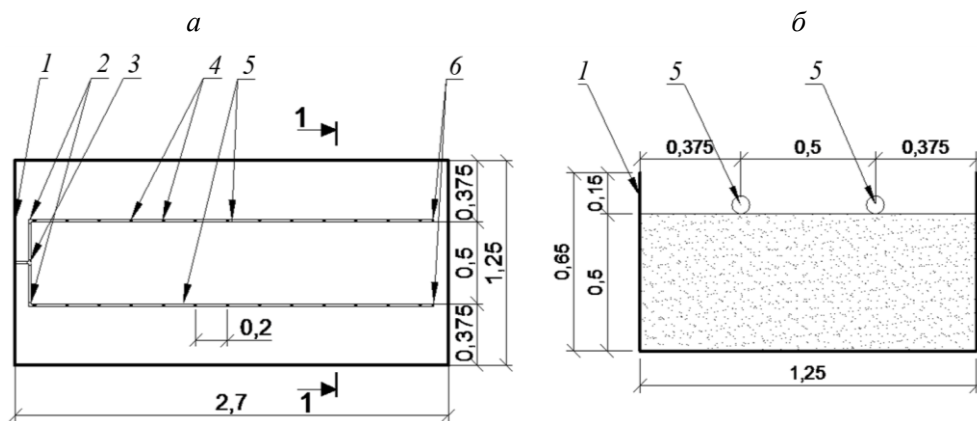
**Таблица 1 – Основные характеристики опытной почвы**

Горизонт почвы, см	Содержание гумуса, %	Содержание подвижных форм, мг/100 г			Плотность почвы, т/м <sup>3</sup>	рН
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
0–20	3,28	0,81	4,07	34,7	1,20	6,5–7,5
20–50	4,56	0,72	4,23	28,4	1,34	6,5–7,5

В июле 2021 г. было посеяно 17 семян/пог. м, по два ряда семян сои в каждый лизиметр с расстоянием между рядами 0,5 м, на глубину 0,05 м от поверхности почвы в двух вариантах и двух повторностях. Опыт выполнялся при ВПО и КО.

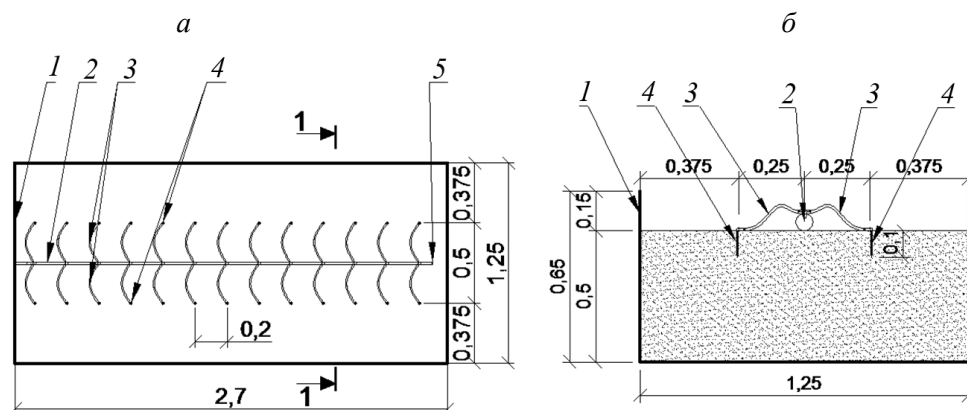
При КО прокладывались две поливные трубы диаметром 16 мм и размещались на поверхности почвы через 0,5 м с расстоянием от каждого ряда сои 0,1 м. Расход капельниц 4 л/ч. Расстояние между капельницами составляло 0,2 м (рисунок 1).

Также была подготовлена система ВПО в остальных двух лизиметрах, где труба диаметром 16 мм помещалась на поверхность земли и соединялась с трубкой диаметром 5 мм, которая, в свою очередь, соединяется с капельницами Г-образными с расходом 4 л/ч, они размещены на глубине 0,1 м, расстояние между ними 0,2 м (рисунок 2).



*a* – лизиметр; *б* – поперечный разрез; 1 – стенка лизиметра; 2 – уголок 90° 16 мм; 3 – тройник пластиковый 16 мм; 4 – капельницы; 5 – труба 16 мм; 6 – заглушка трубки 16 мм

**Рисунок 1 – Лизиметр с капельным орошением**



*a* – лизиметр; *б* – поперечный разрез; 1 – стенка лизиметра; 2 – труба 16 мм; 3 – капельная трубка диаметром 5 мм; 4 – капельницы Г-образные (0,1 м); 5 – заглушка трубки 16 мм

**Рисунок 2 – Лизиметр с внутрпочвенным орошением**

Посев бобов сои проводился в экстремальных условиях, при отсутствии дождя и максимальной температуре воздуха 45 °С. Осадков с момента посева сои не наблюдалось более 12 сут. Среднесуточная температура и относительная влажность воздуха в июле составляли 27 °С и 59 % соответственно. При поливах системой КО и ВПО обеспечивалось поддержание уровня влажности в пределах 80–85 % НВ в слое почвы 0,5 м.

Измерительные приборы и оборудование – мерный тарированный сосуд, образцовый секундомер и влагомер ВИМС-1У.

В лизиметре моделировали полевые условия, подавали воду при КО и ВПО. Для исследования размеров контуров увлажнения щуп прибора ВИМС-1У погружался в почву, где измерялась влажность почвогрунта через 0,1 м по вертикали, горизонтали и по ширине лизиметра. Межполивной период составлял 5 дней. За вегетацию было проведено 25 поливов по 133 м<sup>3</sup>/га (оросительная норма при ВПО и КО была равна 3325 м<sup>3</sup>/га). Каждый эксперимент длился 5 дней. Влажность измерялась в почвогрунте сразу после окончания полива, через 12 ч, 1, 3, 5 сут. Каждое измерение проводилось в 5-кратной повторности, погрешность опыта не превышала 3 %.

Запасы влаги в слое почвы определенной мощности определяли по формуле:

$$ЗВ = 0,1Wd_vH,$$

где ЗВ – запас влаги в определенном слое почвы, мм;

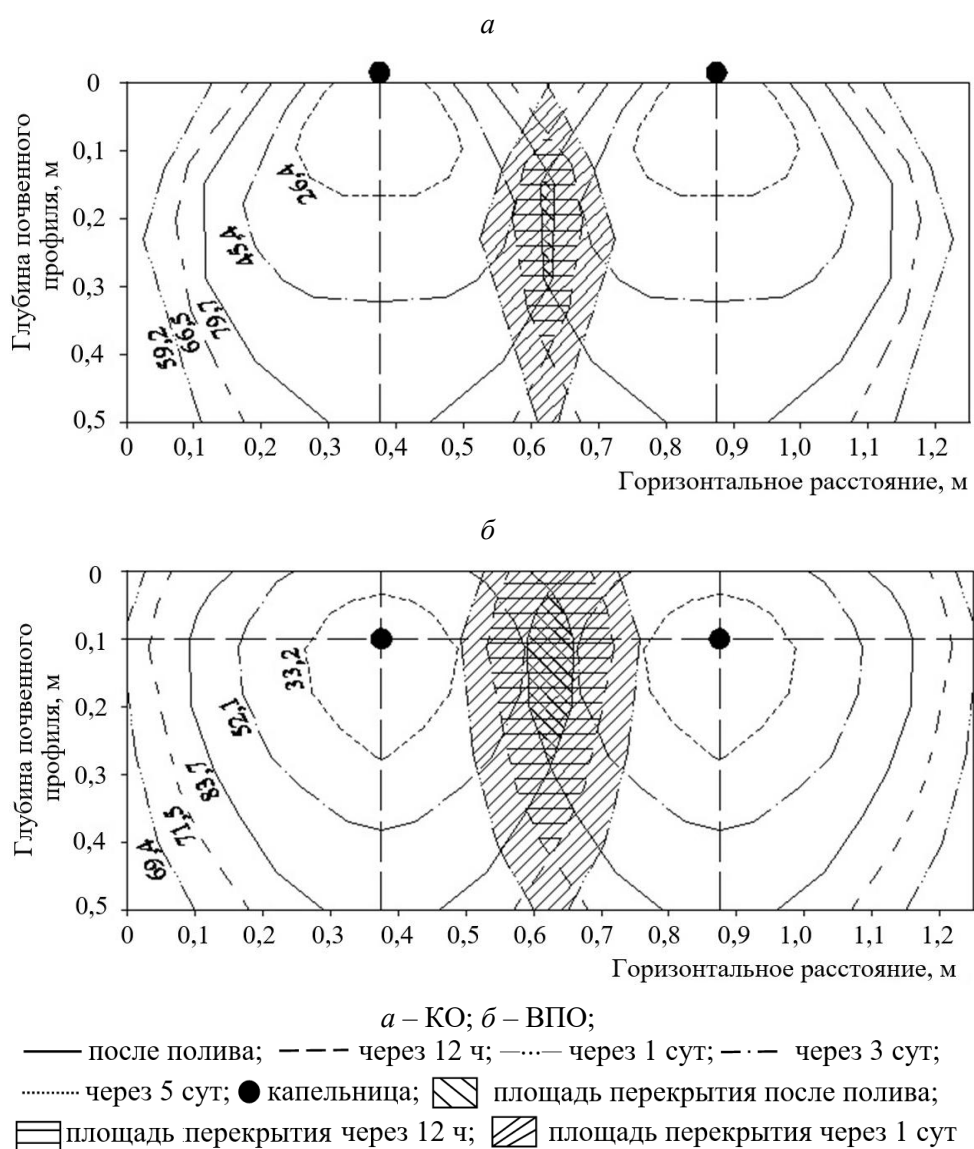
W – влажность почвы, %;

$d_v$  – плотность почвы, т/м<sup>3</sup> ( $d_v = 1,27$  т/м<sup>3</sup>);

$H$  – мощность горизонта или слоя почвы, см ( $H = 50$  см).

**Результаты и обсуждения.** В каждом лизиметре было посеяно по 85 семян сои в почву с рисового поля. В лизиметрах при КО всхожесть семян составила 48 %, а при ВПО – 82 %. Всхожесть семян в лизиметрах при ВПО намного выше всхожести семян при КО (в 1,7 раза), что можно объяснить высокой температурой воздуха и испаряемостью с поверхности почвы. При КО поливная вода не успевает достичь полностью корневой системы растений [8–10].

Из анализа полученных данных о фронте распространения влаги (рисунок 3) видно, что средняя скорость фронта увлажнения при ВПО составила  $7,18 \cdot 10^{-6}$  м/с, а при КО –  $5,76 \cdot 10^{-6}$  м/с. При ВПО средняя скорость подачи влаги к растениям выше на 24,6 %, чем при КО.

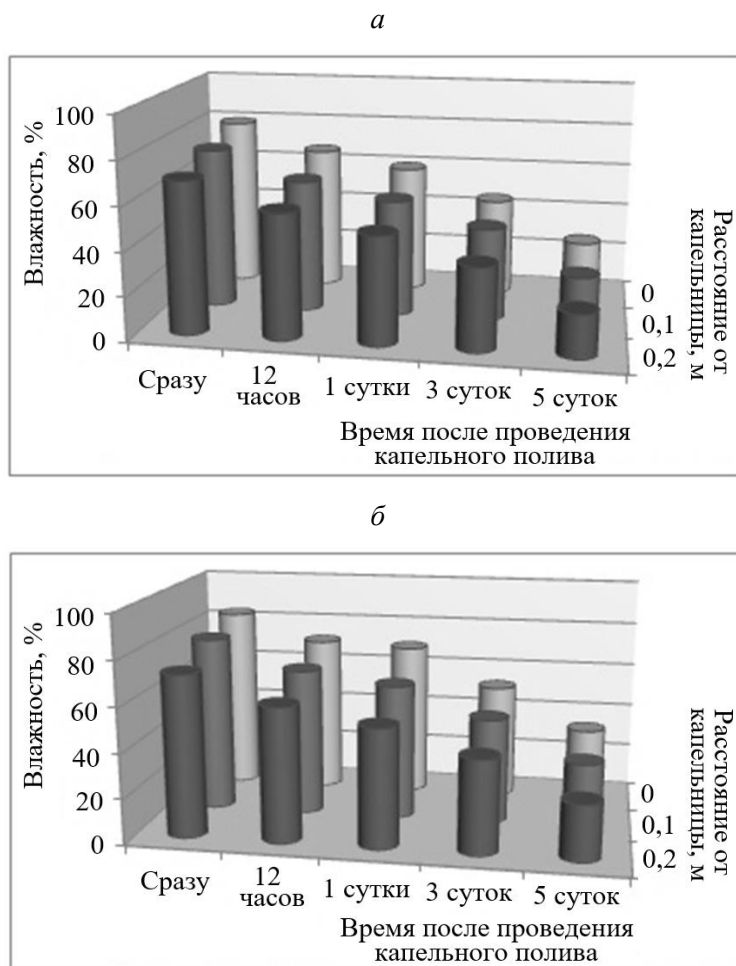


**Рисунок 3 – Изменение влаги в почве при капельном и внутрисочвенном орошении**

Таким образом, доля площади перекрытия контуров увлажнения от общей площади лизиметра при КО сразу после проведения полива составляет 0,44 %, при ВПО она достигает 1,96 %. Через 12 ч и 1 сут после окончания полива высота и ширина контура увлажнения увеличиваются, а доля площади перекрытия контуров увлажнения от

общей площади лизиметра при КО достигает 3,43 и 9,07 % соответственно, при ВПО 8,58 и 16,15 % соответственно. По прошествии 3 и 5 сут высота и ширина контура увлажнения уменьшились и площадь перекрытия контуров увлажнения отсутствовала (рисунок 3).

На опытном участке определена влажность почвы при капельном и внутрипочвенном поливе на глубине 0,2 м и на расстоянии 0; 0,1; 0,2 м от оси увлажнителя сразу после полива, через 12 ч, 1, 3 и 5 сут после его проведения (рисунок 4).



а – КО; б – ВПО

**Рисунок 4 – Распределение влаги в почве при капельном и внутрипочвенном орошении**

По данным рисунка 4а, при КО влажность почвы под капельницей изменялась в зависимости от времени после проведения полива и составила 79,3; 66,8; 59,5; 45,3 и 26,4 % НВ сразу после полива, через 12 ч, 1, 3 и 5 сут соответственно. При удалении от оси увлажнителя на 0; 0,1; 0,2 м влажность почвы сразу после полива достигала 79,3; 74,3 и 69,8 % НВ соответственно.

По данным рисунка 4б, влажность почвы при ВПО под капельницей составляет 83,5; 71,4; 69,7; 52,1 и 33,1 % НВ сразу после полива, через 12 ч, 1, 3 и 5 сут соответственно. Влажность почвы сразу после полива достигала 83,5; 79,1 и 72,5 % НВ на расстоянии от оси увлажнителя 0; 0,1; 0,2 м соответственно.

При КО и ВПО для средней влажности почвы через 5 сут после полива 23,0 и 29,23 % соответственно запас влаги составляет 146,05 и 185,63 мм соответственно. Это свидетельствует о том, что при ВПО запас влаги в почве сохраняется дольше и он выше на 27,1 %, чем при КО.

**Выводы**

1 После посева семян сои в почву с рисового поля пожнивно в экстремальных условиях при отсутствии осадков и дневных температурах 45 °С установлено: всхожесть семян сои при ВПО составила 82 %, при КО – 48 %.

2 Получено, что средняя скорость фронта увлажнения при ВПО –  $7,18 \cdot 10^{-6}$  м/с, а при КО –  $5,76 \cdot 10^{-6}$  м/с. Таким образом, средняя скорость подачи влаги к растениям при ВПО выше на 24,6 %, чем при КО.

3 Доля площади перекрытия контуров увлажнения от общей площади лизиметра при ВПО достигает 1,96; 8,58 и 16,15 % сразу после проведения полива и через 12 ч и 1 сут соответственно. Для КО исследуемые параметры составляют 0,44; 3,43 и 9,07 % соответственно.

4 Установлено, что увлажненная площадь почвы увеличивается в течение первых суток после проведения полива, затем наблюдается уменьшение ее размеров как для ВПО, так и для КО.

5 Получено, что запас влаги в почве через 5 сут после полива при ВПО равен 185,63 мм, а при КО – 146,05 мм. Таким образом, запас влаги в почве при ВПО сохраняется дольше и он выше на 27,1 %, чем при КО.

**Список источников**

1. Ajai Singh. An Introduction to Drip Irrigation Systems. New Delhi: New Delhi Publishers, 2012. 228 p.

2. Влияние мульчирования как агротехнического приема на динамику контуров увлажнения при внутрпочвенном и капельном орошении / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков, О. В. Бочарникова, В. Ф. Лобойко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1(45). С. 155–161.

3. Ахмедов А. Д. Оптимизация основных параметров систем внутрпочвенного орошения в условиях Нижнего Поволжья: монография. Волгоград: ВГСХА, 2005. 164 с.

4. Teasdale J. R., Abdul-Baki A. A. Soil temperature and tomato growth associated with black polyethylene and hairy vetch mulches // Journal of the American Society for Horticultural Science. 1995. Vol. 120, iss. 5. P. 848–853. <https://doi.org/10.21273/JASHS.120.5.848>.

5. Шуравилин А. В., Ахмед Т. М., Сурикова Т. И. Формирование контуров увлажнения при капельном орошении картофеля в супесчаных почвах с водоаккумулирующим слоем из природных материалов // Природообустройство. 2013. № 2. С. 23–27.

6. Голованов А. И., Кузнецов Е. В. Основы капельного орошения (теория и примеры расчетов). Краснодар, 1996. 96 с.

7. Эльмалоглу С., Диамантопулос Э. Влияние гистерезиса на перераспределение влаги в почве и глубокую фильтрацию при непрерывном и импульсном капельном орошении // Управление водными ресурсами в сельском хозяйстве. 2009. 96(3). С. 533–538.

8. Иванов Н. Н. Об определении величин испаряемости // Известия ВГО. 1954. Т. 86, № 2. С. 189–196.

9. Ван Ф. Х., Канг Ю. Х., Лю С. П. Влияние частоты капельного орошения на режим увлажнения почвы и рост картофеля на Северо-Китайской равнине // Управление водными ресурсами в сельском хозяйстве. 2006. 79(3). С. 248–264.

10. Кружилин Ю. И. Эффективность использования оросительной воды при капельном способе полива // Водосберегающие технологии выращивания сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. / ВГСХА. Волгоград, 2001. С. 103–106.

**Информация об авторах**

**Е. В. Кузнецов** – заведующий кафедрой гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения, доктор технических наук, профессор;

**А. Алматар** – аспирант;

**М. Хасан** – аспирант.

***Information about the authors***

**E. V. Kuznetsov** – Head of the Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply, Doctor of Technical Sciences, Professor;

**A. Almatar** – Postgraduate Student;

**M. Khasan** – Postgraduate Student.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 06.10.2021; одобрена после рецензирования 24.11.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 06.10.2021; approved after reviewing 24.11.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 630\*266

**Роль лесных полос в сохранении биологического разнообразия  
на эрозионно опасных территориях Ростовской области****Нина Михайловна Макарова**Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

**Аннотация.** Целью исследований являлось определение на опытных участках таксационных характеристик мелиоративных лесных насаждений на склоновых землях Ростовской области, влияния лесных полос на эрозионные процессы, изучение видового состава, биологического разнообразия и хозяйственной ценности высших растений в лесных полосах и на территориях без участия лесных полос. Использовали материалы и методы эмпирических исследований и теоретическое исследование. Доказано, что корневые системы растений лесных полос (продуваемая конструкция, возраст до 60 лет, главные породы *Acer campestre* L., *Fraxinus lanceolata* L., *Robinia pseudoacacia* L.) увеличивают порозность верхнего слоя почв и задерживают поверхностный сток. В обследованных лесных полосах произрастают 12 видов растений из восьми семейств: Sapindaceae, Oleaceae, Fabaceae, Poaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Labiatae, Rubiaceae. Жизненные формы растений: деревьев – три, травянистых однолетников – четыре, травянистых многолетников – восемь видов. Большинство из них являются кормовыми, лекарственными, медоносными, рекреационными ресурсами, а также материалом для генетических банков растений и защитным барьером от проникновения инвазионных видов.

**Ключевые слова:** биологическое разнообразие, эрозионно опасные земли, лесные полосы, жизненная форма растений, эрозия почв

\*\*\*\*\*

**The role of forest belts in biological diversity  
conservation in the erosion-hazardous territories of Rostov region****Nina Mikhailovna Makarova**Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation

**Abstract.** The purpose of the research was to determine on the experimental plots the taxation characteristics of reclaimed forest plantations on the slope lands of Rostov region, the influence of forest belts on erosion processes, to study the species composition, biological diversity and economic value of higher plants in forest belts and in areas without forest belts. The materials and methods of empirical research and theoretical research were used. It has been proven that the plants root systems in forest belts (permeable structure, the age up to 60 years, the main species *Acer campestre* L., *Fraxinus lanceolata* L., *Robinia pseudoacacia* L.) increase the porosity of the top soil layer and hold surface runoff. In the surveyed forest belts, 12 plant species from eight families - Sapindaceae, Oleaceae, Fabaceae, Poaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Labiatae, Rubiaceae grow. Life forms of plants were: trees – three species, herbaceous annuals – four species, herbaceous perennials – eight species. Most of them are fodder, officinal, melliferous, recreational resources, as well as material for plant genetic banks and a protective barrier against the penetration of invasive species.

**Keywords:** biological diversity, erosion hazardous lands, forest belts, life form of plants, soil erosion

**Введение.** Опустынивание и деградация природных систем затронули все уголки мира. Процессы деградации наблюдаются как в степных провинциях Южного Урала [1], так и в южной части степной зоны. Особенно пострадали степные, сухостепные, полупу-

стынные и пустынные районы страны. Изменения наблюдаются повсеместно как в составе степной дендрофлоры, так и в составе степной травянистой растительности.

Сохранение естественных мест обитания и *in situ* экосистем – ключевая задача в охране и поддержании биологического разнообразия как фактора эволюции и биосферной составляющей, сохраняющей жизнь биосферы в целом [2].

С целью охраны биологического разнообразия в нашей стране созданы Красные книги, как общероссийские, так и региональные [3, 4].

Несмотря на то, что, по данным распоряжения Правительства РФ от 17.02.2014 № 212-р «Об утверждении Стратегии сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов в Российской Федерации на период до 2030 года» [5], флора и фауна России достаточно многочисленна и насчитывает десятки тысяч видов, эндемичные виды составляют только около 20 %. Подчеркивается [5], что «биомы европейских степей ... практически исчезли и сегодня представлены фрагментами экосистем на особо охраняемых природных территориях». Антропогенный прессинг приводит к смене условий местообитания видов, где наиболее устойчивые из видов вытесняют слабые, занимая их экологическую нишу. Зачастую это чужеродные виды, трансгранично перемещающиеся, с широким диапазоном приспособительных свойств, агрессивные.

Разновидности антропогенного прессинга – все виды эрозии. Ростовская область относится к территории, опасной в эрозионном отношении по степени как ветровой, так и водной эрозии. Установлено, что потери почвы, вызывающие изменение мест обитания видов, в результате эрозии достигают до 4 т/га, а питательных элементов – в среднем 20 кг азота, 7 кг калия, 6 кг фосфора, 50 кг кальция, 25 кг марганца и 8 кг серы [6]. По данным И. А. Хабаровой, В. Б. Непоклонова [7], опустынивание на территории области занимает приблизительно 2,1 млн га, из них пашни – 1,1 млн га.

Одним из методов защиты окружающей среды от неблагоприятных факторов является создание систем защитных лесных насаждений, включающих лесные полосы различного назначения. Параметры защитных лесных насаждений устанавливаются в зависимости от природных условий, назначения, крутизны защищаемых склонов и прочих факторов. Как правило, многие лесные насаждения в степной зоне являются составной частью агроэкосистем – систем, искусственно созданных человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции и относящихся к «культурному ландшафту», но подверженных постоянному воздействию со стороны человека. Как любая экосистема, имеющая емкость среды, при интенсивной нагрузке агроэкосистема претерпевает изменения, как на видовом, так и на экосистемном уровне.

Устойчивость ее напрямую зависит от разнообразия. Огромное значение в этом имеет количество диких видов, обитающих, как правило, в естественных или приближенных к ним условиях. На фоне высокой распаханности территории Ростовской области и большого антропогенного прессинга сохранить биологическое разнообразие возможно лишь в заповедниках и заказниках, а также в лесных полосах, на опушках лесных полос и участках, примыкающих к ним, а также по нераспаханным балкам и берегам водоемов, на болотах, в защитных полосах автомобильных и железных дорог. Но даже эти скудные островки постоянно вытаптываются и выжигаются. Стремление к лучшим условиям приводит к перемещению видов из одних мест в другие. Не контролировать этот процесс нельзя, так как человечество тоже будет вынуждено перемещаться, следуя за биотой.

В связи с недостаточностью научных исследований вопросов биологического разнообразия, особенно регионального уровня, целью исследований являлось определение таксационных характеристик лесных полос на склоновых землях Ростовской области, изучение влияния лесных полос на эрозионные процессы, изучение видового состава и биологического разнообразия высших растений в лесных полосах и на приле-

гающих к ним пространствах и территориях без участия лесных полос, их систематической принадлежности, жизненных форм и хозяйственного значения.

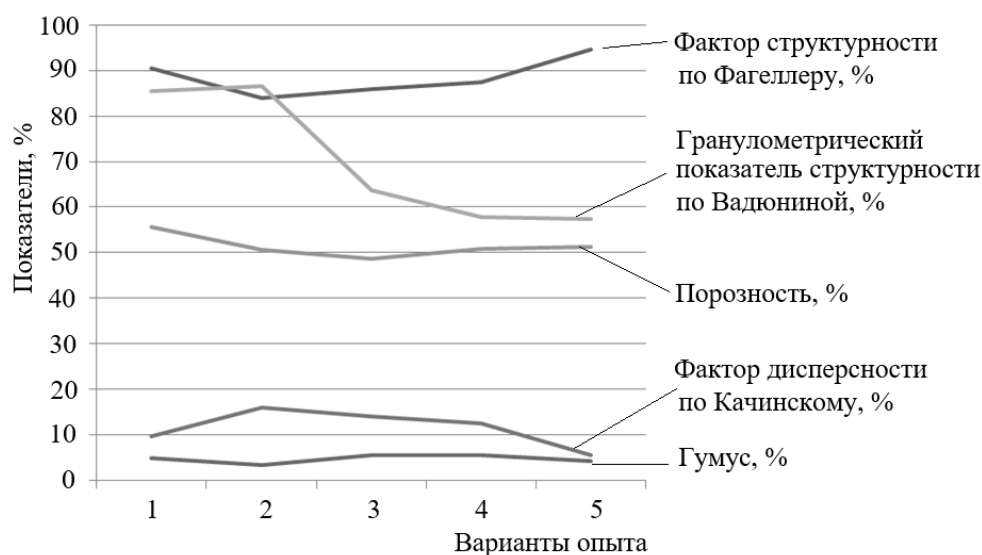
**Материалы и методы.** При исследовании использовали материалы эмпирических исследований (полевой метод) и теоретическое исследование (методы сравнительного анализа). Для характеристики противоэрозионных свойств почвы были определены показатели водопрочности агрегатов (фактор дисперсности по Н. А. Качинскому, фактор структурности по Фагеллеру, гранулометрический показатель структурности по А. Ф. Вадюниной). Таксационные характеристики лесных полос определяли в соответствии с методикой Н. П. Анучина [8] и Т. П. Изюмского [9]. Для определения видового состава высших растений отбирали метрочками в шестикратной последовательности пробы травянистой растительности на каждом опытном участке. Затем устанавливали в соответствии с определителем «Флора Нижнего Дона» [10], «Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство» И. В. Ларина и др. [11] их систематическую принадлежность, жизненную форму и хозяйственное значение. Актуальность исследований подтверждали нормативными документами в проблемной области.

Исследования роли лесных полос в сохранении биологического разнообразия на эрозионно опасных территориях Ростовской области проводили в Нижне-Донском лесомелиоративном районе (Октябрьский административный район, бассейн р. Грушевки).

**Результаты и обсуждения.** Необходимость исследований связана с актуальностью вопросов фитомелиорации земель сельскохозяйственного назначения [12] и потребностью в определении многообразия видов в противоэрозионных защитных лесных насаждениях. Наши исследования методом дождевания верхнего почвенного слоя 0–20 см показали, что лесные полосы шириной 12 м, расположенные перпендикулярно склону с уклоном более 10°, предупреждают проявление эрозионных процессов в условиях Ростовской области [13, 14].

Исследование гранулометрического состава почв 0–20 см показало, что на опытном участке по мере продвижения от лесной полосы (расположенной на местности перпендикулярно склону с уклоном более 10°) вниз по склону к подошве уменьшалось содержание илистых частиц в почве, облегчался ее гранулометрический состав, увеличивалась степень агрегированности и водопрочность агрегатов. Так, в лесной полосе количество агрегатов менее 0,01 мм составляло 56,45 %, а у подошвы склона – 43,94 % [13]. Показатели водопрочности агрегатов (фактор дисперсности по Н. А. Качинскому, фактор структурности по Фагеллеру, гранулометрический показатель структурности по А. Ф. Вадюниной) на опытном участке представлены нами на рисунке 1. Противоэрозионный эффект лесных полос проявлялся в уменьшении содержания в почве илистых частиц, облегчении ее гранулометрического состава, увеличении степени агрегированности и водопрочности агрегатов на расстоянии одной-двух высот ( $H$ ) лесной полосы, т. е. в уменьшении плотности и увеличении порозности почв. В лесных полосах большое количество корней разрыхляет почву, уменьшая плотность и увеличивая порозность верхнего слоя почв, что способствовало задержанию поверхностного стока и переводу его во внутрипочвенный. Количество гумуса в верхнем слое почвы 20 см изменялось следующим образом: в лесной полосе увеличивалось до 4,47 %, а при продвижении вниз по склону от лесной полосы уменьшалось до 2,87 % из-за вымывания стоком.

Выводы о положительном противоэрозионном влиянии лесных полос на эрозионно опасных землях Ростовской области (задерживают поверхностный сток, уменьшают эрозию, увеличивают содержание гумуса, снижают скорости ветра, улучшают микроклимат в лесной полосе и межполосных пространствах, осуществляют транспирацию влаги, повышают экологическую безопасность территории и пр.) подтверждаются в работах В. М. Ивонина, А. Ю. Верина, И. Ф. Медведева, Д. И. Губарева, С. С. Деревягина, В. П. Графова, П. Н. Проедова, Е. Г. Панфиловой, К. П. Колотырина, А. В. Панфилова [15–17] и других ученых.



Варианты опыта: 1 – полог лесной полосы; 2 – травянистый покров на расстоянии 1–2  $H$  от лесной полосы (где  $H$  – высота лесной полосы); 3 – травянистый покров на расстоянии 5  $H$  от лесной полосы; 4 – травянистый покров на расстоянии 10  $H$  от лесной полосы; 5 – травянистый покров на расстоянии 12  $H$  от лесной полосы

### Рисунок 1 – Характеристика противэрозионной стойкости слоя почв 0–20 см

Защита лесными полосами склонов от эрозии путем улучшения водно-физических свойств почв способствует сохранению гумусового горизонта почв, что влияет на состав растительных ценозов как в лесных полосах, так и на прилегающих к ним территориях. Лесные полосы из-за своей небольшой ширины являются защитой и убежищем для некоторых степных видов растительности. Так, по опушкам лесных полос собираются светолюбивые растения-ксерофиты, в лесных полосах теневыносливые виды, проникающие под полог лесной полосы. На участки агроландшафтов, не защищенные лесными полосами, в районы животноводческих комплексов, на придорожные участки, в районы складов, свалок проникают сорные виды растительности, среди которых массово карантинные. Это, как правило, сорные и несъедобные виды растений, а зачастую и ядовитые, а также вызывающие аллергические реакции у людей.

Изучение дикорастущих видов представляет ценность в рамках вопросов международной конвенции о биологическом разнообразии, дает возможность подробно исследовать и в дальнейшем эффективно использовать их хозяйственную ценность для получения дополнительной прибыли [12, 14].

Большую работу по сохранению биологического разнообразия Ростовской области проводят ученые Южного федерального университета, изучая виды особо охраняемых природных территорий и обосновывая создание новых особо охраняемых природных ландшафтов [18, 19].

Дикорастущие растения служат уникальным материалом для обновления и пополнения коллекций генетических банков растений [20], их можно использовать для выведения новых сортов с заданными свойствами. Часть их входит в Красные книги, попадая туда в процессе уничтожения из-за высокой хозяйственной ценности и вытеснения чужеродными «видами-трансформерами» [21], это зачастую агрессивные и нехарактерные для данной местности виды. С 2011 г. их включают в формирующиеся «Черные книги» флоры. Планируют составить такие книги для всех районов России. Например, масштабно исследовались по картографическим данным на территории СНГ 187 видов сорных растений для прогноза распространения их в Республике Мордовия [22]. Также на сегодняшний день актуальность приобретают банки данных о лекарственных

растениях [23]. Перед современными учеными поставлена задача изучения биологических ресурсов как «краснокнижных», так и «чернокнижных» живых организмов и возможности использования человеком. Наши наблюдения показали, что на территории исследования произрастают агрессивные растения-трансформеры.

Исследования биологического разнообразия растений проводили на эрозионно опасном участке в стокорегулирующих лесных полосах и на участке без лесной полосы. При таксации лесных полос получили следующие результаты.

Проба 1 – семирядная стокорегулирующая лесная полоса протяженностью 1375 м и шириной 12 м, плотной конструкции. В лесной полосе необходимо провести рубки ухода с целью формирования оптимальной конструкции. Направление с запада на восток. Схема смешения Кл-Яс-Рб-Кл-Рб-Рб-Яс, состав 5Рб3Кл2Яс. Средняя высота деревьев в насаждении 16,8 м, а средний диаметр 13,43 см. Количество деревьев на гектар 1,79 тыс. шт. Площадь полосы составляет 1,65 га, возраст насаждения 57 лет. Полоса была создана по комбинированному типу смешения. Главными породами являются клен полевой (*Acer campestre* L.), ясень ланцетный (*Fraxinus lanceolata* L.), робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.), подстилка толщиной 4 см.

Проба 2 – семирядная стокорегулирующая лесная полоса продуваемой конструкции, направлена с запада на восток. Протяженность полосы составляет 900 м, ширина 12 м. Схема смешения Кл-Яс-Рб-Кл-Рб-Рб-Яс, состав 5Рб3Кл2Яс. Средняя высота деревьев в насаждении 17,1 м, средний диаметр 12,3 см. Количество деревьев на гектар 1,42 тыс. шт. Площадь полосы 1,08 га, возраст насаждения 57 лет. Полоса была создана по комбинированному типу смешения. Главными породами являются *Robinia pseudoacacia* L., *Acer campestre* L., *Fraxinus lanceolata* L. В подлеске растут все вышеперечисленные породы, они же составляют подрост высотой до 3,5 м. Подстилка толщиной 4 см.

Проба 3 – участок на эрозионно опасном склоне без лесной полосы.

Всего в пробе 1 обнаружено 10 видов высших растений из восьми семейств: Sapindaceae, Oleaceae, Fabaceae, Chenopodiaceae, Poaceae, Labiatae, Rubiaceae, Asteraceae. Из них деревьев – три вида, травянистых многолетников – шесть видов, травянистых однолетников – один вид (таблица 1).

**Таблица 1 – Представители флоры стокорегулирующих и прибалочных лесных полос эрозионно опасных территорий степной зоны**

Русское и латинское название	Систематическая принадлежность (семейство)	Жизненная форма*	Местообитание			Хозяйственное значение*
			проба 1	проба 2	проба 3	
1	2	3	4	5	6	7
1 Клен полевой ( <i>Acer campestre</i> L.)	Сапидовые ( <i>Sapindaceae</i> )	Д	+	+	–	Мл, Дк
2 Ясень ланцетный ( <i>Fraxinus lanceolata</i> L.)	Маслиновые ( <i>Oleaceae</i> )	Д	+	+	–	Мд, Дк, Ср
3 Робиния лжеакация ( <i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	Бобовые ( <i>Fabaceae</i> )	Д	+	+	–	Мд
4 Кохия веничная ( <i>Kochia scoparia</i> L. (Schrad.))	Маревые ( <i>Chenopodiaceae</i> )	Од	+	+	–	СК, Лк, Хз, Дк
5 Овсяница луговая ( <i>Festuca pratensis</i> L.)	Мятликовые ( <i>Poaceae</i> )	Мн	–	+	–	СК
6 Типчак или овсяница валисская ( <i>Festuca sulcata</i> Hack.)	Мятликовые ( <i>Poaceae</i> )	Мн	–	+	–	Псб, СК

## Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
7 Чистец прямой ( <i>Stachys recta</i> L.)	Яснотковые (Lamiaceae), или губоцветные (Labiatae)	Мн	+	+	–	Мд
8 Подмаренник обыкновенный ( <i>Galium vulgare</i> L.)	Мареновые (Rubiaceae)	Мн	+	+	–	Нс, Вр
9 Пижма обыкновенная ( <i>Tanacetum vulgare</i> L.)	Астровые (Asteraceae) (сложноцветные)	Мн	+	+	–	Лк, Нс
10 Полынь горькая (белая) ( <i>Artemisia absinthium</i> L.)	Астровые (Asteraceae) (сложноцветные)	Мн	+	+	–	Нс, Вр, Кр
11 Клевер луговой ( <i>Trifolium pratense</i> L.)	Бобовые (Fabaceae)	Мн Дв	+	+	–	Бб, Кр
12 Пырей сизый ( <i>Elytrigia intermedia</i> Nevski)	Мятликовые (Poaceae)	Мн	+	+	–	Зл, Мл
13 Амброзия полыннолистная ( <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.)	Астровые (Asteraceae) (сложноцветные)	Од	–	–	+	Нс, Вр
14 Циклахена дурнишниколистная ( <i>Cyclachaena xanthiifolia</i> (Nutt.) Fresen)	Астровые (Asteraceae) (сложноцветные)	Од	–	–	+	Нс, Вр
15 Конопля сорная ( <i>Cannabis ruderalis</i> Janishewsky)	Коноплевые (Cannabaceae)	Од	–	–	+	Нс, Яд
*Примечание – Д – дерево; Од – однолетник; Дв – двулетник; Мн – многолетник; Дк – декоративное; Бб – бобовое; Зл – злаковое; СК – съедобное кормовое; Мд – медонос; Мл – мелиоративное; Нс – несъедобное; Вр – вредное; Яд – ядовитое; Ср – сырьевое; Хз – хозяйственное; Лк – лекарственное; Псб – пастбищное; Кр – карантинное.						

Всего в пробе 2 обнаружено 12 видов высших растений из восьми семейств: Sapindaceae, Oleaceae, Fabaceae, Poaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Labiatae, Rubiaceae. Из них деревьев – три вида, травянистых многолетников – восемь видов, травянистых однолетников – один вид (таблица 1).

Всего в пробе 3 (открытый участок без лесной полосы) обнаружено только три вида высших растений из двух семейств: Asteraceae, Cannabaceae. Из них травянистых однолетников – три вида (таблица 1). Все они относятся к рудеральным, несъедобным, вредным и ядовитым. Без защиты территории лесными полосами сорные растения легко проникают в пределы агроэкосистемы, нанося вред. Эти виды растений необходимо занести в «Черные книги» области.

В целом в обследованных лесных полосах соответственно произрастают 12 видов растений из восьми семейств: Sapindaceae, Oleaceae, Fabaceae, Poaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Labiatae, Rubiaceae.

По хозяйственной кормовой ценности (по И. В. Ларину) травянистые растения можно распределить следующим образом: а) съедобные кормовые, бобовые – один вид (*Trifolium pratense* L.); б) съедобные кормовые, злаковые – три вида (*Festuca pratensis* L., *Festuca sulcata* Hack., *Elytrigia intermedia* Nevski); в) съедобные кормовые, разнотравье (*Kochia scoperia* L.); г) несъедобные ядовитые – один вид (*Cannabis ruderalis* Janishewsky), несъедобные вредные – пять видов (*Galium vulgare* L., *Artemisia absinthium* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Cyclachaena xanthiifolia* Nutt., *Tanacetum vulgare* L.).

Приведем краткую характеристику некоторых полезных растений.

*Artemisia absinthium* L. дает большой урожай и хорошо силосуется, близка к злакам по кормовым качествам, однако на пастбищах и в сене поедается плохо, используется в народной медицине, в производстве алкогольной продукции, декоративных целях, а также является предметом селекции из-за высоких декоративных свойств этого растения, особенно серебристого цвета листьев, засухоустойчивости и неприхотливости.

*Tanacetum vulgare* L. хотя и является не поедаемым животными, так как содержит большое количество горьких веществ, очень ценен в качестве лекарственного растения.

*Kochia scoraria* L. является прекрасным кормовым растением, выращиваемым на засоленных почвах. Растение имеет декоративное значение, сменяя окраску веток весь вегетационный период, а также используется для изготовления веников. Имеет несколько садовых форм, прекрасно поддается стрижке, ее высоко оценили ландшафтные дизайнеры за неприхотливость и малотребовательность к поливу.

*Festuca pratensis* L. успешно поедается животными, составляет основу спортивных газонов, высоко ценится в декоративных целях в озеленении как в единичных, так и в групповых посадках.

*Stachys recta* L. – медонос, дает активный медосбор в летние месяцы, имеет лекарственное значение (очистка кожи в косметологии и крови в медицине).

*Trifolium pratense* L. – основная бобовая кормовая культура в севооборотах, лекарственное, хорошее почвопокровное растение для элементов озеленения.

*Elytrigia intermedia* Nevski – многолетний злак из семейства мятликовых, засухоустойчив, может произрастать на слабосолонцеватых почвах, имеет кормовое (отлично дополняет в кормосмесях эспарцет, житняк и люцерну), противозерозионное (используется для залужения склонов), рекультивационное значение. Используется в селекции пшеницы.

### **Выводы**

1 Корневые системы растений лесной полосы увеличивали порозность верхнего слоя почв, что способствовало задержанию поверхностного стока и переводу его во внутрипочвенный.

2 Главными породами обследованных лесных полос являются клен полевой (*Acer campestre* L.), ясень ланцетный (*Fraxinus lanceolata* L.), робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.). Средний возраст до 60 лет, плотная и продуваемая конструкция.

3 В целом в обследованных лесных полосах соответственно произрастают 12 видов растений из восьми семейств: Sapindaceae, Oleaceae, Fabaceae, Poaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Labiatae, Rubiaceae.

4 В лесных полосах, расположенных на эрозионно опасных территориях, создаются наилучшие условия для произрастания дикорастущих видов однолетних и многолетних высших растений высокой хозяйственной ценности. По жизненным формам в противозерозионных лесных полосах обнаружено: деревьев – три, травянистых однолетних – четыре, травянистых многолетних – восемь видов.

5 Растения лесных полос и прилегающих к ним защищаемых пространств могут служить кормовыми, лекарственными, медоносными, рекреационными ресурсами, а также материалом для генетических банков растений и защитным барьером от проникновения инвазионных видов.

### **Список источников**

1. Динамика древесной растительности на участках остепненных склонов Южного Крака в последние 80 лет / П. А. Моисеев, М. О. Бубнов, И. К. Гайсин, О. О. Моисеева // Экология. 2018. № 2. С. 157–162. <https://doi.org/10.7868/S0367059718020105>.

2. Конвенция о биологическом разнообразии [Электронный ресурс]. Ратифици-

рована Федер. законом РФ от 17 февр. 1995 г. № 16-ФЗ. Конвенция вступ. в силу для России 4 июля 1995 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1900738> (дата обращения: 15.10.2021).

3. Красная книга Ростовской области. Т. 1. Животные / М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл. Изд. 2-е. Ростов н/Д.: Минприроды Рост. обл., 2014. 280 с.

4. Красная книга Ростовской области. Т. 2. Растения и грибы / М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл. Изд. 2-е. Ростов н/Д.: Минприроды Рост. обл., 2014. 344 с.

5. Об утверждении Стратегии сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов в Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства РФ от 17 февр. 2014 г. № 212-р. URL: <https://docs.cntd.ru/document/499077974> (дата обращения: 15.10.2021).

6. Почвоведение: учеб. для ун-тов. В 2 ч. Ч. 1. Почва и почвообразование / Г. Д. Белищина [и др.]; под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. М.: Высш. шк., 1988. 400 с.

7. Хабарова И. А., Непоклонов В. Б. Деградация земель юга Российской Федерации // Известия высших учебных заведений «Геодезия и аэрофотосъемка». 2017. Т. 61, № 2. С. 111–115.

8. Анучин Н. П. Лесная таксация. М.: Лес. пром-сть, 1982. 552 с.

9. Изюмский Т. П. Таксация тонкомерного леса. М.: Лес. пром-сть, 1970. 88 с.

10. Флора Нижнего Дона: определитель: в 2 ч. / под ред. Г. М. Зозулина, В. В. Федяевой. Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та. Ч. 1 / С. С. Станков, В. И. Таллиев. 1984. 280 с. Ч. 2 / Г. Н. Степнин [и др.]. 1985. 239 с.

11. Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство / И. В. Ларин [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Агропромиздат, 1990. 660 с.

12. Макарова Н. М., Макаров А. В. Оценка отдельных видов травянистых растений для фитомелиорации почв эрозионно опасных территорий // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2017. № 4(28). С. 121–136. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=335> (дата обращения: 15.10.2021).

13. Макарова Н. М. Лесомелиоративное регулирование биогенных элементов в балках на водосборах малых рек Нижнего Дона: монография / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск: Темп, 2008. 154 с.

14. Макарова Н. М., Литвиненко Е. В. Состояние лесных мелиораций на землях сельскохозяйственного назначения в Ростовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. Вып. 56, ч. 2. С. 18–21.

15. Ивонин В. М. Исследование противоэрозионной роли лесных полос на склонах // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 1(37). С. 52–73. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1032> (дата обращения: 15.10.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-1-52-73.

16. Влияние лесной полосы на физико-биологические свойства почвы в межполосном пространстве агроландшафта / А. Ю. Верин, И. Ф. Медведев, Д. И. Губарев, С. С. Деревягин, В. П. Графов // Аграрный научный журнал. 2018. № 12. С. 12–15. <https://doi.org/10.28983/asj.v0i12.646>.

17. Эколого-экономическая эффективность агролесомелиоративных мероприятий в условиях степных ландшафтов / П. Н. Проездов, Е. Г. Панфилова, К. П. Колотырин, А. В. Панфилов // Аграрный научный журнал. 2017. № 5. С. 27–33. <https://doi.org/10.28983/asj.v0i5>.

18. Созологическое обоснование создания охраняемого ландшафта «Балка Правая Юла» / О. Ю. Ермолаева, А. Н. Шмараева, В. В. Федяева, Ж. Н. Шишлова // Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России: уровни, подходы, состояние изученности: коллектив. моногр. по материалам XXII Междунар. науч. конф. / Комплекс. науч.-исслед. ин-т им. Х. И. Ибрагимова РАН. Махачкала, 2020. С. 22–32.

19. Шишлова Ж. Н., Шмараева А. Н., Федяева В. В. Биологическое разнообразие растений особо охраняемой природной территории «Разнотравно-типчаково-ковыльная степь» (Ростовская область) // Современная ботаника в России: тр. XIII Съезда Рус. ботан. о-ва и конф. «Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна». 2013. С. 66–67.

20. Генетические банки растений: проблемы формирования, сохранения и использования / О. И. Молканова, О. И. Коротков, Е. М. Ветчинкина, Н. А. Мамаева, О. Г. Васильева // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о земле. 2010. Вып. 3. С. 33–39.

21. Виноградова Ю. К., Куклина А. Г. Ресурсный потенциал инвазионных видов растений. Возможности использования чужеродных видов. М.: ГЕОС, 2012. 185 с.

22. Эколого-географическое обоснование формирования видового состава сорных растений на территории Республики Мордовии / Н. Н. Лунева, Е. Н. Мысник, Д. В. Бочкарев, А. Н. Никольский, Е. М. Кузоваткин // Аграрный научный журнал. 2017. № 6. С. 25–30

23. Эколого-ботаническая характеристика и биоресурсы видов *Valeriana L.* Балашовского района Саратовской области / И. В. Сергеева, А. В. Невзоров, Е. Б. Смирнова, А. Л. Пономарева, Е. Н. Шевченко // Аграрный научный журнал. 2017. № 6. С. 36–40. <https://doi.org/10.28983/asj.v0i6>.

#### ***Информация об авторе***

**Н. М. Макарова** – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

#### ***Information about the author***

**N. M. Makarova** – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor.

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

*The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 25.11.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 25.11.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 631.459

### **Факторы, способствующие возникновению эрозии (деградации) почв сельскохозяйственных земель**

**Александр Иванович Тищенко**

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

**Аннотация.** Цель – установление теоретической зависимости эрозионного потенциала дождевых капель с использованием методики классической механики в упрощенной форме. Материалами явились сведения из научных литературных источников, посвященных исследованиям капельной эрозии почв. Методами теоретического исследования в данном случае являлись анализ, синтез, аналогия, также применялся системный подход. Методикой обработки материалов явились математические теоретические зависимости классической механики в упрощенной форме. На основании полученных сведений нами установлено, что эрозионное воздействие дождевых капель на почву подразделяется на два типа – естественное, факторами которого являются атмосферные осадки плюс ветер, и искусственное (полив сельскохозяйственных культур дождевальными машинами и аппаратами и др.). Рассмотренные схемы и случаи силового воздействия на дождевую каплю и частицу почвы позволили получить зависимости для определения максимальной скорости падения капли на почву с учетом силы воздушного сопротивления, ветра и зависимость для определения устойчивости частицы почвы к действующим на нее силам. Полученные зависимости предназначены для предварительного прогнозирования образования эрозии и деградированности почвенного покрова сельскохозяйственных земель, возникающей вследствие естественного и искусственного дождя.

**Ключевые слова:** дождевые капли, силовые воздействия, давление ветра, сила сопротивления, деградация почвы, дождевая эрозия, ирригационная эрозия

\*\*\*\*\*

### **Factors determining the erosion potential of raindrops influencing the agricultural land**

**Alexander I. Tischenko**

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

**Abstract.** The goal is to determine the theoretical dependence of the erosion potential of raindrops using the method of classical mechanics in a simplified form. The materials were information from scientific literary sources devoted to the study of soil drip erosion. The methods of theoretical research in this case were analysis, synthesis, analogy, and a systematic approach was also used. The method of material processing was the mathematical theoretical dependencies of classical mechanics in a simplified form. Based on the information obtained, it was determined that the erosive effect of raindrops on the soil is divided into two types – natural, the factors of which are atmospheric precipitation plus wind, and artificial (irrigation of agricultural crops with sprinklers and devices, etc.). The considered schemes and cases of force action on a raindrop and a soil particle made it possible to obtain dependences for determining the maximum drop rate on soil, taking into account the force of air resistance, wind, and a dependence for determining the stability of a soil particle to forces acting on it. The dependences obtained are intended for preliminary forecasting the formation of erosion and degradation of soil cover of agricultural lands, as a result of natural and artificial rain.

**Keywords:** raindrops, force effects, wind pressure, resistance force, soil degradation, rain erosion, irrigation erosion

**Введение.** Эрозия почв существовала уже на ранних стадиях цивилизации человечества. Однако вплотную ученые начали заниматься этой проблемой около 120 лет тому назад [1–14], так как повсеместно прогрессирующая эрозия почв стала серьезной угрозой благополучию человека, а в ряде районов даже его существованию.

Для сельскохозяйственного производства земля является основным ресурсом, что, несомненно, ставит ее в приоритетное положение по части сохранения и поддержания благополучного состояния (характеристик плодородия почв).

Одним из преобладающих факторов деградации почв сельскохозяйственного назначения является водная эрозия, и в частности вызванная естественным и искусственным дождем.

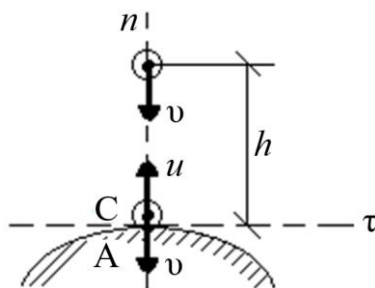
Цель исследования – составление теоретической зависимости эрозионного потенциала дождевых капель с использованием методики классической механики в упрощенной форме.

**Материалы и методы.** Водная эрозия поверхности земель имеет классификацию в зависимости от уровня воздействия воды на почвы и представляет собой капельную, линейную, плоскостную. Капельная эрозия (как отмечается в ряде публикаций [4–14]) – это процесс разрушения почвы под действием капель дождя различной интенсивности.

Методами теоретического исследования в данном случае являлись анализ, синтез, аналогия, также применялся системный подход. Методикой обработки материалов явились математические теоретические зависимости классической механики в упрощенной форме.

**Результаты.** Эрозионное воздействие дождевых капель на почву подразделяется на два типа: естественное (это атмосферные осадки (дождь, ливень, град и др.)) и искусственное (это полив сельскохозяйственных культур дождевальными машинами и аппаратами и др.). Определяющим при воздействии естественных и искусственных дождей на возникновение процесса эрозии почв является: со стороны дождя – интенсивность, направление и время воздействия, со стороны почвы – влажность, фракционный состав, уровень уплотненности и слитизации, рельеф, наличие растительности. Основными факторами, влияющими на движение капель в сторону поверхности земли, являются масса капли, высота падения, скорость и направление ветра (умеренный до сильного, ураганный).

Наиболее подробно остановимся на влиянии ветра на направление падения дождевых капель. Падение дождевых капель и их эрозионность корректируется направлением ветра и его баллами. При безветренной, тихой погоде (рисунок 1) дождевые капли падают на почву вертикально. В результате этого падающие капли вбивают (утрамбовывают) частицы почвы гумусового слоя. Перемещение частиц почвы осуществляется под действием удара двух тел – капли дождя и частицы почвы.



**Рисунок 1 – Вертикальное падение дождевой капли на почву**

Таким образом, при безветренной погоде основными факторами образования эрозии являются: размер капли дождя, скорость ее в момент падения на почву, тип почвы и ее механические характеристики (плотность, порозность и др.).

Согласно теории удара двух тел (не массивного – капли о массивное – землю)

процесс при неупругом ударе происходит в одну фазу (рисунок 1), при которой скорости падения  $v$  и отражения  $u$  при достижении почвы обращаются в нуль, т. е.  $u - v = 0$ .

В этом случае, применив к движению капли под действием силы тяжести (без учета сил сопротивления атмосферы) теорему об изменении кинетической энергии [15], определяют скорость капли  $v$  в начале удара по формуле:

$$v = \sqrt{2gh},$$

где  $g$  – ускорение свободного падения дождевой капли, м/с<sup>2</sup>;

$h$  – высота падения дождевой капли, м.

Оторвавшись от тучи, дождевая капля под действием силы тяжести начинает падать. Согласно второму закону Ньютона [15] движение капли осуществляется по формуле:

$$mg - F_c = ma,$$

где  $m$  – масса капли, мг;

$F_c$  – сила сопротивления воздуха, Н;

$a$  – ускорение движения дождевой капли, м/с<sup>2</sup>.

При достижении капель максимальной скорости падения ускорение движения обращается в нуль. В результате на каплю будут действовать две силы, направленные в противоположные стороны по одной прямой, т. е.:

$$F_c = mg = \rho \frac{\pi d^3}{6} g, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность дождевой капли, г/см<sup>3</sup>;

$\pi = 3,14$  – число Архимеда;

$d$  – диаметр дождевой капли, см.

Из классической механики [15, 16] известно, что сила сопротивления воздуха (аэродинамическая сила) прямо пропорциональна квадрату скорости падения капли (при неизменной ее форме). Определяется по формуле:

$$F_c = k\omega_k v^2 = k \frac{\pi d^2}{4} v^2, \quad (2)$$

где  $k$  – плотность воздушной массы со стороны силы сопротивления, г/см<sup>3</sup>;

$\omega_k$  – площадь поперечного сечения капли в плоскости, перпендикулярной направлению движения капли, см<sup>2</sup>;

$v$  – скорость движения падающей капли, см/с.

Приравняем правые части зависимостей (1) и (2):

$$\rho \frac{\pi d^3}{6} g = k \frac{\pi d^2}{4} v^2. \quad (3)$$

Приведем к общему знаменателю и сократив одинаковые символы в обеих частях равенства (3), получим:

$$2\rho g d = 3k v^2. \quad (4)$$

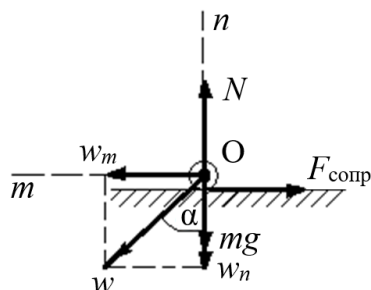
Полученное равенство (4) позволяет определить максимальную скорость движения дождевой капли (при ударе о поверхность почвы) в зависимости от силы сопротивления воздуха. Окончательный вид полученной формулы следующий:

$$v = \sqrt{\frac{2\rho g d}{3k}}. \quad (5)$$

При ветреной погоде падение дождевых капель приобретает наклонное направление траектории.

При траектории движения дождевой капли и ее падения на поверхность почвы под углом  $< 90^\circ$  происходит силовое воздействие на частицу почвы, состоящее из вер-

тикальной силы веса капли, стремящейся уплотнить частицу почвы, и горизонтальной составляющей, которая стремится сдвинуть эту частицу в горизонтальном направлении (рисунок 2).



$mg$  – вес капли;  $N$  – нормальная реакция, равная весу капли;  $w$  – давление ветра на дождевую каплю;  $\alpha$  – угол отклонения траектории капли от вертикального положения под действием давления ветра;  $F_{сопр}$  – сила сопротивления частицы почвы изменению начального положения;  $w_m$  – сдвигающая сила от ветрового давления;  $w_n$  – вертикальная составляющая ветрового давления

**Рисунок 2 – Силы воздействия на частицу почвы в момент удара об нее дождевой капли**

Анализируя схему, представленную на рисунке 2, можно констатировать следующее:

- в момент удара дождевой капли о поверхность почвенного покрова произойдет эрозия (сдвиг) частицы почвы (ее перемещение под действием силы тяжести) в результате воздействия основных факторов – воды и ветра;

- ветровое усилие  $w$ , действующее на дождевую каплю под некоторым углом  $\alpha$ , а соответственно, и на частицу почвы, раскладывается на горизонтальную  $w_m$  и вертикальную  $w_n$  составляющие.

Горизонтальная составляющая ветрового давления стремится сдвинуть частицу почвы в направлении действия ветра, а сила сопротивления между частицами почвенного покрова  $F_{сопр}$  стремится удержать частицу почвы в первоначальном состоянии и определяется по формуле:

$$F_{сопр} = f \cdot N, \quad (6)$$

где  $f$  – коэффициент трения скольжения, в связных грунтах коэффициент сцепления (таблица 1 [17]).

Таким образом, состояние устойчивости частицы почвы зависит от двух усилий:  $w_m$  и  $F_{сопр}$ . В проекции на ось  $m$  имеем:

$$w_m - F_{сопр} = 0. \quad (7)$$

Проектируя вертикальные силы на ось  $n$ , находим величину нормальной реакции  $N$ :

$$N - mg - w_n = 0.$$

Отсюда  $N = mg + w_n = mg + w \cdot \cos \alpha$ .

Подставив полученное значение  $N$  в формулу (6), получим:

$$F_{сопр} = f(mg + w \cdot \cos \alpha).$$

Равенство (7) означает, что частица почвенного грунта находится в предельном состоянии. Чтобы произошло перемещение частицы по поверхности почвы, должно быть неравенство в следующем виде:

$$w_m = w \cdot \sin \alpha > F_{сопр} = f(mg + w \cos \alpha),$$

или окончательно получим:

$$w > \frac{f(mg + w \cos \alpha)}{\sin \alpha} \quad (8)$$

**Таблица 1 – Значения коэффициента трения  $f$  в зависимости от рода грунта**

Род грунта	Объемный вес, кН/м <sup>3</sup>	Коэффициент трения грунта по грунту
Песок:		
Сухой, рыхлый	15–18	0,75–1,00
Влажный	17–18	0,62–0,84
Насыщенный водой	30,0	0,36–0,47
Глина и суглинок:		
Сухой	15,0	0,84–1,00
Мокрый:		
текучий	18,0	0,36
текучепластичный	19,0	0,40
мягкопластичный	19,5	0,43
тугопластичный	20,5	0,47
полутвердый	21,0	0,53
твердый	21,5	0,58
Илистый грунт:		
сухой, плотный	16,0	0,84–1,00
мокрый	20,0	0,38–0,47

Полученная формула (8) позволяет определить предельное значение ветрового давления.

Согласно п. 11.1.2 СП 20.13330.2018 [18] нормативное значение основной ветровой нагрузки  $w$  следует определять как сумму средней  $w_m$  и пульсационной  $w_p$  составляющих:

$$w = w_m + w_p,$$

при этом нормативное значение средней составляющей  $w_m$  в зависимости от эквивалентной высоты  $z_e$  над поверхностью земли определяется по формуле:

$$w_m = w_0 k(z_e) c,$$

где  $w_0$  – нормативное значение ветрового давления, принимаемое в зависимости от ветрового района по таблице 2;

$k(z_e)$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты  $z_e$ ;

$c$  – аэродинамический коэффициент для сферической поверхности, определяемый с учетом числа Рейнольдса  $Re$ .

**Таблица 2 – Нормативные значения ветрового давления**

Ветровой район	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
$w_0$ , кПа	0,17	0,23	0,30	0,38	0,48	0,60	0,73	0,85

Коэффициент  $k(z_e)$  определяется по следующей формуле:

$$k(z_e) = k_{10} \left( \frac{z_e}{10} \right)^{2\alpha}.$$

Значения параметров  $k_{10}$  и  $\alpha$  для местности типа А (открытой местности) и коэффициента пульсации давления ветра  $\zeta(z_e)$  приведены в таблице 3.

**Таблица 3 – Значения параметров  $k_{10}$  и  $\alpha$  для открытой местности, характерной для пахотных земель**

Параметр	Тип местности А
$\alpha$	0,15
$k_{10}$	1,00
$\zeta_{10}$	0,76

Следует отметить, что формулы, полученные выше, не учитывают потери почвы от характера рельефа местности и ее уклона.

Объем потерь почвы от ударного воздействия дождевых капель  $V_{д.к.}$  можно рассчитать по формуле Ц. Е. Мирцхулавы [6]:

$$V_{д.к.} = 2,65\rho t v_k^2 \sin \beta \left( \frac{16,9d_k v_k}{U_{доп}^3} - 1 \right) \cdot 10^{-3},$$

где  $V_{д.к.}$  – объем потерь почвы от ударного воздействия дождевых капель, т/га;

$\rho$  – плотность почвы, т/м<sup>3</sup>;

$t$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;

$v_k$  – скорость падения дождевых капель, м/с;

$\beta$  – угол наклона местности, градусы;

$d_k$  – диаметр падающей капли, мм;

$U_{доп}$  – допускаемая скорость падения дождевых капель (м/с), которая определяется из условия недопущения водной эрозии, в первом приближении можно принять по формуле (5).

При искусственном дождевании (поливе с помощью дождевальной машины) направление движения капель и их скорость зависят в основном от конструкции дождевальной машины или агрегата. В практике использования дождевальных машин для орошения сельскохозяйственных культур с различной удельной мощностью создания дождя в Российской Федерации в основном применяются [19]: ДМ «Фрегат» – 46,6 %, ЭДМФ «Кубань» – 0,73 %, ДКШ-64 «Волжанка» – 8,9 %, шланго-барабанные дождевальные машины – 10,8 %, ДД-30 – 9,5 %, оставшаяся часть – дождевальная техника зарубежного производства.

Интенсивность дождя дождевальных машин можно регулировать некоторыми способами. Например, на дождевальных машинах ДДА-100М это можно осуществить путем маневрирования скоростью движения машины.

Чтобы обеспечить полное впитывание дождевальной воды требуемой поливной нормы, необходимо соблюсти следующие допустимые интенсивности дождевания [20]:

- на тяжелых почвах  $i'_{доп} = 0,1...0,2$  мм/мин;

- на средних почвах  $i'_{доп} = 0,2...0,3$  мм/мин;

- на легких почвах  $i'_{доп} = 0,5...0,8$  мм/мин.

Для этих условий (с учетом водопроницаемости) диаметр капель не должен превышать 1–2 мм.

Почвенный институт имени В. В. Докучаева и Московский государственный университет природообустройства (МГУП) рекомендуют, чтобы интенсивность искусственного дождя не превышала величин, зависящих от уклона поверхности земли, вида растительного покрова, структуры почвы (таблица 4).

В соответствии с агротехническими требованиями средний диаметр капель искусственного дождя не должен превышать 1,5 мм, а интенсивность дождя должна быть

не более 21 мм/мин [21]. Этим требованиям отвечают дождевальные установки со среднеструйными насадками [21].

**Таблица 4 – Допустимая интенсивность искусственного дождя в зависимости от типа почвы, уклона поверхности  $i$  и наличия сельскохозяйственной культуры [21]**

Почва по гранулометрическому составу	Допустимая интенсивность искусственного дождя при уклоне поверхности $i$			
	0,05	0,05–0,08	0,08–0,12	0,12
Среднесуглинистая	<u>0,42</u> 0,21	<u>0,34</u> 0,17	<u>0,25</u> 0,13	<u>0,17</u> 0,09
Среднесуглинистая, подстилая более плотной породой	<u>0,25</u> 0,13	<u>0,21</u> 0,11	<u>0,17</u> 0,07	<u>0,13</u> 0,04
Тяжелые суглинки и глины	<u>0,09</u> 0,07	<u>0,07</u> 0,04	<u>0,05</u> 0,03	<u>0,04</u> 0,02
Примечание – Над чертой – с культурой, под чертой – без культуры.				

На допустимую интенсивность искусственного дождя большое влияние оказывает режим работы дождевальной машины или аппарата. Дождевальная машина, производящая полив в движении, имеет меньшую допустимую интенсивность дождя, чем позиционные короткоструйные аппараты. Объясняется это тем, что движущиеся машины обладают способностью создания дождя очень большой мгновенной интенсивности, превышающей во много раз среднюю интенсивность за весь период применения искусственного дождя. Во время, когда крыло дождевальной машины проходит над поверхностью орошаемой почвы, падающие капли разрушают почву верхнего слоя. В результате этого водопроницаемость почвы уменьшается намного больше, чем при работе позиционных аппаратов.

#### Выводы

1 На основании теории удара двух тел из классической механики с учетом теоремы об изменении кинетической энергии материальной точки получена формула для определения скорости вертикально падающей капли в начале удара о поверхность почвы. Установлено, что основными факторами образования эрозии являются: размер капли дождя, скорость капли в момент ее падения на почву, тип почвы с ее механическими характеристиками, высота падения дождевой капли, сила сопротивления воздушной массы.

2 При действии ветра на дождевую каплю в момент ее падения на поверхность почвы состояние устойчивости частицы грунта зависит от силы, сдвигающей ее по поверхности земельного участка, и силы, удерживающей частицу почвы от ее срыва с места. В этом случае факторами, действующими на образование эрозии, являются те же факторы, что и в предыдущем пункте, плюс пульсационные добавки ветрового давления, которые учитывают его изменения в зависимости от высоты падения дождевой капли и ее геометрических параметров.

#### Список источников

1. Добровольский Г. В. Деградация и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 2002. 654 с.
2. Методы оценки степени деградации сельскохозяйственных земель: науч. изд. / ФГБНУ ВНИИ «Радуга». Коломна: Воробьев О. М., 2015. 32 с.
3. Деградация почвенного плодородия земель Нижне-Маньчской оросительной системы / О. Е. Ясониди, В. Д. Гостищев, С. Б. Щиренко, Н. В. Гостищева // Мелиорация антропогенных ландшафтов. Т. 15. Экологические аспекты природопользования. Новочеркасск: НГМА, 2001. С. 86–90.
4. Hudson N. W. Erosion control research – progress report on experiment at Henderson Research Station 1953–1956 // Rhodesian Agricultural Journal. 1957. 54.4. P. 297–323.

5. Quantitative determination of red-soil erosion by an Eu tracer method / W. Yang, Z. Wang, G. Sui, G. Ding // *Soil and Tillage Research*. 2008. Vol. 101, iss. 1–2. P. 52–56. DOI: 10.1016/j.still.2008.06.002.
6. Мирцхулава Ц. Е. Инженерные методы прогноза водной эрозии. М.: Колос, 1970. 240 с.
7. Дьяков В. П. Противоэрозионная стойкость основных типов почв Ростовской области // *Мелиорация антропогенных ландшафтов*. Т. 15. Экологические аспекты природопользования. Новочеркасск: НГМА, 2001. С. 261–264.
8. Дьяков В. П. Прогноз эрозии почв при поверхностных способах полива // *Мелиорация антропогенных ландшафтов*. Т. 15. Экологические аспекты природопользования. Новочеркасск: НГМА, 2001. С. 264–266.
9. Головинская О. А. Влияние длины, крутизны и экспозиции склонов на эрозию почв // *Проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы науч.-практ. конф. студентов и молодых учен.* Новочеркасск: НГМА, 2006. Вып. 4. С. 9–13.
10. Головинская О. А. Эрозионная обстановка в Константиновском районе Ростовской области и факторы, ее определяющие // *Проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы науч.-практ. конф. студентов и молодых учен.* Новочеркасск: НГМА, 2006. Вып. 4. С. 48–52.
11. Кузнецов М. С., Глазунов Г. П. Эрозия и охрана почв: учеб. для сред. проф. образования. 3-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2020. 387 с.
12. Викулова О. И. Количественная оценка потерь почвы под воздействием ирригационной эрозии // *Мелиорация антропогенных ландшафтов*. Т. 10. Современные проблемы земледелия Ростовской области. Новочеркасск: НГМА, 2000. С. 53–60.
13. Дудникова Л. Г., Бондаренко О. Е., Степанова Н. Г. Влияние уклона местности на величину смываемого слоя почвы // *Мелиорация и водное хозяйство: материалы науч.-практ. конф. «Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства Южного федерального округа» (Шумаковские чтения совместно с заседанием секции РАСХН)*, г. Новочеркасск, 9–10 нояб. 2006 г. / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск: Ониск<sup>+</sup>, 2007. Т. 1, вып. 5. С. 81–88.
14. An Y. J., Kim M. Effect of antimony on the microbial growth and the activities of soil enzymes // *Chemosphere*. 2009. Vol. 74. P. 654–659. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.10.023>.
15. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учеб. для вузов. 20-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2010. 416 с.
16. Никитин Н. Н. Курс теоретической механики: учебник. 8-е изд., стер. СПб.: Лань, 2011. 720 с.
17. Тищенко А. И. Старение и остаточные ресурсы сетевых гидротехнических сооружений: монография. Новочеркасск, 2011. 374 с.
18. Нагрузки и воздействия: СП 20.13330.2016. Актуализир. ред. СНиП 2.01.05-85\*. М.: Стандартинформ, 2018. 95 с.
19. Ольгаренко Г. В. Реализация программы импортозамещения в области производства техники полива в Российской Федерации // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2018. № 1. С. 44–47.
20. Экологические требования к орошению почв России: рекомендации / Б. А. Зимовец [и др.]. М.: Изд-во Почв. ин-та им. В. В. Докучаева, 1996. 72 с.
21. Гостищев Д. П., Гильденберг Е. Ю. Мероприятия по борьбе с эрозией почв при поливах дождеванием // *Природообустройство*. 2008. № 3. С. 14–24.

---

#### *Информация об авторе*

**А. И. Тищенко** – научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент.

***Information about the author***

**А. И. Тищенко** – Researcher, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.*

*The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 29.11.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 29.11.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 635.152

### Сортоиспытание сортов и гибридов редиса в Ростовской области

**Ирина Васильевна Тимошенко, Константин Геннадьевич Терновой**

Бирючукская овощная селекционная опытная станция – филиал Федерального научного центра овощеводства, Новочеркасск, Российская Федерация

**Аннотация.** Проведены исследования, посвященные изучению продуктивности 11 сортов и гибридов редиса красной окраски корнеплода в условиях открытого грунта в Ростовской области. Почвы в опытах – черноземы обыкновенные. Погодные условия в годы проведения опытов были типичными для климатической зоны юга России. Климат континентальный. Поливная вода имела уровень минерализации от 0,65 г/л весной до 1,3 г/л в жаркий засушливый период летом. Внутренняя структура мякоти корнеплодов всех сортообразцов однородная, плотная без пустот, на срезе белая. К группе сортов, созревающих за период менее 25 дней, относятся шесть сортов и два гибрида (73 % изученных вариантов), к группе, созревающей за 26–30 дней, – три сорта (27 %). У изученных образцов не наблюдалось стебление. Листовая розетка компактная, высотой до 20 см. Масса корнеплода варьировалась от 15 до 26 г. Полученные в опыте корнеплоды сортов и гибридов редиса имеют высокий уровень товарности – 86–93 %. Однако у группы сортов редиса отмечено снижение товарности из-за вытягивания корнеплодов.

**Ключевые слова:** редис, сортоиспытание, сорт, гибрид, масса корнеплода, урожайность

\*\*\*\*\*

### Variety testing of radish varieties and hybrids in Rostov region

**Irina V. Timoshenko, Konstantin G. Ternovoy**

Biryuchekutskaya Vegetable Breeding Experimental Station – branch of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing, Novocherkassk, Russian Federation

**Abstract.** Research to study the productivity of 11 varieties and hybrids of radish with a red root crop under open field conditions in Rostov region has been carried out. The soils in the experiments are ordinary chernozems. The weather conditions during the years of the experiments were typical for the climatic zone of the south of Russia. The climate is continental. The irrigation water had a salinity level from 0.65 g/l in spring to 1.3 g/l during the hot dry season in summer. The internal structure of the pulp of root crops of all varieties is homogeneous, dense without voids, white on the cut. The group of varieties that ripen in less than 25 days includes six varieties and two hybrids (73 % of the studied variants), the group that ripens in 26–30 days – three varieties (27 %). Stalking was not observed in the studied samples. The leaf rosette is compact, up to 20 cm high. The weight of the root crop varied from 15 to 26 g. The radish varieties and hybrids obtained in the experiment have a high level of marketability – 86–93 %. However, in the group of radish varieties, a decrease in marketability was noted due to the elongation of root crops.

**Keywords:** radish, variety testing, variety, hybrid, root crop weight, yield

**Введение.** В настоящее время редис выращивают как в защищенном, так и в открытом грунте в разные сроки посева, почти во всех климатических зонах России, а также во многих других странах.

Редис (*Raphanus sativus* L.) – самая скороспелая культура из группы корнеплод-

ных. В практике овощеводства редис считается ценной зеленой культурой, дающей хорошие урожаи. В пищу в сыром виде используют корнеплоды и зеленые листья (в салатах). Редис поступает на рынок весной одним из первых свежих овощей, поэтому пользуется хорошим спросом [1].

Важным фактором при выращивании редиса с коммерческими целями является сорт (гибрид) [2]. В настоящее время появляются все новые и новые сорта, а в последние годы и скороспелые гибриды, районированные для многих областей России. Сорта редиса различаются по морфологическим, физиологическим и хозяйственным признакам, однако самыми востребованными сортами являются те, которые имеют красивую красную окраску корнеплода.

В Ростовской области большого внимания изучению сортового разнообразия редиса при выращивании в открытом грунте не уделялось. Поэтому цель наших исследований – дать оценку наиболее возделываемым сортам и гибридам редиса с красной окраской корнеплода в условиях открытого грунта Ростовской области.

**Материалы и методы.** Исследования проводили на Бирючукской овощной селекционной опытной станции – в филиале ФГБНУ ФНЦО, расположенной в Ростовской области, в 2017–2020 гг. в открытом грунте.

Посев в открытом грунте проводили в первой декаде апреля, без использования укрывного материала. Уборка по мере созревания корнеплодов, одноразовая. Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок систематическое. При проведении исследований использовали «Методику опытного дела в овощеводстве» [3]. Данные по урожаю обработаны методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [4] на ЭВМ.

Почвы в опытах – черноземы обыкновенные. Мощность гумусового горизонта 70 см. Содержание гумуса в пахотном слое 4,2 %. Емкость поглощения 39,2 мг-экв/100 г почвы. Гранулометрический состав глинистый, плотность сложения 1,20–1,30 г/см<sup>3</sup>. Реакция почвенной среды щелочная, рН – 7,8 [5].

Погодные условия в годы проведения опытов были типичными для климатической зоны юга России. Климат континентальный. Сумма атмосферных осадков за вегетационный период с апреля по октябрь составляет 268 мм. ГТК – 0,6. Сумма активных температур свыше 10 °С – 3200 °С [6]. Поливная вода имела уровень минерализации от 0,65 г/л весной до 1,3 г/л в жаркий засушливый период летом.

**Результаты и обсуждения.** Огромное значение при выращивании продукции редиса имеют качественные и технологические показатели корнеплодов. По консистенции мякоти лучшими считаются сорта с плотной мякотью, не склонные к дряблению, а также к стеблеванию корнеплодов при повышении температуры воздуха больше оптимальных пределов. В ходе наших исследований ни у одного образца не было отмечено стебление. Внутренняя структура мякоти всех образцов однородная, плотная без пустот, на срезе белая.

Наиболее значительный признак у сортов – скороспелость. По скороспелости можно выделить следующие группы: ранне-, средне- и позднеспелые. В среднем за годы исследований изученные сорта и гибриды редиса разделились на две группы по продолжительности вегетационного периода до образования технически спелого корнеплода. К первой группе – скороспелым (срок созревания до 25 дней) относятся Глоризт F<sub>1</sub>, Черриэт F<sub>1</sub>, Сора, Корунд, Рубин, Ранний красный, Королева Марго, Жара, ко второй группе – среднеспелым (период вегетации 26–30 дней) – Шерри Бель, Вера, Сакса.

Сорта с коротким периодом вегетации (до 30 дней) имеют компактную листовую розетку, небольшое количество листьев. У всех современных сортов масса листьев имеет низкий процент в общей массе растения (около 40 %). Розетка листьев у изучаемых сортов и гибридов состояла в среднем из 4,5–6,9 листа высотой до 20 см.

В таблице 1 представлены хозяйственно ценные признаки сортов и гибридов редиса в среднем за изучаемый период 2017–2020 гг.

**Таблица 1 – Хозяйственно ценные признаки сортов и гибридов редиса (среднее за 2017–2020 гг.)**

Сорт, гибрид	Показатель корнеплода				
	Масса, г	Длина, мм	Диаметр, мм	Индекс формы	Товарность, %
Глоризт F <sub>1</sub>	19	31	31	1,0	92
Черриэт F <sub>1</sub>	17	29	31	0,9	91
Сора	19	30	27	1,3	93
Корунд	18	38	26	1,5	90
Шерри Бель	25	37	29	1,3	88
Вера	19	40	27	1,5	90
Сакса	15	32	28	1,1	89
Рубин	15	30	27	1,1	89
Ранний красный	24	29	26	1,1	88
Королева Марго	23	31	29	1,1	88
Жара	26	35	32	1,1	86
НСР <sub>0,5</sub>	2,9	2,6	1,4	–	1,5

Корнеплоды гибридов первого поколения Глоризт F<sub>1</sub> и Черриэт F<sub>1</sub> выделяются высокой товарностью 91–92 %, красивой интенсивной красной окраской, округлой формой (индекс формы 0,9–1,0), не перерастают, масса корнеплодов варьирует в пределах 17–20 г.

Сорт Сора выделился среди сортов по комплексу хозяйственно ценных признаков: высокая масса корнеплода, округлая форма, товарность 93 %. Окраска ярко-красная.

Сорта редиса Корунд, Шерри Бель, Вера, Ранний красный, Королева Марго и Жара при высокой массе корнеплодов 23–26 г имели более низкую товарность за счет склонности к переходу к удлинённой форме.

Сорта редиса Сакса и Рубин имели наименьшие корнеплоды – 15 г, как следствие, более низкую урожайность, также наблюдалось вытягивание корнеплодов.

**Выводы.** Из 11 изученных в опыте сортов и гибридов 73 % (восемь сортов) занимают сорта и гибриды со сроком созревания менее 25 дней и 27 % (три сорта) с вегетационным периодом 26–30 дней. У изученных образцов не наблюдалось стебление. Компактная листовая розетка высотой до 20 см. Масса корнеплода варьировалась от 15 до 26 г. Полученные в опыте корнеплоды сортов и гибридов редиса имеют высокий уровень товарности – 86–93 %. Однако у группы сортов редиса отмечено снижение товарности из-за вытягивания корнеплодов. Таким образом, из изученных сортов и гибридов редиса различных сроков созревания можно составить конвейер с равномерным поступлением продукции хорошего качества.

#### Список источников

1. Особенности выращивания редиса в условиях открытого грунта для юга России / Н. В. Гераськина, И. В. Тимошенко, В. В. Огнев, П. Н. Павлов // Современные аспекты управления плодородием агроландшафтов и обеспечения экологической устойчивости производства сельскохозяйственной продукции: материалы Междунар. науч.-практ. конф. «От инерции к развитию – научно-инновационное обеспечение сельского хозяйства», 21–22 сент. 2020 г. Персиановский: Донской ГАУ, 2020. С. 145–148.

2. Гераськина Н. В., Тимошенко И. В., Кукса Л. А. Оценка жаростойких сортов исходного материала овощных культур на юге России // Картофель и овощи. 2019. № 8. С. 4–5.

3. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ВНИИО, 2011. 649 с.

4. Доспехов Б. А. Методика опытного дела. М.: Агропромиздат, 1986. 351 с.
  5. Агафонов Е. В., Полуэктов Е. В. Почвы и удобрения в Ростовской области. Персиановский: Донской ГАУ, 1999. 90 с.
  6. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области / Ю. П. Хрусталева [и др.]. Ростов н/Д.: Бат. кн. изд-во, 2002. 184 с.
- 

***Информация об авторах***

**И. В. Тимошенко** – научный сотрудник;

**К. Г. Терновой** – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

***Information about the authors***

**I. V. Timoshenko** – Researcher;

**K. G. Ternovoy** – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 01.12.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 01.12.2021; accepted for publication 17.12.2021.*

УДК 635.132:631.526.32

### Улучшение сорта моркови столовой Несравненная

**Оксана Валерьевна Котлярова, Денис Юрьевич Котляров**

Бирючукская овощная селекционная опытная станция – филиал Федерального научного центра овощеводства, Новочеркасск, Российская Федерация

**Аннотация.** Основная задача нашей работы – улучшение моркови столовой сорта Несравненная. Изучались семьи моркови столовой, полученные путем семейственного отбора. Исследования проводили в условиях открытого грунта на полях Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала Федерального научного центра овощеводства, расположенной в г. Новочеркасск Ростовской области, в 2015–2016 гг. Почвы в опытах – черноземы обыкновенные. Мощность гумусового горизонта 70 см. Содержание гумуса в пахотном слое 4,2 %. Погодные условия в годы проведения опытов были типичными для климатической зоны юга России. Климат континентальный с относительно короткой и теплой зимой, жарким и засушливым летом, что неблагоприятно отражается на развитии корнеплодов. Проведенные исследования с целью улучшения и поддержания основных показателей моркови сорта Несравненная позволили выделить 22 семьи, которые обладают отличными хозяйственно ценными признаками, характерными для сорта Несравненная, что дает возможность их использовать для элитных семеноводческих посевов, а также для ведения селекции на юге России в качестве ценных генетических источников.

**Ключевые слова:** морковь столовая, сорта, урожайность, товарность, корнеплод

\*\*\*\*\*

### Canteen carrot variety Incomparable improvement

**Oksana V. Kotlyarova, Denis Yu. Kotlyarov**

Biryuchekutskaya Vegetable Breeding Experimental Station – branch of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing, Novocherkassk, Russian Federation

**Abstract.** The main task of our work is to improve the canteen carrot Incomparable variety. Canteen carrot families obtained by family selection were studied. The studies were carried out in open ground in the fields of the Biryuchekutskaya Vegetable Breeding Experimental Station, a branch of the – branch of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing, town Novocherkassk, Rostov Region, in 2015–2016. The soils in the experiments were ordinary chernozems. The thickness of the humus horizon is 70 cm. The humus content in the arable layer is 4.2 %. The weather conditions during the years of the experiments were typical for the climatic zone of the south of Russia. The climate is continental with relatively short and warm winters, hot and dry summers, which adversely affects the development of root crops. The studies carried out in order to improve and maintain the main indicators of the carrot variety Incomparable made it possible to single out 22 families that have excellent economically valuable features characteristic for variety Incomparable, which makes it possible to use them for elite seed-growing crops, as well as for breeding as valuable genetic sources in the south of Russia.

**Keywords:** canteen carrot, varieties, yield, marketability, root crops

**Введение.** Морковь столовая (*Daucus carota* L.) – одна из ведущих сельскохозяйственных культур разнообразного использования: пищевого, кормового и технического. Особая ценность ее в питании человека обусловлена разнообразием биохимического состава, содержанием значительного количества каротина, витаминов и микроэлементов [1].

На сегодняшний день ассортимент сортов и гибридов моркови столовой в боль-

шей мере представлен иностранной селекцией. Сорта и гибриды, имеющие иностранное происхождение, отличаются красивым внешним видом, выравненностью по форме и размеру, хорошей технологичностью, отзывчивостью на высокие дозы удобрений. Но вкусовые и диетические свойства их часто уступают отечественным сортам. Кроме того, наши сорта в сравнении с иностранными обладают более широкой адаптивностью, способностью давать хорошие урожаи даже в неблагоприятных условиях, хорошей жаростойкостью.

На Бирючукотской ОСОС (филиал ФГБНУ ФНЦО) ведется работа не только по созданию новых сортов и гибридов овощных культур, но и по улучшению, поддержанию и размножению уже существующих. Одним из таких сортов является сорт моркови столовой Несравненная. Сорт был внесен в Госреестр селекционных достижений еще в середине XX в. Тем не менее сорт востребован и в настоящее время, как для приусадебных хозяйств, так и для фермеров. Достоинства сорта – высокая урожайность, хорошие вкусовые качества, отличная лежкость, повышенное содержание каротина, универсальность использования (для потребления в свежем виде, переработки и хранения). А также морковь сорта Несравненная является хорошим генетическим источником для создания современных сортов и гибридов.

Цель исследований – провести оценку отобранных образцов (путем семейственного отбора) по хозяйственно ценным признакам, соответствующих сорту моркови Несравненная.

**Условия, материалы и методы исследований.** В 2010 г. на Бирючукотской ОСОС начинается работа по улучшению моркови сорта Несравненная. Для проведения этой работы из группы первичного семеноводства в группу иммунитета были переданы семена моркови этого сорта, которые впоследствии будут являться стандартом (St. Несравненная), для сравнения с отобранными семьями (образцами) далее. С 2010 по 2015 г. велась работа по улучшению сорта методом семейственного отбора. За 5 лет работы были получены 160 семей (образцов), которые в 2015 и 2016 гг. были оценены по хозяйственно ценным признакам.

Исследования в 2015–2016 гг. проводили в условиях открытого грунта на полях Бирючукотской ОСОС – филиала ФГБНУ ФНЦО, расположенной в г. Новочеркасск Ростовской области. Материалом для исследований являлись семьи (образцы) сорта моркови отечественной селекции.

Морковь сорта Несравненная была выведена на Бирючукотской ОСОС в 1943 г. Среднепоздний сорт, вегетационный период составляет от 100 до 125 дней. Урожайность 3,1–7,1 кг/м<sup>2</sup>. Корнеплоды ярко-оранжевые или оранжевые, усечено-конической формы, тупоконечные, массой от 90 до 210 г, с повышенным содержанием каротина. Мякоть ярко-оранжевого цвета, сочная, сладкая, сердцевина плотно соединена с мякотью. Характеризуется превосходной лежкостью корнеплодов. Рекомендуются использовать для потребления в свежем виде, переработки и хранения.

Почвы в опытах – черноземы обыкновенные. Погодные условия в годы проведения опытов были типичными для климатической зоны юга России. Лето было жарким и сухим, с продолжительными периодами полного отсутствия осадков при температурах свыше 30 °С. Сумма активных температур за вегетационный период превышала 3500 °С, а сумма осадков в среднем составляла 280 мм.

Посев образцов проводился в третьей декаде мая по однострочной схеме с междурядьем 70 см. Убирали морковь во второй декаде октября вручную, предварительно проводили механизированную подкормку скобой. Учетная площадь делянки составила 10,5 м<sup>2</sup>, расположение вариантов опыта систематическое, ярусное, форма делянок прямоугольная. Предшественник – пары.

Оценку образцов по комплексу морфологических и хозяйственно ценных признаков проводили согласно стандартным методикам [2]. Устойчивость образцов морко-

ви в период вегетативного роста растений в полевых условиях оценивали визуально по шкале 1, разработанной в лаборатории селекции корнеплодных культур ВНИИО (на основе шкалы Власовой и Федоренко [3]) (таблица 1).

**Таблица 1 – Шкала 1. Визуальная оценка степени устойчивости сортообразцов моркови столовой к болезням в период вегетации**

Балл устойчивости	Развитие болезней	Степень устойчивости
5	Поражено менее 20 % растений	Практически устойчивые
4	21–40 %	Слабовосприимчивые
3	41–60 %	Средневосприимчивые
2	61–80 %	Восприимчивые
1	81–100 %	Сильно восприимчивые

Оценку устойчивости сортообразцов по пораженности корнеплодов моркови столовой во время уборки проводили по 5-балльной шкале 3 (таблица 2).

**Таблица 2 – Шкала 3. Оценка степени устойчивости сортообразцов моркови по поражению корнеплодов в период уборки урожая**

Балл поражения	Развитие болезней	Степень устойчивости
0	Поражено менее 20 % поверхности корнеплода	Практически устойчивые
1	21–40 %	Слабовосприимчивые
2	41–60 %	Средневосприимчивые
3	61–80 %	Восприимчивые
4	81–100 %	Сильно восприимчивые

Содержание сухого вещества в выделившихся образцах определяли при помощи рефрактометра.

Агротехника на опытном участке соответствует принятой на станции. Орошение осуществляли посредством капельного полива.

**Результаты исследований.** С целью поддержания и улучшения основных показателей моркови сорта Несравненная (урожайность, устойчивость к болезням, товарность) в контрольно-элитном питомнике выращивали 160 семей (70 семей в 2015 г. и 90 в 2016 г.), которые были оценены по хозяйственно ценным признакам. По комплексу хозяйственно ценных признаков выделилось 15 семей в 2015 г. (таблица 3) и семь в 2016 г. (таблица 4).

**Таблица 3 – Урожайность и качество семей сорта Несравненная, 2015 г.**

Название образца	Урожайность, т/га	Товарность, %	Содержание сухого вещества, %	Окраска корнеплода
1	2	3	4	5
St. Несравненная	25,3	75,4	12,0–16,5	оранжевая
St. Бирючукская 415	26,7	73,7	11,0–16,0	оранжевая
№ 25	27,9	67,7	12,0–15,5	оранжевая
№ 37	27,0	71,1	13,5–16,5	ярко-оранжевая
№ 43	28,0	68,2	13,0–17,0	ярко-оранжевая
№ 46	26,6	78,6	12,0–15,5	оранжевая
№ 50	30,1	81,1	13,5–17,5	оранжевая
№ 58	24,3	65,0	12,5–15,5	оранжевая
№ 64	26,9	73,6	12,0–15,5	оранжевая
№ 75	37,0	80,5	13,0–17,5	оранжевая
№ 82	29,2	73,6	12,0–15,5	оранжевая

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
№ 86	30,5	63,0	12,0–15,5	ярко-оранжевая
№ 91	29,1	75,7	12,0–15,5	ярко-оранжевая
№ 92	25,8	77,9	12,0–15,5	оранжевая
№ 96	33,6	80,4	14,0–17,5	оранжевая
№ 98	26,3	74,5	11,0–14,0	оранжевая
№ 99	26,5	77,4	12,0–15,5	оранжевая

Таблица 4 – Урожайность и качество семей сорта Несравненная, 2016 г.

Название образца	Урожайность, т/га	Товарность, %	Содержание сухого вещества, %	Окраска корнеплода
St. Несравненная	23,5	75,7	12,0–17,0	оранжевая
St. Бирючукская 415	18,3	63,3	12,0–16,5	оранжевая
№ 25	21,9	76,3	12,5–17,5	ярко-оранжевая
№ 37	20,2	72,3	13,5–16,5	оранжевая
№ 43	23,5	74,8	13,0–17,0	ярко-оранжевая
№ 46	19,3	72,6	12,0–15,5	оранжевая
№ 50	22,9	81,0	13,5–17,5	оранжевая
№ 58	19,9	68,6	12,0–15,5	оранжевая
№ 64	18,1	65,7	12,0–15,5	оранжевая

Во время уборки проводили глазомерную оценку листьев корнеплодов. Оценивая интенсивность окраски листьев, отметили, что во всех выделившихся семьях листья имели окраску от зеленой до темно-зеленой. Все образцы имели полураскидистые листья, количество листьев от 10 до 16 шт. Все изучаемые семьи имели оранжевую окраску корнеплодов. Семьи под номерами 37, 43, 86, 91 (2015 г.) и 25, 43 (2016 г.) имели ярко-оранжевую окраску корнеплода и сердцевины, а также наиболее гладкую поверхность корнеплода. Все образцы имели коническую форму корнеплода.

В процессе визуальной оценки устойчивости к альтернариозу и бактериозу в период вегетативного роста растений все выделившиеся семьи были отнесены в группу слабовосприимчивых (поражено 21–40 % растений), при оценке устойчивости корнеплодов моркови столовой все образцы были отнесены в группу слабовосприимчивых (поражено 21–40 % поверхности корнеплода).

Продуктивность исследуемых образцов моркови столовой варьировала от 19,3 до 33,6 т/га, что было на уровне или выше стандартов. У семей № 50, 75, 82, 86, 96 (2015 г.) урожайность превышала стандарты на 5 т/га. У образцов в 2016 г. урожайность была на уровне стандартов.

Товарность корнеплодов – один из важных показателей для производителей и потребителей. Этот показатель у всех образцов за 2 года исследований был выше 60,0 %. Так, в 2015 г. товарность исследуемых образцов варьировала от 63,0 % (№ 86) до 80,5 % (№ 75), а в 2016 г. этот показатель у всех образцов был выше, чем у одного из стандартов (St. Бирючукская 415 – 63,3 %), и составил от 65,7 % (№ 64) до 81,0 % (№ 50).

Еще один немаловажный показатель, который напрямую связан с вкусовыми и питательными качествами корнеплодов и лежкостью, – содержание сухого вещества. Определение содержания сухого вещества у изучаемых образцов моркови столовой проводилось с помощью рефрактометра. По содержанию сухого вещества образцы значительно не различались между собой, так, этот показатель варьировал от 12,0 до 17,0 %.

**Выводы.** Проведенные исследования с целью улучшения и поддержания основных показателей моркови сорта Несравненная позволили выделить 22 семьи, которые отличаются хорошей урожайностью, высокими товарными качествами и содержанием

сухих веществ, слабовосприимчивые к альтернариозу и бактериозу, жаростойкие. Корнеплоды этих образцов обладают оранжевой и ярко-оранжевой окраской, с гладкой поверхностью, конической формы. Выделившиеся образцы используются для элитных семеноводческих посевов, а также для ведения селекции на юге России в качестве ценных генетических источников.

#### **Список источников**

1. Леунов В. И., Бутов И. С. Необходимо расширять собственный сортимент моркови в Беларуси // Картофель и овощи. 2012. № 8. С. 20–21.
2. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия, 2011. 648 с.
3. Власова Э. А., Федоренко Е. И. Методы оценки исходного и селекционного материала моркови на устойчивость к болезням // Научно-технический бюллетень ВИР. М., 1986. Т. 161. С. 28–34.

---

#### ***Информация об авторах***

**О. В. Котлярова** – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;  
**Д. Ю. Котляров** – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

#### ***Information about the authors***

**O. V. Kotlyarova** – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;  
**D. Yu. Kotlyarov** – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 21.10.2021; одобрена после рецензирования 01.12.2021; принята к публикации 17.12.2021.*

*The article was submitted 21.10.2021; approved after reviewing 01.12.2021; accepted for publication 17.12.2021.*