

**ISSN 2313-2248**

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Научно-практический журнал**

**Выпуск № 1(81)/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 № 1(81)/2021**

Январь – март 2021 г.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**Главный редактор** – доктор сельскохозяйственных наук А. Н. Бабичев

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

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

**Редакторы:** доктор сельскохозяйственных наук, профессор Г. Т. Балакай; доктор технических наук Ю. Е. Домашенко; доктор технических наук, профессор Ю. М. Косиченко; кандидат физико-математических наук М. В. Власов; кандидат сельскохозяйственных наук О. В. Воеводин; кандидат сельскохозяйственных наук Л. А. Воеводина; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент В. Д. Гостищев; кандидат сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаева; кандидат технических наук С. Л. Жук; кандидат технических наук А. Л. Кожанов; кандидат технических наук А. А. Кузьмичёв; кандидат технических наук, доцент С. А. Манжина; кандидат сельскохозяйственных наук В. А. Монастырский; кандидат технических наук В. Иг. Ольгаренко; кандидат 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

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

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

**Переводчик** – В. В. Кульгавюк

**Адрес редакции:** 346421, Ростовская область,  
г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 190

**Тел.:** (8635) 26-02-02

<http://www.rosniipm.ru/journal/ppez>

e-mail: [transfer-rosniipm@yandex.ru](mailto:transfer-rosniipm@yandex.ru)

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

Подписано в печать 15.03.2021. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 15,7. Тираж 500 экз. Заказ № 18

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 31.03.2021

Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2021

# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

### *Научно-практическая конференция*

### *«Техническое состояние и безопасность мелиоративных систем»*

<b>Баев О. А., Косиченко Ю. М.</b> Разработка технологических решений и апробация методов ремонта бетонных облицовок в натуральных условиях .....	5
<b>Васильченко А. П., Кореновский А. М.</b> Телеметрия пунктов водоучета мелиоративной системы .....	12
<b>Чураев А. А., Юченко Л. В.</b> Использование датчика давления жидкости для определения уровня воды на открытом канале .....	16
<b>Рыжакوف А. Н., Кузьмичёв А. А.</b> Интеграция базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и ГТС» в Единую федеральную информационную систему о землях сельскохозяйственного назначения .....	21
<b>Гостищев В. Д., Пономаренко Т. С.</b> Рациональное использование водных ресурсов для целей орошения в условиях маловодья.....	27
<b>Гловацкий О. Я., Газарян А. С., Рашидов Ж. И., Хамдамов Б.</b> Повышение эффективности эксплуатации и безопасности насосных станций .....	32
<b>Гарбуз А. Ю.</b> Выбор композиционных составов, применяемых для ремонта повреждений на каналах .....	37
<b>Кузьмичёв А. А., Бреева А. В.</b> Использование водных ресурсов Цимлянского водохранилища для целей орошения в условиях малой водообеспеченности.....	44
<b>Пунинский В. С.</b> Комплексная обработка комбинированными агрегатами не используемых в агропроизводстве почв для осуществления органического земледелия .....	48
<b>Шевченко А. В.</b> Проектное решение Бессергеевского двухпрудового рыбоводного комплекса .....	55
<b>Шевченко А. В., Ванжа В. В.</b> Конструктивные схемы живорыбных контейнеров для лова, транспортирования и выпуска рыб в рыбоводных комплексах .....	61
<b>Куприянов А. А., Удовидченко Я. Е.</b> Методика прогнозирования плановых размеров контуров влажности почвы, формирующихся при капельном поливе.....	67
<b>Удовидченко Я. Е., Куприянов А. А.</b> Зоны увлажнения садовых растений, формирующиеся при поливе из вдольрядово расположенных капельных линий.....	72
<b>Манжина С. А.</b> Основные направления развития мелиоративного земледелия в Российской Федерации .....	78
<b>Зайцев А. А., Власенко М. В., Кулик А. К., Хофингер А.</b> Ассортимент перспективных видов трав для организации газонов и основы полива футбольного поля в условиях Нижнего Поволжья .....	86
<b>Слабунов В. В., Кириленко А. А., Воеводин О. В.</b> Информационно-аналитическая система типовой проектной документации – драйвер развития мелиоративной отрасли .....	92

## МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

<b>Докучаева Л. М., Юркова Р. Е.</b> Требования к химической мелиорации для повышения плодородия длительно орошаемых земель .....	99
<b>Щедрин В. Н., Бабичев А. Н.</b> Перспективы использования современных оросительных технологий в условиях маловодности.....	104

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

**Кузнецов Е. В., Хасан М., Алматар А., Моторная Л. В.** Исследование коэффициента расхода водослива водоподпорного сооружения на каналах ..... 110

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

**Шкура В. Н., Штанько А. С.** Фильтрующий водоприемник водозаборно-очистного сооружения с сетчатым сорозаградительным устройством рамной конструкции ..... 117

**Штанько А. С., Шкура В. Н.** Низконапорный фильтр блока водоподготовки для систем капельного орошения ..... 122

**Кожанов А. Л.** К вопросу расчета совмещенной осушительно-увлажнительной сети ..... 128

## МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

### *Научно-практическая конференция «Техническое состояние и безопасность мелиоративных систем»*

---

---

УДК 626.823.914

**О. А. Баев, Ю. М. Косиченко**

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

#### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И АПРОБАЦИЯ МЕТОДОВ РЕМОНТА БЕТОННЫХ ОБЛИЦОВОК В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ**

**Аннотация.** Целью исследований являлась разработка конструктивно-технологических решений (по патентам на изобретения) с последующей возможной их опытной апробацией в натуральных условиях (на действующих объектах гидромелиоративной сети). В процессе эксплуатации оросительных каналов, выполненных в бетонной облицовке, под влиянием различных факторов бетон изнашивается, стареет и, как следствие, образуются различного рода повреждения. Для восстановления монолитности и несущей способности, обеспечения водонепроницаемости бетонные облицовки подлежат ремонту и восстановлению. При проведении ремонта бетонных противофильтрационных покрытий на оросительных каналах могут использоваться различные материалы и конструктивно-технические (компоновочные) решения, позволяющие уменьшить потери воды на фильтрацию и увеличить срок службы защитных покрытий. Апробация разработанной авторами технологии ремонта бетонных облицовок каналов проводилась на распределительном канале Багаевской оросительной системы Ростовской области.

**Ключевые слова:** оросительный канал, противофильтрационные мероприятия, бетонная облицовка, герметизация, композитные материалы

\*\*\*\*\*

**O. A. Baev, Yu. M. Kosichenko**

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

#### **DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AND TESTING OF REPAIR TECHNIQUE FOR CONCRETE LINING UNDER NATURAL CONDITIONS**

**Abstract.** The aim of the research was the development of constructive and technological solutions (for patents for inventions) with their subsequent possible experimental testing under natural conditions (at the existing reclamation facilities). During the operation of irrigation canals, made in concrete lining, under the influence of various factors, the concrete wears out, ages and, as a result, various kinds of damage are formed. To restore solidity and bearing capacity, to ensure water resistance, concrete linings are subject to repair and restoration. When carrying out the repair of concrete impervious linings on irrigation canals, various materials and structural and technical (layout) solutions can be used to reduce water losses for filtration and increase the service life of protective linings. The testing of the technology developed by the authors for repairing canal concrete linings was carried out on the distribution canal of the Bagaevskaya irrigation system Rostov region.

**Keywords:** irrigation canal, impervious measures, concrete lining, sealing, composite materials

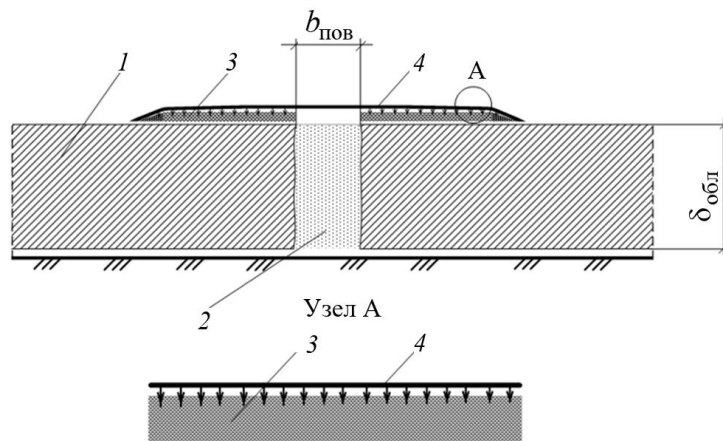
**Введение.** В последние годы на объектах гидромелиоративного назначения (в частности, на оросительных каналах и других гидротехнических сооружениях, входящих в состав мелиоративной сети) наблюдается значительное разрушение бетонных и железобетонных конструктивных элементов, многие из которых были выполнены 25–50 лет назад. Как показала практика эксплуатации таких сооружений и проведенные авторами исследования оросительных каналов юга России, выполненных с противофильтрационными и защитными устройствами, причиной столь значительных разрушений является физический износ, а также отсутствие капитальных и текущих ремонтов некоторых гидротехнических сооружений. При этом на большей части оросительных каналов, облицованных бетонными и железобетонными элементами, наблюдаются разрушения в виде трещин, сколов, просадки и смещение плит, образование размывов под защитными бетонными покрытиями.

Выполненные ранее Ю. М. Косиченко, С. М. Полубедовым [1], А. В. Ищенко [2], А. Ю. Гарбузом [3], С. Я. Семененко [4], В. М. Давиденко [5] и многими другими учеными [6–9] теоретические, лабораторные и натурные исследования подтверждают актуальность проблемы и требуют проведения дальнейших разработок, направленных на совершенствование способов ремонта бетонных покрытий гидротехнических сооружений.

В процессе эксплуатации оросительных каналов, выполненных в бетонной облицовке, под влиянием различных факторов бетон изнашивается, стареет и, как следствие, образуются различные повреждения. Для восстановления монолитности и несущей способности, обеспечения водонепроницаемости бетонные облицовки, на которых образовались повреждения, подлежат ремонту и восстановлению. Перечень работ по ремонту противофильтрационных покрытий оросительных каналов зависит от типа и размера разрушений, условий эксплуатации. При обнаружении повреждений на бетонной облицовке для начала необходимо произвести опорожнение участка оросительного канала, на котором будут проводиться ремонтные работы. Для сезонно действующих каналов ремонтные работы рекомендуется проводить в осенне-зимний период.

**Материалы и методы.** При проведении ремонта бетонных противофильтрационных облицовок на оросительных каналах могут использоваться различные материалы и конструктивно-технические (компоновочные) решения, позволяющие уменьшить потери воды на фильтрацию и увеличить срок службы защитных покрытий.

Так, конструктивно-технологическое решение по патенту на изобретение № 2612419 [10] может быть использовано при проведении ремонта бетонных облицовок длительно работающих оросительных каналов (рисунок 1).



1 – облицовка канала; 2 – повреждение в облицовке; 3 – цементно-песчаная смесь; 4 – профилированная геомембрана;  $b_{пов}$  – ширина повреждений;  $\delta_{обл}$  – толщина облицовки

**Рисунок 1 – Конструктивное решение по ремонту бетонных облицовок с использованием профилированных геомембран [10]**

Способ ремонта бетонных облицовок длительно работающих оросительных каналов выполняется следующим образом [10]. При обнаружении повреждений на бетонной облицовке сначала производят удаление дефектного участка покрытия, заключающееся в очистке и удалении грязи, ила, крупных и острых включений вблизи места повреждения. Далее по контуру повреждения (с каждой из его сторон с запасом, равным  $b_{\text{зап}} \geq 0,15$  м) на заранее увлажненную поверхность наносится раствор из цементно-песчаной смеси с толщиной слоя  $\delta = 0,05$  м, на который укладывают жесткими ребрами вниз полимерную профилированную геомембрану. При затвердевании цементно-песчаной смеси происходит самопроизвольное закрепление геомембраны за счет наличия жестких полимерных ребер, погруженных в бетон.

Ширина полоски профилированной геомембраны ( $b_{\text{пол.гм}}$ ) определяется в зависимости от размеров повреждения бетонной облицовки с учетом запаса по формуле:

$$b_{\text{пол.гм}} = b_{\text{пов}} + 2b_{\text{деф}} + 2b_{\text{зап}},$$

где  $b_{\text{пол.гм}}$  – ширина полоски геомембраны, м;

$b_{\text{пов}}$  – ширина повреждений, м;

$b_{\text{деф}}$  – ширина области деформации, м;

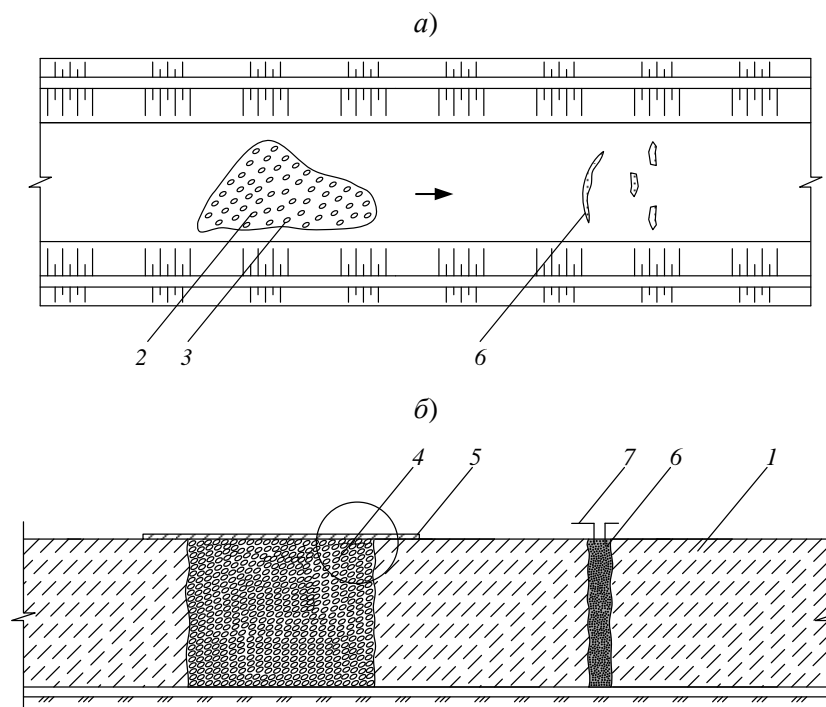
$b_{\text{зап}}$  – ширина запаса с каждой из сторон, принимаемая как  $b_{\text{зап}} \geq 0,15$  м при наличии малых повреждений  $b_{\text{пов}} \leq 1,5$  м;  $b_{\text{зап}} \geq 0,30$  м – при наличии больших повреждений  $b_{\text{пов}} \geq 1,5$  м.

Применение данного способа при его детальной проработке позволит достаточно быстро производить ремонт повреждений на бетонных облицовках оросительных каналов, а использование полимерных геомембран позволит частично снизить шероховатость бетонных покрытий.

Для целей ремонта и герметизации повреждений на бетонных облицовках оросительных каналов разработано конструктивно-технологическое решение (патент № 2669302 [11]), технический результат которого заключается в повышении надежности и водонепроницаемости повреждений бетонных облицовок, обеспечении наименьшей шероховатости отремонтированного участка.

Данный способ осуществляется следующим образом (рисунок 2). Все работы по обнаружению, ремонту и герметизации повреждений на бетонных облицовках каналов производятся при полном их опорожнении, в весенний и (или) осенний период. На опорожненных каналах гидромелиоративных систем при обнаружении повреждений на бетонной облицовке сначала производят подготовку дефектного участка покрытия, заключающуюся в удалении с поверхности воды, пыли, ила и других крупных включений вблизи места повреждения. Для ремонта крупных повреждений (деформационных швов, больших трещин и других повреждений с шириной  $b_{\text{пов}} \geq 0,05$  м) производят заполнение дефектного участка гравийно-щебеночным (или иным) материалом с последующим закреплением поверхности дефектного участка жидкой водонепроницаемой полибентонитовой композицией. Для обеспечения адгезии композиция дополнительно наносится на стенки и бетонную поверхность облицовки с каждой из ее сторон. Герметизацию малых повреждений ( $b_{\text{пов}} \leq 0,05$  м) осуществляют путем нагнетания под давлением полибентонитовой композиции через заранее установленные в повреждениях трубчатые инъекторы. При инъектировании бетонных облицовок жидкой полибентонитовой композицией происходит регенерация повреждений (трещин, щелей и др.) за счет набухания бентонита с последующим затвердеванием композиции и полимера.

Преимуществом конструктивного решения (по патенту № 2669302 [11]) является возможность ремонта и герметизации различных повреждений бетонных облицовок каналов вне зависимости от их размеров, повышение надежности, эффективности и продление срока службы бетонных покрытий, ликвидация зон фильтрации.



*a* – план канала с бетонной облицовкой и различными повреждениями;  
*б* – схема ремонта крупных и малых повреждений в бетонной облицовке; 1 – бетонная облицовка; 2 – крупные повреждения; 3 – дефектный участок; 4 – щебеночно-гравийный материал; 5 – жидкая композиция; 6 – малые повреждения; 7 – инъекторы

### Рисунок 2 – Конструктивно-технологическое решение по способу ремонта бетонных облицовок каналов [11]

**Результаты и обсуждения.** С целью апробации в натуральных условиях разработанной авторами технологии ремонта бетонных облицовок каналов использовалась битумно-полимерная однокомпонентная мастика ручного нанесения. Объектом исследования являлся распределительный канал Багаевской оросительной системы (Ростовская область), выполненный с железобетонным противофильтрационным покрытием. На участке облицовки канала наблюдались трещины в бетонной облицовке различной ширины раскрытия, а также разрушение деформационных швов.

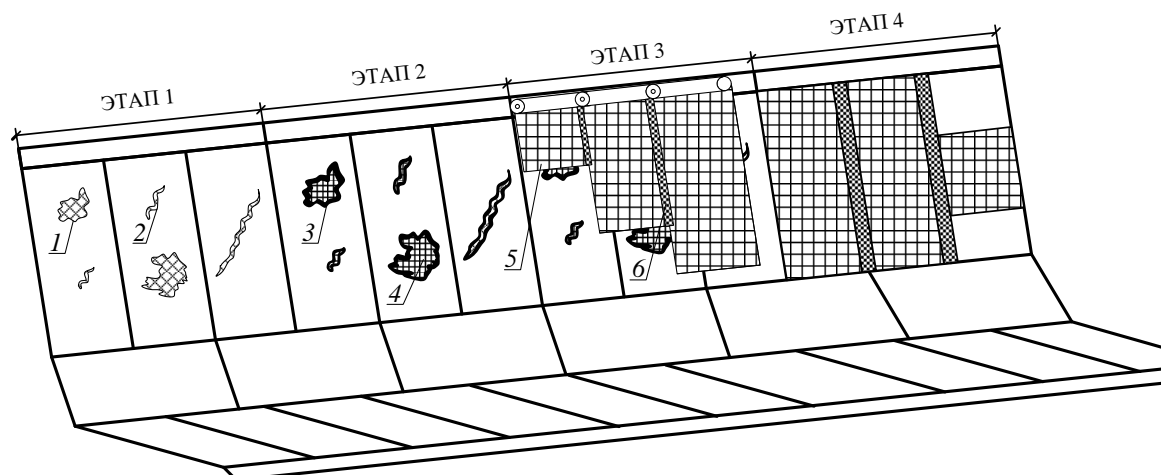
Отремонтированный участок бетонной облицовки на опытном участке Багаевского распределительного канала проиллюстрирован рисунком 3.



Рисунок 3 – Апробация технологии ремонта бетонной облицовки композитами в натуральных условиях (автор фото А. Ю. Гарбуз)



Работы по ремонту опытного участка канала проводились в осенний период при полностью опорожненном канале и включали четыре этапа выполнения работ (рисунок 4).



1 – локальное повреждение в виде выбоины на поверхности облицовки;  
 2 – повреждение в виде трещины; 3 – праймирующий слой битумно-полимерного материала; 4 – армирующий слой; 5 – раскладываемый ремонтный наплавляемый материал; 6 – уплотнение деформационных швов после наплавления геомембраны

**Рисунок 4 – Технология ремонта участков бетонных облицовок каналов наплавляемыми битумно-полимерными геомембранами**

Этап 1. Подготовка поверхности бетонной облицовки:

- очистка от пыли, ила и мусора;
- продувка очищенной поверхности сжатым воздухом;
- очистка, просушка и предварительный прогрев поверхности.

Этап 2. Подготовка битумно-полимерной мастики к применению:

- тщательное перемешивание материала до получения нужной консистенции;
- заделка наиболее крупных повреждений (с шириной раскрытия трещин более 0,5 см) заранее подготовленным цементно-песчаным раствором.

Этап 3. Выполнение работ по нанесению битумно-полимерной мастики:

- нанесение первого слоя битумно-полимерной мастики на поверхность облицовки при помощи шпателя;
- после выдержки (не более 1 ч) шпателем производится нанесение основного защитного покрытия (при необходимости нанесения слоя более 1 мм мастика наносится несколькими слоями с промежуточной просушкой);
- среднее время высыхания слоя мастики толщиной 1 мм составляет 45–60 мин.

Время полной полимеризации 24–48 ч при температуре  $+20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Этап 4. Защита и уход за композитным покрытием бетонной облицовки:

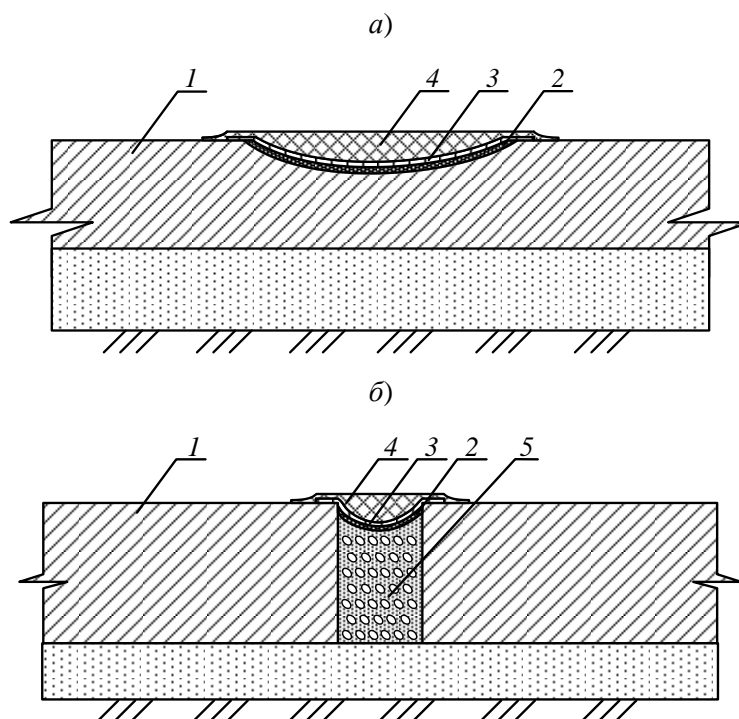
- уход за покрытием при эксплуатации включает проверку состояния защитного слоя весной и осенью;
- при необходимости производится повторная изоляция мест разрушения нанесением битумно-полимерной мастики.

Процесс ремонта бетонных облицовок каналов может осуществляться также механизированным способом (с использованием оборудования для нанесения жидкого композитного материала) по патенту № 2732588 [12] (рисунок 5).

Данный способ ремонта бетонных облицовок включает четыре основных этапа: 1) подготовительный; 2) праймирование; 3) укладка геотекстиля для усиления ремонтируемого участка; 4) создание финишного покрытия.

На подготовительном этапе производятся работы, направленные на очистку по-

верхности бетонной облицовки (в т. ч. удаление продуктов разрушения бетонного покрытия) на следующих видах повреждений: волосяных удлиненных трещинах; локальных (крупных) повреждениях, нуждающихся в дополнительном применении песчано-гравийных наполнителей; деформационных швах. После очистки поверхность подлечит просушиванию в течение одних суток.



*a* – схема ремонта поверхностных повреждений в бетонной облицовке канала;  
*б* – схема ремонта деформационных швов и трещин; 1 – бетонная облицовка;  
 2 – компонент А (реагент); 3 – локальное повреждение в бетонной облицовке;  
 4 – финишное покрытие; 5 – заполненный деформационный шов

### Рисунок 5 – Конструктивно-технологическое решение по ремонту бетонных облицовок длительно работающих каналов [12]

Второй этап – праймирование – включает использование механизированного оборудования, в состав которого входит емкость с компонентом А (реагентом) и компонентом Б, компрессорная установка, шланги с двухканальными распылителями [12]. На данном этапе производятся работы по напылению на поврежденную поверхность бетонной облицовки тонкого слоя компонента А.

Третий этап включает укладку полотна тканого или нетканого геотекстиля с целью усиления конструкции ремонтируемого участка.

На четвертом этапе производится устройство финишного покрытия, которое наносится поверх геотекстиля сплошным слоем толщиной от 3 до 6 мм.

Для сырья используют два компонента – компонент А, представленный в виде полимерно-битумной эмульсии, и компонент Б – закрепитель поверхности. Соотношение компонентов принимается следующим: 1:8 (1 л компонента Б к 8 л компонента А).

Преимуществом данного изобретения является возможность проведения механизированного ремонта повреждений на бетонных облицовках, повышение надежности, эффективности и продление их срока службы.

#### Выводы

1 В связи с длительным сроком эксплуатации бетонных и железобетонных конструктивных элементов каналов (50 лет и более) наблюдается их значительное разрушение. Причиной таких разрушений бетонных облицовок и гидротехнических соору-

жений является их физический износ, составляющий более 60 %, что требует проведения текущих и капитальных ремонтов.

2 Так, одним из авторов статьи разработано конструктивно-техническое решение по патенту на изобретение № 2612419. Оно может быть использовано для ремонта бетонных облицовок длительно работающих каналов, включающего нанесение раствора из цементно-песчаной смеси на поверхность облицовки и укладку сверху профилированной геомембраны с жесткими ребрами, которые утапливаются в раствор, после его затвердевания геомембрана прочно прикрепляется к основанию.

3 Для проведения ремонта и герметизации повреждений на бетонных облицовках каналов также разработано конструктивно-техническое решение по патенту на изобретение № 2669302, в котором для ремонта крупных повреждений производят заполнение дефектного участка гравийно-щебенчатым материалом с последующим закреплением поверхности дефектного участка жидкой композицией из полибентонита.

4 Для апробации в натуральных условиях разработанной авторами технологии ремонта бетонных облицовок каналов использовалась битумно-полимерная однокомпонентная мастика ручного нанесения. Работы по ремонту опытного участка канала включали четыре этапа: подготовка поверхности бетонной облицовки, подготовка битумно-полимерной мастики к применению, выполнение работ по нанесению битумно-полимерной мастики на поверхность облицовки при помощи шпателя, уход за композитным покрытием бетонной облицовки и его защита.

5 Ремонт бетонных облицовок оросительных каналов может осуществляться механизированным способом с использованием оборудования для нанесения жидкого композитного материала на бетонную поверхность (например, по патенту на изобретение № 2732588).

#### **Список источников**

1. Косиченко Ю. М., Полубедов С. М. Водопроницаемость противofильтрационных облицовок при наличии в них трещин // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 1999. № 4. С. 91–94.

2. Ищенко А. В. Повышение эффективности и надежности противofильтрационных облицовок оросительных каналов: монография. Ростов н/Д.: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2006. 212 с.

3. Гарбуз А. Ю. Ремонт бетонных облицовок каналов полимерными композициями // Проблемы и перспективы развития мелиорации в современных условиях: сб. науч. тр. по материалам науч.-практ. конф., г. Энгельс, 25–27 мая 2016 г. / ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». Энгельс, 2016. С. 169–174.

4. Способ реконструкции деформационных швов противofильтрационных бетонных и железобетонных облицовок гидротехнических сооружений / С. Я. Семенов, Д. П. Арьков, С. С. Марченко, В. Ф. Скворцов, П. С. Попов // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 1. С. 31–35.

5. Причины разрушения и концепция ремонта бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений / В. М. Давиденко, Г. Ф. Паромова, Г. В. Охапкин, Д. А. Ивашинцов, П. И. Фотиев // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2017. Т. 286. С. 3–9.

6. Козлов Д. В., Крутов Д. А. Комплексные технические решения при реконструкции плотин // Природообустройство. 2018. № 2. С. 22–28.

7. 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: Амирит, 2019. С. 431–440.

8. Косиченко Ю. М., Угроватова Е. Г., Баев О. А. Обоснование расчетных зави-

симостей фильтрационных сопротивлений конструкций облицовок каналов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2015. Т. 278. С. 35–46.

9. Бандурин М. А. К вопросу о состоянии железобетона лотковых каналов Азовской оросительной системы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. 2006. № 24(08). С. 82–86. URL: <http://ej.kubagro.ru/2006/08/pdf/32.pdf> (дата обращения: 25.02.2021).

10. Пат. 2612419 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/16. Способ ремонта бетонных облицовок оросительных каналов / Баев О. А.; заявитель и патентообладатель О. А. Баев. № 2016105674; заявл. 18.02.16; опубл. 09.03.17, Бюл. № 7. 9 с.

11. Пат. 2669302 Российская Федерация, МПК Е 02 В 13/00. Способ ремонта и герметизации повреждений бетонных облицовок каналов / Ищенко А. В., Баев О. А., Скляренко Е. О., Гарбуз А. Ю., Гвозденко К. В.; заявитель и патентообладатель Дон. гос. аграр. ун-т. № 2017120124; заявл. 07.06.17; опубл. 09.10.18, Бюл. № 28. 8 с.

12. Пат. 2732588 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/16. Способ ремонта бетонных облицовок длительно работающих каналов / Васильев С. М., Косиченко Ю. М., Баев О. А., Гарбуз А. Ю.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2019134272; заявл. 24.10.19; опубл. 21.09.20, Бюл. № 27. 9 с.

УДК 631.6:621.398

**А. П. Васильченко, А. М. Кореновский**

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

### ТЕЛЕМЕТРИЯ ПУНКТОВ ВОДОУЧЕТА МЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ

**Аннотация.** Целью исследования является определение функций телеметрии и использование ее на пунктах водоучета мелиоративной системы. Организациям, осуществляющим эксплуатацию и обслуживание мелиоративных систем, необходимо устройство пунктов водоучета, основанных на автоматизации процесса. Они должны обладать возможностью оперативного измерения параметров проходящей воды по системе с последующей передачей этих данных дистанционно на диспетчерский пункт. В качестве систем, позволяющих осуществить обработку дистанционно принятой информации, применяют SCADA-системы. SCADA-система предоставляет информацию в условиях реального времени, что позволяет диспетчеру оперативно отслеживать работу оборудования на пунктах водоучета, распознавать аварийные ситуации и принимать соответствующие меры по их устранению. Внедрение таких разработок в совокупности с современными технологическими достижениями в области измерительной техники и метрологии позволит реализовать качественно новый подход к мониторингу пунктов водоучета мелиоративной системы. Использование телеметрии на пунктах водоучета мелиоративной системы позволит повысить качество ее эксплуатации за счет оперативно предоставляемой информации о технологических параметрах учета водных ресурсов. Применение телеметрии на пунктах водоучета мелиоративной системы приведет к снижению затрат на эксплуатацию системы, а также к улучшению условий труда эксплуатационного персонала.

**Ключевые слова:** телеметрия, канал связи, сигнал, дистанционная передача, передача информации, датчик, контроллер, пункт водоучета, мелиоративная система

\*\*\*\*\*

**A. P. Vasilchenko, A. M. Korenovskiy**

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

## TELEMETRING OF WATER METERING POINTS OF THE RECLAMATION SYSTEM

**Abstract.** The aim of the study is to determine the functions of telemetry and its use at the water metering points of the reclamation system. The organizations that operate and maintain reclamation systems are to set up water metering points based on process automation. They must have the ability of quick measuring the parameters of passing water through the system with the further transmission of these data remotely to the control center. SCADA systems are used as systems for processing remotely received information. The SCADA system provides information in real time, which allows the dispatcher monitor fast the operation of equipment at water metering points, recognize emergency situations and take appropriate measures to eliminate them. The introduction of such developments in conjunction with modern technological advances in the field of measuring equipment and metrology will make it possible to implement a qualitatively new approach to monitoring the water metering points of the reclamation system. The use of telemetry at the water metering points of the reclamation system will improve the quality of its operation due to the promptly provided information on the technological parameters of water resources metering. The use of telemetring at the water metering points of the reclamation system will reduce the costs on system operation, as well as improve the working conditions of the operating staf.

**Keywords:** telemetry, communication channel, signal, remote transmission, information transmission, sensor, controller, water metering point, reclamation system

**Введение.** В современном мире, когда обеспеченность водными ресурсами достаточно мала, на мелиоративных системах для рационального их использования необходимо проводить своевременный и объективный учет. Организациям, осуществляющим эксплуатацию и обслуживание мелиоративных систем, необходимо устройство пунктов водоучета, основанных на автоматизации процесса. Они должны обладать возможностью оперативного измерения параметров проходящей воды по системе с последующей передачей этих данных дистанционно на диспетчерский пункт [1].

Системный анализ функционирования объектов мелиоративных систем позволяет определить массив измеряемых параметров на пунктах водоучета, которыми являются гидравлические параметры, такие как уровень, скорость, глубина потока в русле, давление воды и их производные [2].

Проблема получения оперативной информации о параметрах водоучета имеет два аспекта – технологический и технический, т. е. как (каким способом) и с помощью чего (каких технических средств) измерять и дистанционно передавать информацию.

На данном этапе развития современных технологий разработаны и широко применяются в различных странах системы дистанционной передачи информации (телеметрия), регистрирующие и передающие технически измеряемые и контролируемые параметры на диспетчерский пункт.

Внедрение таких разработок в совокупности с современными технологическими достижениями в области измерительной техники и метрологии позволит реализовать качественно новый подход к мониторингу пунктов водоучета мелиоративной системы [3].

**Результаты и обсуждение.** «Телеметрия» (производная от двух древнегреческих слов: τήλε «далеко» + μέτρον «измеряю») – раздел науки и техники, занимающийся вопросом получения, преобразования и передачи по каналу связи измеряемых показателей с последующим их приемом, обработкой и регистрацией с целью осуществления контроля на расстоянии [4].

Суть телеметрии заключается в том, что некоторая измеренная величина преобразовывается сначала в какой-то показатель, допустим, в напряжение, и одновременно преобразуется в определенный сигнал, который затем передается по каналу связи. В итоге происходит передача не этой измеренной величины, а ее аналога в виде равного ей сигнала.

Первая передача данных по проводной линии была проведена порядка 200 лет назад, в 1845 г. Эта линия служила для пересылки данных и связывала Зимний дворец и штабы армии. Во Франции в 1874 г. инженерами была построена система, осуществляющая определение погодных условий и измерение глубины снега на Монблане. Эти показания измерялись датчиками и с помощью системы кабелей передавались в Париж. В 1912 г. Эдисоном была создана система телеметрии, которая проводила измерение нагрузки, подключаемой к электросети [4, 5].

Р. Бюро и П. Молчанов одновременно и независимо друг от друга разработали беспроводную форму телеметрии и использовали ее в радиозондах. Устройство Молчанова передавало полученные значения температуры и давления в виде азбуки Морзе [4, 5].

Упрощенно система телеметрии имеет следующий вид (рисунок 1). Она состоит из передающей части, канала связи и приемной части.

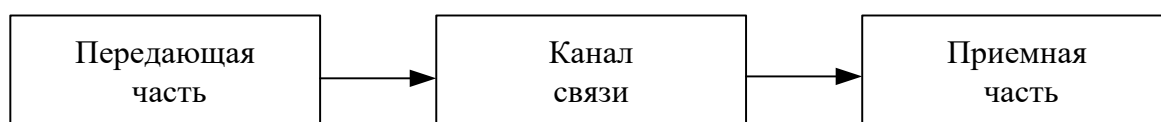


Рисунок 1 – Система телеметрии (упрощенно)

В настоящее время понятие «телеизмерение» («телеметрия») представлено как измерение на расстоянии физических величин, характеризующих технический процесс. Непосредственные измерения физических величин могут осуществляться с помощью датчиков, а полученные результаты автоматически передаваться (обычно в виде кодированных аналоговых и цифровых сигналов) по каналам связи на приемные устройства, где они расшифровываются для последующей обработки или регистрации. Схема системы телеметрии представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема системы телеметрии

В более полном виде система телеметрии состоит из следующих элементов: датчиков (давления, уровня, расхода, температуры и т. п.), измерительных преобразователей, модулей ввода/вывода данных, компьютера и (или) программируемого контроллера, исполнительных устройств. Для передачи данных с удаленных объектов на центральный диспетчерский пункт может быть использован любой из доступных каналов связи: коммутируемые линии, радиоканал, беспроводной Ethernet, сотовая связь (GPRS, SMS), спутниковая связь.

При разработке систем телеметрии происходит стремительный рост требований к техническим параметрам и порядку работы телеметрических устройств, значительное увеличение и универсальность выполняемых ими процессов, а также расширение объема автоматизации и телемеханизации с увеличением количества разного рода данных, требующих передачи [6].

Главное требование, которое предъявляется к системе телеметрии, – минимальная погрешность, под которой понимают степень приближения показаний прибора на приемной стороне к истинному значению измеряемой величины [7].

Системы телеметрии служат для контроля территориально распределенных технологических процессов и управления ими. Они включают в себя оборудование, предназначенное для выполнения функций сбора, передачи, обработки и отображения необходимых данных о течении технологического процесса. Характеристики систем телеметрии обуславливаются в основном: достоверностью информации, передаваемой от источника к месту назначения, скоростью передачи информации к месту назначения. Достоверность данных определяется как неизменность содержания информации на пути от источника к месту назначения, а скорость передачи информации определяется полным временем передачи [8].

Устройства, применяемые в телеметрии, по принципу действия подразделяются на аналоговые и цифровые.

По дальности действия системы телеметрии делят на две группы [6]:

- ближнего действия. В этих системах передача контролируемого параметра может осуществляться на расстояния от сотен метров до десятков километров. Работают на переменном или постоянном токе с проводными линиями связи;

- дальнего действия. В этих системах передача контролируемого параметра может осуществляться на расстояния от десятков до тысяч километров. Она осуществляется по выделенной проводной линии связи, радиоканалам и мобильной радиосвязи, а также через интернет.

При эксплуатации мелиоративной системы на пунктах водоучета используются электронные устройства: датчики, счетчики, расходомеры, уровнемеры и т. д. Информация с этих устройств собирается и обрабатывается контроллерами.

Информация с контроллеров по каналам связи передается на сервер, где происходит ее обработка, сведение, архивация, анализ и передача на диспетчерский пункт, здесь она предоставляется оператору (диспетчеру). Таким образом, оператор получает полную и достоверную информацию обо всех процессах, происходящих на пунктах водоучета.

В качестве систем, позволяющих осуществить такую обработку, применяют SCADA-системы.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – диспетчерское управление и сбор данных. SCADA-системы реализуют все основные функции визуализации измеряемой и контролируемой информации, передачи данных и команд системе контроля и управления [3].

SCADA-система предоставляет информацию в условиях реального времени, что позволяет диспетчеру оперативно отслеживать работу оборудования на пунктах водоучета, распознавать аварийные ситуации и принимать соответствующие меры по их устранению.

### **Выводы**

1 Использование телеметрии на пунктах водоучета мелиоративной системы позволит повысить качество ее эксплуатации за счет оперативно предоставляемой информации о технологических параметрах учета водных ресурсов.

2 Применение телеметрии на пунктах водоучета мелиоративной системы приведет к снижению затрат на эксплуатацию системы, а также к улучшению условий труда эксплуатационного персонала.

**Список источников**

1. Шепелев А. Е., Юченко Л. В. Анализ средств водоизмерения на пунктах водоучета мелиоративных систем Минсельхоза России // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 1(73). С. 43–46.
2. Бочкарев В. Я. Новые технологии и средства измерений, методы организации водоучета на оросительных системах / ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2012. 227 с. Деп. в ВИНТИ 27.04.12, № 196-В2012.
3. Васильченко А. П., Шепелев А. Е., Кореновский А. М. К вопросу оснащения пунктов водоучета средствами телеметрии // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 140–153. URL: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=1143> (дата обращения: 19.02.2021). doi: 10.31774/2222-1816-2020-3-140-153.
4. Телеметрия [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Телеметрия> (дата обращения: 19.02.2021).
5. Телеметрия – что это такое? [Электронный ресурс]. URL: <https://fb.ru/article/352885/telemetriya---chto-eto-takoe> (дата обращения: 19.02.2021).
6. Соболин Г. В., Сатункин И. В., Хилько Л. Н. Водомерные сооружения, приборы и телеизмерительные устройства на водозаборных узлах и каналах оросительных систем // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2004. № 4. С. 53–55.
7. Ганкин М. З. Автоматизация и телемеханизация мелиоративных систем. М.: Колос, 1965. 230 с.
8. ГОСТ Р МЭК 870-1-1-93. Устройства и системы телемеханики. Ч. 1. Основные положения. Разд. 1. Общие положения. Введ. 1995-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1994. 31 с.

УДК 681.128:626.821.3

**А. А. Чураев, Л. В. Юченко**

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

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ НА ОТКРЫТОМ КАНАЛЕ**

**Аннотация.** Цель исследований – применение датчика давления жидкости на гидромелиоративной системе, а именно на открытом оросительном канале, для измерения уровня воды. В статье отображен принцип действия уровнемера, конструкция и основная техническая характеристика. Приведена схема автоматизации уровнемерного устройства с гидростатическим датчиком давления. Использование датчика давления жидкости с устройствами, выполняющими преобразовательные функции, дает возможность автоматизировать процесс водоучета. Гидростатические уровнемеры просты в конструкции и могут использоваться в труднодоступных местах, имеют высокую точность измерения при низкой стоимости.

**Ключевые слова:** оросительная система, открытый канал, водоучет, гидростатический уровнемер, датчик давления жидкости, блок дистанционного контроля

\*\*\*\*\*

**A. A. Churaev, L. V. Yuchenko**

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

**USING A LIQUID PRESSURE SENSOR FOR DETERMINING  
WATER LEVEL ON AN OPEN CANAL**



**Abstract.** The purpose of the research is the use of a liquid pressure sensor on an irrigation system, namely on an open irrigation canal to measure the water level. The principle of level meter operation, design and main technical characteristics are described. The scheme of automation of a level-metering device with a hydrostatic pressure sensor is given. The use of a liquid pressure sensor with devices that perform conversion functions makes it possible to automate the water metering process. Hydrostatic level gauges are simple in design and can be used in hard-to-reach places, have high measurement accuracy at low cost.

**Keywords:** irrigation system, open canal, water metering, hydro-static level gauge, liquid pressure sensor, remote control unit

**Введение.** Проблема рационального использования воды на гидромелиоративных системах не может решаться успешно без рассмотрения вопросов улучшения водочета. В настоящее время на открытых оросительных системах для определения уровня воды в каналах применяют чаще всего визуальные средства измерения в виде уровнемерных реек и гидрометрических штанг. Для получения своевременной и достоверной информации об объемах и расходах оросительной воды необходимы современные средства водочета, которые возможно автоматизировать [1].

**Материалы и методы.** Известно, что измерение уровня жидкости во многих отраслях промышленности осуществляют различными по принципу действия уровнемерами, из которых наибольшее распространение получили: поплавковые, буйковые, гидростатические, электрические, ультразвуковые и радиоизотопные. Датчики давления жидкости для определения уровня воды применяются в основном в гидростатических средствах измерения (уровнемерах), где используется метод гидростатического давления, оказываемого жидкостью на дно резервуара или сооружения и зависящего от высоты столба жидкости над измерительным прибором [2].

В основе действия гидростатических датчиков уровня лежит закон о пропорциональности между высотой столба жидкости и гидростатическим давлением этого столба, что показано в формуле [3]:

$$P = \rho gh,$$

где  $P$  – гидростатическое давление столба жидкости, Па;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$g = 9,8$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$h$  – высота столба жидкости, м.

По типу присоединения к производственному процессу гидростатические уровнемеры разделяются на погружные, врезные, фланцевые. При подборе уровнемера тип соединения стараются подбирать для обеспечения удобства монтажа в существующую систему без осуществления дополнительных работ (сварка, нарезка другого типа резьбы и т. п.).

При выборе гидростатического уровнемера важна также характеристика измеряемой жидкости, влияющая на требования к материалам, из которых будет изготовлен прибор. При выборе метода измерения уровня учитывают постоянство плотности жидкой среды и величину уровня, от которых зависят точные измерения.

На открытых водотоках применяют в основном гидростатический уровнемер погружной, имеющий датчик давления с мембраной, у которой внутренняя поверхность соприкасается с атмосферой через трубку, находящуюся в соединительном кабеле, а внешняя сторона находится в контакте с измеряемой средой. В большинстве случаев гидростатический датчик уровня подвешивается за кабель на необходимом уровне измерения или просто погружается на дно емкости. Для гидростатического датчика уровня неважно, какую конфигурацию имеет резервуар, бассейн или природный ландшафт, имеются ли преграды, пороги или сложный профиль. Гидростатический датчик уровня может калиброваться в метрах водяного столба относительно стандартного значения силы тя-

жести или локального значения силы тяжести. Для высокоточных измерений уровня при расчете учитывают температуру измеряемой среды, так как она влияет на удельный вес.

Как и все средства измерений, уровнемеры состоят из совокупности измерительных преобразователей и вспомогательных устройств, необходимых для осуществления процесса измерений (устройств для линеаризации функций преобразования, отсчетных устройств и т. д.). Первичный преобразователь (датчик) воспринимает измеряемую величину – уровень и преобразует ее в выходной сигнал, поступающий на последующие преобразователи, или в показания, отсчитываемые по шкале уровнемера.

Самым распространенным аналоговым выходным сигналом для датчиков давления является унифицированный токовый сигнал 4–20 мА. Интеллектуальные датчики давления, помимо работы с основным сигналом 4–20 мА, могут быть изготовлены с поддержкой «протокола HART», который может использоваться для настройки или получения информации о состоянии датчика и дополнительной информации [4].

**Результаты, обсуждения.** Известные уровнемерные устройства, имеющие в своем составе датчики давления и широко используемые в отраслях промышленности, могут быть применены и в сельском хозяйстве в области измерения уровня на открытых каналах для определения расхода воды [5]. Одним из них может быть, например, уровнемерное устройство «Радон ВБ ДУ». Конструктивно уровнемер выполнен в цилиндрическом корпусе из нержавеющей стали, в котором размещены сенсор давления и электронный модуль. Измерительная камера датчика снабжена сменной защитной сеткой из синтетических материалов. Для связи внутренней полости датчика (при измерении малых давлений) с атмосферой служит газопроницаемый кабель «мокрый» с силикагелевым фильтром. Герметизация корпуса (IP68) обеспечивается штуцерным присоединением «мокрого» кабеля, уплотняемого специальной разрезной втулкой и коронovidной гайкой. Датчик монтируется непосредственно в воде на тросе или иной конструкции на дне канала, принятом за начало отсчета уровня (измеренное значение уровня обусловлено давлением столба жидкости над датчиком) [6]. В базовую комплектацию датчика «Радон ВБ ДУ» входит модуль коммутации, грозозащиты и измеритель-регулятор цифровой «Радон РИЦ». Уровнемерное устройство «Радон ВБ ДУ» показано на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Гидростатический уровнемер «Радон ВБ ДУ» (датчик давления с преобразовательным элементом) [6]**

Техническая характеристика устройства «Радон ВБ ДУ» сведена в таблицу 1.

**Таблица 1 – Техническая характеристика устройства «Радон ВБ ДУ»**

Наименование параметра	Требование ТУ
1	2
Верхний предел измерения гидростатического давления, м (приведенный к плотности 1000 кг/м <sup>3</sup> при температуре +20 °С)	2,5; 4,0; 6,0; 8,0; 10; 12; 16; 20; 25; 35; 40
Диапазон изменения выходного сигнала, мА	0–5 (5–0); 0–20 (20–0); 4–20 (20–4)

Продолжение таблицы 1

1	2
Предел допускаемой основной погрешности, %	$\pm 0,25; \pm 0,5; \pm 1,0$
Дополнительная погрешность от изменения температуры окружающей среды, %/10 °С, не более	$\pm 0,25 \dots \pm 0,50$
Напряжение питания постоянного тока, В	18–36
Потребляемая мощность, не более, В·А	0,8
Габаритные размеры, не более, мм	35 × 50
Степень защиты	IP68

Принцип действия датчика давления основан на тензорезистивном эффекте. Датчик состоит из чувствительного элемента и электронного устройства, конструктивно выполненных в едином корпусе. Корпус может быть нержавеющей стальным или полимерным, а чувствительная мембрана – стальной или керамической. В оболочке компенсационного кабеля проходит трубка опорного давления, и она может быть тефлоновой, полиуретановой или из ПВХ. Электронное устройство преобразует изменение электрических сопротивлений в унифицированный токовый выходной сигнал или цифровой сигнал. Датчики могут изготавливаться с различными пределами допускаемой основной приведенной погрешности.

Датчик давления монтируется непосредственно у дна канала или какой-либо плоскости, принятой за технологическое начало отсчета уровня (измерение значения уровня обусловлено давлением столба жидкости над датчиком). Датчик давления может крепиться на тросе или иной конструкции. Допускается вывешивание датчика на кабеле, но при этом необходимо учесть возможное удлинение кабеля. Датчики давления внесены в Государственный реестр средств измерения и имеют лицензии Ростехрегулирования [7].

К достоинствам гидростатических датчиков давления можно отнести:

- низкую стоимость монтажа датчика на канале (просто погрузить на дно);
- простоту конструкции и возможность использования в труднодоступных местах;
- высокую точность измерения при низкой стоимости.

К недостаткам можно отнести:

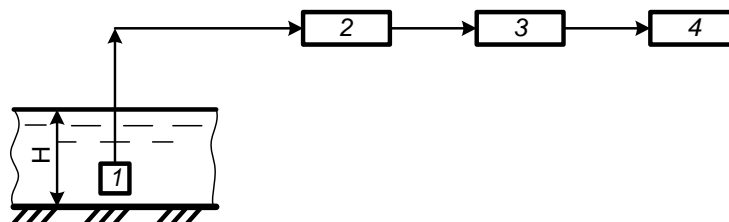
- компенсирование атмосферного давления (благодаря конструкции прибора атмосферное давление компенсируется через специальную трубку);
- статичное расположение, так как датчик рекомендуется располагать в местах без движения жидкости и турбулентности потока (для решения этой проблемы необходимо погружать датчики в вертикальную трубу или успокоительный колодец, что может обеспечить точность измерений в турбулентной воде, а также локальную стабилизацию воды вокруг датчиков).

Использование уровнемерного устройства с датчиком давления жидкости дает возможность автоматизировать процесс измерения уровня воды в открытом канале с возможностью передачи данных на расстояние. Для этого достаточно подобрать блок дистанционного контроля и мониторинга, который предназначен для контроля режимов работы технологического оборудования, управления ими по данным, получаемым от датчиков уровня, давления, расхода, и передачи контролируемых параметров технологического процесса по проводным или беспроводным каналам связи на диспетчерский пункт или систему управления.

Уровнемерное устройство «Радон ВБ ДУ», состоящее из погружного датчика уровня жидкости, может быть дополнительно оснащено блоком дистанционного контроля и мониторинга БДКМ-4-1Н-GSM-A-Wn. Погружной датчик уровня жидкости «Радон ВБ ДУ» предназначен для преобразования уровня жидкостей в унифицирован-

ный токовый выходной сигнал. Блок дистанционного контроля и мониторинга нужен для приема, передачи и хранения выходных сигналов [8]. Блоки в зависимости от исполнения могут быть запитаны от внешних источников питания или иметь автономное питание от аккумуляторных батарей.

Принцип и схема автоматизации уровнемерного устройства с гидростатическим датчиком давления с последующей передачей данных на расстояние показаны на рисунке 2.



- 1 – первичное устройство (датчик давления с преобразовательным элементом);  
2 – вторичное устройство (контроллер-модем); 3 – канал связи (проводной, радиоканал или GSM/GPRS-канал); 4 – пункт приема информации (диспетчерский пункт)

**Рисунок 2 – Схема автоматизации уровнемерного устройства с гидростатическим датчиком давления**

Первичное устройство 1, состоящее из измерительного элемента (датчика) и преобразовательного элемента, выполняет функции получения и преобразования непосредственно величины столба жидкости (воды) в электрический сигнал.

Вторичное устройство 2, состоящее из контроллера-модема, выполняет функцию преобразования величины электрического сигнала в кодированную информацию для передачи по каналу связи.

Канал связи 3, имеющий вид проводного, радиоканала или GSM/GPRS-канала, передает кодированную информацию в пункт приема (диспетчерский пункт).

Пункт приема 4 (диспетчерский пункт), принимающий кодированную информацию при помощи специальной программы, выполняет функцию раскодирования и преобразования измеренного параметра (уровня воды в канале) в конечный параметр (величину расхода воды).

**Выводы.** В гидромелиорации для определения уровня воды на открытых каналах применяют чаще всего визуальные средства измерения в виде уровнемерных реек и гидрометрических штанг, которые соответствуют диапазонам измерений и условиям эксплуатации мелиоративных объектов, отвечают нормативным требованиям и обеспечивают относительную погрешность измерения уровней не более  $\pm 1,0$  %. Но визуальные средства измерения уровня, в отличие от других современных уровнемеров, трудно автоматизировать и использовать для дальнейшего определения расхода воды и быстрой передачи информации на расстояние. В данном случае эффективнее будет применение современных гидростатических уровнемеров (погрешность измерения 0,25–1,0 %) с преобразователем для передачи токовых сигналов на расстояние. Гидростатические уровнемеры просты в конструкции и могут использоваться в труднодоступных местах, имеют высокую точность измерения при низкой стоимости.

#### Список источников

1. Чураев А. А., Юченко Л. В. Организация пунктов водоучета на гидромелиоративных системах // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 1(77). С. 54–61.

2. Применение гидростатических уровнемеров [Электронный ресурс]. URL: <https://td-urovner.ru/podderzhka/stati/gidrostatische-urovner> (дата обращения: 02.03.2021).

3. Закон Паскаля [Электронный ресурс]. URL: <https://obrazovaka.ru/fizika/zakon-paskalya-davlenie-zhidkostey-i-gazov.html> (дата обращения: 02.03.2021).

4. Денисенко В. HART-протокол: общие сведения и принципы построения сетей на его основе [Электронный ресурс]. URL: <https://cta.ru/cms/f/434764.pdf> (дата обращения: 02.03.2021).

5. Гидростатический уровнемер (датчик уровня) [Электронный ресурс]. URL: <https://izmerkon.ru/podderzhka/publikaczii/gidrostaticheskii-urovnemer.html> (дата обращения: 02.03.2021).

6. Погружной датчик уровня «Радон ВДДУ» [Электронный ресурс]. URL: [https://intor.ru/list\\_item/izmerenie-urovnia-urovnemery/pogruzhnoy-datchik-urovnia-zhidkosti-radon-vb-du](https://intor.ru/list_item/izmerenie-urovnia-urovnemery/pogruzhnoy-datchik-urovnia-zhidkosti-radon-vb-du) (дата обращения: 02.03.2021).

7. Датчики уровня жидкости погружные Радон-У [Электронный ресурс]. URL: <https://radon.nt-rt.ru/images/manuals/DU.pdf> (дата обращения: 02.03.2021).

8. Блок дистанционного контроля и мониторинга БДКМ-GSM-1 [Электронный ресурс]. URL: [https://intor.ru/ru/list\\_item/apparatura-i-uspd-uspd/blok-distantionnogo-kontrolia-i-monitoringa-bdkm-gsm-1](https://intor.ru/ru/list_item/apparatura-i-uspd-uspd/blok-distantionnogo-kontrolia-i-monitoringa-bdkm-gsm-1) (дата обращения: 02.03.2021).

УДК 626/627:519.256

**А. Н. Рыжаков, А. А. Кузьмичёв**

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

### **ИНТЕГРАЦИЯ БАЗЫ ДАННЫХ «ПАСПОРТИЗАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ГТС» В ЕДИНУЮ ФЕДЕРАЛЬНУЮ ИНФОРМАЦИОННУЮ СИСТЕМУ О ЗЕМЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты разработки и развития геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений», создаваемой Российским научно-исследовательским институтом проблем мелиорации (РосНИИПМ). В настоящее время в ней содержится информация о мелиоративных системах Ростовской области. Практика показала, что наполнение, обновление базы данных и управление ею является сложным и очень трудоемким процессом. Создание отдельной автоматизированной системы сбора данных и управления требует значительных средств и потому может оказаться непосильной задачей в рамках научно-исследовательской работы. В связи с этим была рассмотрена возможность интегрировать разработанную базу данных в уже существующую Единую федеральную информационную систему о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН), в которой в настоящее время производится развитие приложения «Мелиорация земель». В дальнейшем РосНИИПМ может выступить посредником между эксплуатирующими организациями при сборе и формировании сведений в заданном формате геоинформационной системы (ГИС) в части мелиоративного блока. В результате предложенное межведомственное информационное взаимодействие может устранить дублирование работ по сбору, хранению данных о мелиоративных системах и организации доступа к ним.

**Ключевые слова:** геоинформационная база данных, паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений, цифровая мелиорация, ГИС, информационная система, земли сельскохозяйственного назначения

\*\*\*\*\*

**A. N. Ryzhakov, A. A. Kuzmichev**

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

## INTEGRATION OF THE DATABASE “CERTIFICATION OF RECLAMATION SYSTEMS AND HYDRAULIC STRUCTURES” INTO A UNIFIED FEDERAL INFORMATION SYSTEM ON AGRICULTURAL LANDS

**Abstract.** The results of the working out and development of the geoinformation database “Certification of reclamation systems and hydraulic structures”, created by the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems (RSRILIP) are presented. At present, it contains information on the reclamation systems of Rostov region. Practice has shown that filling, updating and managing a database is a complex and very time-consuming process. The creation of a separate automated data collection and control system requires significant funds and therefore may be an impossible task in the framework of research work. In this regard, the possibility of integrating the developed database into the already existing Unified Federal Information System on Agricultural Lands (EFIS ZSN), in which the application “Land Reclamation” is being developed, was considered. In the future, RSRILIP can act as an intermediary between operating organizations in data collection and formation in a given geographic information system (GIS) format in terms of reclamation block. As a result, the proposed interdepartmental information interaction can eliminate duplication of work on collecting, storing data on reclamation systems and organizing access to them.

**Keywords:** geoinformation database, certification of reclamation systems and hydraulic structures, digital reclamation, GIS, information system, agricultural land

В рамках научно-исследовательской работы по государственному заданию Министерства сельского хозяйства (МСХ) России специалистами федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПМ») в 2019 г. был создан функциональный прототип геоинформационной базы данных (ГБД) «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» [1], включающий в себя сведения о ряде мелиоративных объектов различного порядка Ростовской области: Донской магистральный канал (ДМК) (ПК 622 – ПК 1122), Пролетарский магистральный канал (ПК 1122 – ПК 1425) и Пролетарский распределитель (ПК 0 – ПК 167 + 50).

Целью разработки представленной ГБД являлось усовершенствование способа сбора, накопления, хранения и анализа сведений о мелиоративных объектах, собираемых в ходе мероприятий по паспортизации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений, проводимых согласно Приказу Минсельхоза России от 30 июня 2020 г. № 364 [2]. Использование современных технологических средств в этом направлении соответствует концепции развития цифровой экономики [3] и является шагом к реализации информационной системы «Цифровая мелиорация» [4].

При разработке функциональных элементов ГБД было установлено, что при внесении дополнительной информации можно существенно расширить спектр решаемых задач, не ограниченный только теми, которые возникают при проведении мероприятий по паспортизации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений [5]. Добавление дополнительных сведений способно расширить возможности анализа, а также позволит использовать разработанную ГБД в таких направлениях, как сбор и обработка сведений государственного мониторинга водных объектов (ГМВО) [6] и государственного водного реестра (ГВР) [7], мониторинга гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса [8, 9], а также при проведении изысканий и проектирования.

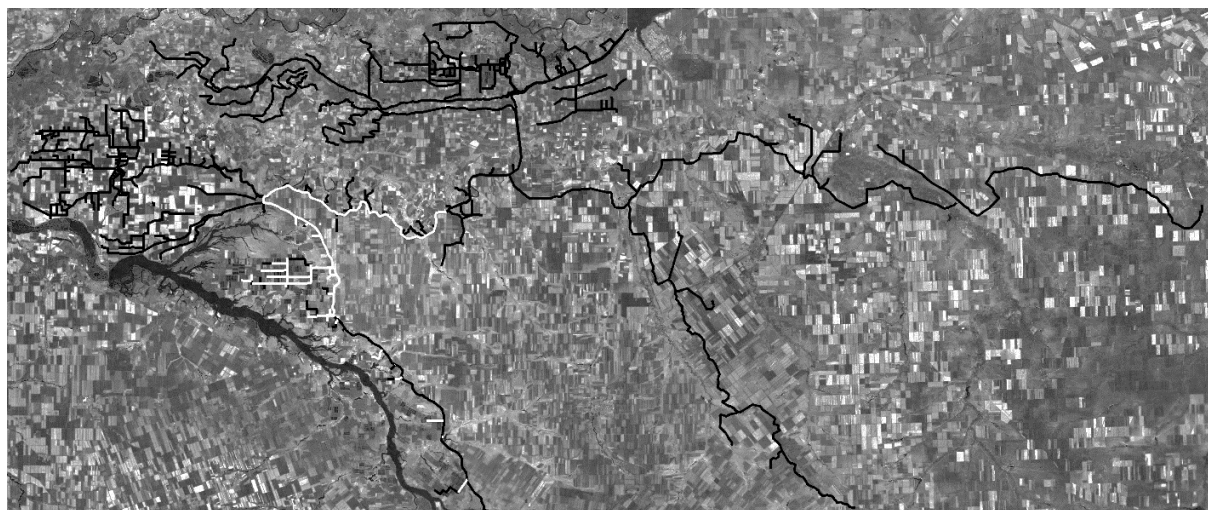
Во время проработки возможности внедрения созданной ГБД рассматривалось создание единого центра сбора и обобщения материалов паспортизации. Данными полномочиями рекомендовалось наделить уже существующее подведомственное учреждение Департамента мелиорации МСХ. Данный центр осуществлял бы мероприятия, связанные со сбором, обработкой, хранением и систематизацией поступающих в рамках паспортизации сведений по всей территории РФ, а также производил бы обобщение и

анализ информации инструментами применяемых ГИС. Для этого, согласно принятой схеме мероприятий [10], в уполномоченную организацию должна стекаться вся собираемая информация, т. е. технические паспорта со всеми дополнительными сведениями (отчетами, чертежами, топографическими планами и схемами размещения).

Наилучшим способом реализации ведения ГБД представлялось создание ее серверной версии. Для начала работы с серверной версией необходимо подготовить аппаратное и программное обеспечение, собрать данные, а затем настроить веб-сервисы ГИС. После проведения указанных мероприятий можно использовать различные типы приложений для доступа к сервисам.

Описанный выше подход позволил бы одновременно работать с информацией большому числу пользователей, а администратору сервера – устанавливать различные уровни доступа, чтобы, например, исключить передачу конфиденциальных сведений широкому кругу лиц либо неправомерное изменение и удаление данных. Помимо удаленного добавления информации, также появлялась возможность получения всеми заинтересованными лицами доступа к необходимой информации заданного уровня доступа (как того или иного технического паспорта, так и аналитической сводки по ряду объектов), исходя из определенного параметра выборки и примененных аналитических инструментов.

Наряду с проработкой возможности внедрения созданной ГБД производилось ее развитие и наполнение. В прототип были включены сведения только о части объектов водохозяйственной системы ДМК и Пролетарской оросительной системы (ОС). В 2020 г. в рамках научно-исследовательской работы в ГБД совместно с ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» была внесена информация как о недостающих сооружениях ДМК и Пролетарской ОС, так и об объектах Большой, Верхне-Сальской, Садковской, Багаевской, Мартыновской и Нижне-Донской ОС [11, 12]. Динамика наполнения ГБД представлена на рисунке 1.



Условные обозначения:

— — объекты, внесенные в 2019 г.

— — объекты, внесенные в 2020 г.

**Рисунок 1 – Динамика наполнения геоинформационной базы данных в 2019–2020 гг.**

Данная информационная система предназначена для МСХ РФ и подведомственных ему учреждений и организаций для обеспечения актуальной и достоверной информацией о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, включая информацию о местоположении, состоянии и фактическом использовании та-

ких земель и состоянии сельскохозяйственной растительности. Данная информационная система согласно Приказу МСХ РФ № 130 от 2 апреля 2018 г. введена в эксплуатацию с 12 апреля 2018 г. Ее техническое сопровождение осуществляет Департамент развития и управления государственными информационными ресурсами агропромышленного комплекса (АПК).

Одной из основных целей создания ЕФИС ЗСН является сведение всей информации о землях сельскохозяйственного назначения из различных источников, в т. ч. на базе реализации информационного взаимодействия с другими федеральными и региональными органами исполнительной власти РФ, использования данных государственных и муниципальных информационных систем и фондов. Это приводит к увеличению скорости сбора и повышению качества обработки информации путем автоматизации процессов сбора, обработки, анализа и предоставления получаемой информации в интересах решения задач МСХ на базе современных информационных и телекоммуникационных технологий.

В результате использования ГБД происходит информационно-аналитическое обеспечение процессов подготовки и принятия управленческих решений, направленных на сбалансированное и устойчивое развитие сельскохозяйственного производства, также осуществляется государственный мониторинг использования и состояния земель сельскохозяйственного назначения, плодородия земель сельскохозяйственных угодий, мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений.

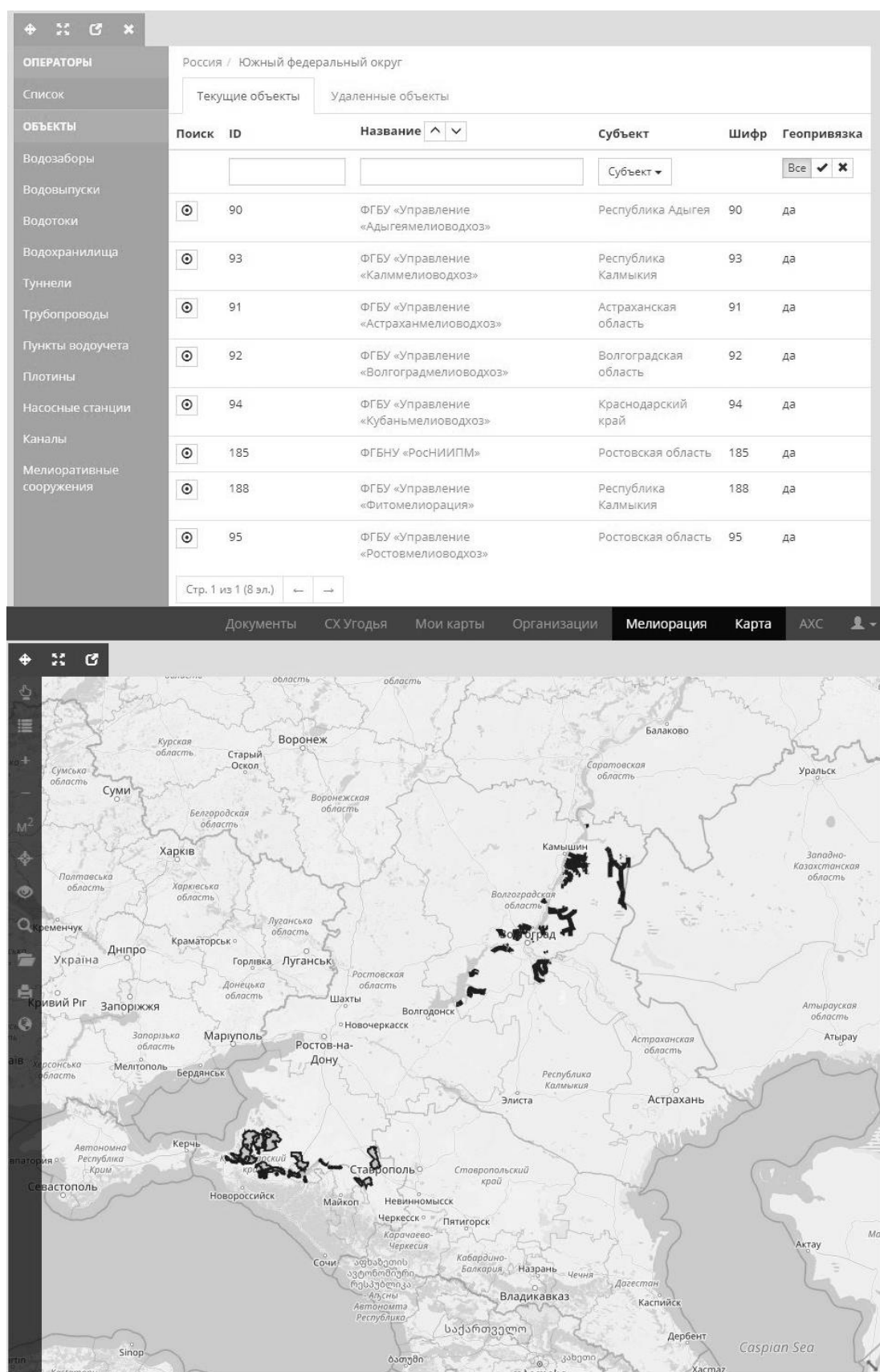
Подсистема учета мелиоративных систем и гидротехнических сооружений представляет собой ведомственный регистр объектов учета и мониторинга мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Данная подсистема доступна в виде приложения «Мелиоративные системы». Приложение реализует хранение и отображение объектов мелиорации, в т. ч. на цифровой карте. Подсистема хранит и отображает информацию о водозаборах, водовыпусках, водотоках, водохранилищах, туннелях, трубопроводах, пунктах водоучета, плотинах, насосных станциях и каналах. Также представлены отчеты по подсистеме.

В приложении «Мелиоративные системы» представлено 80 эксплуатирующих организаций по всем федеральным округам. По некоторым из них помимо местоположения офисов управлений нет никаких объектов. По Южному федеральному округу имеются мелиоративные объекты по ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» и ФГБУ «Управление «Волгоградмелиоводхоз» (рисунок 2). По Краснодарскому краю представлены лишь контуры ряда ОС, по Волгоградской области – ряд каналов, трубопроводов и прочих объектов.

Согласно информации, представленной сотрудниками Департамента развития и управления государственными информационными ресурсами АПК, наполнение блока «Мелиоративные системы» в настоящее время только ведется. Было отмечено, что формированию актуальной базы данных мелиоративных систем и гидротехнических сооружений препятствует отсутствие пространственной основы для интеграции сведений из различных источников. То есть специалисты, занимающиеся наполнением ЕФИС ЗСН, столкнулись с той же проблемой, что и разработчики ГБД «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений», – сведений, содержащихся в существующих технических паспортах и ГВР, оказалось недостаточно для создания ГБД [14]. В результате, несмотря на то что уже был сформирован определенный объем данных в блоке «Мелиоративные системы», для соответствующего функционирования приложения данных все еще не хватает.

Выходом из сложившейся ситуации может явиться внедрение уже накопленной в рамках научно-исследовательской работы информации о мелиоративных системах Ростовской области. А в дальнейшем ФГБНУ «РосНИИПМ» может выступить посредником между эксплуатирующими организациями при сборе и формировании сведений в заданном формате ГИС в части мелиоративного блока.





**Рисунок 2 – Мелиоративные системы и каналы в их составе по Южному федеральному округу, представленные в Единой федеральной информационной системе о землях сельскохозяйственного назначения (2020 г.) (источник: <http://efis.mcx.ru/landing/> [13])**

В результате межведомственного информационного взаимодействия между ФГБНУ «РосНИИПМ» и Департаментом развития и управления государственными информационными ресурсами АПК в части наполнения блока «Мелиоративные системы» при успешной интеграции информации, входящей в состав разрабатываемой нами ГБД, в ЕФИС ЗСН может быть устранено дублирование работ по сбору, хранению данных о мелиоративных системах и организации доступа к ним, что приводило к нерациональному расходованию средств.

### **Список источников**

1. Рыжаков А. Н., Кузьмичёв А. А., Мартынов Д. В. Разработка геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 4(76). С. 110–118.

2. Об утверждении Административного регламента Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по паспортизации государственных мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружений: Приказ М-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации от 30 июня 2020 г. № 364 [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/74908125/> (дата обращения: 16.02.2021).

3. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Рос. Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027> (дата обращения: 16.02.2021).

4. На пути к цифровой мелиорации / С. М. Васильев, В. Н. Щедрин, А. В. Слабунова, В. В. Слабунов // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 4. С. 5–9.

5. Рыжаков А. Н. Предложения по дополнительному использованию геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 1(77). С. 43–50.

6. 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 Рос. Федерации от 6 февр. 2008 г. № 30. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

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

8. Волинов М. А., Жезмер В. Б., Сидорова С. А. Методы анализа и обработки данных гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса // Природообустройство. 2017. № 1. С. 79–87.

9. Жезмер В. Б. Автоматизация системы мониторинга ГТС мелиоративного комплекса в вопросах сбора, хранения и обработки полученной информации // Основные результаты научных исследований института за 2017 год: сб. науч. тр. М., 2018. С. 158–169.

10. Рыжаков А. Н. К вопросу развития и усовершенствования геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 2(78). С. 65–70.

11. Рыжаков А. Н., Кузьмичёв А. А., Мартынов Д. В. Подготовка базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» для создания водохозяйственной модели распределения водных ресурсов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 2(78). С. 92–98.

12. Рыжаков А. Н., Кузьмичёв А. А. Методика сбора информации о сооружениях оросительных систем с помощью приложений для полевых географических исследований // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 4(80). С. 5–10.

13. Официальный сайт Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс]. URL: [http://efis.mcsx.ru/landing/docs/obshie\\_svedenia/](http://efis.mcsx.ru/landing/docs/obshie_svedenia/) (дата обращения: 16.02.2021).

14. Рыжаков А. Н. К вопросу внедрения геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 3(79). С. 97–104.

УДК 626.82.004

**В. Д. Гостищев, Т. С. Пономаренко**

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

### **РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОРОШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МАЛОВОДЬЯ**

**Аннотация.** В статье приведен анализ использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища в 2020 г. Установлено, что в прошедшем 2020 г. дефицит водных ресурсов наблюдался в бассейне р. Дон, это повлияло на наполняемость Цимлянского водохранилища. Данная ситуация привела к снижению лимитов забора воды из водных источников для ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз». Снижение в сравнении со средними показателями составило порядка 14 %. Выявлено, что фактические нормы орошения составляют 38,2 тыс. м<sup>3</sup>/га для риса и 3,9 тыс. м<sup>3</sup>/га для иных культур. Полив такими нормами обеспечивает площадь 14,5 тыс. га риса и 121,6 тыс. га иных культур, всего 136,1 тыс. га. При использовании норм орошения, соответствующих ГОСТ Р 58331.3-2019, площадь орошения риса может составить 23,1 тыс. га, а иных культур – 123,8 тыс. га, что в сумме составляет 146,9 тыс. га. Одним из способов увеличения орошаемых площадей может быть использование резервов местного стока на основе современных научных и технических достижений. Проведя анализ по укрупненным показателям, можно утверждать, что резерв орошаемых площадей на местном стоке в настоящее время в Ростовской области может ориентировочно составлять 108 тыс. га.

**Ключевые слова:** орошение, дефицит, водные ресурсы, местный сток, лиманное орошение, водохранилище

\*\*\*\*\*

**V. D. Gostischev, T. S. Ponomarenko**

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

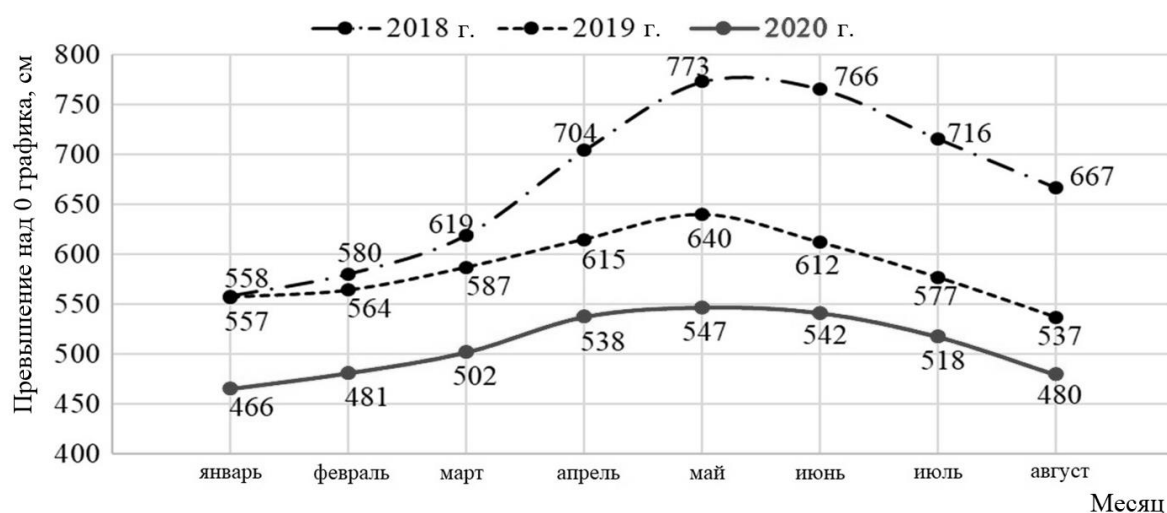
### **RATIONAL USE OF WATER RESOURCES FOR IRRIGATION PURPOSES UNDER LOW WATER CONDITIONS**

**Abstract.** The analysis of water resources management of the Tsimlyansk reservoir in 2020 is provided. It has been determined that in 2020 a shortage of water resources was observed in the basin of the river Don which affected the fill rate of the Tsimlyansk reservoir. This situation has led to a decrease in the water intake limit from water sources for the FGBU “Management “Rostovmeliiovodkhoz”. The decrease in comparison with the average data was about 14 %. It was found that the actual irrigation rates are 38.2 thousand m<sup>3</sup>/ha for rice and 3.9 thousand m<sup>3</sup>/ha for other crops. Watering with such norms provides an area of 14.5 thousand hectares of rice and 121.6 thousand hectares of other crops, a total of 136.1 thousand hectares. When using irrigation norms corresponding to GOST R 58331.3-2019, the irrigated

area of rice can be 23.1 thousand hectares, and other crops – 123.8 thousand hectares, which in total is 146.9 thousand hectares. One of the ways to increase irrigated areas can be the use of local runoff reserves based on modern scientific and technical advances. After analyzing the aggregated indicators, it can be argued that now the reserve of irrigated areas on the local runoff in Rostov region can be approximately 108 thousand hectares.

**Keywords:** irrigation, shortage, water resources, local runoff, estuary irrigation, reservoir

**Введение.** В 2020 г. мелиоративная отрасль Южного федерального округа России столкнулась с проблемой естественного дефицита стока рек из-за недостаточного количества выпавших осадков, что привело к низкой наполняемости водохранилищ и снижению лимитов забора воды из водных источников. Об этом наглядно свидетельствует график внутригодового распределения среднемесячных уровней воды на входе в Цимлянское водохранилище (в створе гидропоста Калач-на-Дону) (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Среднемесячные уровни воды по гидропосту Калач-на-Дону**

Нуль графика гидрологического поста – условная горизонтальная плоскость сравнения, принимаемая за нуль отсчета при измерении уровня воды на гидрологическом посту.

В прошедшем 2020 г. дефицит водных ресурсов наблюдался в бассейне р. Дон, что повлияло на наполняемость Цимлянского водохранилища. Эта ситуация привела к снижению лимитов забора воды из водных источников. Для ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» снижение в сравнении со средними показателями составило порядка 14 %.

Определение путей развития орошаемого земледелия в обстановке маловодия невозможно без осуществления мероприятий, направленных на повышение эффективности использования водных ресурсов для целей орошения. Поэтому в рамках выполнения госзадания 2020 г. нашим институтом был выполнен анализ возможных норм орошения и соответствующих им площадей орошения при использовании водных ресурсов. В расчет принимались объемы воды на орошение, утвержденные правилами использования водных ресурсов (далее ПИВР) Цимлянского водохранилища (при гарантированной отдаче  $P = 50\%$ ), которые составляют для риса 553,2 млн м<sup>3</sup>, для других культур – 475,8 млн м<sup>3</sup>, суммарно 1029 млн м<sup>3</sup>.

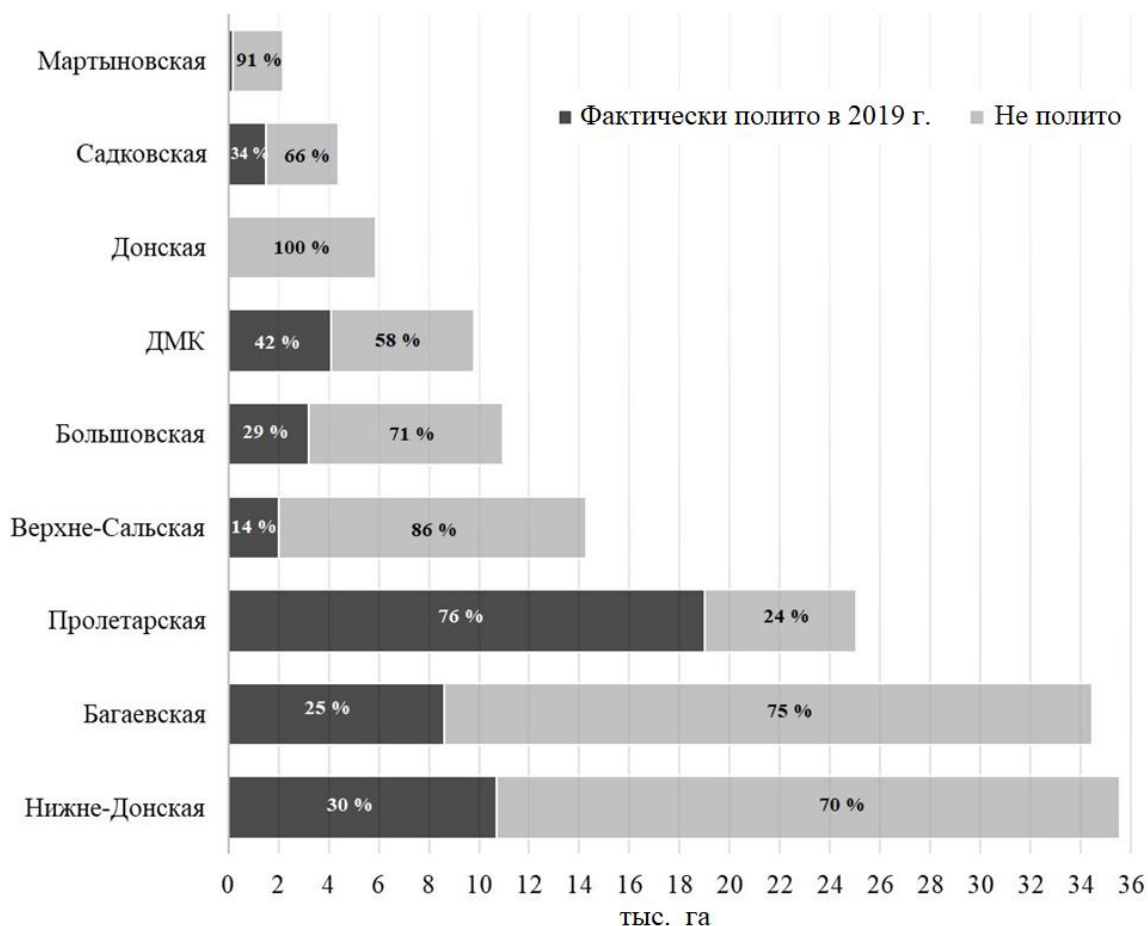
Цель исследования – определение возможной площади орошения при поливе такими объемами воды с использованием оросительных норм, регламентируемых различными источниками.

**Материалы и методы.** Был выполнен анализ ПИВР Цимлянского водохранилища и схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов (далее СКИОВО) р. Дон, результаты которого легли в основу водохозяйственной модели Нижнего Дона.

**Результаты и обсуждения.** В ПИВР Цимлянского водохранилища утвержден объем воды, подаваемый ДМК, на все статьи расхода в размере 1612,5 млн м<sup>3</sup> при гарантированной отдаче ( $P = 50\%$ ). В зависимости от водности года по диспетчерским графикам работы водохранилища осуществляется сокращение подачи водных ресурсов на 25 и 30 % (от  $P = 50\%$ ). Таким образом, лимиты составляют 1209,0375 и 1128,75 млн м<sup>3</sup> соответственно. Однако это не сказывается на подаче воды на орошение, а происходит за счет сокращения расхода воды по другим статьям. Так, если применить прописанные в СКИОВО р. Дон нормы орошения, то возможно полить 37,1 тыс. га риса и иных культур 82,6 тыс. га, а всего 119,6 тыс. га.

По данным ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз», фактические нормы орошения составляют 38,2 тыс. м<sup>3</sup>/га для риса и 3,9 тыс. м<sup>3</sup>/га для иных культур. Полив такими нормами обеспечивает площадь 14,5 тыс. га риса и 121,6 тыс. га иных культур, всего 136,1 тыс. га.

В том числе нормы орошения регулируются ГОСТ Р 58331.3-2019. При их использовании площадь орошения риса может составить 23,1 тыс. га, а иных культур – 123,8 тыс. га, что в сумме составит 146,9 тыс. га. Так, в Ростовской области в 2019 г. было полито 49,3 тыс. га, что составляет 34,6 % от обслуживаемых площадей орошения (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Использование площади орошаемых земель в Ростовской области в 2019 г.**

При этом максимально загружена только Пролетарская оросительная система (76 %), а Верхне-Сальская, Мартыновская и Донская оросительные системы практически не функционируют по технико-экономическим причинам. Площади, которые можно будет дополнительно орошать, необходимо изыскивать в первую очередь на существующих оросительных системах.

Таким образом, для обеспечения полива имеющихся площадей оросительных систем целесообразен переход на нормы орошения, утвержденные ГОСТ Р 58331.3-2019.

Следует отметить, что в условиях нарастающего дефицита водных ресурсов весьма актуальной является проблематика, связанная с недостаточно эффективным использованием местного стока. При снеготаянии в степных и лесостепных районах весной с водосборной территории стекает около 200–800 м<sup>3</sup>/га ежегодно. При правильном использовании этим объемом воды можно оросить дополнительные площади, в т. ч. в районах с зафиксированным дефицитом водных ресурсов [1].

Использование резервов местного стока на основе современных научных и технических достижений перспективно, а в засушливых районах это, как правило, единственно возможный источник, который может быть использован при орошении.

Орошение на местном стоке было практически утрачено за период реформ 90-х гг. прошлого века, что привело к уменьшению удельного веса местного стока в объеме орошения с 30 до 6 % [2].

В результате анализа динамики привлечения местного стока к орошению в Ростовской области можно выделить несколько периодов его наиболее интенсивного использования.

До 1954 г. практически все поливные площади в Ростовской области орошались за счет местного стока. С интенсивным развитием регулярного орошения, которое зафиксировано после строительства и ввода в эксплуатацию государственных оросительных систем, отмечался ежегодный прирост орошаемых площадей. К 1972 г. орошаемые площади увеличились до 254,5 тыс. га, в т. ч. на местном стоке 77,3 тыс. га (30,4 %).

Далее в период с 1973 по 1992 г. происходит интенсивный прирост орошаемых площадей и максимальное использование местного стока, который в 1979 г. достигал 152,4 тыс. га [3].

В последующие годы происходит сокращение площадей орошения, и к 2009 г. они снизились до 228 тыс. га. На местном стоке орошаемые площади сократились до 15,3 тыс. га, в удельных показателях сокращение на 6,7 %.

Одним из доступных способов использования вод местного стока является лиманное орошение, которое получило широкое развитие в Ростовской области. В 70–80-х гг. прошлого столетия его площадь составляла около 16 тыс. га. Основной задачей лиманного орошения было решение проблемы создания устойчивой кормовой базы для животноводства в засушливых районах области. В настоящий момент в Ростовской области лиманное орошение практически утрачено, пришло к уровню более низкому, чем в 1953 г., и составляет 15,3 тыс. га (таблица 1) [4].

**Таблица 1 – Наличие земель лиманного орошения в Ростовской области**

В га

Наименование района, хозяйства	Площадь					
	всего	в т. ч.		сельхозиспользование		
		государственная	хозяйственная	пашня	сенокос	пастбище
1	2	3	4	5	6	7
<b>Дубовский район</b>	<b>1750</b>	<b>1750</b>	–	<b>750</b>	<b>1000</b>	–
ООО «Романовское»	750	750	–	750	–	–
СПК «Заречное»	1000	1000	–	–	1000	–
<b>Заветинский район</b>	<b>2142</b>	<b>395</b>	<b>1747</b>	–	<b>2142</b>	–
СПК «Никольское»	160	160	–	–	160	–
СПК «Федосеевское»	665	–	665	–	665	–
СПК «Фрунзенское»	260	235	25	–	260	–
Шебалинские КХ	1049	–	1049	–	1049	–

## Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Шебалинское СП	8	–	8	–	8	–
<b>Аксайский район</b>	<b>125</b>	–	<b>125</b>	–	<b>125</b>	–
ПХСКЖД «Каменнобродский»	125	–	125	–	125	–
<b>Итого</b>	<b>4017</b>	<b>2145</b>	<b>1872</b>	750	3267	–

Натурное обследование участков лиманного орошения, выполненное специалистами института, свидетельствует о том, что практически все они не функционируют по различным техническим причинам. Но, несмотря на это, объемы воды существующих прудов и водохранилищ, а также незадействованные резервы местного стока представляют собой значительный потенциал для развития орошения.

Исследования, выполненные нашим институтом, говорят о том, что в настоящее время малые водохранилища и пруды ряда регионов Южного федерального округа, которые ранее использовались для целей орошения, не эксплуатируются или эксплуатируются неэффективно. При этом данные водные объекты обладают значительным запасом водных ресурсов, который может быть использован для целей орошения земель сельскохозяйственного назначения с применением современных технологий орошения [5].

Общее количество прудов в Ростовской области составляет порядка 2600 суммарным объемом 380 млн м<sup>3</sup>. Выполнив анализ по укрупненным показателям, можно утверждать, что резерв орошаемых площадей на местном стоке в настоящее время в Ростовской области может примерно составлять около 108 тыс. га (таблица 2).

**Таблица 2 – Резерв орошаемых площадей при использовании прудов и малых водохранилищ**

Количество прудов, шт.	Объем, млн м <sup>3</sup>	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Площадь, тыс. га
2600	380	3500	108,6

**Выводы.** В условиях нарастающего дефицита водных ресурсов как в сельскохозяйственной отрасли АПК, так и в промышленном производстве в целом особое внимание следует уделять их рациональному использованию.

При использовании норм орошения, соответствующих ГОСТ Р 58331.3-2019, площадь орошения риса может составить 23,1 тыс. га, а иных культур – 123,8 тыс. га, что в сумме составляет 146,9 тыс. га.

Необходимо бороться со всевозможными потерями оросительной воды, широко развивать орошение земель водами местного стока, комплексно подходить к созданию новых орошаемых массивов на основе аккумуляции местного стока и постоянного совершенствования технологий орошения [5].

Для повышения эффективности использования местного стока необходимо предусмотреть ряд мероприятий, направленных на упорядочение эксплуатации прудов и малых водохранилищ, а также приведение их в удовлетворительное техническое состояние. Эти мероприятия позволят дополнительно обеспечить водными ресурсами орошение сельскохозяйственных культур.

#### Список источников

1. Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / сост. В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, Г. А. Сенчуков, Е. И. Шкуланов; под ред. В. Н. Щедрина. М.: Мелиоводинформ, 2009. 342 с.

2. Щедрин В. Н. Орошение сегодня: проблемы и перспективы. М.: Мелиоводинформ, 2004. 255 с.

3. Мелиорация и водное хозяйство. Т. 5. Водное хозяйство: справочник / И. И. Бородавченко [и др.]; под ред. И. И. Бородавченко. М.: Агропромиздат, 1988. 399 с.
4. Лиманное орошение: сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ. М.: Колос, 1984. 284 с.
5. Гостищев Д. П., Гостищев В. Д. Приканальные лиманы на оросительных системах // Мелиорация и водное хозяйство. 2010. № 2. С. 36–38.

УДК 621.65

**О. Я. Гловацкий, А. С. Газарян, Ж. И. Рашидов, Б. Хамдамов**

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

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И БЕЗОПАСНОСТИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

**Аннотация.** Целью настоящих исследований является разработка сравнительной оценки технического состояния гидромеханического оборудования и гидротехнических сооружений насосных станций. Авторами приведены способы расчета показателей безопасности их эксплуатации по наиболее характерным типам насосов машинного орошения в каскаде Аму-Бухарского машинного канала (АБМК) и Каршинского магистрального канала (КМК). За период 2019–2020 гг. проведены натурные обследования участка р. Амударья в районе водозаборов АБМК и КМК и сбор исходных данных (эхолотные съемки, расход, уровни и мутность). Дана оценка режима эксплуатации водозаборов в период межени и половодья. Рассмотрен ряд конструктивных параметров и технологий эксплуатации водоподводящих сооружений и результаты модельных исследований. Исследования сооружений из армированного грунта позволили получить расчетное давление грунта на их основание и откосы. При рекомендуемом проценте армирования контактное боковое давление на стенку уменьшается в 2 раза по сравнению с аналогичной неармированной стенкой.

**Ключевые слова:** эксплуатация, насосные станции, безопасность, эффективность, водоподводящие сооружения, оценка технического состояния

\*\*\*\*\*

**O. Ya. Glovatsky, A. S. Gazaryan, Zh. I. Rashidov, B. Khamdamov**

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

### **THE INCREASE OF OPERATING EFFICIENCY AND SAFETY OF PUMP STATIONS**

**Abstract.** The purpose of this research is to develop a comparative assessment of the technical condition of hydromechanical equipment and hydraulic structures of pumping stations. The methods for calculating the safety indicators of their operation for the most typical types of pump irrigation in the cascade of the Amu-Bukhara machine canal (ABMK) and the Karshi main canal (KMK) were provided. For the period 2019–2020 the full-scale surveys of the Amu Darya river section in the area of water intakes ABMK and KMK and collection of initial data (echo surveys, discharge, levels and turbidity) were carried out. An assessment of the mode of operation of water intakes in the period of low and high water is given. A number of design parameters and technologies for the operation of water supply structures and the results of model studies are considered. Studies of structures made of reinforced soil made it possible to obtain the calculated soil pressure on their base and slopes. With the recommended percentage of reinforcement, the lateral contact pressure on the wall is reduced by 2 times in comparison with a similar unreinforced wall.

**Keywords:** operation, pump stations, safety, efficiency, water supply structures, technical condition assessment



**Введение.** Опыт эксплуатации крупных машинных каналов показывает, что до 29 % отказов в работе насосных агрегатов (НА) вызываются неблагоприятными гидравлическими процессами в водоподводящих сооружениях: с водоворотными зонами и воронками у водоприемника, перепадами уровня воды и заилением водозаборов и вихреобразованием в проточной части насосов [1].

Так как насосные станции (НС) работают по графику с изменением структуры потока во всех элементах гидротехнического узла и режимов НА, инженерно-ориентированный подход к управлению водными ресурсами привел к появлению проблем водного и энергодефицита [2]. Поэтому в развитых странах, прежде всего в США, КНР, России и ЕС, укрепилось понимание того, что принятые ранее решения должны быть переоценены с учетом современного опыта эксплуатации и исследований [3–5]. Под факторами безопасности здесь понимаются количественные и качественные характеристики состояния сооружений и оборудования, влияющие на энерго- и водосбережение, а также ущерб от аварий НС [6, 7].

**Материалы и методы.** Анализ технического состояния ирригационных НС должен отражать бесперебойность и эффективное покрытие заданного графика водоподдачи, себестоимость перекачанной воды, а также показатели безопасности. Повышение уровня эксплуатации невозможно без систематической научно-производственной работы, направленной на внедрение передовых методов оценки и улучшения технического состояния. Достоверность результатов исследований характеризуется применением современных методов и средств, выполнением исследований на основе законов научной и прикладной механики, адекватностью результатов научных и экспериментальных исследований.

**Результаты и обсуждение.** Основными задачами работников эксплуатационных управлений, где имеется машинный водоподъем, являются: эксплуатация, обеспечивающая бесперебойную работу НС, подачу или откачку воды в соответствии с плановым графиком; безаварийная работа НС с предупреждением и немедленным устранением аварий; обеспечение максимальной экономичности работы узла НС, экономии электроэнергии и рационального использования перекачиваемой воды.

Оценка технического состояния должна быть положена в основу в первую очередь оценки эффективности и безопасности эксплуатации гидротехнического узла НС [8].

Сооружения НС по проекту рассчитаны на эксплуатацию не более 30 лет. Внедрение передовых технологий позволит значительно повысить эффективность управления водными ресурсами, снизить потери и увеличить продуктивность земельных и водных ресурсов [9].

В 2019–2020 гг. сотрудники лаборатории НСиГ Научно-исследовательского института ирригации и водных проблем (НИИИВП) продолжили комплексное обследование крупнейших в СНГ каскадов НС Каршинского магистрального канала (КМК) и Аму-Бухарского машинного канала (АБМК), касающееся оценки технического состояния. Анализируя многолетний опыт использования годового объема их водозабора из р. Амударья, установили, что в среднем он составляет до 4,0 км<sup>3</sup> и подразделяется на вегетацию (2,5 км<sup>3</sup>) и невегетационный период (1,5 км<sup>3</sup>). Река в районе водозаборов (основной поток р. Амударья) непрерывно блуждает по широкой пойме и может в течение суток, а также одного часа изменить свой фарватер, направление течения, что приводит к размыву или завалу песком берегов, поэтому в головной части должен быть водозабор с устойчивым монолитным армированным бетоном. Руслорегулировочные работы после ухода русла реки для того, чтобы вернуть транзитный поток обратно, требуют большого труда и затрат, а также приводят к потере времени.

Река Амударья является наиболее мутной рекой и стоит на втором месте в мире по количеству наносов. При осуществлении водозабора из реки вместе с водой поступает большое количество взвешенных, влекомых и донных наносов. Часть взвешенных наносов вместе с водой транспортируется через оросительные каналы на орошаемые

поля, а другая часть взвешенных и влекомых наносов в связи с изменением гидравлических характеристик каналов (связанных со снижением уклона и скорости потока) переходит в донные наносы и отлагается в русле канала.

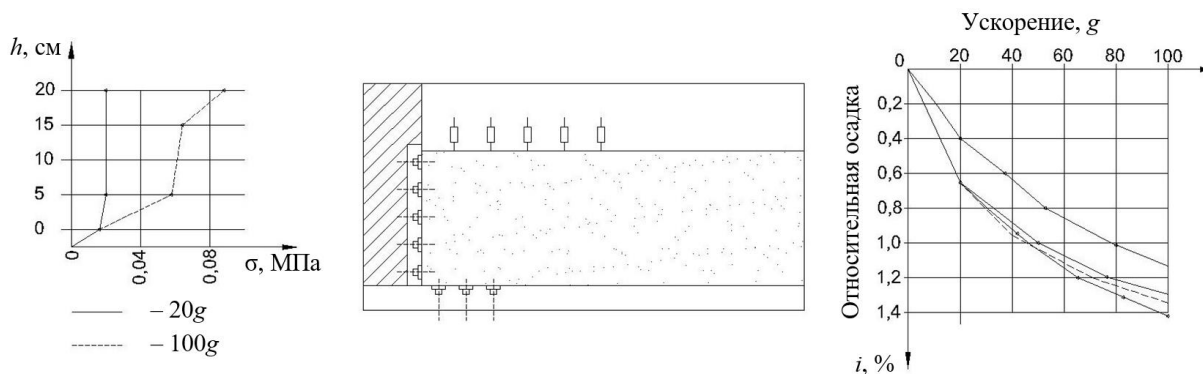
Рассматриваемые исследования в основном были выполнены на бесплотинном водозаборе КМК на р. Амударье. В зависимости от водности года в магистральные каналы ежегодно поступает поток с мутностью до  $5 \text{ кг/м}^3$ . Годовые объемы наносов составили 8–11 млн т [1, 7].

Для пропуска плановых расходов от створа головного водозабора до первой НС необходимо производить очистные работы при помощи землесосов (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Водозабор и очистка головной части Каршинского магистрального канала (автор фото НИИИВП)**

Деформации элементов водоподводящих устройств могут быть равномерными или неравномерными, которые могут привести к образованию трещин и даже разрушению сооружения или части сооружения. Деформация грунта происходит в основном с медленным процессом изменения скелета грунта и процессами фильтрации воды из пор грунта. Все виды деформации связаны с характерами слоев грунта, их составом и свойствами. В НИИИВП проведены исследования моделей без армирования с жестко закрепленной подпорной стенкой (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Графики осадки и относительных давлений на откосы сооружений**

Для исключения сил трения, которые появляются во влажном песке, был использован воздушно-сухой песок [10]. Исследования сооружений из армированного грунта, выполненные методом центробежного моделирования при соблюдении предложенных критериев приближенного подобия, позволили получить ряд новых физических представлений о работе плоских моделей дамб и подпорных стенок. Методические опыты определили подходы, позволяющие получить расчетное давление грунта на стенку. При проценте армирования  $\mu 0,00545 \%$  (что в 3,7 раза меньше расчетного) контактное боковое давление на стенку из армированного грунта уменьшается примерно в 2 раза по сравнению с аналогичной неармированной стенкой за счет сцепления арматуры с грунтом. Полученный характер распределения давления на подпорную стенку по высоте соответствует данным натурных наблюдений.

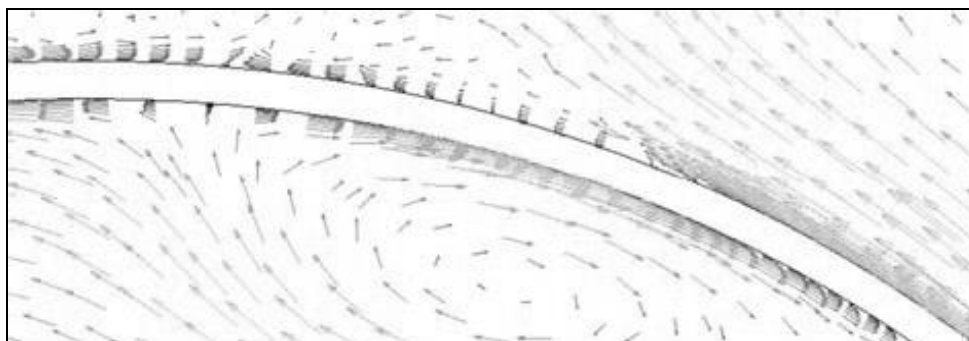
К закономерным отказам также можно отнести выход из строя рабочих колес насосов из-за абразивного и кавитационного износов лопастей, а также их трения (задевания) о внутреннюю поверхность камеры, что иногда приводит к обрыву лопастей и аварии с поломкой корпусных частей насоса (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Состояние рабочих колес осевых насосов Каршинского магистрального канала и центробежных Аму-Бухарского машинного канала из-за абразивного и кавитационного износа лопастей (автор фото НИИИВП)**

В различных литературных источниках рассмотрены методы расчета и проектирования проточных частей центробежных насосов. Все они сильно отличаются по теоретическим предпосылкам [11].

С развитием гидродинамики при проведении исследований проточной части сильно возросла роль эксперимента. Применение струйной теории позволяет хорошо предсказать параметры насоса вблизи рабочей точки при плавном обтекании лопастей потоком [12]. Однако вдали от рабочей точки структура потока в колесе нарушается, образуются обширные вихревые зоны (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Вихревые зоны в рабочем колесе насоса**

При профилировании спиральных отводящих устройств большинство классических теорий принимают допущение о постоянстве момента скорости потока в сечениях  $M$  :

$$M = V_0 \cdot r = \text{const},$$

где  $V_0$  – скорость в сечении, м/с;

$r$  – внутренний радиус спирали, м.

Это является идеализацией потока при пренебрежении вязкостью жидкости (рисунок 5).

Основным недостатком всех приведенных подходов является невозможность теоретического расчета гидравлических потерь в проточной части. Для построения прогнозных характеристик насосов необходимо использовать эмпирические данные. Например, для определения гидравлического КПД насоса  $\eta_{\Gamma}$  широко применяется формула Ломакина [4, 12]:

$$1 - \eta_{\Gamma} = \frac{0,42}{(\lg D_0 - 0,172)^2},$$

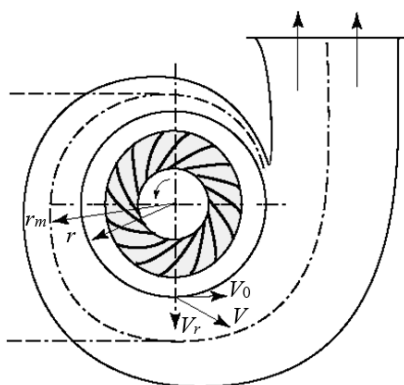
где  $D_0$  – приведенный диаметр входа рабочего колеса насоса, определяемый из выражения:

$$D_0 = (4 \div 4,5) \cdot 10^3 \sqrt{\frac{Q}{n}},$$

где  $(4 \div 4,5)$  – опытный коэффициент;

$Q$  – расчетная подача насоса с учетом гидравлических потерь.

Эта зависимость вытекает из сравнения насосов различной быстроходности и числа оборотов  $n$ .



$r_m$  – радиус начальной окружности отвода, м;  $r$  – внутренний радиус спирали, м;  
 $V_r$  – радиальная составляющая скорости, м/с;  $V_0$  – скорость в сечении, м/с;  
 $V$  – абсолютная суммарная скорость, м/с

### Рисунок 5 – Испытания спиральной части насосов (автор фото НИИИВП)

Такие эмпирические оценки применимы не для всех проточных частей. На практике встречаются случаи длительной работы НА при сильно увеличенных по сравнению с проектными гидравлических потерях во всасывающей линии, при пониженных УВНБ, при механических повреждениях отдельных элементов [4, 8].

#### Выводы

1 Системы машинного водоподъема введены в действие более 40 лет назад и исчерпали проектный ресурс по основным сооружениям и оборудованию. Главной задачей их развития является реновация НС и уменьшение энергозатрат при эксплуатации. С расширением теоретических знаний о протекающих в каждом элементе НС процессах и их влиянии на техническое состояние оценка его усложняется.

2 Авторы предлагают метод определения момента резкого уменьшения параметров технического состояния по снижению КПД, ввиду того, что при его падении более чем на 2–3 % техническое состояние насоса считается неудовлетворительным и дальнейшая его эксплуатация запрещается.

3 Наиболее рациональным видом динамических испытаний является подконтрольная эксплуатация, систематическое наблюдение за изменением параметров и износом элементов нормально эксплуатируемого насоса. При подконтрольной эксплуатации нет необходимости точно измерять абсолютные значения параметров, необходимо с высокой точностью фиксировать их изменение во времени.

4 Анализ результатов контроля за состоянием бетонной части сооружений выполняется за весь период его эксплуатации и включает результаты имеющихся инструментальных наблюдений и специальных исследований. Исследования сооружений из армированного грунта позволили получить расчетное давление грунта на их основание и откосы. При рекомендуемом проценте армирования контактное боковое давление на стенку уменьшается в 2 раза по сравнению с аналогичной неармированной стенкой.

**Список источников**

1. Гловацкий О. Я., Насырова Н. Р., Эргашев Р. Р. Оценки безопасности и повышение надежности эксплуатации гидротехнического узла крупных насосных станций // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 2(62). С. 108–113.
2. Азизов О. Р., Гловацкий О. Я., Эргашев Р. Р. Некоторые проблемы оценки и улучшения технического состояния насосов водохозяйственно-мелиоративного комплекса // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 2(74). С. 32–38.
3. Экспериментальные исследования аванкамер насосных станций / О. Я. Гловацкий, Б. Б. Хасанов, А. И. Азимов, С. З. Аллабердиев, А. И. Джурабеков // Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений: сб. науч. тр. М., 2018. С. 412–418.
4. Гловацкий О. Я., Насырова Н. Р. Эксплуатация и поддержка технического состояния оборудования насосных станций, диагностика: учеб. пособие / ПРООН, ЮНЕСКО. Ташкент, 2019. 130 с.
5. Assessment of investment technologies for use of hydroaccumulating stations on intermediate channels of irrigation systems and water reservoirs / M. Mukhammadiev, O. Glovatskiy, N. Nasirova, N. Karimova, A. Abduaziz uulu, A. Boliev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 614. 1st International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering, 2020, 14–16 Oct., Tashkent, Uzbekistan. 2020. 012088. DOI: 10.1088/1755-1315/614/1/012088.
6. Оценка эффективности эксплуатации и безопасности насосных станций / А. И. Азимов, Б. Б. Хасанов, О. Я. Гловацкий, Н. Р. Насырова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 2(70). С. 140–145.
7. Обеспечение энерго- и водосбережения при эксплуатации водозаборов машинного водоподъема / О. Гловацкий, Д. Базаров, Р. Эргашев, Б. Хамдамов, Н. Исмаилов, Н. Насырова // Узбекгидроэнергетика. 2020. № 3(7). С. 34–39.
8. Poseidon multiphase pump: field test results / P. Gie, P. Buvat, C. Bratu, P. Durando // Offshore Technology Conference. Houston, 1992. P. 489–502. <https://doi.org/10.4043/7037-MS>.
9. Dyson G. Impeller relate to reduce hydraulically generated vibration // 22nd International Pump User Symposium. 2005. P. 10–15.
10. Strengthening technology and modeling of dams from reinforced soil / O. Glovatsky, B. Hamdamov, F. Bekchanov, A. Saparov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 1030. VII International Scientific Conference “Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education” (IPICSE 2020), 11–14 Nov. 2020, Tashkent, Uzbekistan. 2021. 012155. DOI: 10.1088/1757-899X/1030/1/0121551.
11. Derakhshan S., Pourmahdavi M. Optimal design of centrifugal pump impellers // 4th International Conference on Computational Methods (ICCM 2012). Gold Coast (Australia), 2012.
12. Ломакин В., Артемов А., Петров А. Определение влияния основных геометрических параметров отвода насоса НМ 10000-210 на его характеристики // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2012. № 8. С. 71–84. DOI: 10.7463/0812.0445666.

УДК 626.823.91

**А. Ю. Гарбуз**

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

**ВЫБОР КОМПОЗИЦИОННЫХ СОСТАВОВ,  
ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ РЕМОНТА ПОВРЕЖДЕНИЙ НА КАНАЛАХ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы выбора технологии ремонта малых повреждений на бетонной поверхности облицовки. Представлена методика определения

состояния бетонного покрытия оросительных каналов, которая включает в себя обнаружение повреждений на единицу длины участка, показатели герметичности, осредненный коэффициент фильтрации, показатель состояния полимерных материалов в конструкциях. Приведены примеры материалов, применяемых на мелиоративных объектах для предотвращения фильтрационных потерь, а также для ремонта повреждений, которые образовались в течение длительного срока эксплуатации. Представлены полимерные материалы, применимые в различных условиях и для различных конструкций, которые позволят обеспечить надежность, увеличить срок службы и водонепроницаемость, наряду с этим применение таких материалов позволит повысить пропускную способность за счет уменьшения шероховатости русла канала.

**Ключевые слова:** ремонт бетона, противofильтрационные мероприятия, полимерные композиции, водонепроницаемость, бетонная облицовка

\*\*\*\*\*

**A. Yu. Garbuz**

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

### SELECTION OF COMPOSITION COMPOUNDS USED FOR REPAIRING CANAL DAMAGES

**Abstract.** The issues of choosing the technology for repairing minor damage on the concrete lining surface are discussed. A method for determining the state of the concrete coating of irrigation canals which includes the detection of damage per unit length of the section, the tightness indicators, the averaged filtration coefficient, the indicator of the state of polymer materials in structures is presented. Examples of materials used at reclamation facilities to prevent filtration losses, as well as to repair damage that were formed over a long period of operation are given. Polymeric materials that are applicable in various conditions and for various designs, which ensure reliability, increase the service life and water impermeability are presented, along with this, the use of such materials will increase the carrying capacity by reducing the canal roughness.

**Keywords:** concrete repair, anti-seepage measures, polymer compositions, water permeability, concrete lining

В настоящее время в процессе эксплуатации оросительных каналов бетонные элементы подвергаются воздействию различных внешних факторов, влияние которых отрицательно сказывается на их техническом состоянии и сопровождается отклонением параметров от первоначальных проектных значений. В своем большинстве бетонные элементы существенно износились, имеют большое количество различных повреждений в виде трещин, разрушенных швов, через которые происходят значительные потери [1].

Критерием состояния бетонного покрытия оросительных каналов  $K_n$  является число обнаруженных повреждений на единицу длины обследуемого участка, определяемое по соотношению [2]:

$$K_n = \frac{n_n}{L},$$

где  $n_n$  – число обнаруженных повреждений на участке, шт.;

$L$  – длина км.

Для оценки полученных значений  $K_n$  состояния покрытия предложена градация:

- $K_n$  не более 5 – хорошее;
- $K_n$  в диапазоне от 5 до 20 – удовлетворительное;
- $K_n$  свыше 20 – неудовлетворительное.

К показателям герметичности конструкции (бетонных элементов ГТС, противофильтрационных облицовок и экранов канала) относят коэффициент фильтрации  $K_\phi$ , который определяется по зависимости [3, 4]:

$$K_\phi = \eta \cdot \frac{Q \cdot \delta_o}{S \cdot \tau \cdot P},$$

где  $\eta$  – коэффициент, учитывающий вязкость воды ( $\eta = 1$  при  $T = 20$  °С);

$Q$  – количество фильтрата, м<sup>3</sup>/с;

$\delta_o$  – толщина бетона, м;

$S$  – поверхностная площадь бетона, м<sup>2</sup>;

$\tau$  – время фильтрации, сут;

$P$  – давление воды, МПа.

Осредненный коэффициент фильтрации противофильтрационной облицовки (экрана) вычисляется по формуле [5]:

$$K'_{обл} = \eta \cdot \frac{Q \cdot \delta_o}{(h_0 + \delta_o) \cdot F_o},$$

где  $K'_{обл}$  – осредненный коэффициент фильтрации, м/с;

$\delta_o$  – толщина воды над облицовкой (экраном), м;

$h_0$  – глубина воды над облицовкой (экраном), м;

$F_o$  – площадь поверхности облицовки (экрана), м<sup>2</sup>.

Показателем состояния полимерных материалов в конструкциях оросительных систем (пленочные противофильтрационные экраны и полимерные герметики деформационных швов облицовки) является степень их повреждения, которая оценивается по соотношениям:

$$П_\varepsilon = \frac{\varepsilon_o - \varepsilon}{\varepsilon_o} \cdot 100 \%,$$

$$П_\sigma = \frac{\sigma_o - \sigma}{\sigma_o} \cdot 100 \%,$$

где  $П_\varepsilon$ ,  $П_\sigma$  – показатели состояния полимерных материалов;

$\varepsilon_o$ ,  $\varepsilon$  – относительное удлинение при разрыве конструкционных и поврежденных образцов, %;

$\sigma_o$ ,  $\sigma$  – разрушающее напряжение при растяжении соответственно контрольных и поврежденных образцов, МПа.

Для безопасного функционирования таких сооружений, которые находятся в длительной эксплуатации, а также создания их надежной противофильтрационной защиты, берегоукрепления и проведения ремонта (текущего или капитального) каналов гидро-мелиоративных систем все большее применение находят различные виды материалов (геосинтетические, геокомпозитные и полимерные) [6], которые применяются комплексно или по отдельности. Ввиду этого факта применение обычных цементно-песчаных растворов для устройства противофильтрационных облицовок недостаточно эффективно, так как растворы не обладают высокой степенью водонепроницаемости и стойкостью к агрессивным воздействиям, но также имеют длительные сроки набора прочностных характеристик.

В этой связи наиболее актуальным вопросом становится своевременный и качественный ремонт бетонных облицовок каналов. Однако при проведении планового (текущего) или капитального ремонта бетонного полотна облицовки необходимо выполнить ряд обязательных мероприятий, которые включают [7]:

- очистку бетонного покрытия (элемента);
- просушку и обеспыливание ремонтируемого участка;
- заполнение крупных повреждений песчано-щебенчатым наполнителем;
- экономически обоснованные геосинтетические, обмазочные, инъекционные или напыляемые полимерные композиции для ремонта различных повреждений;
- демонтаж разрушенных бетонных плит (более 70 % от площади) и установку на их месте новых;
- укладку в местах более крупных повреждений (до 40 % от площади плиты) «нового» защитного слоя из бетона;
- восстановление деформационных швов между плитами.

Благодаря такому комплексному подходу и использованию современных строительных и ремонтных материалов на основе полимеров, которые служат для большей надежности и долговечности бетонных конструкций, их применение увеличивает сроки службы, снижает потери воды на фильтрацию и повышает их коэффициент полезного действия [8].

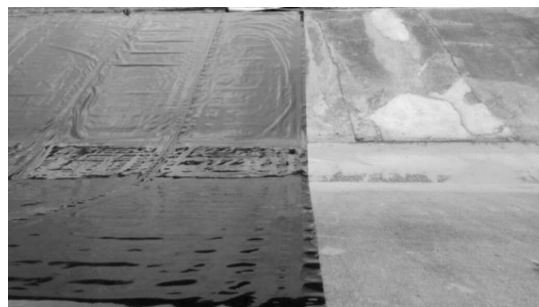
Для выбора наиболее эффективных и рациональных ремонтных и защитных покрытий особое значение имеет экономическое обоснование предлагаемого способа ремонта и материала, который подбирается с учетом места его применения, а также геологических, гидрогеологических, гидравлических и климатических условий [6].

Традиционным материалом считается геомембрана, она применяется для противофильтрационных целей на различных объектах – каналах, водоемах, прудах-накопителях. Данный материал представляет собой пленочное покрытие различной толщины от 1,0–3,5 мм, изготовленное из синтетических материалов. Они могут быть армированными и неармированными. Армирующий материал может быть из тканого и нетканого геотекстиля. Геомембраны применяются как при строительстве, так и при ремонте сооружений на мелиоративной сети в качестве противофильтрационного устройства. Пример ремонта бетонной поверхности облицовки канала с использованием геомембраны приведен на рисунке 1 [9].

а)



б)



а – бетонная облицовка до проведения ремонта;  
б – геомембрана, уложенная на поверхность облицовки

**Рисунок 1 – Противофильтрационная защита бетонной облицовки с использованием геомембраны на 4-й очереди Большого Ставропольского канала [7]**

В настоящее время, как правило, геомембраны входят в состав геокомпозитной конструкции, в которой водонепроницаемый элемент используется в сочетании с защитными прокладками, они повышают устойчивость и надежность конструкции [6]. Технические показатели геомембран высокого и низкого давления приведены в таблице 1.

Наряду с традиционными рулонными материалами, которые не всегда применимы в сложных инженерных условиях, при трещинах бетона на их поверхность напыляют или наносят вручную тонкослойные полимерные композиции [6]. Такие поврежде-



ния для оросительных каналов наиболее широко распространены ввиду длительного периода эксплуатации, они снижают водонепроницаемость конструкции, несущую способность и устойчивость. Резкое увеличение фильтрационных потерь через повреждения в виде трещин вызывает заболачивание приканальных территорий, а также их разрушение. Для обеспечения надежной заделки трещин необходимо определить максимальную ширину ее раскрытия  $\Delta b$ , м, а также ширину ее ремонтного паза ( $b_p$ , м) для обоснования применения полимерных композиций [8].

**Таблица 1 – Технические характеристики геомембран**

Показатель	Полиэтилен низкого давления				Полиэтилен высокого давления			
	1,0	1,5	2,0	3,0	1,0	1,5	2,0	3,0
Номинальная толщина, мм	1,0	1,5	2,0	3,0	1,0	1,5	2,0	3,0
Прочность при разрыве, не менее, кН/м	27	40	54	85	25	37	50	77
Относительное удлинение при разрыве, не менее, %	700				1000			
Сопrotивление разрыву, Н	150	220	275	410	120	175	235	335
Прочность на прокол (сопротивление динамическому продавливанию), Н	410	560	725	1150	280	410	530	800
Водопроницаемость	0							
Устойчивость к низкой температуре, °С	-70							
Коэффициент трения к суглинку	0,35							
Прочность при растяжении, МПа (до 30 МПа), не менее	27							
Индекс хранения прочности при укладке, не менее, %	95							
Прочность на продавливание, не менее, Н	560				–			
Стойкость к многократному замораживанию и оттаиванию (морозостойкость), не менее, %	80							
Размер рулона, м:								
- ширина	5							
- длина	50							

Ширину раскрытия трещины  $\Delta b$  определяем по формуле [8]:

$$\Delta b = \Delta b^t + \Delta b^h,$$

где  $\Delta b^t$  – температурные деформации в железобетоне, мм;

$\Delta b^h$  – деформации от вертикальных смещений железобетонной плиты в области трещины, мм.

Деформации от воздействия температуры  $\Delta b^t$  вычисляем по формуле:

$$\Delta b^t = \alpha L(t_2 - t_1),$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения бетона,  $\alpha = 14 \cdot 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$ ;

$L$  – длина плиты, м;

$t_2 - t_1$  – разность температур, °С.

Деформации от вертикальных смещений  $\Delta b^h$ :

$$\Delta b^h = \frac{h^2}{2l - b},$$

где  $h$  – вертикальные смещения по высоте, мм.

$l$  – длина, ограниченная трещиной, м;

$b$  – ширина трещины, м.

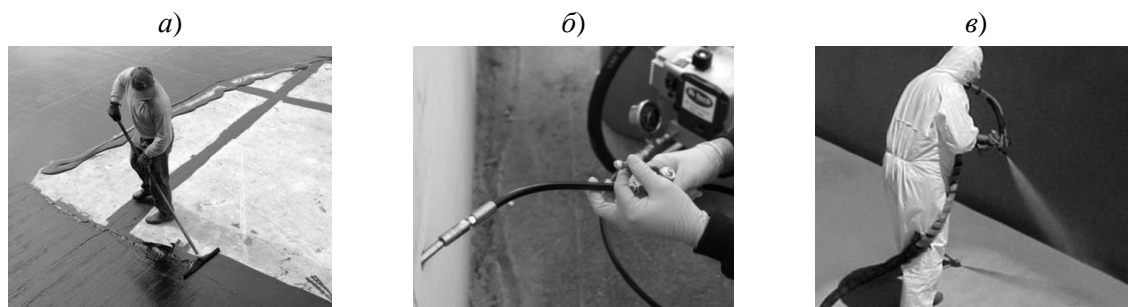
Ширина ремонтного паза  $b_p$  определяется по формуле:

$$b_p = \frac{\Delta b \cdot 100}{K\varepsilon},$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий снижение значений физико-механических характеристик герметиков в процессе их эксплуатации,  $K = 0,1$ ;

$\varepsilon$  – деформативность герметиков, %.

После определения параметров повреждений подбираются полимерные композиции, применимые в конкретном случае. Это могут быть напыляемые, обмазочные и инъекционные материалы, которые наносятся как вручную, так и при помощи специального оборудования. Примеры таких материалов приведены на рисунке 2.



*a* – обмазочный материал, наносимый вручную;

*б* – инъектирование полимерных материалов; *в* – напыляемые материалы

**Рисунок 2 – Полимерные материалы, применяемые для гидроизоляции [6]**

Технические характеристики рассматриваемых материалов приведены в таблицах 2, 3.

**Таблица 2 – Технические характеристики обмазочной гидроизоляции**

Техническая характеристика	Показатель
Условная прочность при разрыве, МПа	2,9
Относительное удлинение при разрыве, %	1500
Прочность сцепления, МПа:	
- с бетоном	0,4
- с металлом	1,0
Гибкость без образования трещин при $t$ , °С	-42
Теплостойкость, °С	110
Водонепроницаемость при давлении 0,01 МПа	Отсутствие мокрого пятна
Эксплуатация обработанной поверхности в условиях агрессивных сред, рН	2–12
Температура применения нанесения (окружающей среды), °С	от -10 до +50

**Таблица 3 – Технические характеристики напыляемых материалов**

Техническая характеристика	Показатель	
	Однокомпонентный	Двухкомпонентный
1	2	3
Расход компонента (мастики) для создания слоя толщиной 1 мм в сухом остатке, кг/м <sup>2</sup>	1,39	1,61
Условная прочность при разрыве, МПа	2,9	0,5
Относительное удлинение при разрыве, %	1500	
Прочность сцепления с бетоном, МПа	0,4	1,0
Прочность сцепления с металлом, МПа	1,0	1,7

## Продолжение таблицы 3

1	2	3
Водопоглощение за 24 ч, %	0,4	0,5
Гибкость без образования трещин на брусе радиусом 5 мм при температуре, °С	-42	-25
Температура хрупкости по Фраасу, °С	-60	-65
Теплостойкость, °С	110	
Водонепроницаемость при давлении 0,03 МПа	Отсутствие мокрого пятна	
Температура нанесения, °С	от -10 до +50	от +5 до +50
Коррозионная стойкость, рН	2-12	

**Выводы**

1 Применение современных технологий и материалов для ремонта, надежной противofильтрационной защиты и продления срока службы позволит минимизировать потери воды, а также увеличить прочностные характеристики всей конструкции облицовки.

2 Представлены полимерные материалы, применимые в различных условиях и для различных конструкций, которые позволят обеспечить надежность, увеличить срок службы и водонепроницаемость, наряду с этим применение таких материалов позволит повысить пропускную способность за счет уменьшения шероховатости русла канала.

3 Приведены примеры материалов, применяемых на мелиоративных объектах для предотвращения фильтрационных потерь, а также для ремонта повреждений, которые образовались в течение длительного срока эксплуатации.

**Список источников**

1. Косиченко Ю. М., Баев О. А., Гарбуз А. Ю. Оценка водонепроницаемости бетонопленочной облицовки с закольматированными швами при длительной эксплуатации каналов // Вестник МГСУ. 2016. № 7. С. 114–133.

2. Косиченко Ю. М., Угроватова Е. Г., Баев О. А. Обоснование расчетных зависимостей фильтрационных сопротивлений конструкций облицовок каналов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2015. Т. 278. С. 35–46.

3. Косиченко Ю. М. Исследования фильтрационных потерь из каналов оросительных систем // Мелиорация и водное хозяйство. 2006. № 6. С. 24–25.

4. ГОСТ 12730.5-1984. Бетоны. Методы определения водонепроницаемости. Введ. 1985-07-01. М.: Стандартинформ, 2007. 12 с.

5. Конструктивные схемы и методики гидравлического расчета элементов рыбо-водных комплексов на базе оросительно-обводнительных каналов / В. Н. Шкура, О. А. Баев, А. Ю. Гарбуз, Ю. М. Косиченко. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2018. 43 с.

6. Гарбуз А. Ю. Обеспечение водонепроницаемости облицовок оросительных каналов за счет применения жидких полимеров // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. Вып. 56, ч. 1. С. 21–29.

7. Основные принципы и методы эксплуатации магистральных каналов и сооружений на них: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, Ю. М. Косиченко, Д. В. Бакланова, А. В. Акопян, Ю. Е. Домашенко, Т. П. Андреева, В. Л. Бондаренко, С. А. Селицкий, Е. Д. Хещуриани, Е. И. Шкуланов, Р. Е. Юркова, О. В. Воеводин, М. В. Власов, А. Л. Кожанов, О. А. Баев, А. М. Кореновский, Н. А. Антонова, М. А. Ляшков, Л. Р. Нозадзе; под общ. ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. 361 с.

8. Ищенко А. В. Гидравлическая модель водонепроницаемости и эффективности противofильтрационных облицовок крупных каналов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2010. Т. 258. С. 51–64.

9. Рубин В. М., Шлаен А. Г. Бетонная облицовка каналов. М.: Агропромиздат, 1987. 182 с.

УДК 626.82.004

**А. А. Кузьмичёв, А. В. Бреева**Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ЦИМЛЯНСКОГО  
ВОДОХРАНИЛИЩА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОРОШЕНИЯ  
В УСЛОВИЯХ МАЛОЙ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ**

**Аннотация.** В статье представлен анализ использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища на конец 2020 г. Приведен фактический объем наполнения водохранилища по состоянию на октябрь 2020 г., который составил 17 % от объема при НПУ. Проанализированы показатели использования водных ресурсов водохранилища за пятилетний период для целей мелиорации, и отмечено снижение объема забираемой воды из водоисточника, а также поданной на орошение на 12–15 % по сравнению со средними показателями. Установлено, что работа водохранилища осуществлялась в соответствии с диспетчерскими графиками, утвержденными в правилах использования водных ресурсов (ПИВР), а отдача водных ресурсов находилась в зоне сниженной отдачи I. Отмечается, что в соответствии с ПИВР снижение отдачи воды для целей мелиорации может достигать 25–30 % от гарантированной отдачи при средне-многолетней водообеспеченности года.

**Ключевые слова:** Цимлянское водохранилище, ПИВР, Донской магистральный канал, орошение, диспетчерский график

\*\*\*\*\*

**A. A. Kuzmichev, A. V. Breeva**Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk,  
Russian Federation**USE OF WATER RESOURCES OF THE TSIMLYANSK RESERVOIR  
FOR IRRIGATION UNDER LOW WATER SUPPLY CONDITIONS**

**Abstract.** The analysis of water resources use of the Tsimlyansk reservoir at the end of 2020 is presented. The actual volume of filling the reservoir as of October 2020, which amounted to 17 % of the volume at the NPU, is given. The indicators of the reservoir water resources use for a five-year period for the purposes of reclamation were analyzed, and a decrease in the volume of water withdrawn from the water source, as well as supplied for irrigation by 12–15 % compared with the average indicators was noted. It was found that the work of the reservoir was carried out in accordance with the dispatch schedules approved in the rules for the use of water resources (RUWR), and the yield of water resources was in the zone of reduced yield I. It was noted that according to the RUWR the decrease in water output for land reclamation purposes can reach 25–30 % of the guaranteed return with an average long-term water supply of the year.

**Keywords:** Tsimlyansk reservoir, RUWR, Donskoy main canal, irrigation, dispatch schedule

**Введение.** В 2020 г. на Нижнем Дону сложилась напряженная водохозяйственная обстановка. Так, по данным гидрометрической службы, на р. Дон наблюдался маловодный год редкой повторяемости, что привело к низкой наполняемости водохранилищ и снижению объемов забора воды из водных источников [1].

В Ростовской области весь водохозяйственный комплекс базируется на Волго-Донском комплексе гидротехнических сооружений, построенном в 1952 г. В состав комплекса входят Волго-Донской судоходный канал и Цимлянское водохранилище многолетнего регулирования [2, 3].

Цимлянское водохранилище является единственным крупным водохранилищем на р. Дон. Отметка нормального подпорного уровня (НПУ) водохранилища составляет 36,0 м БС, площадь зеркала при НПУ – 2702 км<sup>2</sup>, а полезный объем – 11290 млн м<sup>3</sup>. В таблице 1 приведены данные об объемах фактического наполнения водохранилища на 10 октября 2020 г. Полезный объем водохранилища на момент исследования составил 17 % от полезного объема при НПУ, а приточность воды к створу гидроузла – на 20 % меньше, чем попуск.

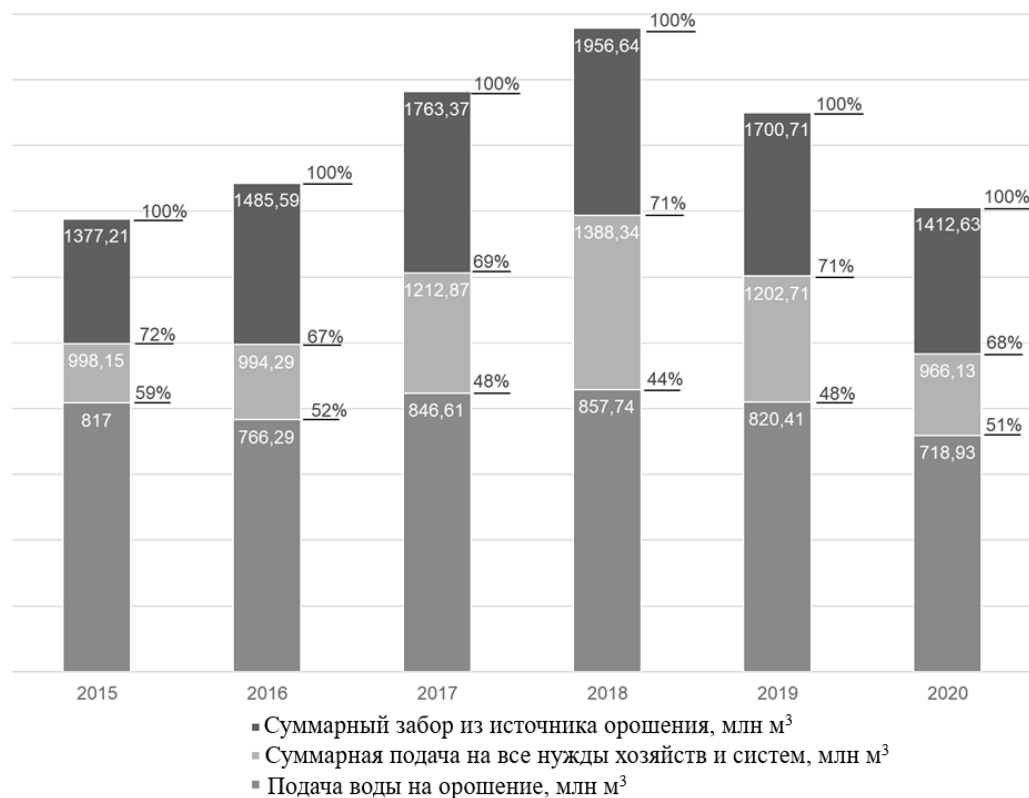
**Таблица 1 – Параметры наполнения Цимлянского водохранилища (10 октября 2020 г.)**

Отметка НПУ, м БС	Полезный объем при НПУ, млн м <sup>3</sup>	Фактическая отметка, м БС	Фактический полезный объем, млн м <sup>3</sup>	Приточность к створу гидроузла, м <sup>3</sup> /с	Попуск воды через гидроузел, м <sup>3</sup> /с
36,0	11290	32,08	1960	185	230

**Материалы и методы.** Для анализа были использованы материалы, полученные в результате проведения исследований согласно тематическому плану проведения прикладных научных исследований по государственному заданию Министерства сельского хозяйства РФ в 2020 г. специалистами ФГБНУ «РосНИИПМ».

**Результаты и обсуждения.** В структуре забора воды из водохранилища значительную величину составляет промышленное водоснабжение и орошаемое земледелие (87 %), а главным потребителем водных ресурсов для целей мелиорации является Донской магистральный канал (ДМК).

На рисунке 1 отображена динамика отдачи водных ресурсов водохранилища по каналу за пятилетний период. Наибольшее потребление воды для целей мелиорации отмечается в 2018 г. Забор воды из источника орошения составил порядка 1960 млн м<sup>3</sup>, а подача воды на все нужды хозяйств и оросительных систем (ОС) – 1400 млн м<sup>3</sup>. В этот же год было подано наибольшее количество воды на орошение – 860 млн м<sup>3</sup>.

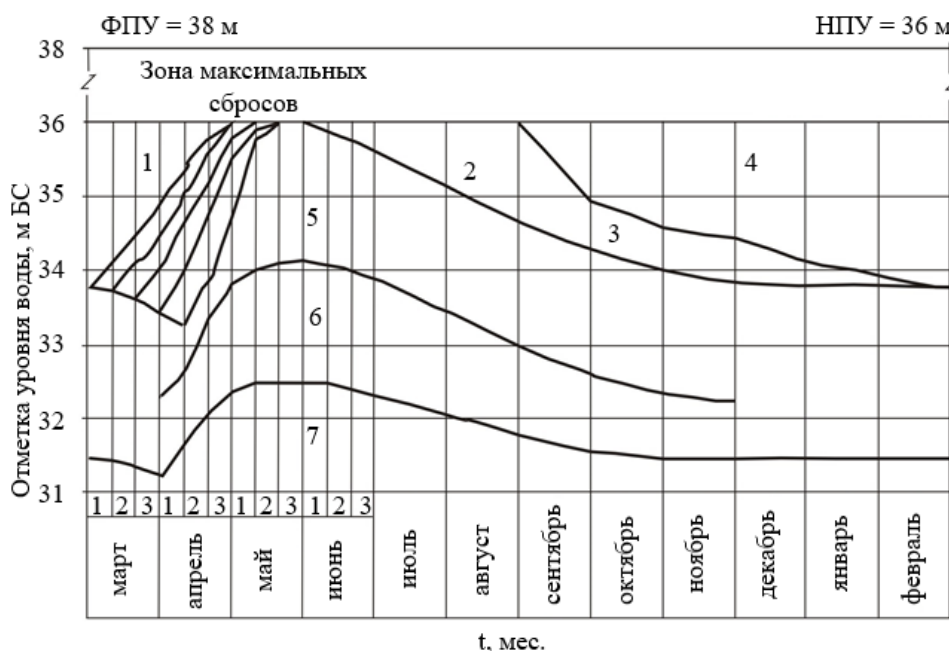


**Рисунок 1 – Динамика отдачи водных ресурсов из водохранилища по Донскому магистральному каналу**

В 2020 г. объем воды, забираемый из водохранилища, составил 1400 млн м<sup>3</sup>, что является наименьшим значением с 2015 г., а на орошение было подано 720 млн м<sup>3</sup> – минимальное значение за последние 5 лет. Таким образом, снижение объема забираемой воды из водоемисточника составило 15 %, а снижение объема воды, поданной на орошение, – 12 % по сравнению со средними показателями за предыдущий период.

Лимиты воды, подаваемые для целей мелиорации по ДМК, утверждаются Правилами использования водных ресурсов (ПИВР) Цимлянского водохранилища. Правила были утверждены в 2016 г., разрабатывались Северо-Кавказским филиалом федерального государственного унитарного предприятия «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов» и действительны до 31 декабря 2030 г. [4].

Режим работы водохранилища назначается по диспетчерским графикам в зависимости от наполнения чаши водохранилища и достигнутой отметки воды при плотине на начало весны (рисунок 2). В основу построения диспетчерских графиков положены результаты водохозяйственных расчетов, выполненных по календарным рядам восстановленного стока.



1 – подзона повышенных отдач I; 2 – подзона повышенных отдач II;  
3 – подзона повышенных отдач III; 4 – подзона повышенных отдач IV; 5 – зона  
гарантированного режима; 6 – зона сниженной отдачи I; 7 – зона сниженной отдачи II

**Рисунок 2 – Диспетчерский график работы Цимлянского водохранилища**

Диспетчерскими графиками описывается четыре характерных зоны работы водохранилища. При этом в условиях дефицита воды правилами утверждены критерии сокращения отбора водных ресурсов, которые определяются двумя зонами сниженной отдачи (I и II). Так, в зоне сниженной отдачи I отдача воды на орошение и рыбное хозяйство может снижаться на величину до 25 % от гарантированной. Снижение уровня водохранилища до отметок ниже линии зоны сниженной отдачи II указывает на реальную угрозу преждевременного истощения запаса воды в водохранилище и необходимость уменьшения отдачи из водохранилища. Ограничения вводятся преимущественно за счет водоподачи на обводнение. В этих условиях отдача на орошение и рыбное хозяйство может уменьшаться на величину до 35 %.

Таким образом, если для года среднемноголетней обеспеченности стока отдача водных ресурсов по ДМК, утвержденная правилами, составляет 1600 млн м<sup>3</sup>, то при до-

стижении уровнем воды в водохранилище отметок, соответствующих зонам сниженной отдачи I или II, объем воды, отдаваемый для целей мелиорации, снижается до 1200 и 1040 млн м<sup>3</sup> соответственно. Снижение отдачи воды из водохранилища диктует необходимость своевременного применения комплекса мероприятий по экономии и оптимизации рационального использования водных ресурсов для целей мелиорации. Оценить эффективность предполагаемых мероприятий возможно на основе имитационного водохозяйственного моделирования.

Специалистами нашего института в рамках госзадания Депмелиорации Минсельхоза России ведутся исследования в области разработок ГИС и геоинформационных баз данных (ГБД) и использования их в целях мелиорации. Изучение деталей и нюансов водораспределения на ОС на основе имитационного водохозяйственного моделирования позволит рассчитывать водохозяйственные балансы ОС и планировать водопользование на основе компьютерного моделирования. В 2019 г. нами был создан функциональный прототип ГБД «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» [5], включающий в себя сведения о ряде мелиоративных объектов Ростовской области. Разработанная система сможет обеспечить ведение паспортизации на мелиоративных системах и сформировать банк актуальных данных о гидротехнических сооружениях на них.

Также наш институт приступил к созданию элементов планирования водопользования на мелиоративных системах на основе возможностей водохозяйственного моделирования. Совместно со специалистами ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» разработан проект имитационной водохозяйственной модели комплекса ОС ДМК. В дальнейшем работы в этом направлении будут продолжены.

**Выводы.** В 2020 г. мелиоративная отрасль Ростовской области столкнулась с дефицитом водных ресурсов в связи с низким наполнением Цимлянского водохранилища и снижением лимита забора воды по ДМК.

В соответствии с ПИВР Цимлянского водохранилища можно рассмотреть сценарии развития водохозяйственной обстановки на мелиоративных системах, получающих воду по ДМК, с учетом снижения гарантированной отдачи водных ресурсов из Цимлянского водохранилища на 25 % (до 1,2 км<sup>3</sup>) и на 35 % (до 1,04 км<sup>3</sup>).

В условиях дефицита решение задачи оптимального распределения водных ресурсов на мелиоративных системах возможно на основе применения средств имитационного водохозяйственного моделирования и создания единой информационно-аналитической системы по учету мелиоративных объектов с применением геоинформационных технологий.

#### Список источников

1. Водохозяйственная обстановка на реке Дон (Ростовская область) [Электронный ресурс]. URL: [http://donbv.ru/water\\_situation/](http://donbv.ru/water_situation/) (дата обращения: 16.03.2021).
2. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 1 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. Новочеркасск: Геликон, 2013. 283 с.
3. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 2 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. Новочеркасск: Геликон, 2013. 307 с.
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».
5. Рыжак А. Н., Кузьмичёв А. А., Мартынов Д. В. Разработка геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 4(76). С. 110–118.

УДК 631.61

**В. С. Пунинский**

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

**КОМПЛЕКСНАЯ ОБРАБОТКА КОМБИНИРОВАННЫМИ АГРЕГАТАМИ НЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АГРОПРОИЗВОДСТВЕ ПОЧВ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Аннотация.** Целью исследований является разработка предложений, касающихся комплекса технических средств для окультуривания неиспользуемых земель с обоснованием количества технологических процессов, совмещаемых агрегатом за один проход. Приведен обзор перспективных видов машин для обработки слоя грунта и почвы сельхозугодий деградированного дальнего земья. Разработаны две технологии, содержащие по четыре технологических модуля комплексов машин, которые в первой технологии осуществляют 21 технологический процесс и во второй – 22 технологических процесса. Технологические процессы в этих технологиях содержат подготовительные работы и выполняемые ведущими машинами. Модули машин основываются на категориях работы технических средств и количестве их проходов по обрабатываемому объекту. Для модуля с однопроходным комбинированным агрегатом предусматривается конструкция рабочего органа, обеспечивающая на неровностях рельефа срезку грунта под почвой с мест повышения и транспортирование грунта к понижениям рельефа с отсыпкой под почву, что предотвращает заболачивание при просадке почвы в отсыпанный грунт, не требует буртования почвы для планировки грунта. Рекомендуются к разработке агротребования на проектирование комбинированных агрегатов, адаптируемых к рассредоточенности объектов, их уровню деградации и приоритетности выполнения видов работ.

**Ключевые слова:** рассредоточенность, комбинированный агрегат, органические удобрения, слой обработки, измельчение, лесокустарник, утилизация, посев

\*\*\*\*\*

**V. S. Puninsky**

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

**INTEGRATED PROCESSING OF SOILS NOT USED IN AGRICULTURAL PRODUCTION BY COMBINED UNITS FOR ORGANIC FARMING**

**Abstract.** The purpose of the research is to develop proposals regarding a set of technical means for the cultivation of unused lands with a substantiation of a number of technological processes combined by the unit in one pass. An overview of promising types of machines for processing the soil layer and the soil of agricultural lands of degraded far-earth lands is given. Two technologies containing four technological modules of machine complexes have been developed, which in the first technology perform 21 technological processes and in the second – 22 technological processes. Technological processes in these technologies contain preparatory work and carried out by the leading machines. Machine modules are based on the categories of work of technical means and the number of their passes through the object being processed. For the module with a single-pass combined unit, the design of the working body is provided, which ensures that on uneven terrain, the soil is cut under the ground from the elevated places and the soil is transported to the lowering of the relief with filling under the soil, which prevents waterlogging when soil subsides into the filled soil, does not require soil bumping to level the ground. They are recommended for the development of



agricultural requirements for the design of combined units, adaptable to the dispersion of objects, their level of degradation and the priority of performing types of work.

**Keywords:** dispersion, combined aggregate, organic fertilizers, processing layer, crushing, shrub, utilization, sowing

**Введение.** Занимая ведущее положение среди природных ресурсов, сельскохозяйственные угодья являются исходной базой благосостояния людей. Земли сельскохозяйственного назначения России составляют 402,6 млн га, из них 43,6 млн га находятся в фонде перераспределения и не используются для сельскохозяйственного производства [1].

В процессе длительного неиспользования в агропроизводстве сельскохозяйственных земель возникают слитизация почвенных микроагрегатов, просадка грунта, приводящие к образованию бессточных макропонижений рельефа, волнистости и увеличению изреженности, для устранения которых требуются новые технологические процессы и машины для производства мелиоративных работ в современных условиях.

Целью исследований является разработка предложений, касающихся комплекса технических средств (ТС) для окультуривания неиспользуемых земель с обоснованием количества технологических процессов, совмещаемых агрегатом за один проход, в новых условиях производства категорий мелиоративных работ.

**Материалы и методы.** Объектом исследований являются способы повышения плодородия почв и мелиоративные машины для эксплуатационных работ на неиспользуемых землях Нечерноземной зоны России.

Изучены базовые типизированные технологии и ТС для выполнения мелиоративных работ на деградированных землях. Для осуществления анализа новых технических решений в 2020 г. применена авторская ранее разработанная методика имитационного моделирования, в которой сложная система является взаимосвязанной совокупностью математических моделей (критериев) [2], методика оценки состояния деградации почв по индикаторным показателям [3]. Исследования проводились по общепринятым методикам с использованием научно-практических методов определения прогнозных технико-экономических показателей ведущих машин [4–8].

**Результаты и обсуждение.** Для разработки технологических процессов новых технологий определены предварительные параметры и показатели ТС. На основе математического моделирования получены показатели ведущих машин и определены рациональные параметры вспомогательных ТС для освоения ранее не мелиорированных сельскохозяйственных угодий, которые традиционно содержат после выполнения культуртехнических мероприятий технологический процесс обработки почвогрунта с внесением веществ, не только удовлетворяющий потребность растений, микроорганизмов и биоты в питательных веществах, физико-химической среде, в оптимальном соотношении твердой, жидкой и газообразной фаз почвы, но и обеспечивающий стимуляцию ростовых и защитных свойств растений для достижения урожайности, потенциальной в сельскохозяйственной зоне, и возможного превышения ее [9].

Разработаны в 2020 г. предложения, касающиеся новых комбинированных агрегатов, обеспечивающих сохранение органических веществ в подпокрывном слое почвы. Главной задачей при проведении освоения сельскохозяйственных угодий, не используемых в агропроизводстве более 4 лет, является устранение потерь органических веществ, которые минерализуются в ходе мелиоративных мероприятий. При этом требуется восстановить исходное плодородие почвы и повысить плодородие до зонального уровня либо превысить его, создать наиболее благоприятные условия для роста и развития растений, которые характеризуются следующим:

- качественной заделкой мелиорантов, органических удобрений и равномерным распределением семян;

- хорошей структурой почвы с оптимальной плотностью корнеобитаемого слоя почвы, выравненностью ее поверхности и дна обработки;

- отсутствием плужной подошвы, переуплотненных подпахотных слоев и устранением заболачивания покровного слоя почвы.

Почва к посеву культур-освоителей (зерновых и галофитов с рядовым севом, зернобобовых, злаковых трав и мелкосеменных травосмесей с севом в междурядье) должна быть подготовлена так, чтобы семена были внесены на водоносный капиллярный слой и покрыты слоем комковатой рыхлой почвы, обработаны штаммами микроорганизмов [10].

Существующие технологии для снижения капитальных затрат на приобретение ТС предусматривают выполнение мелиоративных работ однооперационными машинами, что не учитывает негативные последствия их применения: минерализацию органических веществ в почве, последующие затраты на внесение органических удобрений, многопроходность с потерей урожайности сельскохозяйственных культур.

Уменьшение негативных последствий от применения на мелиоративных работах однооперационных ТС возможно при отказе от многопроходности с созданием перспективных типажей и типоразмерных рядов самоходных комбинированных агрегатов. Для минимальных технологий обработки почвы и посева рядом фирм освоен промышленный выпуск комбинированных агрегатов для минимальной обработки стерневых фонов.

Для восстановления плодородия деградированных земель Нечерноземной зоны РФ предлагаются две технологии, содержащие по четыре технологических модуля комплексов машин, которые в первой технологии осуществляют 21 технологический процесс и во второй – 22 технологических процесса.

Технологические процессы содержат подготовительные работы и выполняемые ведущими машинами. Модули машин основываются на категориях работы ТС и количестве их проходов по обрабатываемому объекту:

- с многопроходностью прицепных и навесных машин при выполнении каждой одного, двух либо трех технологических процессов;
- сокращенной проходимостью комбинированных орудий, последовательно работающих с выполнением двух-четырёх процессов всеми орудиями;
- минимальной проходимостью комбинированных агрегатов, работающих с четырьмя-шестью процессами;
- однопроходностью многофункциональных комбинированных агрегатов, выполняющих одновременно весь комплекс освоения и окультуривания почв одним ТС при четырех-шести и более последовательных процессах без временного разрыва между ними.

Технологии освоения и окультуривания почв содержат условия объектов, последующие области применения сельскохозяйственного угодья в системе ведения агропроизводства и проходимости ТС, а также затрат ресурсов на повышение плодородия.

Технические решения по перспективным комбинированным агрегатам, предусмотренным в модулях технологий, могут быть реализованы:

- в краткосрочном периоде для повышения плодородия сельскохозяйственных угодий на компактных объектах при равнинном рельефе без изреженности, но с большой площадью деградации почв при использовании двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с мощностью до 500 кВт и возможностью установки между смежными спаренными колесами комбинированных агрегатов быстромонтируемых армированных резино-металлических гусениц. Для перемещения ТС на новый удаленный объект требуется частичный демонтаж узлов комбинированных агрегатов, грузоподъемные средства, низкорамные полуприцепы с автомобильными тягачами и автомобили с грузовыми платформами;

- в среднесрочном периоде для повышения плодородия сельскохозяйственных угодий на рассредоточенных объектах при волнистом рельефе со слабой изреженностью и небольшой площадью деградации почв требуется разрабатывать перспективные

типажи, включающие типоразмерный ряд комбинированных агрегатов с мощностью ДВС 300–450 кВт и устройством автоматического перевода рабочих органов в транспортное положение с получением габаритов, позволяющих движение по автомобильным дорогам со скоростью от 60 до 90 км/ч.

Использование автомобильного шасси повышенной проходимости при освоении и окультуривании сельскохозяйственных угодий на рассредоточенных объектах позволит восстанавливать деградированные почвы с меньшими затратами, учитывая положительный опыт использования мобильного энергетического средства МЭС-330 «Авто-трактор» с плугом Нектор-1000 при условии обеспечения ширины захвата 2,8 м, глубины обработки 0,32 м, скорости движения 7,5 км/ч и буксовании не более 15 %, имеющего производительность 1,29 га/ч при расходе топлива 25 л/га на пашне.

На базе автомобиля КамАЗ созданы посевные комплексы «Agrator-8500 Авто», «Agrator-9800 Авто», «Agrator-1000 Авто» (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Посевной комплекс «Agrator-8500 Авто» на базе автомобиля КамАЗ (<https://pk-agromaster.ru/projects-archive/автомобильные-посевные-agrator/>)**

Тракторы Delta Track от «Ростсельмаш» серии DT (338,6–456,3 кВт) предусматривают систему гусеничного движителя тракторов с секционной рамой серии DT и тандемную раму опорных роликов при треугольной форме обтекания резиноармированной гусеницы катков и колеса (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Использование гусеничных блоков трактора «Ростсельмаш»**

С учетом вышесказанного вопрос использования автомобильных транспортных средств на сельскохозяйственных операциях актуален, требует разработки новых маневренных самоходных агрегатов по новым агротехническим требованиям на проектирование ТС.

Совершенствование конструкции и производство гусеничных блоков для формирования полугусеничных ходов с треугольной формой обвода резиноармированных гусениц и верхним расположением ведущей звездочки для комбинированных агрегатов, выполняющих однопроходное освоение не используемых более 2 лет земель при осуществлении одновременно и последовательно шести и более технологических процессов, является актуальной задачей в краткосрочном периоде.

Очередной проблемой, требующей решения, после сокращения многопроходности является освоение и подготовка окультуриваемой почвы к ведению органического сельского хозяйства. В настоящее время имеется хороший опыт использования небольшой группой хозяйств (примерно 10–15 %) технологий интенсивного типа. Высокотехнологичная комбинированная и энергонасыщенная техника помогает этим хозяйствам обеспечивать самодостаточную экономическую деятельность благодаря повышенной урожайности сельскохозяйственных культур. Органическое сельское хозяйство – производственная система, которая улучшает экосистему, сохраняет плодородие почвы, защищает здоровье человека и (если принимать во внимание местные условия и опираться на экологические циклы) оберегает биологическое разнообразие без использования компонентов, способных нанести вред окружающей среде. Поэтому в числе приоритетов и перспектив научно-технологического развития РФ в ближайшие 10–15 лет назван переход к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству.

В настоящее время Россия занимает 0,2 % мирового рынка органических продуктов, но имеет большой потенциал для расширения их производства. При ведении органического сельского хозяйства исключается использование агрохимикатов, пестицидов, антибиотиков, гормональных препаратов, генно-модифицированных организмов.

По оценке Минсельхоза России, в настоящее время в стране имеется более 28 млн га неиспользуемых (залежных) земель. Большая часть из них – земли, на которые около 30 лет не вносились гербициды, минеральные удобрения. За прошедший период на этих залежных землях сработались ранее внесенные химические препараты, экосистема медленно восстанавливалась, при опадении растительных остатков в ходе деструкции образовывались гуминовые кислоты и фульвокислоты, являющиеся основой гумуса и питанием микроорганизмов, а продукты жизнедеятельности их штаммов (биоты) – питанием растений.

Для наполнения рынка, чтобы обеспечить существующий спрос, по экспертным оценкам, необходимо перевести в органическое сельское хозяйство более 2000 сельхозпроизводителей. Критерием отнесения земель к органическим по ГОСТ 33980-2016 является расположение угодий вдали от источников загрязнения окружающей среды, учитываются требования к почвам по СанПиН 2.1.7.1287-03, соблюдение буферных зон [11].

Система подбора агротехнологий в органическом производстве более гибкая и вариативная, чем в традиционном. Переход на органическое сельское хозяйство осуществляется в течение 1–3 лет. В переходный период продукция еще не имеет статуса «органик» и не может реализовываться как органическая с добавочной стоимостью. Статус «органик» она получает только после приобретения сертификата [12].

В новом парке машин для освоения земель и окультуривания почв под последующее использование в органическом сельском хозяйстве однооперационные агрегаты могут быть заменены многофункциональными, универсально-комбинированными. Новые модульно-блочные комбинированные посевные машины (МПА) способны за один проход совмещать технологические операции почвообработки и посева травосмесей, покровных зерновых культур-освоителей. В конструкциях комбинированных агрегатов, совмещающих операции глубокого рыхления с подпочвенным внесением химических мелиорантов и жидкого навоза, применяют гидропривод хода и рабочих органов, а также бесступенчатое регулирование скоростей в широком диапазоне.

Окультуривание почв после освоения немелиорированных земель и 28 млн га залежей, включающих 10 млн га неиспользуемой пашни, целесообразно проводить с учетом дальности расположения сельскохозяйственных угодий от сельских и городского типа поселений, это должно отражаться в новых агротребованиях на проектирование ТС. Определены основные агротехнические показатели и параметры новых ТС с использованием имитационного моделирования [2, 4, 8, 9]. Результаты представлены

в табличном виде (таблицы 1 и 2). Разработанная область применения новых технических решений учитывает глубину почвенного слоя, возможную утилизацию щепы при уровне зарастания земель лесокустарником от 15 до 80 т/га и при объеме более 80 т/га до окультуривания почв с щепой, уложенной на глубину 0,25–0,45 м и более, возможно избыточный объем древесины предварительно удалять комбинированным модульным агрегатом (патент РФ № 2535162). Модули комплексов машин предлагаемых двух технологий содержат ТС, новизна которых защищена патентами на изобретение РФ с предварительными марками и показателями, а в 2020 г. для их проектирования на четыре агрегата с предварительными марками КАПП-6,1-0,65; КАБПП-7,2-0,65; КАБДЗ-4,2-0,45; КМЛА-4-0,45 разработаны агротехнические требования. Агротехнические требования на проектирование самоходных многофункциональных комбинированных агрегатов содержат вид расположения объектов с окультуриваемыми почвами и последующий способ ведения сельского хозяйства на этих почвах, полученные в ходе исследований технико-экономические основные показатели и параметры агрегатов для окультуривания почв.

**Таблица 1 – Агротехнические показатели технических средств для освоения и окультуривания почв**

Условие объекта	Область применения самоходного агрегата			
	Окультуривание почв освоенных ранее немелиорированных земель	Окультуривание почв залежных луговых и не используемых от 2 до 30 лет сенокосов, пашни, пастбищ и мелиорированных земель	Подготовка к окультуриванию почв, перераспределенных из других фондов	
Вид объекта	Окультуривание почв освоенных ранее немелиорированных земель	Окультуривание почв залежных луговых и не используемых от 2 до 30 лет сенокосов, пашни, пастбищ и мелиорированных земель	Подготовка к окультуриванию почв, перераспределенных из других фондов	
Наименование ТС	Комбинированный агрегат ярусной обработки	Комбинированный агрегат биомелиорации и комплексной обработки богарных земель	Комбинированный агрегат биомелиорации с переработкой лесокустарника и подсевом семян	Комбинированный модульный лесной агрегат
Предварительные марки и номер патента на изобретение РФ	КАПП-6,1-0,65 Патент РФ № 2618997	КАБПП-7,2-0,65 Патент РФ № 2696034	КАБДЗ-4,2-0,45 Патент РФ № 2740173	КМЛА-4-0,45 Патент РФ № 2535162
Область применения ТС и вид расположения объектов с окультуриваемыми почвами	Равнинный рельеф от 2 лет неиспользования. Почвогрунт минеральный, вид компактный с дальнотельем и крупными площадями	Волнистый с площадью деградации 9–20 лет неиспользования. Почвогрунт минеральный, вид компактный с дальнотельем	Равнинный рельеф с деградацией 15–30 лет неиспользования. Почвогрунт минеральный, вид – дальнотельем вдали от заводов, поселков	Волнистый с площадью деградации до 7 лет неиспользования. Почвогрунт минеральный, вид сосредоточенный со среднеконтурными площадями
Способ ведения агропроизводства	Органическое сельское хозяйство	Органическое сельское хозяйство при частично интенсивном	Органическое сельское хозяйство	Нулевой с обособленным интенсивным

**Таблица 2 – Техничко-экономические основные агротехнические показатели новых самоходных агрегатов**

Наименование показателя, параметра	Цифровое исходное значение показателя, параметра агротехнических требований на проектирование новых самоходных агрегатов			
	КАПП-6,1-0,65	КАБПП-7,2-0,65	КАБДЗ-4,2-0,45	КМЛА-4-0,45
Предварительные марки ТС				
Затраты на машино-час $C_0$ , руб./ч	3464,47	7530,44	8932,76	3386,19
Удельные затраты на производство $C_e$ , руб./га	873,76	1255,07	1941,91	705,46
Предварительная стоимость агрегата $C_e$ , млн руб.	29,74	19,70	21,00	11,49
Масса агрегата $M_{маш}$ , т	30,6	38,70	40,38	36,13
Ширина захвата $L$ , м	6,1	7,2	4,6–11,7	4,0
Тяговое усилие $P$ , кН	195	400	500	100
Мощность $N_0$ , кВт	205	522	618	161,90
Производительность агрегата $W$ , га/ч	4,0	6,0	4,6	4,8

Агротехнические требования включают разделы:

I. Назначение машины.

II. Место в системе машин.

III. Зона применения.

IV. Условия работы.

V. Качественные показатели технологического процесса.

VI. Техничко-эксплуатационные требования и показатели, регламентирующие надежность.

VII. Экономические требования.

VIII. Срок действия агротехнических требований.

IX. Разработчик агротехнических требований.

### Выводы

1 Обзор и анализ рассмотренных технических решений выявили тенденцию создания комбинированных агрегатов, обеспечивающих возможность планирования деградированных земель без буртовки почвы с сохранением органических веществ в подрезаемом слое почвы, а также целесообразность использования удаленного расположения неиспользуемых почв для организации органического производства сельхозпродукции.

2 Прогнозные показатели комбинированных самоходных агрегатов подтверждают возможность восстановления плодородия почв дальнего Нечерноземной зоны РФ с подготовкой их к органическому агропроизводству.

### Список источников

1. Отчет о реализации I этапа (2014–2016 годы) Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы». М.: Росинформагротех, 2017. 80 с.

2. Пунинский В. С. Совершенствование технологических процессов и техники для улучшения деградированных сельхозугодий с солонцами // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 1(65). С. 69–80.

3. Рекомендации по методическим основам формирования Федеральных регистров технологий и машин для производства мелиоративных работ в современных условиях / Б. М. Кизяев, В. С. Пунинский, Г. Х. Бедретдинов, Н. Б. Мартынова, И. В. Цветков; ВНИИГиМ. М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2019. 65 с.

4. Методика эффективного освоения разновозрастных залежей на основе много-

вариантных технологий под пастбища и сенокосы и очередности возврата в пашню в Нечерноземной зоне РФ / А. А. Кутузова, К. Н. Привалова, Д. М. Тебердиев, Н. А. Семенов, А. П. Раев, Д. Н. Лебедев, Д. А. Алтунин, И. В. Степанищев, Е. Е. Проворная, А. В. Родионова, Н. В. Жезмер, Р. Р. Каримов, А. В. Лысиков; ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. М.: Угреш. тип., 2017. 64 с.

5. Методы системного анализа в мелиорации и водном хозяйстве / Б. Г. Штепа [и др.]. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 261 с.

6. Методические рекомендации по разработке прогнозных нормативных показателей для планирования развития сельского хозяйства на долгосрочную перспективу / А. Ф. Поцкалев, В. И. Петранев, И. Д. Олисаева, Т. Н. Макарова. М.: Изд-во НИИПиН, 1981. 52 с.

7. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978. 400 с.

8. Рождественский А. В., Чебатарев А. И. Статистические методы в гидрологии. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 424 с.

9. Пунинский В. С. Совершенствование механизации технологических процессов биомелиорации и водорегулирования на деградированных землях // Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации: материалы междунар. науч.-практ. конф. М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2019. С. 256–262.

10. Пунинский В. С. Система машин для комплексной механизации мелиоративных работ и техника для мелиорации деградированных кормовых угодий // Кормопроизводство. 2018. № 4. С. 37–45.

11. Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные документы, акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федер. закон от 3 авг. 2018 г. № 280-ФЗ. URL: <https://fzrf.ru/zakon/2018-08-03-n-280-fz/> (дата обращения: 20.06.2019).

12. ГОСТ Р 57022-2016. Продукция органического производства. Порядок проведения добровольной сертификации [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200138287> (дата обращения: 10.07.2019).

УДК 626.886

**А. В. Шевченко**

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

### **ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ БЕССЕРГЕНЕВСКОГО ДВУХПРУДОВОГО РЫБОВОДНОГО КОМПЛЕКСА**

**Аннотация.** Цель исследования заключается в разработке проектных решений двухпрудового рыбоводного комплекса в реальных условиях его создания и функционирования. Специфические условия объекта проектирования – относительно малый перепад уровней воды в рыбоводных прудах и водоприемнике, составляющий 0,95 м, и требование заказчика проекта по устройству одного рыбоулавливающего сооружения для облова рыб, выпускаемых из двух соседствующих рыбоводных прудов. В процессе проектирования разработано компоновочно-конструктивное решение рыбоводного комплекса и входящих в его состав сооружений, систем и устройств, обеспечивающих соблюдение указанного условия и требования. В состав разработанного комплекса включены: два рыбоводных пруда площадью 98 и 103 га; система водоснабжения, включающая насосную станцию и трубопроводную сеть; система водорыбоотведения; рыбоуловитель; технологическое оборудование, включая двухбункерный кормовой элеватор, сорозоулавливающее устройство, средства аэрации и другие элементы.

**Ключевые слова:** рыбоводство, рыбоводный комплекс, рыбоводный пруд, водорыбовывпуск, рыбоуловитель, насосная станция, водозабор, сорозоуловитель

\*\*\*\*\*

**A. V. Shevchenko**

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

### PROJECT DESIGN OF THE BESSERGENEVSKY TWO-POND FISHING COMPLEX

**Abstract.** The aim of the study is to develop design solutions for a two-pond fish-breeding complex under the real conditions of its construction and operation. Specific conditions of the design object are a relatively small water level difference in fish ponds and a water intake, about 0.95 m, and the requirement of the project customer for the construction of one fish harvester facility for fish seining released from two adjacent fish ponds. In the process of designing, a layout-design scheme of the fish-breeding complex and its constituent structures, systems and devices ensuring compliance with the specified conditions and requirements was developed. The developed complex includes: two fish ponds with an area of 98 and 103 hectares; water supply system, including a pump station and a pipeline system; fish-water disposal system; fish harvester structure; technological equipment, including a two-hopper feeding elevator, trash trap, aeration means and other elements.

**Keywords:** fish farming, fish breeding complex, fish pond, water and fish outlet, fish harvester structure, pumping station, water intake, trash trap

**Введение.** Директивными актами Российской Федерации в ближайшее десятилетие предусмотрено почти трехкратное увеличение добычи и производства рыбоводческой продукции во внутренних водоемах страны. Для достижения поставленной цели предусматривается восстановление и новое строительство рыбоводных комплексов прудового и бассейнового типов. К настоящему времени специалистами в области рыбохозяйственной гидротехники накоплен опыт разработки, создания и использования комплексов различного рыбоводческого назначения и составляющих их объектов и сооружений [1–4]. При проектировании рыбоводных прудов и рыбохозяйственных сооружений учитывается как опыт их создания, так и знания в области реакции и поведения рыб в искусственно устроенных рыбоводных объектах [5–8]. И при всем при этом в процессе разработки конкретных проектов рыбоводных объектов, сооружений и комплексов проектировщики вынуждены решать ряд задач по компоновке, конструированию и адаптивированию разработанных технических решений к условиям и требованиям их функционирования. Пример проектных решений по устройству рыбоводного комплекса в ООО «Агропредприятие Бессергеновское», территориально расположенного в Ростовской области, приведен в настоящей публикации.

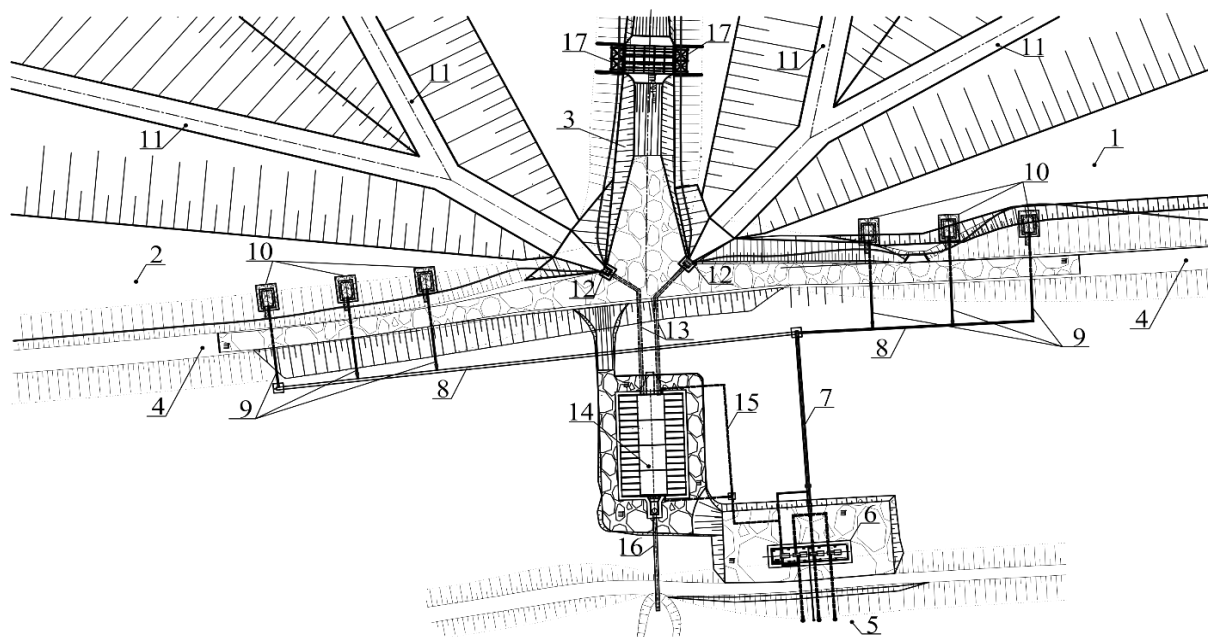
**Материалы и методы.** При разработке проекта рыбоводных объектов, сооружений, устройств и технологических элементов использованы данные геологических, топографических изысканий и технологии поискового конструирования.

**Результаты и обсуждение.** Объектом проектирования является ранее существовавший, но в течение некоторого времени заброшенный рыбоводный комплекс прудового типа. Неиспользовавшийся рыбоводный объект пришел в неприемлемое для использования состояние. Два существовавших рыбоводных пруда заросли кустарниковой и высокостебельной влаголюбивой травянистой растительностью, а прудовые сооружения были разрушены. Указанное обстоятельство предопределило необходимость проектирования нового рыбоводного комплекса. Техническим заданием на проектирование было определено выполнение нижеследующих основных условий и требований:



- использование в качестве объекта водообеспечения комплекса и водоприемника сбрасываемой из прудов воды Теплого канала Новочеркасской ГРЭС;
- в качестве рыбоводных водоемов использовать ранее устроенные пруды без изменения их планового очертания и высотного положения ложа и их валов;
- обеспечение одновременного облова выращенных в прудах рыб одним рыбоулавливающим сооружением, функционирующим по неводной технологии лова;
- в составе двухпрудового рыбоводного комплекса предусмотреть устройство: насосной станции; системы питающих пруды водой трубопроводов; сооружения по задержанию и предупреждению попадания в пруды физических загрязнителей, вредоносных живых организмов (ихтиофагов) и мальков сорной рыбы; кормовых бункеров с возможностью подачи из них кормов в плавучие кормораздатчики; ограждающих пруды валов (дамб) на не затопляемых при паводке отметках с возможностью проезда по их гребню автотранспорта; водорыбовых выпусков из прудов и трубопроводов, обеспечивающих безопасное транспортирование рыбы из прудов в рыбоуловитель; системы автономного водного питания рыбоуловителя и выпуска из него водных масс при его осушении; внутрикомплексных дорог и сети электрообеспечения комплекса.

Учитывая требования технического задания и материалы проведенных топографических, геологических и гидрологических изысканий, определили земельный участок для компактного размещения основных объектов и сооружений и разработали три варианта компоновочного решения рыбоводного комплекса. Окончательно принятый заказчиком вариант компоновки проектируемого объекта иллюстрируется рисунком 1.



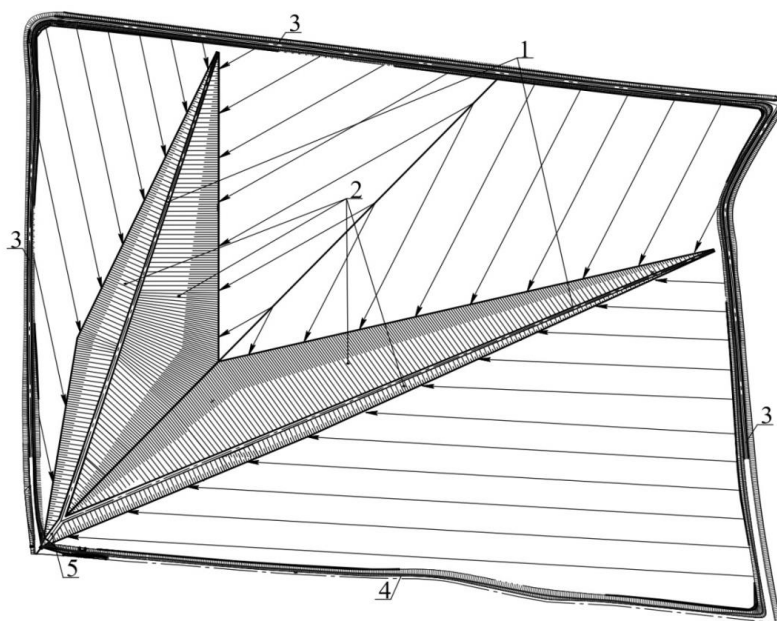
- 1, 2 – пруды; 3 – разделяющая пруды дамба; 4 – ограждающие пруды валы; 5 – канал;  
 6 – насосная станция; 7 – напорный трубопровод системы водного питания прудов; 8 – ветви напорного водовода; 9 – ответвления системы водоснабжения прудов; 10 – сорозоуловители;  
 11 – водорыботранспортирующие каналы; 12 – водорыбовые выпуски; 13 – трубопроводы водорыбовых выпусков; 14 – рыбоуловитель; 15 – водоводы системы водоснабжения рыбоуловителя; 16 – водоспускная труба; 17 – кормовой узел

**Рисунок 1 – Схема генплана рыбоводного комплекса**

Проектом предусмотрена планово-высотная планировка ложа (чаши) прудов.

Учитывая требования технического задания и принятую компоновку комплекса с расположением водорыбовых выпусков сооружений в угловых зонах пруда, прилегающих к разделяющей («разделительной») пруды дамбе, водорыбосборные коллекторы протрассировали к этим зонам. Соответственно расположению коллекторов были про-

трассированы внутрипрудовые рыбосборные каналы и предусмотрена соответствующая планировка донной части ложа пруда № 2, проиллюстрированная рисунком 2.



- 1 – водорыбосборные каналы; 2 – склоновые площадки ложа прудов; 3 – ограждающие валы; 4 – разделительная дамба; 5 – водорыботранспортирующий коллектор;  
→ – направление склонов поверхностей ложа пруда

**Рисунок 2 – Планово-высотное решение ложа пруда**

Водорыбовывпускные сооружения представляют собой широко используемые в прудовом рыбоводстве башенные донные водорыбовывпуски, устроенные в ограждающих валах, они оборудованы рыбозаградительной решеткой, шандорным и плоским затворами и водорыботранспортирующими трубопроводами. Проектом предусмотрено соответствующее требованиям рыбоводов и гидротехники конструктивное решение подходного участка и входного оголовка башенного водорыбовывпуска (рисунок 3).

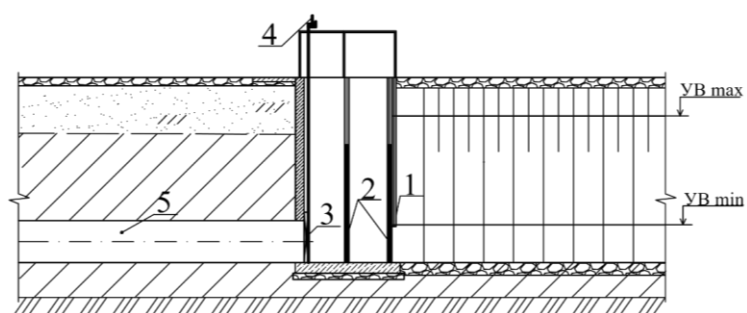
Рыбоулавливающее сооружение для накопления, кратковременного содержания и облова рыб по неводной технологии включает накопительно-обловную и затворно-водоотпускную камеры с соответствующей технологической инфраструктурой. Характерные виды строящегося рыбоулавливающего сооружения приведены на рисунке 4.

Система водоснабжения комплекса включает заглубленную насосную станцию, рассчитанную на подачу расхода воды 500 л/с, и сеть напорных трубопроводов для транспортирования воды в пруды. В зоне выпуска воды из ответвлений трубопроводной сети предусмотрено крепление ложа прудов крупной каменной отсыпкой и устройство конструкций для улавливания сора и вредоносных живых организмов.

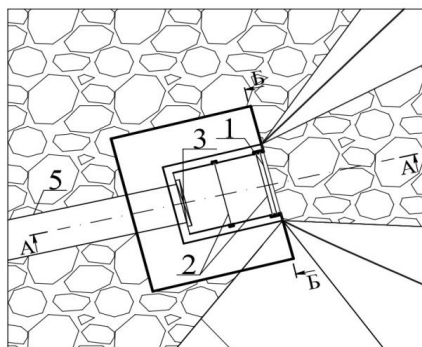
Бункерный кормовой элеватор размещен на площадке разделительной дамбы с возможностью дозированной подачи корма в плавучие кормораздатчики (рисунок 5).

В связи с малым перепадом уровней между рыбоводными прудами и водоприемником предусмотрены меры по нейтрализации негативных воздействий данного фактора. Так, для предотвращения обратного выхода рыб из рыбоуловителя в водорыбовывпускной тракт (в связи с малыми скоростями течения воды в нем) выходные оголовки труб рыбывпуска оборудованы опускными рыбозащитными решетками. Для опорожнения чаши рыбоуловителя от воды при превышении отметок поверхности водного потока в канале над отметками днища рыбонакопительной камеры предусмотрено устройство водосборного колодца и откачка воды из него мобильной насосной установкой. При этом колодец предусмотрено использовать для сбора загрязнителей при гидромеханической очистке и дезинфицировании рыбоулавливающего сооружения.

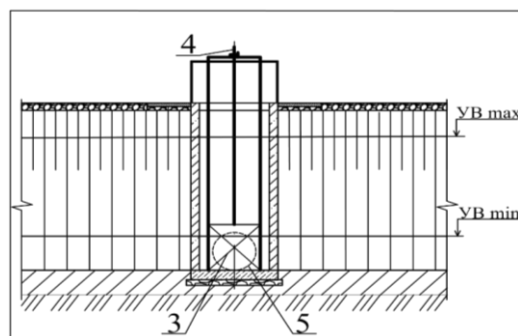
Разрез А – А



План



Разрез Б – Б



1 – рыбозаградительная решетка; 2 – шандоры; 3 – плоский затвор;  
 4 – подъемник; 5 – водорыбовывпускная труба

**Рисунок 3 – Водорыбовывпуск из рыбоводного пруда**



*а*



*б*



*в*



*г*

**Рисунок 4 – Характерные виды строящегося рыбоуловителя:  
 а – с верхнего бьефа; б – с нижнего бьефа;  
 в, г – на водорегулирующую камеру (автор фото А. В. Шевченко)**



а



б

**Рисунок 5 – Виды на отдельные элементы узла кормораздачи: а – бункеры; б – бункероудерживающая ферма с грунтоподпорными стенками (автор фото А. В. Шевченко)**

Проектом предусмотрено устройство и использование широкого спектра гидромеханического и технологического оборудования: шандорных и плоских затворов для регулирования сброса расходов, уровней воды и выпуска рыбы; рыбозаградительных решеток, сетное полотно которых рекомендуется промывать мобильным водовоздушным устройством [9, 10]; системы автономного водообеспечения рыбоуловителя и других средств, обеспечивающих функционирование комплекса.

#### **Выводы**

1 Разработанное компоновочно-конструктивное решение рыбоводного комплекса прудового типа позволяет осуществлять одновременный облов рыб, выращенных в спаренных соседствующих или близко расположенных рыбоводных водоемах (прудах или бассейнах), посредством одного рыбоулавливающего сооружения.

2 При реконструкции существующих и создании новых рыбоводных объектов и сооружений рекомендуется учитывать особенности проектного решения рыбоуловителя при малом высотном перепаде отметок воды между водоприемником и прудами.

#### **Список источников**

1. Щедрин В. Н., Шкура В. Н., Баев О. А. Рыбоводный комплекс на базе оросительного канала и малой реки // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 4. С. 38–43.
2. Шкура В. Н. Природообустройство: терминологический словарь. / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск, 2009. 768 с.
3. Шкура В. Н. Рыбопропускные шлюзы и рыбоподъемники. М.: Энергоатомиздат, 1990. 136 с. (Библиотека гидротехника и гидроэнергетика; вып. 98).
4. Шкура В. Н. Рыбопропускные сооружения низконапорных гидроузлов. Новочеркасск: НИМИ, 1979. 99 с.
5. Мелиорации прудов: монография / В. А. Белов [и др.]; под ред. В. Н. Шкуры; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск: Лик, 2013. 371 с.

6. Шкура Вл. Н., Шевченко А. В. Обоснование и основные положения создания и использования приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2019. № 3(03). С. 27–45. URL: <http://rosniipm-sm1.ru/article?n=36> (дата обращения: 11.12.2020). DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-27-45.

7. Шкура Вл. Н., Шевченко А. В., Шинкаренко Т. В. Обоснование целесообразности устройства и технология функционирования приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 4(76). С. 82–87.

8. Рыбоход: а. с. 1544879 СССР: МПК Е 02 В 8/08 / Г. М. Сукало, В. Н. Шкура, А. Г. Гуюмджибашян, В. С. Аникин. № 4447105; заявл. 23.05.88; опубл. 23.02.90, Бюл. № 7. 3 с.: ил.

9. Устройство для промывки сетчатого полотна рыбозащитного сооружения: а. с. 1629384 СССР: МПК Е 02 В 8/08 / Г. М. Герман, А. А. Чистяков, В. Н. Шкура, М. П. Реусов, В. М. Волошков. № 4654844; заявл. 10.01.89; опубл. 23.02.91, Бюл. № 7. 3 с.: ил.

10. Устройство для промывки сетчатого полотна рыбозащитного сооружения: а. с. 1493730 СССР: МПК Е 02 В 8/08, Е 02 В 9/04 / Г. М. Герман, В. Н. Шкура, П. А. Михеев, А. А. Чистяков, Л. В. Ефремкина. № 4300009; заявл. 24.08.87; опубл. 15.07.89, Бюл. № 26. 5 с.: ил.

УДК 626.88

#### **А. В. Шевченко**

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

#### **В. В. Ванжа**

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация

### **КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ ЖИВОРЫБНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ЛОВА, ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И ВЫПУСКА РЫБ В РЫБОВОДНЫХ КОМПЛЕКСАХ**

**Аннотация.** Цель исследования – разработка конструктивных схем живорыбных контейнеров для использования в условиях рыбоводных и рыбоводно-мелиоративных комплексов при облове, перемещении и выпуске культивируемых в них рыб. При разработке конструкций контейнеров использовались технологии поискового конструирования и положения теории проектирования новой техники. В результате исследования предложены и разработаны две конструктивные схемы живорыбных контейнеров с созданием адаптационных условий выхода рыб в зарыбляемый водный объект и с принудительным выпуском рыб при опорожнении контейнера. В адаптационной конструкции выпуск (выход) рыб в зарыбляемую акваторию осуществляется через открытую поверхность контейнера, находящегося под уровнем воды в водном объекте. Выход рыб стимулируется подъемом перфорированной площадки от донной к верхней части контейнера, осуществляемым посредством воздушнонаполняемой эластичной оболочки. В конструкции контейнера с принудительным выпуском рыбы предусмотрено устройство донного люка, обеспечивающего слив воды и выпуск рыбы вместе со сливающимся водным потоком в зарыбляемый водный объект. Обе предложенные конструкции живорыбных контейнеров работоспособны и при соответствующем конструктивном исполнении позволяют обеспечить приемлемые условия при облове, перемещении и выпуске рыбопосадочного материала в целевые рыбоводные объекты.

**Ключевые слова:** рыбоводство, рыбоводный комплекс, рыбоуловитель, рыбоподъемник, рыболовный контейнер, облов рыб, транспортирование рыб, выпуск рыб

\*\*\*\*\*

**A. V. Shevchenko**

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

**V. V. Vanzha**

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

### **STRUCTURAL SCHEMES OF LIVE FISH CONTAINERS FOR FISHING, TRANSPORTATION AND RELEASE IN FISH FARM COMPLEXES**

**Abstract.** The purpose of the study is to develop structural schemes for live fish containers for using in fish breeding and fish breeding reclamation complexes for seining, transportation and releasing fish raised in them. In the development of container schemes, search design technologies and the provisions of the new technology design theory were used. As a result of the study, two constructive schemes of live fish containers with the development of adaptive conditions for fish release into the stocked water body and with the forced fish release when emptying the container were proposed and developed. In the adaptive scheme, the fish release into the stocked water area is carried out through the container open surface located under the water level in the water body. The fish release is stimulated by the rise of the perforated platform from the bottom to the upper part of the container, performed by means the air-filled elastic shell. In the design of the container with a forced fish release, a bottom hatch device is provided, which ensures the water discharge and the fish release together with the merging water flow into the water body to be stocked. Both the proposed schemes of live fish containers are efficient and, with the appropriate design, make it possible to provide acceptable conditions for seining, transportation and releasing fish stock into target fish breeding facilities.

**Keywords:** fish farming, fish breeding complex, fish harvesting box, fish ladder, fish container, seining, fish transportation, fish release

**Введение.** Функционирование техногенных рыбохозяйственных объектов и рыбоводных комплексов предусматривает обеспечение условий для накопления и самостоятельного или принудительного перемещения рыб. Для обеспечения этих условий в их составе предусматривается устройство и использование камер, бассейнов и контейнеров [1–5] различного функционального назначения и конструктивного исполнения. Известно применение сетчатых (перфорированных) контейнеров для сбора, лова и перемещения рыб на объектах прудового рыбоводства [6, 7]. Крупным недостатком их является перемещение массового количества рыб в обезвоженном пространстве, что приводит к травмированию гидробионтов и низкому продукционному эффекту от ведения рыбоводства. Известны конструкции живорыбных контейнеров, пример конструктивного решения такого контейнера приведен на рисунке 1.

Настоятельная необходимость использования живорыбных контейнеров в составе рыбоводных объектов для лова, перемещения и выпуска рыб в рыбоводных и рыбоводно-мелиоративных комплексах выявлена и научно обоснована в серии публикаций специалистов ФГБНУ «РосНИИПМ». Приведенные в работах А. В. Шевченко, А. А. Куприянова, С. М. Васильева [8, 9] конструкции контейнеров для рыбоулавливающих сооружений (рыбоуловителей) в принципе работоспособны, но при этом не лишены некоторых недостатков, что предопределяет необходимость разработки их более эффективных конструктивных решений.

**Материалы и методы.** Эмпирическую основу настоящего исследования соста-

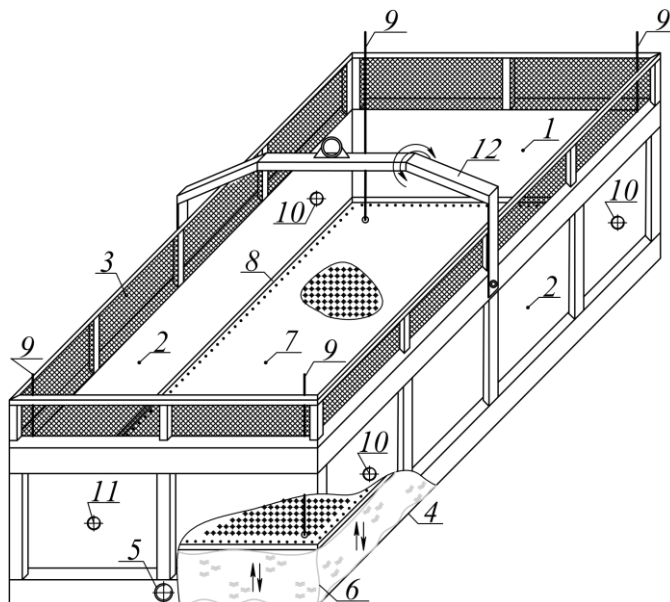
вили данные натурных обследований действующих рыбоводных комплексов бассейнового, прудового и смешанного типов в Ростовской области и рыбоподъемника, расположенного на сбросном сооружении Краснодарского водохранилища. При синтезе новых конструктивных решений живорыбных контейнеров применялись известные и общепризнанные методы научного поиска, сравнения и поискового конструирования.



**Рисунок 1 – Живорыбный контейнер для сбора, перемещения и выпуска рыб, используемый на Краснодарском рыбоподъемнике (автор фото В. В. Ванжа)**

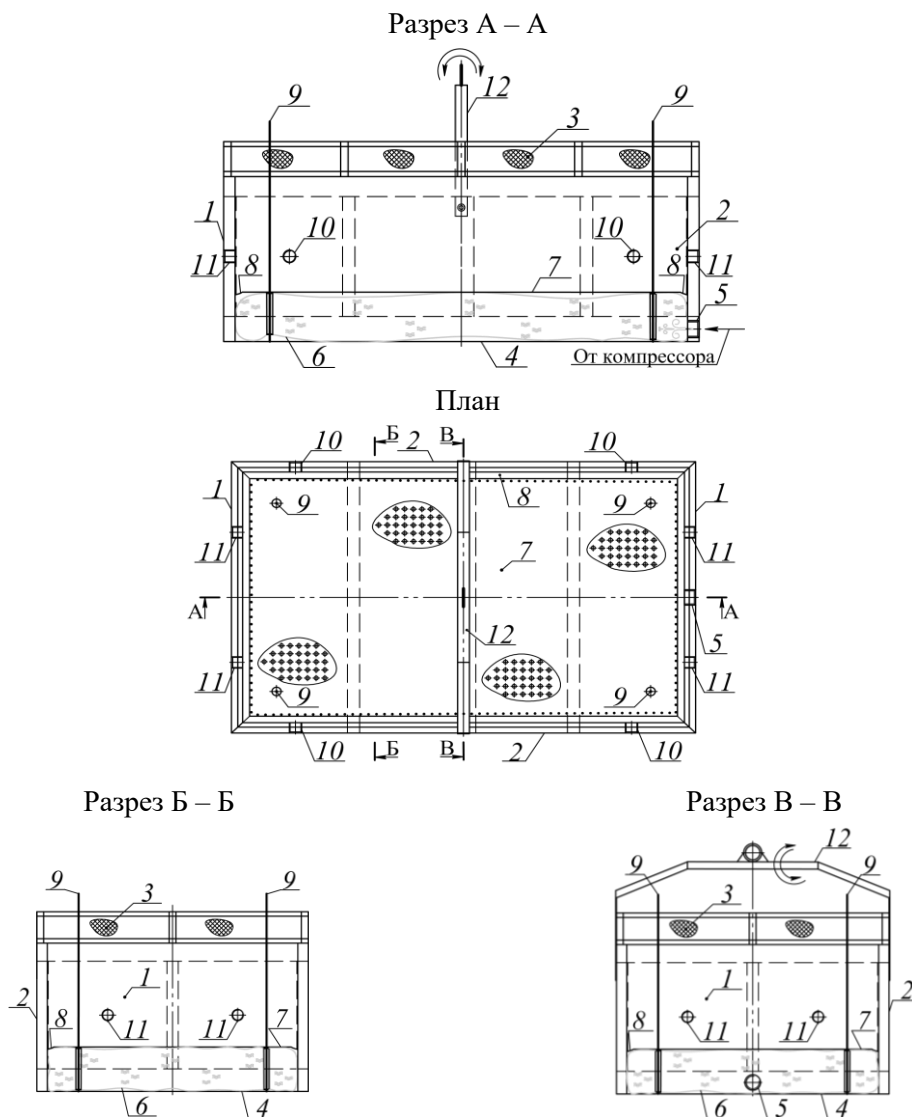
**Результаты и обсуждения.** В результате анализа условий применения, достоинств и недостатков известных конструктивных решений предложены две конструкции живорыбных контейнеров с различными вариантами водорыбовывпускных систем.

Конструктивная схема живорыбного контейнера с пневматической оболочкой для подъема ихтиологической площадки и выпуска рыб приведена на рисунках 2 и 3.



- 1, 2 – поперечные и продольные бортовые стенки; 3 – перфорированное ограждение;  
 4 – днище контейнера; 5 – воздуховод; 6 – воздушнонаполняемая оболочка;  
 7 – ихтиологическая площадка; 8 – эластичный уплотнитель; 9 – направляющие стойки;  
 10 – аэрационный патрубок; 11 – водовыпускной патрубок; 12 – такелажная рама

**Рисунок 2 – Общий вид контейнера с адаптационным выпуском рыб в водоем**



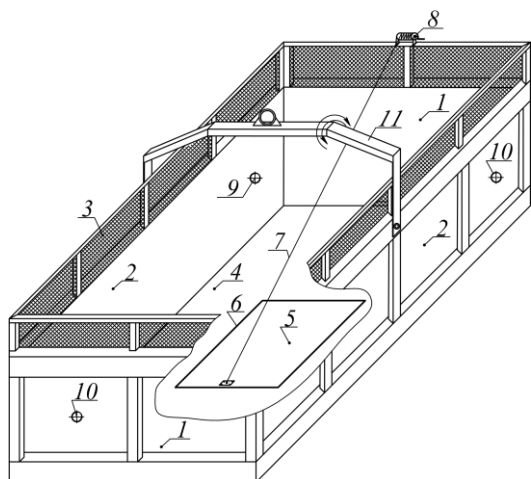
- 1, 2 – поперечные и продольные бортовые стенки; 3 – перфорированное ограждение;  
 4 – днище контейнера; 5 – воздуховод; 6 – воздухонаполняемая оболочка;  
 7 – ихтиологическая площадка; 8 – эластичный уплотнитель; 9 – направляющие стойки;  
 10 – аэрационный патрубок; 11 – водовыпускной патрубок; 12 – такелажная рама

### Рисунок 3 – Конструктивная схема адаптационного живорыбного контейнера

Конструкция контейнера предусматривает его функционирование при облове рыб, их перемещение в транспортное средство, транспортирование и выпуск в водный объект. Реализация первых трех операций предусматривает нахождение рыб во внутреннем заполненном водой пространстве контейнера при расположении ихтиологической площадки в крайнем нижнем положении. При осуществлении операций по выпуску рыбы контейнер погружается под уровень воды, в оболочку компрессором подается воздух, с увеличением ее объема осуществляется плавный подъем ихтиологической площадки до верха перфорированного ограждения. При подъеме ихтиологической площадки находящиеся в контейнере рыбы побуждаются к самостоятельному выходу из контейнера. По мере выхода гидробионтов контейнер изымается из воды, воздух из оболочки выпускается, она и ихтиологическая площадка опускаются в исходное положение, а контейнер транспортируется к объекту его последующего использования.

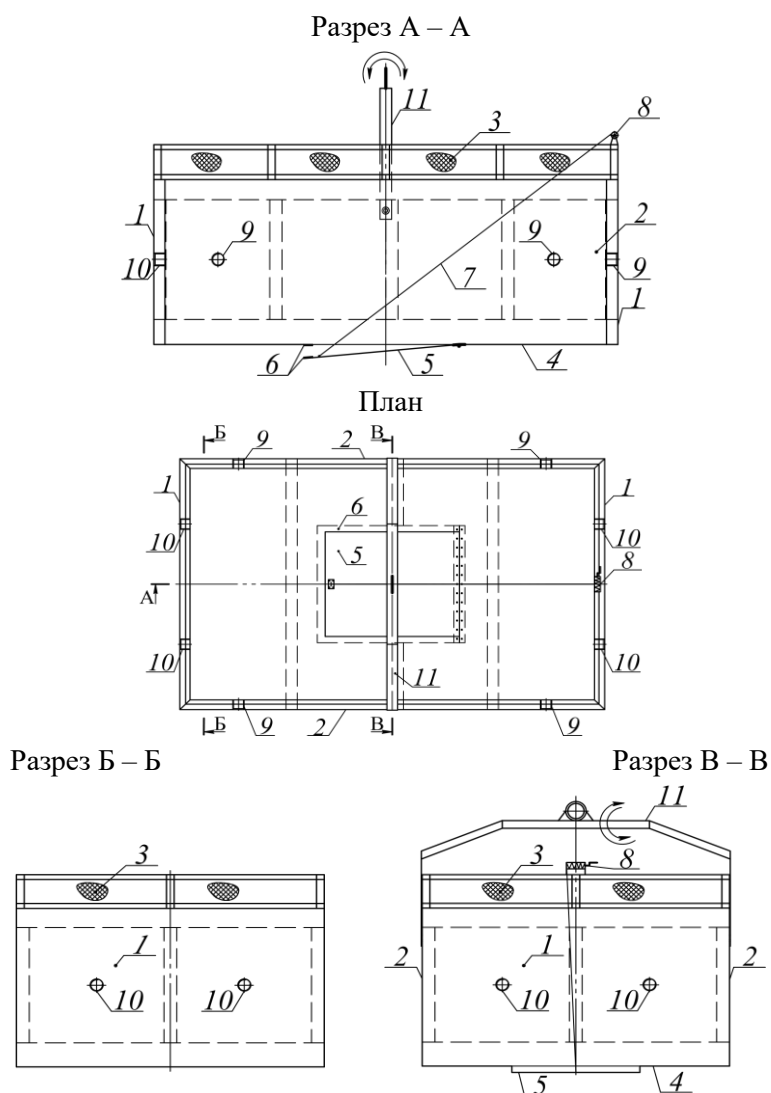
Перспективно конструктивное решение живорыбного контейнера с принудительным выпуском из него рыбы через люк (рисунки 4 и 5).





- 1, 2 – поперечные и продольные стенки;  
 3 – перфорированное ограждение; 4 – днище контейнера; 5 – люк; 6 – резиновая прокладка;  
 7 – тросовая тяга; 8 – лебедка; 9 – патрубок системы аэрации;  
 10 – патрубок подачи воды;  
 11 – такелажная рама

**Рисунок 4 – Общий вид контейнера с принудительным выпуском рыб**



- 1, 2 – поперечные и продольные стенки; 3 – перфорированное ограждение; 4 – днище контейнера; 5 – люк; 6 – резиновая прокладка; 7 – тросовая тяга; 8 – лебедка;  
 9 – патрубок системы аэрации; 10 – патрубок подачи воды; 11 – такелажная рама

**Рисунок 5 – Конструктивная схема живорыбного контейнера с принудительным выпуском рыбы**

Основными преимуществами настоящего варианта конструктивного исполнения контейнера, по сравнению с вариантом, базирующимся на пневматической системе выпуска рыб, будут являться меньшие материальные и трудовые затраты при проведении мероприятий по его созданию, эксплуатации и обслуживанию. Однако применение данной конструкции при облове, транспортировании и выпуске в водоем рыбопосадочного материала в сеголеточной стадии развития не совсем целесообразно по ряду причин. Для облова, транспортирования и выпуска сеголеток в зарыбляемый водоем нами настоятельно рекомендуется применение конструкции кубеля по рисункам 2 и 3, которая способна обеспечить бесстрессовый режим их выпуска в целевой водоем. По этой причине применение живорыбного контейнера с люковой системой водорыбовыпуска более актуально при облове годовиков, двухгодовиков и т. д., т. е. особой гидробионтов, физически более устойчивых к стрессовым ситуациям.

В режиме лова и перемещения рыб контейнер с люковой технологией выпуска гидробионтов функционирует при закрытом водовыпускном люке. Выпуск рыб в зарыбляемый водоем осуществляется открытием люка, в результате чего обеспечивается слив воды до полного опорожнения контейнера и скат рыб с водным потоком.

**Вывод.** Предложены две конструктивные схемы живорыбных контейнеров, позволяющие при соответствующем их конструктивном исполнении обеспечить приемлемые условия для лова, перемещения и выпуска гидробионтов, культивируемых в рыбо-водных и рыбоводно-мелиоративных комплексах.

#### Список источников

1. Шкура В. Н. Рыбопропускные сооружения низконапорных гидроузлов. Новочеркасск: НИМИ, 1979. 99 с.
2. А. с. 1666633 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоходно-нерестовый канал / В. Н. Шкура, А. М. Анохин, А. А. Чистяков, В. А. Черкасов, А. В. Новойдарский. № 4719076; заявл. 17.07.89; опубл. 30.07.91, Бюл. № 28. 3 с.: ил.
3. А. с. 1544879 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоход / Г. М. Сукало, В. Н. Шкура, А. Г. Гуюмджибашян, В. С. Аникин. № 4447105; заявл. 23.05.88; опубл. 23.02.90, Бюл. № 7. 3 с.: ил.
4. А. с. 1599468 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбопропускное сооружение / В. Н. Шкура, А. А. Чистяков, В. А. Черкасов, В. А. Фоменко, А. М. Анохин. № 4393333; заявл. 16.03.88; опубл. 15.10.90, Бюл. № 38. 7 с.: ил.
5. А. с. 1562397 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоходно-нерестовый канал / В. Н. Шкура, Г. М. Сукало, А. М. Анохин, А. А. Чистяков, А. Г. Гуюмджибашян, В. С. Аникин. № 4300015; заявл. 24.08.87; опубл. 07.05.90, Бюл. № 17. 3 с.: ил.
6. Щедрин В. Н., Шкура В. Н., Баев О. А. Рыбоводный комплекс на базе оросительного канала и малой реки // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 4. С. 38–43.
7. Шкура Вл. Н., Шевченко А. В. Обоснование и основные положения создания и использования приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2019. № 3(03). С. 27–45. URL: <http://rosniipm-sm1.ru/article?n=36> (дата обращения: 11.12.2020). <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2019-3-27-45>.
8. Шевченко А. В., Куприянов А. А. Живорыбный контейнер для рыбоуловителей рыбоводных прудов и бассейнов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 3(79). С. 126–131.
9. Васильев С. М., Шевченко А. В. Рыбоуловитель с контейнерной технологией облова рыбы // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2020. № 3(06). С. 43–60. URL: <http://rosniipm-sm1.ru/article?n=77> (дата обращения: 11.12.2020). DOI: 10.31774/2658-7890-2020-3-43-60.

УДК 631.674.6

**А. А. Куприянов**Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация**Я. Е. Удовидченко**Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар,  
Российская Федерация**МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПЛАНОВЫХ РАЗМЕРОВ КОНТУРОВ  
ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ПОЛИВЕ**

*Аннотация.* Цель исследования – разработка методики определения диаметров локальных контуров капельного увлажнения почвы. Размеры контуров влажности почвы, формирующихся в подкапельном почвенном пространстве, являются определяющим параметром оценки качества капельного полива, в связи с чем исследования, посвященные разработке методик их прогнозирования, являются актуальными. Экспериментальную базу разработки составили авторские материалы полевых и лабораторных исследований контуров влажности, образующихся в черноземных почвах, при капельном поливе. При сборе опытного материала использовались апробированные методики исследований контуров влажности, а при их камеральной обработке технологии анализа и синтеза данных измерений. В качестве факторов влияния рассмотрены гранулометрические и влажностные характеристики исследованных (типичных для природно-климатических условий Ростовской области) черноземных почв. Результаты исследования заключаются в полученных опытных данных по глубине и диаметру контуров капельного увлажнения, формирующихся в суглинистых и глинистых черноземах, и полученных экспериментальных зависимостях для их прогнозирования. Предложенная методика позволяет прогнозировать плановые размеры локальных контуров влажности, формирующихся в южных среднемощных суглинистых черноземах при капельном поливе, с достаточной для практического использования точностью.

*Ключевые слова:* контуры влажности, капельный полив, черноземные почвы, размеры контуров влажности, диаметры контуров влажности, глубина увлажнения

\*\*\*\*\*

**A. A. Kupriyanov**Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochechassk,  
Russian Federation**Y. E. Udovidchenko**

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

**PREDICTION TECHNIQUE OF THE SOIL MOISTURE  
CONTOURS PLANNED SIZES FORMED DURING DRIP IRRIGATION**

*Abstract.* The aim of the study is to develop a method for determining the diameters of soil drip moisture local contours. The dimensions of the soil moisture contours formed in the sub-drip soil space are the defining parameter for assessing the quality of drip irrigation, and therefore, studies devoted to the development of methods for their prediction are relevant. The experimental base of the development was the author's materials of field and laboratory studies of the moisture contours formed in chernozem soils during drip irrigation. When collecting the experimental material, the proven techniques for studying moisture contours, and during their office processing, the technologies for analyzing and synthesizing measurement data were used. The granulometric and moisture characteristics of the studied (typical for the natural and climatic conditions of Rostov region) chernozem soils are considered as factors of

influence. The results of the study are in the obtained experimental data on the depth and diameter of the drip moisture contours, formed in loamy and clayey chernozems, and the obtained experimental dependences for their prediction. The proposed method makes it possible to predict the planned dimensions of the local moisture contours, formed in the southern medium-thick loamy chernozems during drip irrigation, with sufficient accuracy for practical use.

**Keywords:** moisture contours, drip irrigation, chernozem soils, dimensions of moisture contours, diameters of moisture contours, moisture depth

**Введение.** Исследования, посвященные определению форм и размеров локальных контуров влажности, формирующихся в подкапельном почвенном пространстве при капельном поливе, имеют достаточно продолжительную историю. Известны теоретические и экспериментальные исследования параметров капельного увлажнения почвы, выполненные отечественными специалистами в области капельного орошения А. А. Алексашенко, А. Д. Ахмедовым, В. С. Бочарниковым, В. В. Бородычевым, Н. И. Вдовиным, Е. В. Мелиховой, А. С. Овчинниковым, М. И. Ромащенко, В. И. Торбовским, М. Ю. Храбровым, А. В. Шуравилиным, О. Е. Ясониди и др. обстоятельный обзор состояния методического обеспечения прогнозирования размеров контуров (разработок и рекомендаций) приведен в публикациях В. Н. Шкуры, Д. Л. Обумахова, А. Н. Рыжакова, А. С. Штанько [1–3]. Научно-аналитический обзор известных методик расчета геометрических параметров контуров (глубины и диаметров) позволил отметить нижеследующее.

1 Известные теоретические и полуэмпирические решения пространственного распространения влаги в почвенном пространстве («влагопереноса») [4, 5] отличаются сложностью для пользователя математического выражения (описания) процесса, не имеют должного программного обеспечения, предусматривают использование трудно определяемых почвенных характеристик или условно принимаемых форм контуров и допущений. Указанное обстоятельство, вкуче с реально имеющей место анизотропностью почвенных характеристик в пределах относительно малого (до 1,0 м) почвенного слоя, позволяет оценить имеющиеся теоретические решения как предложения, носящие сугубо научный интерес и не имеющие до настоящего времени широкого применения в практике проектирования систем капельного орошения.

2 Известные предложения по методикам расчета параметров локальных контуров влажности, базирующиеся на экспериментальных зависимостях [6–10], используются в практических расчетах. Их применение позволяет получить необходимые результаты прогнозирования размеров контуров капельного увлажнения почвы, ограничивается условиями получения экспериментальных данных, что предопределяет необходимость проведения дальнейших исследований в этой области.

**Материалы и методы.** Отсутствие общепринятых методик расчета геометрических параметров контуров объясняется многофакторностью процесса их формирования и разнообразием почвенных, рельефных, климатических и других условий. Указанное обстоятельство предопределяет необходимость расширения базы экспериментальных данных и установления на их основе соответствующих зависимостей, адекватно описывающих процесс и параметры контуров влажности. К исследованиям контуров капельного увлажнения выбраны участки с равнинным (безуклонным) рельефом земной поверхности, почвенный покров которых представлен южными среднemosными суглинистыми черноземами. В качестве определяющих процесс формирования контуров почвенных характеристик рассмотрены: содержание в почве глинистых частиц (физической глины), измеряемое в процентах от массы сухой почвы ( $W_r$ , % МСП), и величина наименьшей влагоемкости почвы ( $W_{HB}$ , % МСП), с фиксацией таких характеристик, как содержание гумуса в почвенном профиле ( $g_{гум}$ , %) и мощность гумусированного слоя ( $h_{гум}$ , м), плотность сложения (объемная масса) почвы ( $\gamma_{об}$ , т/м<sup>3</sup>). Определение указанных поч-

венных характеристик осуществлялось послойно с забором проб через каждые 10 см почвенного профиля мощностью 1,0 м и последующей их обработкой.

Геометрические параметры контуров влажности определялись отбором проб через сутки после окончания капельного полива посредством бура или раскопки шурфов глубиной 1,0 м с последующей их обработкой по методикам, приведенным в работе В. Н. Шкуры, Д. Л. Обумахова, А. Н. Рыжакова [1]. По результатам визуального осмотра, измерений и определений влажностных характеристик почвы вычерчивались геометрические образцы профилей контуров влажности, по которым устанавливались значения их глубины ( $h_{\text{кон}}$ , м) и диаметров ( $d_{\text{кон}}$ , м).

**Результаты и обсуждение.** Результаты исследований почвенных образцов и определений параметров контуров капельного увлажнения приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Данные о характеристиках почв и размерах контуров влажности**

Наименование измеренного параметра	Значение показателя по различным видам черноземных почв и капельных контуров влажности								
	легкосуглинистые			среднесуглинистые			тяжелосуглинистые		
Содержание физической глины ( $W_{\text{Г}}$ , % МСП)	20,4	24,5	22,8	32,2	37,5	40,1	44,9	51,7	59,8
Наименьшая влагоемкость ( $W_{\text{НВ}}$ , % МСП)	17,3	18,6	20,1	21,6	23,0	23,4	24,9	26,6	28,9
Соотношение почвенных параметров ( $W_{\text{Г}} / W_{\text{НВ}}$ )	1,18	1,32	1,43	1,49	1,63	1,71	1,80	1,94	2,07
Соотношение размеров контуров ( $d_{\text{кон}} / h_{\text{кон}}$ )	0,70	0,76	0,83	0,84	0,90	0,95	0,97	1,00	1,08

Приведенные в таблице 1 значения почвенных характеристик и параметров контуров соответствуют величинам, определенным по трем их измерениям в полевых условиях, отдельные измеренные значения которых отличаются от средних на 8–14 %.

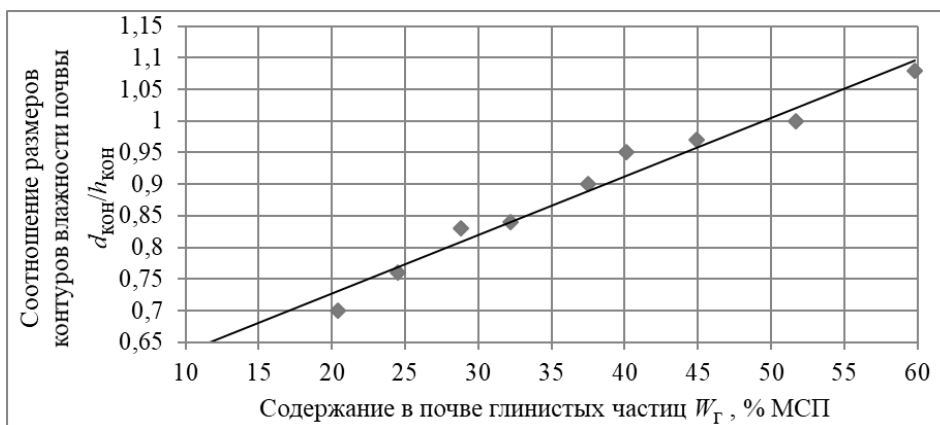
Отметим, что в реальной практике имеет место широкий диапазон изменения сочетания значений почвенных характеристик  $W_{\text{Г}}$  и  $W_{\text{НВ}}$ , значительно отличающихся от исследованных их сочетаний. Так, в зависимости от плотности сложения почв, структуры и химического состава почвенных разностей, содержания гумуса и других факторов влияния при одних значениях  $W_{\text{Г}}$  значения  $W_{\text{НВ}}$  могут значительно изменяться. Возможны сочетания этих почвенных характеристик, при которых одинаковым значениям  $W_{\text{НВ}}$  могут соответствовать разные содержания в почве физической глины.

Аналитическая обработка опытного материала позволила установить наличие и характер функциональных связей между рассмотренными почвенными характеристиками ( $W_{\text{Г}}$  и  $W_{\text{НВ}}$ ) и соотношением параметров контуров влажности ( $d_{\text{кон}}/h_{\text{кон}}$ ). В рассматриваемом случае имеет место увеличение значений  $d_{\text{кон}}/h_{\text{кон}}$  с ростом значений  $W_{\text{Г}}$  и  $W_{\text{НВ}}$ . Функциональные связи между этими параметрами имеют вид:

$$d_{\text{кон}}/h_{\text{кон}} = 0,54 + 0,009 \cdot W_{\text{Г}}, \quad (1)$$

$$d_{\text{кон}}/h_{\text{кон}} = 0,14 + 0,0338 \cdot W_{\text{НВ}}. \quad (2)$$

Характер связей по зависимостям проиллюстрирован рисунками 1 и 2.



**Рисунок 1 – Опытные данные и вид функции  $d_{кон} / h_{кон} = f \cdot (W_G)$  по зависимости (1)**



**Рисунок 2 – Опытные данные и вид функциональной связи  $d_{кон} / h_{кон} = f \cdot (W_{НВ})$**

Указанные выше обстоятельства предопределяют целесообразность использования при расчетах двухпараметрической модели, имеющей вид:

$$d_{кон}/h_{кон} = 0,5 \cdot [(0,54 + 0,009 \cdot W_G) + (0,14 + 0,0388 \cdot W_{НВ})]. \quad (3)$$

Использование данной экспериментальной зависимости позволяет повысить надежность прогнозирования значений  $d_{кон}/h_{кон}$ . Соответствие между опытными  $(d_{кон}/h_{кон})_{оп}$  и расчетными значениями  $(d_{кон}/h_{кон})_{рас}$  по зависимости (3) повышается.

Судя по данным, приведенным в таблице 1, кроме описанных зависимостей между почвенными параметрами  $W_G$  и  $W_{НВ}$  и соотношением  $d_{кон}/h_{кон}$  прогнозируется наличие функциональной связи  $d_{кон}/h_{кон} = f \cdot (W_G / W_{НВ})$ , описываемой зависимостью:

$$d_{кон}/h_{кон} = 0,55 \cdot (W_G / W_{НВ}). \quad (4)$$

О плотности корреляционной связи между параметрами  $d_{кон}/h_{кон}$  и  $W_G/W_{НВ}$  и характере связи между ними можно судить по данным рисунка 3.

Зависимость (4), как и зависимости (1)–(3), адекватно описывает опытные значения соотношения основных параметров контуров влажности  $d_{кон}$  и  $h_{кон}$  для соответствующих значений почвенных характеристик, что не исключает использования обобщающей их экспериментальной зависимости, имеющей вид:

$$d_{кон}/h_{кон} = 0,33 \cdot [(0,55 \cdot W_G / W_{НВ}) + (0,54 + 0,009 \cdot W_G) + (0,14 + 0,0388 \cdot W_{НВ})]. \quad (5)$$

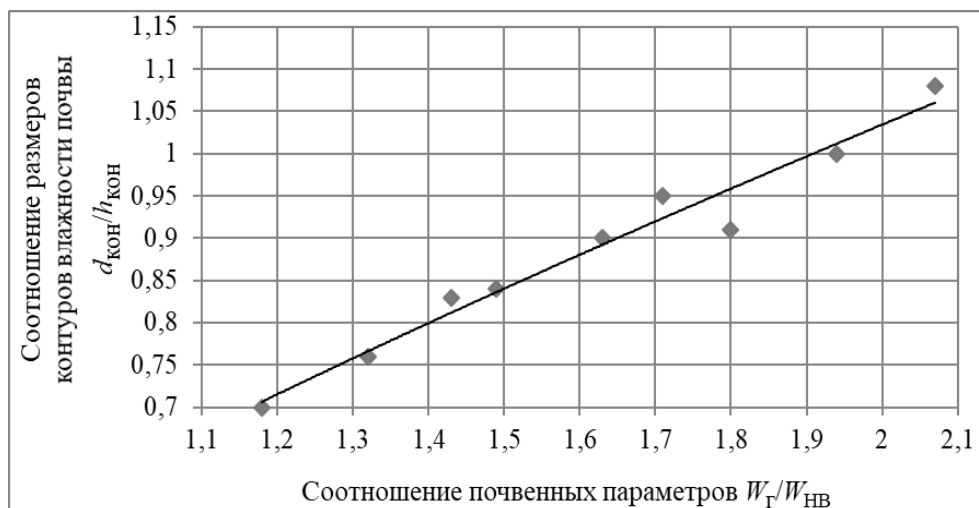


Рисунок 3 – График функций связи  $d_{кон} / h_{кон} = f \cdot (W_G / W_{HB})$

Использование зависимости (5) позволяет повысить надежность прогнозирования значений  $d_{кон} / h_{кон}$  при иных, отличных от опытных соотношениях значений рассмотренных почвенных характеристик  $W_G$  и  $W_{HB}$ . Полученные зависимости составляют экспериментальную базу для прогнозирования диаметров локальных контуров влажности, формирующихся в подкапельном почвенном пространстве при капельном поливе. Методика прогнозирования значений  $d_{кон}$  предусматривает последовательное выполнение нижеследующих операций:

- установление значений почвенных характеристик  $W_G$  и  $W_{HB}$  (% МСП);
- определение (назначение) значения глубины увлажнения почвы  $h_{увл} = h_{кон}$ ;
- расчет по зависимостям (1)–(5) значений диаметров контуров влажности  $d_{кон}$ .

### Выводы

1 Получены значения соотношений диаметров контуров влажности и их глубин  $d_{кон} / h_{кон}$ , которые формируются при капельном поливе легко-, средне- и тяжелосуглинистых почв, характеризуемых диапазонами изменения значений содержания физической глины  $W_G$  в пределах 20,4–59,8 % МСП и соответствующих им значений наименьшей влагоемкости  $W_{HB}$  от 17,3 до 28,9 % МСП.

2 Установлены экспериментальные двухпараметрические математические модели, позволяющие прогнозировать значения соотношений  $d_{кон} / h_{кон}$  в зависимости от значений  $W_G$  и  $W_{HB}$  в исследованном диапазоне их изменений.

### Список источников

1. Шкура В. Н., Обумахов Д. Л., Рыжаков А. Н. Капельное орошение яблони / под ред. В. Н. Шкуры. Новочеркасск: Лик, 2014. 310 с.
2. Обумахов Д. Л., Шкура В. Н. Расчетный метод определения параметров контура увлажнения при подземно-капельном орошении // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2014. № 4(16). С. 25–36. URL: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=292&id=294> (дата обращения: 24.02.2021).
3. Штанько А. С., Шкура В. Н. Расчет среднего диаметра и объема контура капельного увлажнения почв // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 3(31). С. 39–57. URL: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=556&id=559> (дата обращения: 24.02.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2018-3-39-57.

4. Алексашенко А. А., Вдовин Н. И. Теоретические вопросы капельного орошения // Вестник сельскохозяйственной науки. 1977. № 8. С. 10–14.

5. Мелихова Е. В. Совершенствование комбинированного орошения в Нижнем Поволжье на основе математического моделирования влагопереноса и информационных технологий: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02. Волгоград, 2018. 36 с.

6. Ахмедов А. Д., Галиуллина Е. Ю. Контуры увлажнения почвы при капельном орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 3. С. 183–188.

7. Храбров М. Ю. Ресурсосберегающие технологии и технические средства орошения: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02. М., 2008. 47 с.

8. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Мещеряков М. П. Методика расчета и обоснование параметров контура увлажнения в условиях открытого и закрытого грунта // Природообустройство. 2012. № 4. С. 10–14.

9. Шкура В. Н., Штанько А. С. Об учете почвенных водно-физических характеристик при определении параметров контуров капельного увлажнения почвы // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2017. № 4(28). С. 137–153. URL: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=506&id=517> (дата обращения: 24.02.2021).

10. Штанько А. С., Шкура В. Н. Геометрические параметры локальных контуров капельного увлажнения почвы // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 2(66). С. 214–218.

УДК 631.674.6:634

**Я. Е. Удовидченко**

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация

**А. А. Куприянов**

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

### **ЗОНЫ УВЛАЖНЕНИЯ САДОВЫХ РАСТЕНИЙ, ФОРМИРУЮЩИЕСЯ ПРИ ПОЛИВЕ ИЗ ВДОЛЬРЯДОВО РАСПОЛОЖЕННЫХ КАПЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ**

**Аннотация.** Цель исследования – определение параметров зон искусственного увлажнения почвы в садовых насаждениях при поливе рядово произрастающих древесных растений из капельниц, устроенных во вдольрядово расположенных капельных поливных линиях. Факторологическую основу для разработки методики определения расположения, формы и размеров зон и контуров капельного увлажнения почвогрунтовой толщи составили данные полевых исследований и авторские экспериментальные зависимости для определения диаметров локальных контуров влажности. Предложенная методика апробирована для условий капельного полива древесных плодовых растений, культивируемых на южных среднemocных тяжелосуглинистых черноземах Ростовской области в рядовых садовых насаждениях при расстоянии между деревьями в ряду, равном 3 м. Рассмотрены формы, размеры и расположение локальных контуров и полос увлажнения почвенного пространства, которые формируются одной, двумя и тремя капельницами, встроенными в капельный поливной трубопровод, проложенный вдоль ряда древесных растений. Методика прогнозирования параметров зон капельного увлажнения почвогрунтовой толщи позволяет осуществить выбор капельной линии и количества капельных микроводовыпусков в пределах ее длины между двумя соседствующими в ряду растениями.



**Ключевые слова:** капельное орошение, контур увлажнения, полоса увлажнения, древесные растения, капельно орошаемый сад, почвенные условия

\*\*\*\*\*

**Y. E. Udovidchenko**

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

**A. A. Kupriyanov**

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

### **HUMIDIFICATION ZONES FOR GARDEN PLANTS FORMED DURING IRRIGATION FROM INTERROW DRIP LINES**

**Abstract.** The aim of the study is to determine the artificial soil moisture zones parameters in garden plantings when irrigating woody plants growing by rows from drippers arranged in drip irrigation lines along rows. The field research data and the authors' experimental dependences for determining the diameters of local moisture contours were the factorological basis for the development of a methodology for determining the location, shape and size of zones and contours of drip moistening of soil strata. The proposed technique was tested for drip irrigation conditions of woody fruit plants cultivated on the southern medium-thick heavy loamy chernozems of Rostov region in ordinary garden plantations with a distance equal to 3 m between trees in a row. The shapes, sizes and location of local contours and humidification zones of soil space, which are formed by one, two and three drippers built into a drip irrigation pipeline laid along a row of woody plants. The method of predicting the parameters of the drip wetting zones of soil-ground strata allows the selection of a drip line and the number of drip micro-outlets within its length between two adjacent plants in a row.

**Keywords:** drip irrigation, moisture contour, humidification zone, woody plants, drip irrigated garden, soil conditions

**Введение.** Одной из актуальных задач проектирования капельно орошаемых садовых насаждений является подбор параметров поливных модулей, обеспечивающих качественный полив древесно-плодовых растений, культивируемых в промышленных садах. В практике устройства плодовых садов, культивируемых по индустриальным технологиям, сформулированы правила организации их территории с устройством садовых кварталов и клеток и рядовым размещением растений по соответствующим схемам их посадки с определенными межрядовыми и внутрирядовыми расстояниями между деревьями [1]. Известны разработки, посвященные планировке капельных орошаемых промышленных садов и устройству капельных систем орошения [2–8]. При проектировании садов, возделываемых при капельном орошении, широко применяется модульный подход к компоновке как насаждений, так и оросительных сетей, обеспечивающих капельный полив растений [9–12]. Первичным звеном типичного(й) садового(й) квартала (клетки) и обеспечивающих капельный полив участкового и оросительного модулей является поливной модуль, обеспечивающий увлажнение почвенного пространства, выделенного в насаждении для произрастания древесных растений одного ряда деревьев.

В практике орошаемого садоводства техногенная компонента поливного модуля представлена поливной линией, трассируемой вдоль ряда растений, с устроенной в ней системой капельных микроводовыпусков. Количество капельниц и шаг их размещения в поливном трубопроводе подбираются из условия обеспечения качественного полива культивируемых растений. В роли критериев качественного полива могут рассматриваться форма, расположение и геометрические размеры зон увлажнения почвы, формируемых в подкапельном почвенном пространстве при капельном поливе. Разработка элементов методики прогнозирования параметров зон (контуров) влажности при различном размещении капельниц на поливном трубопроводе, формирующихся в тяжело-суглинистых черноземных почвах, определена целью исследования.

**Материалы и методы.** Факторологическую основу исследования составили зависимости для установления диаметров контуров влажности в определенных почвенных условиях их формирования в подкапельном почвенном пространстве.

**Результаты и обсуждение.** При подборе типа и размеров поливных трубопроводов для капельного полива древесно-плодовых растений при их рядовой посадке в садах с индустриальной технологией их культивирования необходимо решать задачу прогнозирования состояния обеспеченности определенной площади увлажнения почвенного пространства в зоне питания отдельных деревьев [1, 4, 5]. На параметры зоны увлажнения каждого древесного растения и расположения контуров влажности в насаждении влияет ряд факторов, среди которых: схема посадки многолетних древесных культур, расположение капельных линий и капельниц в зоне питания растений, почвенные условия в зонах каплевания, глубина контуров увлажнения, значения доливной и постполивной влажности почвы и другие условия. Сложность поставленной задачи не позволяет получить многофакторную математическую модель, работающую в широком спектре условий проведения капельного полива древесных растений, культивируемых в промышленных садовых насаждениях. Указанное обстоятельство побуждает на настоящем этапе исследования рассматривать только типичные схемы и условия.

В качестве таких типичных схем и условий рассмотрены нижеследующие.

1 Рассматривается рядовое размещение деревьев в садовом насаждении с определенным (фиксированным) расстоянием между отдельными растениями в ряду.

2 Капельная линия (капельный(ая) поливной(ая) трубопровод (трубка)) трассируется вдоль ряда плодовых растений на расстоянии 0,25 м от штамба дерева.

3 Количество капельниц и их расположение между древесно-плодовыми растениями в ряду при постоянном межкапельном расстоянии может устанавливаться с соблюдением условия формирования локальных контуров влажности почвы или сплошной полосы увлажнения вдольрядового почвенного пространства.

4 Почвенные условия определяются такими показателями: содержание в почве физической глины  $W_{\Gamma}$ ; плотность почвы  $\gamma_{об}$ ; содержание гумуса  $g_{гум}$ ;  $\beta_{д/п}$  и  $\beta_{п/п}$  – доливная и послеполивная влажность почвы в процентах от влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости  $\beta_{п/в}$ ; глубина увлажняемого слоя ( $h_{увл}$ ) до заданного уровня влажности  $\beta_{п/п} = 0,7 \cdot W_{НВ}$  в метрах.

5 Технологические параметры капельного полива, определяемые поливной нормой ( $N_{пол}$ ), расходом капельниц ( $q_{кап}$ ) и продолжительностью каплевания ( $t_{кап}$ ), принимаются по рекомендациям В. Н. Щедрина, А. С. Штанько, В. Н. Шкуры [9].

С учетом вышеуказанных условий капельного полива прогнозирование размеров и расположения зон увлажнения почвы осуществляется по нижеприведенной методике.

1 В соответствии со схемой посадки деревьев принимаются условия размещения растений в ряду – по расстоянию между плодовыми культурами в ряду ( $l_{м/д}$ , м).

2 Задаются количеством и расположением капельниц в пределах расстояния между растениями на капельной линии при вдольрядовом ее расположении.

3 Фиксируются средние показатели (характеристики) почвенного профиля  $\bar{W}_{\Gamma}$ ,  $\bar{W}_{НВ}$ ,  $\bar{\gamma}_{об}$ ,  $\bar{g}_{гум}$  в пределах заданной (необходимой) глубины увлажнения  $h_{увл}$ .

4 Принимается расход капельницы и устанавливается поливная норма, обеспечивающие в определенных почвенных условиях необходимое увлажнение почвы (до заданного уровня  $\beta_{п/п}$ ) на необходимую глубину  $h_{увл}$ .

5 Определяется максимальный по глубине увлажняемого слоя диаметр контура влажности  $D_{кон}$ , формирующегося в подкапельном пространстве, по зависимости, м:

$$D_{\text{кон}} = 0,50 \cdot h_{\text{увл}} \cdot \left\{ (0,51 + 0,009 \cdot \bar{W}_r) + 0,073 + 0,038 \cdot (0,988 + 0,01 \cdot \bar{g}_{\text{гум}}) \times \right. \\ \left. \times \left[ 10,47 \cdot \ln(1,35 \cdot \bar{W}_r \cdot \bar{\gamma}_{\text{об}}^{-0,1}) - 15,6 \cdot (0,0167 \cdot \bar{W}_r)^{0,1} \right] \right\}, \quad (1)$$

где  $h_{\text{увл}} = 1,0$  м – глубина увлажнения почвогрунтового профиля, принятая по глубине проникновения основной массы корней среднерослых (на карликовых подвоях) яблоневых растений, произрастающих в южной плодородной зоне;

$\bar{W}_r$  – среднее содержание в расчетном (метровом) слое почвы физической глины, определяемое в процентах от массы сухой почвы (% МСП);

$\bar{g}_{\text{гум}}$  – среднее по метровому профилю почвы содержание гумуса в %;

$\bar{\gamma}_{\text{об}}$  – значение плотности почвы в пределах метрового слоя в  $\text{т}/\text{м}^3$ .

6 Заданные или принятые параметры садового насаждения (ряда деревьев), капельной линии и расчетные значения параметров (диаметров) контуров влажности наносятся на планшет поливного модуля с соблюдением определенного масштаба.

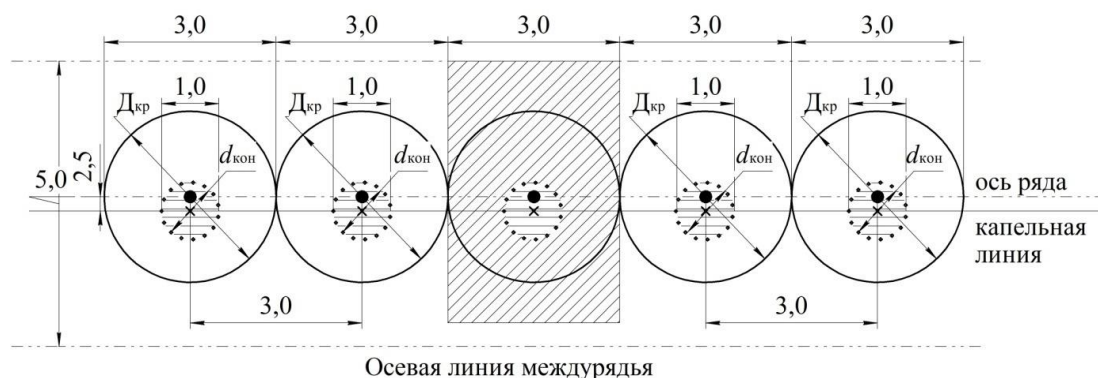
7 По полученному графическому изображению определяется расположение, форма и площадь увлажняемой зоны и принимается решение о варианте устройства капельной линии (о шаге размещения (расположения) капельниц). При этом полученные сведения о параметрах зон (контуров) капельного увлажнения почвенного пространства сопоставляются с известными рекомендациями по соотношению увлажняемой площади и площади питания растений и соответствию расположения контуров влажности и зон расположения основной массы корней растений [4, 5, 10, 12].

Апробация методики реализована для условий садового насаждения с расположением яблоневых растений по схеме  $B_{\text{мр}} \times l_{\text{мр}} = 5 \times 3$  м, где  $B_{\text{мр}}$  – расстояние между рядами растений и  $l_{\text{мр}}$  – расстояние между древесными растениями в саду. Опытные поливы проводились из капельных трубок с различным шагом расположения капельниц и приемлемой для полива суглинистых черноземов [4] производительностью  $(2,0 \pm 0,1)$  л/ч. Почвенный покров на опытном участке представлен южным среднemosным черноземом тяжелосуглинистого гранулометрического состава с характеристиками:  $\bar{W}_r = 50$  % МСП,  $\bar{\gamma}_{\text{об}} = 1,35$   $\text{т}/\text{м}^3$ ,  $\bar{g}_{\text{гум}} = 2,0$  %. Влажность почвы до полива составляла  $(0,62 \pm 0,03) \bar{\beta}_{\text{НВ}}$ , а послеполивная влажность на глубине  $h_{\text{увл}} = 1,0$  м составляла  $0,7 \bar{\beta}_{\text{НВ}}$ . Формирование контура исследовалось подачей поливной воды капельницей с фиксацией его размеров через 48–50 ч после завершения капельного полива. При данных почвенных условиях величина максимального диаметра контура в соответствии с опытным измерением и расчетом по зависимости (1) составила  $D_{\text{кон}} = (1,00 \pm 0,05)$  м.

С учетом полученных опытных и прогнозных значений диаметров локальных контуров влажности капельного увлажнения и в соответствии с вышеприведенной методикой выполнены соответствующие ей расчетно-графические операции по прогнозированию зон увлажнения почвенного пространства при линейном и с определенным межкапельным расстоянием (шагом) расположении капельниц на капельном поливном трубопроводе, проложенном вдоль ряда древесно-плодовых растений. При этом рассмотрены варианты с различным количеством капельниц, приходящихся на одно древесное растение, при определенном и одинаковом по длине трубопровода шаге их расположения на поливной линии (капельной трубке).

На рисунке 1 приведена схема рекомендуемого в пособии к СНиП 2.06.03-85 [10] поливного модуля в виде вдольрядово расположенной линии с одной капельницей на одно древесное растение с шагом их расположения на поливном трубопроводе или

межкапельным расстоянием ( $l_{м/к}$ ), равным расстоянию между отдельными деревьями в ряду:  $l_{м/к} = l_{м/д} = 3,0$  м.



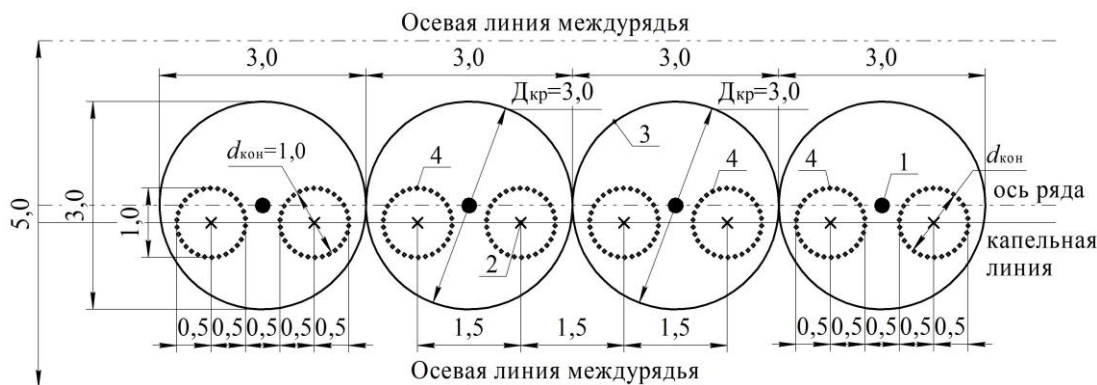
- – штамбы деревьев; х – капельницы; — — проекция кроны; м; ●●● – граница контура влажности; [штрихованная область] – площадь питания; [штрихованная область с диагональными линиями] – зона (площадь) увлажнения

**Рисунок 1 – Схема поливного модуля с одним капельным микроводовыпуском на одно древесное растение**

Капельная линия по рассматриваемому варианту поливного модуля прокладывается вдоль ряда древесных растений по всей его протяженности с размещением капельниц на расстоянии 0,25 м от штамбов деревьев. При принятой схеме размещения растений в насаждении ( $B_{м/р} \times l_{м/р} = 5,0 \times 3,0$  м) (с зоной питания одного дерева, проиллюстрированной на рисунке 1) площадь питания дерева составит:  $\omega_{пит} = 5,0 \times 3,0 = 15,0$  м<sup>2</sup>, а площадь увлажняемой зоны будет равна:  $\omega_{увл} = 0,785 \cdot \bar{D}_{кон}^2 = 0,785 \cdot 1,0^2 = 0,785$  м<sup>2</sup>. Соотношение площадей этих зон составит:  $\omega_{увл}/\omega_{пит} = 0,785/15,0 = 0,052$ , т. е. увлажняемая площадь составляет 5,2 % от площади влагоминерального питания древесных растений, что по величине не соответствует известным рекомендациям [4, 5, 11, 12].

Указанное обстоятельство побудило рассмотреть варианты поливных модулей с двумя и тремя капельницами, приходящимися на одно древесное растение, располагаемыми на капельной линии в пределах междересного расстояния ( $l_{м/д}$ ) с соблюдением одинакового межкапельного расстояния (шага капельниц на поливном водоводе).

Схема капельной вдольрядово протрассированной линии с двумя капельными микроводовыпусками, расположенными в пределах зоны питания растений и междересного расстояния, при рядовой посадке плодовых культур приведена на рисунке 2.

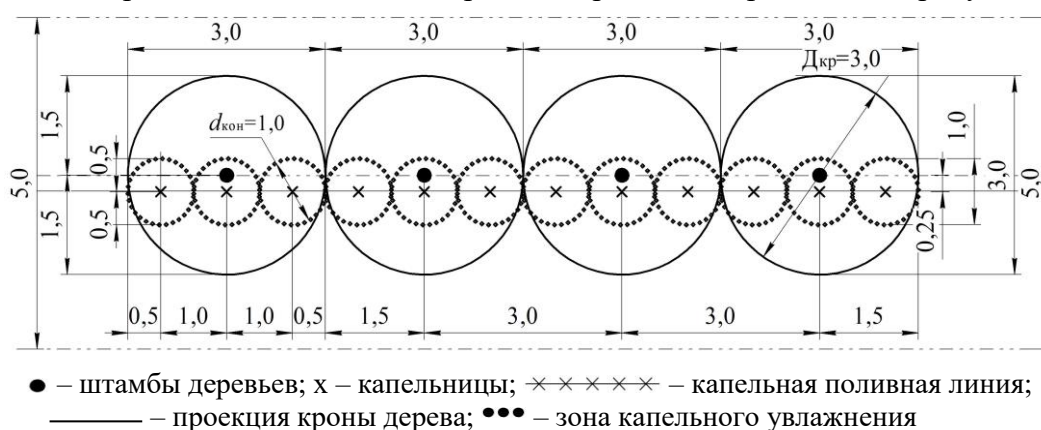


- 1 – штамп дерева; 2 – капельница; 3 – проекция кроны; 4 – проекция контура влажности

**Рисунок 2 – Схема фрагмента поливного модуля для посадки растений по схеме 5 × 3 м с двумя капельницами на дерево**

Прогнозные размеры увлажняемой площади  $\omega_{\text{увл}}$  по рисунку 2 составили:  $\omega_{\text{увл}} = 2 \cdot \omega_{\text{кон}} = 2 \cdot 0,785 \cdot D_{\text{кон}}^2 = 1,570 \cdot 1,0^2 = 1,57 \text{ м}^2$ . В рассматриваемом случае соотношение площади увлажнения  $\omega_{\text{увл}}$  и площади зоны питания древесных плодовых (яблоневых) растений  $\omega_{\text{пит}}$  составляет:  $(\omega_{\text{увл}} / \omega_{\text{пит}}) \cdot 100\% = (1,57 / 15,0) \cdot 100 = 10,5\%$ , что ближе к нижнему пределу допустимого значения этого параметра по рекомендациям О. Е. Ясонида, В. Н. Шкуры, А. С. Штанько и др. [4, 5, 11, 12].

Схема вдольрядового поливного модуля с одной поливной линией и тремя капельницами, приходящимися на одно древесное растение, приведена на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Схема трехкапельного (на растение) поливного модуля**

В рассматриваемом варианте площадь зоны увлажнения вдольрядового почвенного пространства по отношению к площади питания растения составляет 15,7 %.

#### Выводы

1 Предложена методика прогнозирования расположения и параметров контуров (зон) увлажнения, которые формируются при капельном поливе древесно-плодовых растений, рядово произрастающих в садовых насаждениях, с линейным вдольрядовым расположением поливных линий, обустроенных капельными микроводовыпусками.

2 Разработанный и апробированный для реальных условий графоаналитический подход к прогнозированию расположения и параметров локальных контуров и полос увлажнения предлагается использовать при выборе параметров поливных модулей капельных систем орошения древесно-плодовых растений, культивируемых в промышленных капельно орошаемых садах по индустриальным технологиям.

#### Список источников

1. Плодоводство: учеб. пособие / под ред. Н. П. Кривко. СПб.: Лань, 2014. 416 с.
2. Гегечкори Б. С., Орленко С. Ю., Задорожный А. П. Альтернативный способ в технологии закладки орошаемых плодовых насаждений // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 4. С. 14–17.
3. Копылов В. И. Организация территории сада // Система садоводства Республики Крым / Крым. федер. ун-т им. В. И. Вернадского; Акад. биоресурсов и природопользования. Симферополь, 2016. С. 103–106.
4. Ясониди О. Е. Капельное орошение: монография / НГМА. Новочеркасск: Лик, 2011. 322 с.
5. Шкура В. Н., Обумахов Д. Л., Рыжаков А. Н. Капельное орошение яблони / под ред. В. Н. Шкуры. Новочеркасск: Лик, 2014. 310 с.
6. Система капельного орошения: учеб. пособие / М. И. Ромашенко [и др.]; под ред. М. И. Ромашенко. Днепропетровск: Оксамит-текст, 2007. 175 с.
7. Шкура В. Н. Природообустройство: терминологический словарь / Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск, 2009. 768 с.

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

9. Способ определения поливной нормы при капельном поливе растений: пат. 2638312 Рос. Федерация: МПК<sup>6</sup> А 01 G 25/00, СПК<sup>13</sup> А 01 G 25/00 / Щедрин В. Н., Штанько А. С., Шкура В. Н.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2018128077; заявл. 31.07.18; опубл. 01.04.19, Бюл. № 10. 9 с.

10. Капельное орошение: пособие к СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения» [Электронный ресурс]: утв. Приказом Союзводпроекта от 11 апр. 1986 г. № 113. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

11. Штанько А. С., Шкура В. Н. Компонувочно-конструктивное решение оросительной сети модульного участка капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 2(38). С. 71–87. URL: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=1053> (дата обращения: 29.01.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-71-87.

12. Шкура В. Н., Обумахов Д. Л., Лунева Е. Н. Геометрия корневых систем яблони: монография / под ред. В. Н. Шкуры; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск: Лик, 2013. 124 с.

УДК 334.7:631.67

**С. А. Манжина**

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

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Аннотация.** Цель – определение основных направлений развития мелиоративного комплекса в РФ. В качестве материалов для исследования использовались данные статистики, государственного мониторинга водных объектов, водного реестра РФ, труды российских и зарубежных ученых. Применялись методы статистического анализа, синтеза, систематизации, сравнения и обобщения. В результате изучения основных направлений развития мелиорации в РФ был выделен ряд мероприятий, реализация которых позволит улучшить показатели мелиоративного земледелия. Реализация приведенных мероприятий позволит повысить доходность агропроизводства, основанного на применении мелиоративных мероприятий и технологий. Несмотря на то, что мероприятия по повышению продукционной эффективности сельскохозяйственного производства достаточно хорошо разработаны, до настоящего времени основная трудность их реализации – финансовая сторона. В России модернизация оросительных систем происходит главным образом за счет бюджетного финансирования. С другой стороны, опыт развитых стран ЕС и США предполагает полное возмещение затрат на модернизацию мелиоративных систем через включение этих расходов в состав платы за подачу воды. Подобными механизмами реализуется государственно-частное партнерство в области мелиорации земель. Формирование заинтересованности сельхозтоваропроизводителей в применении мелиоративных технологий находится в прямой зависимости от доходности, генерируемой ими. Доходность же, в свою очередь, будет зависеть от ресурсоэффективности мелиоративных систем, которую определяет технико-технологический их потенциал.

**Ключевые слова:** мелиоративные системы, мелиоративные технологии, государственно-частное партнерство, модернизация, мелиорированные земли

\*\*\*\*\*

**S. A. Manzhina**

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

## THE MAIN DIRECTIONS OF RECLAMATION AGRICULTURE DEVELOPMENT IN THE RUSSIAN FEDERATION

**Abstract.** The aim is to determine the main directions of reclamation complex development in the Russian Federation. The materials for the study were data from statistics, state monitoring of water bodies, the water register of the Russian Federation, research works of Russian and foreign scientists. The methods of statistical analysis, synthesis, systematization, comparison and generalization were used. As a result of studying the main directions of the development of land reclamation in the Russian Federation, a number of measures the implementation of which will improve the indicators of land reclamation were identified. The implementation of the above measures will increase the profitability of agricultural production based on the use of reclamation measures and technologies. Despite the fact that measures on improving the productive efficiency of agricultural production are well developed, the main difficulty in their implementation is still the financial side. In Russia, the modernization of irrigation systems is mainly due to budgetary funding. On the other hand, the experience of the developed countries of the EU and the United States assumes full reimbursement of the costs of modernizing reclamation systems through the inclusion of these costs in the payment for water supply. Public-private partnership in the field of land reclamation is implemented by similar mechanisms. The formation of the agricultural producer interest in the use of reclamation technologies is directly dependent on the profitability they generate. The profitability, in turn, will depend on the resource efficiency of the reclamation systems, which is determined by their technical and technological potential.

**Keywords:** reclamation systems, reclamation technologies, public-private partnership, modernization, reclaimed land

**Введение.** Целевое получение сельскохозяйственной продукции в климатических условиях, которые по каким-то показателям выходят за пределы оптимальности для экономически обоснованного уровня биопродуцирования, требует искусственной корректировки их негативных эффектов. Для этих целей разрабатываются и применяются мелиоративные мероприятия. В РФ наиболее частое применение мелиоративных технологий выражается в организации орошения, осушения, известкования, осуществлении противоэрозионных, культуртехнических, лесо- и фитомелиоративных мероприятий. Поэтому роль мелиоративного комплекса нашей страны в создании доходности аграрной отрасли трудно переоценить [1, 2].

Несмотря на широкое распространение и востребованность мелиоративных мероприятий в нашей стране, данное направление имеет ряд проблем, устранение которых позволит повысить эффективность как применяемых мелиоративных технологий, так и отрасли АПК в целом. Так, например, одной из проблем является техническое отставание и высокий уровень износа мелиоративных систем. В нашей стране порядка 80 % мелиоративных систем эксплуатируется более 30 лет, в результате чего на них отмечается высокая степень износа, которая в некоторых регионах превышает 90 % [3–7]. Ухудшение и техническое устаревание мелиоративных систем в зоне орошаемого земледелия отражаются на их эффективности (на 40 % общей площади оросительных систем КПД < 0,65, на 26 % – 0,65–0,80, 9 % систем орошения имеют КПД менее 0,80), что ведет к увеличению непроизводительных потерь воды, соответственно большей ресурсоемкости и энергозатратности, как следствие, удорожанию услуг по подаче воды (и это без учета экологических последствий) и, соответственно, уменьшению доходности сельхозпроизводства [8]. Все это усугубляется тем, что из общего фонда мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения менее половины находится в хорошем состоянии, а около трети – в неудовлетворительном [9, 10].

На данном этапе целью исследования является определение основных направлений развития мелиоративного комплекса в РФ.

**Материалы и методы.** В качестве материалов для исследования использовались данные статистики, государственного мониторинга водных объектов, водного реестра РФ, труды российских и зарубежных ученых. Применялись методы статистического анализа, синтеза, систематизации, сравнения и обобщения.

**Результаты и обсуждения.** В ежегодном докладе «О состоянии сельских территорий России» подчеркивается, что за время реализации целевых программ в области мелиорации удалось преодолеть прогрессирующую в 90-х гг. прошлого столетия негативную тенденцию сокращения особо ценных мелиорированных земель. Несмотря на то, что площадь осушенных земель за это время практически не изменилась, площадь орошаемых земель, по данным статистики, увеличилась на 8,7 % [9, 10]. Однако реальные масштабы использования потенциала мелиорированных земель у нас в стране находятся на гораздо более низком уровне (в отличие от данных статистики).

В стране прослеживается неравномерность в развитии мелиоративного комплекса, чему способствует как неоднородность климатических условий, так и уровень социально-экономического развития территорий [11–16]. Более того, по полученным данным об использовании мелиорированных земель, например, в зоне действия оросительных систем ЮФО, менее половины всех земель используется для выращивания сельскохозяйственных культур на орошении (таблица 1).

**Таблица 1 – Уровень использования мелиорированных земель в Южном федеральном округе**

Субъект РФ	Количество мелиорированных земель, га			Степень износа мелиоративных систем <sup>1</sup> , %	Объем водоподачи в 2019 г., тыс. м <sup>3</sup>		Валовой сбор сельхозкультур	
	всего <sup>1</sup> (по проекту)	фактически используемых			всего <sup>1</sup>	на 1 га	всего, млн т	на 1 га <sup>3</sup> , тыс. т
		га <sup>1</sup>	% от проекта					
Астраханская область	81206,0	15249,55	18,78	75,7	217068,00	14,234	1495,9	17,077
Волгоградская область	141588,0	34640,41	24,47	85,48	14559,01	0,420	7752,2	1,634
Краснодарский край	303574,0	203163,78	66,92	82,85	3175116,73	15,628	26619,4	7,028
Республика Адыгея	30433	8575	28,18	–	186432,617	21,741	786,7	3,197
Республика Калмыкия	108699,0	41602,40	38,27	86,17	1350	0,0324	621,8	1,166
Республика Крым	21838	3120,00	14,29	–	42910,00	13,75	2059,7	2,351
Ростовская область	213889,0	58488,00	27,35	90	820410,00 <sup>1</sup> 2071048 <sup>2</sup>	14,027 <sup>1</sup> 35,409 <sup>2</sup>	16941,0	2,919
г. Севастополь	300	200	66,67	–	–	–	7,6	2,375

<sup>1</sup>Использованы результаты анкетирования ФГБУ «Управление мелиоводхоз» в соответствующих субъектах; <sup>2</sup>Данные информационного портала «Радугаинформ»: <https://inform-raduga.ru/gts>; <sup>3</sup>Расчет произведен по пашне.

Как видно из полученных данных (таблица 1), часть сельхозтоваропроизводителей, имеющих возможность использовать орошение на своих землях, не используют его, исходя в первую очередь из экономических побуждений, в число которых входят высокие затраты на поставку воды, особенно в зонах использования для ее перекачки насосного оборудования, низкий КПД оросительных систем ввиду высокой их амортизации, низкий уровень технической организации, высокая стоимость поливной техни-



ки, отсутствие гарантированных рынков сбыта [5–8]. Что касается возделывания сельскохозяйственных культур в зонах с повышенным увлажнением территорий, то неудовлетворительное состояние земель, высокая степень износа осушительных систем, которая ставит под сомнение эффективность их функционирования, делают само сельскохозяйственное производство малоэффективным [16–19]. Капитальные затраты на восстановление мелиоративных систем не покрываются в полной мере бюджетным финансированием. Привлечение к восстановлению мелиоративного комплекса частного капитала, в принципе, предполагается существующей нормативно-правовой базой РФ, но имеющиеся общие механизмы функционирования государственно-частного партнерства (далее – ГЧП) в этой области в настоящее время не обеспечивают необходимой привлекательности для притока инвестиций [20]. При этом имеющийся в данной области международный опыт демонстрирует ряд работающих механизмов изыскания денежных средств от частного инвестора для обновления государственных мелиоративных систем, используется различный подход к взиманию платежей за воду [21, 22]. Более того, немаловажными в развитых государствах являются и экологические меры, соблюдение которых при применении агротехнологий, в т. ч. и мелиоративных, ставится в качестве основного условия для получения финансовой помощи в виде субсидий от государственных и общественных организаций [23–27].

В результате изучения основных направлений модернизации мелиоративных систем, которые приведут к улучшению их ресурсного потенциала, был выделен ряд мероприятий, реализация которых позволит улучшить показатели мелиоративного земледелия (таблица 2).

**Таблица 2 – Мероприятия, повышающие потенциал мелиорации в России**

Мероприятие	Сущность, содержание	Средство к исполнению
1	2	3
1 Создание единой информационной базы обеспечения развития мелиорации		
ГИС-реестр земель сельскохозяйственного использования	Форма собственности. Наличие мелиоративных систем. Уровень грунтовых вод. Метеоистория участка: уровень инсоляции территории, температурный режим, длительность вегетационного периода. Бонитет по культурам	ГИС-картографирование со всплывающей подачей данных и возможностью просмотра отдельных слоев картографической информации
Водный баланс территорий, используемых в сельскохозяйственном производстве, привязанный к ГИС-реестру земель	Выявление предельно возможных уровней водопотребления по различным вариантам водообеспеченности года, позволяющих в реальном времени получить статистику	Данные многолетних наблюдений за количеством осадков, испарением, объемами речного стока
	Имеющийся уровень водопотребления и водопользования	Данные о водопотреблении по видам экономической деятельности
	Предельная возможность использования территориальных вод с учетом сохранения необходимой экологически обоснованной величины стока, т. е. определение экологически безопасной величины изъятия стока	Прогнозное количество возможного освоения водных ресурсов в динамике по вариантам годовой водообеспеченности
ГИС-реестр мелиоративных систем	Месторасположение в ГИС-координатах, состав, протяженность, дата введения, пропускная способность, уровень износа, КПД, график ремонтных работ, принадлежность в праве собственности, юридический адрес	ГИС-картографирование со всплывающей подачей данных

## Продолжение таблицы 2

1	2	3
<b>2 Формирование стратегий опережающего развития территорий</b>		
Стратегирование развития сельскохозяйственных территорий	Анализ предельного уровня водопотребления территории, социально-экономического потенциала, потенциального и эффективного плодородия почв, транспортных путей, ресурсов для обеспечения производства, рынков сбыта с учетом перспектив климатических и социально-экономических изменений территорий	Стратегическое планирование и прогнозирование
Разработка комплексных инвестиционных проектов для развития сельских территорий, в т. ч. и в районах с мелиоративным земледелием	Проекты разрабатываются исходя из целевых ориентиров территориальной экономики и возможных механизмов ее реализации, создание целой цепочки взаимосвязанных организаций, обеспечивающих и сопровождающих мелиоративные работы, переработку, транспортировку и реализацию сельскохозяйственной продукции	Регионально или локально ориентированное проектирование
<b>3 Создание программных продуктов – систем поддержки принятия решения</b>		
Моделирование территориального развития	С учетом развития мелиоративного земледелия, социальной структуры населения, экологически обусловленной специфики земледелия и пр.	Программный продукт
Моделирование севооборотов и графиков полива	С учетом биопотенциала почв, бонитета и лучшего совмещения культур, исходя из их потребностей во влаге и питании в соответствии с периодами роста и развития	Программный продукт
Прогнозирование экономически эффективной урожайности культур	С учетом культур-предшественников, водообеспечения, питания, потенциальной биопродуктивности земель при сравнении возможных затрат и доходов	Программный продукт
<b>4 Расширение применения возможностей дистанционного контроля и управления</b>		
Оперативный контроль температуры и влажности почв	Осуществляется либо посредством установки датчиков, либо с использованием дистанционного наблюдения в соответствующем спектральном диапазоне	Аппаратное обеспечение, данные дистанционного зондирования Земли
Оперативная передача данных о корректировке графиков поливов и объемов забираемой воды	Взаимный обмен информацией между водоподающей организацией и водопользователями по принципу онлайн-заявок посредством соответствующего мобильного приложения. Стимулирование водопотребителей к проведению мероприятий по созданию условий для временного размещения воды в период, необходимый для реагирования на изменение объемов водоподачи у водоподающих организаций	Получение данных, привязанных к ГИС-координатам, о поправках к графикам подачи воды, уменьшение сроков реагирования на изменение графиков и объемов полива

Продолжение таблицы 2

1	2	3
Получение консалтинговых и образовательных услуг в области мелиоративного земледелия	Возможность получения онлайн- и офлайн-консультаций, использования интерактивного образования	ИК-платформа
<b>4 Преференциальное стимулирование мелиорации земель</b>		
Особый правовой режим для территорий с мелиоративным земледелием	Создание центров экономического роста на территориях мелиоративного земледелия или с привязкой к зонам действия мелиоративных систем	Территории опережающего развития, свободные экономические зоны, мелиоративные парки, потребительские кооперативы и пр.
Создание баз подготовки и обеспечения кадрового потенциала мелиорации и гидротехнического строительства	Поддержка развития профильных научно-исследовательских и образовательных институтов, усиление их взаимной кооперации, усиление систем целевой подготовки кадров	Научно-образовательные центры с технопарками (для развития отечественных инноваций и их продвижения)
Контрактное водопользование	Гибкий график и тарифы оплаты в зависимости от долгосрочности контракта и величины гарантированного водопотребления	Методика расчета и нормативно-правовая документация
Стимулирование ГЧП в мелиорации	Гибкий график и тарифы оплаты в зависимости: от инвестирования в реновацию и модернизацию государственных мелиоративных систем, высокотехнологичности водохозяйственных мелиоративных систем	Методика расчета и нормативно-правовая документация

Несмотря на то, что мероприятия по повышению продукционной эффективности сельскохозяйственного производства достаточно хорошо разработаны, до настоящего времени основная трудность в их реализации – финансовая сторона. В России модернизация оросительных систем происходит главным образом за счет бюджетного финансирования. С другой стороны, опыт развитых стран ЕС и США предполагает полное возмещение затрат на модернизацию мелиоративных систем через включение этих расходов в состав платы за подачу воды [28]. Подобными механизмами реализуется государственно-частное партнерство в области мелиорации земель.

**Выводы.** Формирование заинтересованности сельхозтоваропроизводителей в применении мелиоративных технологий находится в прямой зависимости от доходности, генерируемой ими. Доходность же, в свою очередь, будет зависеть от ресурсоэффективности мелиоративных систем, которую определяет технико-технологический их потенциал.

**Список источников**

1. Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России / А. В. Колганов, Н. В. Сухой, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин; под ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. 222 с.
2. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 2 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. Новочеркасск: Геликон, 2013. 283 с.
3. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 1 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. Новочеркасск: Геликон, 2013. 307 с.
4. Слабунова А. В., Клишин И. В. Техническое состояние оросительных систем Ростовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 3(75). С. 24–29.
5. Провести исследования и подготовить научный доклад о результатах ведения государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации: отчет о НИР (заключ.): 2.1.2.1 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Гостищев В. Д. Новочеркасск, 2019. 36 с. Исполн.: Гостищев В. Д. [и др.]. Рег. № НИОКТР АААА-А19-119021190088-2. Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219122790040-7.
6. Ольгаренко Д. Г. Технический уровень и эффективность эксплуатации оросительных систем // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2015. № 4(20). С. 287–295. URL: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=839> (дата обращения: 17.06.2020).
7. Сукало Г. М., Шкура В. Н. Водные мелиорации земель в России: факты, оценки, прогнозы / под ред. В. Н. Шкуры; Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т ДонГАУ. Новочеркасск: Лик, 2016. 102 с.
8. Разработка ресурсосберегающих технологий орошения и новой экологически безопасной дождевальной техники для строительства, реконструкции, технического перевооружения и эксплуатации гидромелиоративных систем, обеспечивающих рациональное использование мелиорированных земель: отчет о НИР. Гос. контракт № 319а/20ГК от 15 авг. 2017 г. Коломна: Радуга, 2017. 509 с.
9. О состоянии сельских территорий в Российской Федерации в 2016 году: ежегодный доклад по результатам мониторинга. М.: Росинформгрупп, 2018. Вып. 4. 328 с.
10. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году: гос. докл. [Электронный ресурс] / М-во природ. ресурсов и экологии Рос. Федерации. URL: <https://gosdoklad-ecology.ru/2017/pochva-i-zemelnye-resursy/vozdystvie-na-pochvy-i-zemelnye-resursy/> (дата обращения: 17.06.2020).
11. Бондаренко Л. В., Яковлева О. А. Дифференциация субъектов Российской Федерации по уровню развития сельских территорий и антидепрессивное управление // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 2(14). С. 31–38.
12. Модернизация механизма устойчивого развития сельских территорий [Электронный ресурс] / Е. Г. Коваленко, Т. М. Полушкина, О. Ю. Якимова, Е. В. Автайкина, О. О. Зайцева, К. С. Седова. Акад. естествознания, 2014. URL: <https://monographies.ru/ru/book/view?id=247> (дата обращения: 17.06.2020).
13. Косенчук О. В. Многофункциональное развитие сельских территорий // Вестник ЗабГУ. 2018. № 2(24). С. 108–114. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-2.
14. Петриков А. В. Комплексное развитие сельских территорий Российской Федерации // О мерах Правительства Российской Федерации по устойчивому развитию сельских территорий. Аналит. вестн. 2019. № 5(719). С. 18–25.
15. Новикова И. И. Оценка социальных ресурсов, влияющих на конкурентоспо-

способность сельских территорий // Островские чтения. Саратов: Ин-т аграр. проблем РАН. 2018. № 1. С. 352–357.

16. Савостьянов В. К. Комплексная мелиорация почв засушливых территорий Сибири / Науч.-исслед. ин-т аграр. проблем Хакасии; О-во почвоведов им. В. В. Докучаева, Хакас. респ. отд.-ние. Абакан: Журналист, 2016. Ч. 1. 476 с.

17. Моторин А. С., Букин А. В. Водно-физические свойства осушаемых торфяных почв лесостепной зоны Северного Зауралья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47, № 5. С. 5–12. DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-1.

18. Митрофанов Ю. И., Пугачева Л. В., Иванов Д. А. Влияние почвенно-мелиоративных условий на химический состав и вынос элементов питания с дренажным стоком // Использование мелиорированных земель – современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Тверь, 27–28 авг. 2015 г. / ФГБНУ ВНИИМЗ. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2015. С. 140–146.

19. Митрофанов Ю. И. Динамика некоторых критериев почвенного плодородия в условиях несбалансированного земледелия // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 1(56). С. 53–59.

20. Воеводина Л. А., Медведева Л. Н. Государственно-частное партнерство – инструмент для развития мелиоративных парков // Региональная экономика. Юг России. 2019. Т. 7, № 2. С. 135–145. <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2019.2.14>.

21. Медведева Л. Н., Манжина С. А. Зарубежный опыт внедрения инноваций в мелиорацию // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 1(69). С. 104–112.

22. Манжина С. А., Медведева Л. Н. К вопросу привлечения инвестиций в мелиорацию через формирование платы за подачу воды сельскохозяйственным потребителям // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 2(34). С. 215–229. URL: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=598&id=612> (дата обращения: 17.06.2020). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-215-229.

23. Манжина С. А. Инновационные методы сохранения плодородия почв: лучшие международные практики // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: материалы IV Междунар. науч.-практ. Интернет-конф., 28 февр. 2019 г. Солонное Займище: Прикаспийский АФНЦ РАН, 2019. С. 89–96. DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-1-018.

24. Краснощеков В. Н., Ольгаренко Г. В., Ольгаренко Д. Г. Методические рекомендации обоснования эффективности реализации ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» с учетом региональных значимых программ. Коломна: ИП Воробьев О. М., 2015. 108 с.

25. Evans R. Runoff and soil erosion in arable Britain: changes in perception and policy since 1945 // Environmental Science & Policy. 2010, Apr. Vol. 13, iss. 2. P. 141–149. DOI: 10.1016/j.envsci.2010.01.001.

26. Posthumus H., Morris J. Implications of CAP reform for land management and runoff control in England and Wales // Land Use Policy. 2010, Jan. Vol. 27, iss. 1. P. 42–50. DOI: 10.1016/j.landusepol.2008.06.002.

27. Diffuse pollution [Electronic resource] / Information and public services for the Island of Jersey. URL: <https://gov.je/Environment/ProtectingEnvironment/Land/FarmingEnvironment/Pages/Diffusepollution.aspx#anchor-2> (date of access: 17.06.2020).

28. Water charging in irrigated agriculture: An analysis of international experience [Electronic resource] / G. Cornish, B. Bosworth, C. Perry, J. Burke. Rome, 2004. 98 p. (FAO Water Reports 28). URL: [https://joinforwater.ngo/sites/default/files/library\\_assets/w\\_lan\\_e65\\_water\\_charg.pdf](https://joinforwater.ngo/sites/default/files/library_assets/w_lan_e65_water_charg.pdf) (date of access: 17.06.2020).

УДК 631.67:712.423

**А. А. Зайцев, М. В. Власенко, А. К. Кулик**

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

**А. Хофингер**

Австрийская ассоциация гринкиперов, Кицбюэль, Австрийская Республика

**АССОРТИМЕНТ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ВИДОВ ТРАВ  
ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ГАЗОНОВ И ОСНОВЫ ПОЛИВА  
ФУТБОЛЬНОГО ПОЛЯ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

**Аннотация.** Выявление ассортимента газонных трав и знание их требований к поливу актуально, особенно для засушливых территорий, где из-за недостатка влаги многие виды выпадают из травостоя. Целью исследований являлось изучение ботанических особенностей видов семейства Poaceae, перспективных для устройства газонов в агроклиматических условиях Нижнего Поволжья, и выявление зависимости водопотребления газонных трав от температуры окружающего воздуха. Наблюдения с целью определения засухоустойчивости газонных трав проводились по методике Ф. Ф. Мацкова на гидрологическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН (г. Волгоград). Установлено, что наиболее перспективными для формирования газонов являются значительно и среднезасухоустойчивые виды семейства Poaceae: овсяницы (*Festuca capillata* L., *Festuca sulcata* L., *Festuca duriuscula* L., *Festuca rubra* L., *Festuca pratensis* Huds.), мятлики (*Poa pratensis* L., *Poa compressa* L., *Poa nemoralis* L.), лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.), житняк гребенчатый (*Agropyrum elangatum* Host. P. B.), райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.), осоки (*Carex praecox* Schreb., *Carex divisa* Huds.), клевер белый (*Trifolium repens* L.). Опытным путем в питомнике по производству спортивных газонов и на футбольном поле «Арена» (г. Волгоград) выявлены требования трав семейства Poaceae к водопотреблению.

**Ключевые слова:** ассортимент, газон, водопотребление, водный режим, засухоустойчивость

\*\*\*\*\*

**A. A. Zaitsev, M. V. Vlasenko, A. K. Kulik**

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

**A. Hofinger**

Austrian Greenkeepers Association, Kitzbühel, Republic of Austria

**ASSORTMENT OF PROMISING HERBS FOR ORGANIZING LAWNS AND  
BASIS FOR IRRIGATING FOOTBALL FIELD IN THE LOWER VOLGA REGION**

**Abstract.** Identifying the range of lawn grasses and knowledge of their watering requirements is relevant, especially for arid areas, where, due to a lack of moisture, many species fall out of the grass stand. The aim of the research was to study the botanical features of the species of the Poaceae family, which are promising for arranging lawns under the agroclimatic conditions of the Lower Volga region, and to reveal the dependence of water consumption of lawn grasses on the ambient temperature. Observations to determine the drought tolerance of lawn grasses were carried out according to the method of F. F. Matskov at the hydrological complex of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Volgograd). It has been found that the most promising for lawn formation are significantly and moderately drought-resistant species of the Poaceae family: fescue (*Festuca capillata* L., *Festuca sulcata* L., *Festuca duriuscula* L., *Festuca rubra* L., *Festuca pratensis* Huds.), bluegrass (*Poa pratensis* L., *Poa compressa* L., *Poa nemoralis* L.), birdsfoot trefoil

(*Lotus corniculatus* L.), crested wheatgrass (*Agropyrum elangatum* Host. PB), perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), sedges (*Carex praecox* Schreb., *Carex divisa* Huds.), white clover (*Trifolium repens* L.). Empirically, the requirements of herbs of the Poaceae family to water consumption were revealed in the nursery farm for sport lawns production and on the football field "Arena" (Volgograd).

**Keywords:** assortment, lawn, water consumption, water mode, drought resistance

**Введение.** Искусственно созданные фитоценозы обладают значительными возможностями [1–3]. Ризосфера многолетних трав является мощным биологическим фактором подавления патогенных микроорганизмов. Роль трав в активировании микробиологических процессов самоочищения почвы столь значительна, что озеленение травмами населенных мест является необходимым гигиеническим мероприятием санитарной культуры [4, 5].

Главной целью создания социально-культурных фитоценозов (СКФ) является обеспечение оптимальных условий для проживания, работы и отдыха людей. Развитие системы СКФ должно способствовать улучшению санитарно-гигиенических показателей. При их формировании необходимо учитывать следующие положения: рационально использовать оздоровительные и защитные функции растительности, а также обеспечивать устойчивость растений к условиям больших техногенных нагрузок.

Существенную часть любого объекта зеленого строительства составляют газоны, так как они создают основной фон, на котором размещаются и значительно рельефнее выделяются все имеющиеся насаждения. Газоны в парках скрашивают впадины и ложбины. На фоне газонов территория парка приобретает глубину и кажется более обширной. При наличии газонов в саду и в парке отсутствует пыль, чище и свежее воздух. Однако устройство газонов не всегда отвечает необходимому качеству. Одной из главных причин этого является недостаточный опыт газоноведения в нашей стране [6].

**Материалы и методы.** Целью исследований являлось изучение ботанических особенностей видов семейства Poaceae, перспективных для устройства газонов в агроклиматических условиях Нижнего Поволжья, и выявление зависимости водопотребления газонных трав от температуры окружающего воздуха. Объектами исследований являлись: житняк гребенчатый (*Agropyrum elangatum* Host. P. B.), клевер белый (*Trifolium repens* L.), лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.), мятлики (*Poa pratensis* L., *P. compressa* L., *P. nemoralis* L.), овсяницы (*Festuca capillata* L., *F. sulcata* L., *F. duriuscula* L., *F. pratensis* Huds., *F. rubra* L.), осоки (*Carex praecox* Schreb., *C. divisa* Huds.), полевицы (*Agrostis gigantea* Roth, *A. canina* L., *A. stolonifera* L.), райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.).

Наблюдения с целью определения засухоустойчивости газонных трав проводились по методике Ф. Ф. Мацкова [7] на гидрологическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН (г. Волгоград). Опыты по организации поливов газонных участков осуществлялись в питомнике по производству спортивных газонов и на футбольном поле «Арена» (г. Волгоград).

**Результаты, обсуждения.** Культурные газоны – это травяно-дерновые покрытия, создаваемые и поддерживаемые для декоративных, оздоровительных, почвозащитных, спортивных и других целей. В настоящее время применяемые растительные покрытия отличаются значительным многообразием: для их создания используют различные виды трав и различные методы их культивирования [8–11].

Газон в вертикальном разрезе распределяется на слои: травянистый покров, созданный надземными органами растений; дернина, состоящая из дернового войлока (0,1–0,5 см) на почвенной поверхности и дернового пласта (1–8 см) с основной массой корней и корневищ; основание дернины – слой, где расположено небольшое количество корней и почти отсутствуют корневища [12].

Долголетие, устойчивость к неблагоприятным условиям, декоративность и другие существенные свойства газонов зависят прежде всего от видового и сортового состава выращиваемых трав [13].

Используемые для газонных посевов травы семейства Poaceae по продолжительности жизни обычно многолетние. Их продолжительность жизни определяется периодом, когда укороченные восстановительные побеги могут достигнуть спелости и для получения плодов в состоянии формировать цветущие органы. Продолжительность такого периода составляет 3–5 (иногда 6–7) лет.

По типу кушения, характеру роста побегов, отходящих в узле кушения от главного стебля, злаки подразделяют на три биологически разных типа: рыхлокустовые, плотнокустовые, корневищные. Кушение у злаков состоит в образовании новых побегов. У однолетних злаков все развитие происходит и завершается в срок менее одного года. У многолетних злаков в год посева плодущие побеги развиваются из тех же побегов, которые появились непосредственно из семян и образовали первый узел кушения. Из этого первого узла кушения развиваются новые вегетативные побеги, которые в год начала своего развития не образуют плодущих стеблей.

К рыхлокустовым злакам относятся те, которые образуют узлы кушения ниже поверхности почвы, от узла кушения главного стебля под острым углом обычно отходят два побега, и каждый из них образует одно подземное междоузлие со своим узлом кушения. Эти побеги поднимаются на дневную поверхность в виде надземных стеблей второго порядка, и каждый из них образует свой узел кушения. К рыхлокустовым злакам принадлежат полевица обыкновенная, овсяница луговая, гребенщик и т. д.

К плотнокустовым относятся те злаки, которые образуют узлы кушения над поверхностью почвы: от узла кушения отходят два побега с короткими междоузлиями, а питание каждого побега осуществляется одним корнем, выходящим из узла кушения, новые побеги развиваются, плотно прижавшись к старым побегам. Поэтому образуются очень плотные кусты. У плотнокустовых злаков все корни располагаются вокруг куста и не имеют волосков. Они толстые и снабжены микоризой. К плотнокустовым злакам относятся житняк, полевица собачья, овсяница овечья.

У корневищных злаков узлы кушения, как и у рыхлокустовых, находятся под поверхностью почвы, образуют подземные междоузлия и узлы. Лишь на большом расстоянии от начального узла кушения они выходят на поверхность почвы, образуя в поднимающейся части новый узел кушения.

Между этими тремя основными типами имеются переходные, например, корневищно-рыхлокустовые. Большую ценность для газонов имеют растения рыхлокустовые и корневищные, так как они образуют плотный и ровный дерн, в то время как плотнокустовые травы со второго-третьего года придают поверхности газона почковатость.

Основными факторами, неблагоприятными для устройства газонов в условиях Нижнего Поволжья, являются малое количество осадков, высокие температуры воздуха и почвы, резкое снижение температуры в бесснежные и малоснежные зимы, частые оттепели. Вегетация дернообразующих трав обычно проходит в условиях жесткого гидротермического режима. В июле-августе, в период напряженности метеорологических факторов, атмосферная засуха, как правило, сопряжена с почвенной. Засуха нарушает водный баланс растений, служит причиной перегрева растений, что вызывает длительную потерю тургора, выгорание травостоя. Засухоустойчивость газонных трав находится в тесной связи с экологической обстановкой, сопутствующей формированию травяно-дернового покрова. Травы, произрастающие в агроклиматических условиях Нижнего Поволжья и потенциально пригодные для использования в газонных смесях, подразделяются на следующие группы по степени засухоустойчивости (таблица 1).



**Таблица 1 – Группировка по степени засухоустойчивости видов семейства Poaceae, перспективных для устройства газонов**

Группа растений	Вид	Жароустойчивость
I – значительно засухоустойчивые	Овсяница тонколистная ( <i>Festuca capillata</i> L.), бороздчатая ( <i>Festuca sulcata</i> L.), шершаволистная ( <i>Festuca duriuscula</i> L.) и красная ( <i>Festuca rubra</i> L.), мятлики узколистный ( <i>Poa pratensis</i> L.) и луговой ( <i>Poa compressa</i> L.), лядвенец рогатый ( <i>Lotus corniculatus</i> L.)	Интенсивное повреждение листьев наступает в интервале 55–60 °С, полное повреждение – при 60 °С и выше
II – средnezасухоустойчивые	Житняк гребенчатый ( <i>Agropyrum elangatum</i> Host. P. V.), овсяница луговая ( <i>Festuca pratensis</i> Huds.), райграс пастбищный ( <i>Lolium perenne</i> L.), мятлик сплюснутый ( <i>Poa compressa</i> L.) и лесной ( <i>Poa nemoralis</i> L.), осока ранняя ( <i>Carex praecox</i> Schreb.) и скученная ( <i>Carex divisa</i> Huds.), клевер белый ( <i>Trifolium repens</i> L.)	Значительное повреждение листьев отмечено в интервале 50–55 °С, полное – при 55 °С и выше
III – слабозасухоустойчивые	Полевица белая ( <i>Agrostis gigantea</i> Roth), собачья ( <i>Agrostis canina</i> L.), побегообразующая ( <i>Agrostis stolonifera</i> L.), ежа сборная ( <i>Dactylis glomerata</i> L.)	Значительное повреждение листьев наступает при 45–50 °С, полное – при 55 °С

Значительно засухоустойчивыми травами являются овсяница тонколистная, бороздчатая, шершаволистная и красная, мятлики узколистный и луговой, лядвенец рогатый. В наиболее жаркий период (июль-август) эти растения на богаре прекращают вегетацию, обнаруживая в большей или меньшей мере летнюю депрессию, которая осенью сменяется активным возобновлением ростовых процессов. В условиях умеренного полива они вегетируют все лето. Средnezасухоустойчивые травы – житняк гребенчатый, овсяница луговая, райграс пастбищный, мятлик сплюснутый и лесной, осока ранняя и скученная, клевер белый. Это преимущественно мезоморфные растения, более требовательные к почвенной влаге, относительно стойкие к воздушной засухе. К группе слабозасухоустойчивых отнесены полевица белая, побегообразующая и собачья, ежа сборная. Это мезофиты, которые плохо мирятся с воздушной и почвенной засухой.

Наиболее перспективными видами в условиях Нижнего Поволжья являются: райграс пастбищный, мятлик луговой, овсяницы. Травостой мятлика лугового формирует плотную, равномерную дернину. Обладает высокой агрессивностью корневой системы. Способен быстро восстанавливать травостой благодаря интенсивному вегетативному размножению. Сохраняет большую площадь листовой поверхности при скашивании, так как в посеве преобладают низкорослые вегетативные побеги. Наличие в скашиваемом посеве большой площади ассимилирующей поверхности и высокая агрессивность корневой системы способствуют вытеснению из травостоя других видов трав. Долговечен. Хорошо переносит неблагоприятные условия зимы и переуплотнение. Широкое распространение в газонных смесях райграса пастбищного обусловлено его быстрой всхожестью и усиленным ростом. Декоративен до глубокой осени. После скашивания отрастает равномерно и быстро. Выносит умеренную тень, вытаптывание и уплотнение почвы. Быстро восстанавливается после механических повреждений. Чувствителен к сильным зимним морозам и поздним весенним заморозкам. Продолжительность жизни в травостое около 5 лет. Овсяницы по сравнению с мятликом и райграсом менее зимостойки и морозоустойчивы, но более теневыносливы, устойчивы к грибковым заболеваниям, засухе, хорошо переносят частое скашивание, образуют густой нижний ярус.

Водный режим почвы имеет большое значение при выращивании трав для создания спортивных газонов. Норма и частота поливов зависят от потребности трав, свойств почвы, климатических факторов и погодных условий. Средние потери воды газонного покрова в зависимости от температуры составляют около 2,5–7,5 л/(м<sup>2</sup>·день) в течение вегетационного периода (таблица 2).

**Таблица 2 – Зависимость водопотребления газонных трав семейства Poaceae от температуры воздуха**

Наивысшая дневная температура, °С	Ежедневное водопотребление
> 35	> 7
30–35	5–7
25–30	3–5
20–25	2–3
< 20	< 2

В л/м<sup>2</sup>

В зависимости от местных условий (климат, почва, наличие тени) этот показатель варьируется. Кроме того, на уровень расходования воды травами сильное влияние оказывает глубина распространения корней, густота травостоя, высота и частота скашивания.

Поливы с неглубоким промачиванием почвы приводят к поверхностному развитию корневой системы. Поливы лучше осуществлять с большими интервалами, промачивая почву на глубину не менее 15 см. Формированию устойчивой дернины с глубокой корневой системой, способной выдерживать неблагоприятные климатические условия, способствуют максимальные перерывы между поливами. Частые поливы приводят к тому, что поверхностный слой почвы быстро насыщается влагой, это ведет к его уплотненности, появлению поверхностных потоков, промывке элементов питания. Частые и обильные поливы в жаркую погоду также стимулируют появление сорняков. При долгосрочных высоких температурах наиболее рационально проводить ночной или раннеутренний полив. Однако следует отметить, что правильно проведенный дневной полив не вредит травостоя. Кратковременные поливы при очень высоких дневных температурах улучшают микроклимат, снимают вызванный высокими температурами стресс у трав.

Засеянный газон требует высокой осторожности при поливе. Корневая система газонных трав развивается лучше на непереувлажненной почве. При жаркой погоде, когда температура воздуха составляет более +25 °С, рекомендуется проводить три-пять поливов в день мелкими каплями, которые не образуют подтеков. По мере углубления корневой системы интервалы между поливами увеличиваются, но при одновременном увеличении глубины промачиваемого слоя почвы.

Система автоматизированного полива футбольного поля позволяет значительно снизить затраты труда и времени на проведение полива, дает хорошее качество орошения и возможность регулировать поливную норму в широком диапазоне (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Система автоматизированного полива футбольного поля (автор фото А. А. Зайцев)**

**Заключение.** В результате изучения ботанических особенностей газонных трав установлено, что наиболее перспективными в условиях Нижнего Поволжья являются значительно и среднезасухоустойчивые виды семейства Poaceae: овсяница тонколистная (*Festuca capillata* L.), бороздчатая (*Festuca sulcata* L.), шершаволистная (*Festuca duriuscula* L.) и красная (*Festuca rubra* L.), мятлики узколистный (*Poa pratensis* L.) и луговой (*Poa compressa* L.), лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.), житняк гребенчатый (*Agropyrum elangatum* Host. P. V.), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.), райграсс пастбищный (*Lolium perenne* L.), мятлик сплюснутый (*Poa compressa* L.) и лесной (*Poa nemoralis* L.), осока ранняя (*Carex praecox* Schreb.) и скученная (*Carex divisa* Huds.), клевер белый (*Trifolium repens* L.). Засухоустойчивость газонных трав находится в тесной связи с экологической обстановкой, сопутствующей формированию травяно-дернового покрова. Средние потери воды спортивного газона в зависимости от температуры составляют 2,5–7,5 л/(м<sup>2</sup>·день) в течение вегетационного периода. При температуре воздуха более +25 °С необходимы три-пять поливов в день. Для формирования устойчивой дернины с более глубокой корневой системой, способной противостоять неблагоприятным условиям, рекомендуются максимальные перерывы между поливами.

#### Список источников

1. Власенко М. В., Турко С. Ю. Перспективы развития селекции и семеноводства многолетних кормовых лугопастбищных трав в аридных условиях Нижнего Поволжья // Вестник мясного скотоводства. 2015. № 3(91). С. 119–125.
2. Власенко М. В. Продуктивность и флористическое разнообразие пастбищ Сарпинской низменности под влиянием фитомелиорации: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. Волгоград, 2014. 22 с.
3. Власенко М. В., Турко С. Ю. Методическая основа исследования влияния эдафического фактора на биоценотические процессы в искусственных кормовых ценозах // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. № 1(57). С. 104–110.
4. Небогина Ю. Ю., Окрут С. В. История газонов и формирования ассортимента газонных трав // Вестник АПК Ставрополя. 2014. № 4(16). С. 223–225.
5. Лазарев Н. Н., Головня А. И., Лесина В. А. Газоноводство: учеб. пособие. М.: РГАУ-МСХА им. Тимирязева, 2008. 113 с.
6. Серегин М. В. Динамика формирования газонного покрытия обыкновенного газона в год посева и в последующие годы // Центральный научный вестник. 2018. Т. 3, № 21(62). С. 30–32.
7. Прокофьев А. А. Проблемы засухоустойчивости растений. М.: Наука, 1978. 252 с.
8. Белобров В. П., Замотаев И. В. Почвогрунты и зеленые газоны спортивных и технических сооружений. М.: ГЕОМ, 2007. 168 с.
9. Влияние минеральных удобрений на качество спортивного газона тренировочной площадки ВГАФК г. Волгограда / А. В. Андриянова, С. В. Тазина, А. А. Зайцев, Х. В. Шарафутдинов // Естественные и технические науки. 2019. № 12(138). С. 119–126.
10. Прохоров В. Н. Актуальные вопросы формирования чистых от многолетних сорняков газонных травостоев // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. 2020. Т. 65, № 3. С. 365–373.
11. Петрова Т. И., Тазина С. В., Тазин И. И. Влияние почвенной и воздушной влаги на декоративность газонного травостоя // Естественные и технические науки. 2020. № 3(141). С. 107–112.
12. Зайцев А. А. Технология ухода за газоном футбольного поля. Изд. решения, 2018. 96 с.
13. Абрамашвили Г. Г. Спортивные газоны: метод. пособие. М.: Совет. спорт, 2006. 172 с.

УДК 631.6.006.036

**В. В. Слабунов, А. А. Кириленко, О. В. Воеводин**Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ТИПОВОЙ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ – ДРАЙВЕР РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАТИВНОЙ ОТРАСЛИ**

**Аннотация.** Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью применения традиционной отраслью АПК, в т. ч. в рамках мелиоративного комплекса, цифровых технологий для перехода на новую модель экономического поведения в разрезе авангарда цифровой модернизации. Цель работы – подбор требований к разработке информационно-аналитической системы типовой проектной документации в мелиоративной отрасли в виде цифровой платформы (субплатформы). В рамках настоящей работы представлены ключевые условия (ресурсы и процессы), необходимые для стимулирования цифровой трансформации базы данных типовой проектной документации. В контексте исследования рассматриваются вопросы классификации мелиоративных объектов, которые предполагается учитывать на стадиях предпроектных проработок и проектирования для определения проекта-аналога (отдельного конструктивного элемента). Представленные требования к системе типовой проектной документации позволяют выделить основные принципы функционирования информационно-аналитической системы, разработать «полноценную» базу данных, обеспечивающую повышение эффективности использования информационного взаимодействия органов государственной власти и заинтересованных юридических лиц в области проектирования и строительства при реализации национальных проектов по мелиорации земель, и обеспечить эффективность управления приоритетными национальными проектами по строительству и реконструкции мелиоративных объектов за счет повышения оперативности и качества принимаемых решений по реализации отдельных мероприятий. Указанные положения раскрывают потенциальный экономический эффект цифровизации АПК и отвечают задачам Минсельхоза России по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию.

**Ключевые слова:** цифровое сельское хозяйство, типовая проектная документация, информационно-аналитическая система, мелиорация, база данных

\*\*\*\*\*

**V. V. Slabunov, A. A. Kirilenko, O. V. Voevodin**Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,  
Russian Federation**INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM OF TYPICAL DESIGN DOCUMENTATION – RECLAMATION INDUSTRY DEVELOPMENT DRIVER**

**Abstract.** The relevance of the research theme is specified by the need for using traditional industry of the agro-industrial complex, including digital technologies for the transition to a new model of economic behavior in the context of the digital modernization avant-garde within the framework of reclamation complex. The purpose of the work is to select the requirements for the development of an information-analytical system of typical project documentation in the reclamation industry in the form of a digital platform (sub-platform). Within the framework of this work, the key conditions (resources and processes) necessary to stimulate the digital transformation of the database of typical project documentation are presented. In the context of the study, the issues of classification of reclamation objects which are supposed to be taken into account at the stages of pre-design studies and design to determine an analogue project (a separate structural element) are considered. The presented requirements

for the system of typical project documentation allow us to highlight the basic principles of the information and analytical system, to develop a “full-fledged” database that will increase the efficiency of the information interaction between public authorities and interested legal entities in the field of design and construction during implementation of national projects on land reclamation and to ensure the efficiency of management of priority national projects on construction and reconstruction of reclamation facilities by increasing the efficiency and quality of decisions on the implementation of hotel activities. These provisions reveal the potential economic effect of agro-industrial complex digitalization and meet the tasks of the Ministry of Agriculture of Russia in developing state policy and legal regulation.

**Keywords:** digital agriculture, typical project documentation, information and analytical system, land reclamation, database

**Введение.** В условиях заметного роста объемов всех видов строительства, а также проведения мероприятий по реконструкции резко возрастает роль стандартизированных (типизированных) проектных решений, что обуславливается актуализацией нормативно-правовой базы для восстановления работы по ведению реестра типовой проектной документации. Прежде всего, это связано с тем фактом, что опора на типовое проектирование позволяет сократить сроки строительства и прохождения государственной проектной экспертизы [1]. Так, для целей эффективного выполнения национальных проектов в области мелиорации (федеральных целевых программ) исполнительным органам необходимо внедрять новые методы управления, в частности проектного управления [2, 3].

Для поддержки принятия решений в организационных и управленческих целях, а также для обеспечения их оперативности и «качества» мониторинга необходимо применение автоматизированных информационно-аналитических систем (баз данных), позволяющих обеспечивать сбор и хранение информации, а также ее всесторонний анализ с предоставлением различного рода отчетных материалов. При этом оперативность функционирования информационно-аналитической системы может быть обеспечена не только возможностью доступа к ней потребителей, но и соответствующим развитием информационной инфраструктуры в целом. Возможность для этого складывается путем интеграции базы данных типовой проектной документации в национальную платформу цифрового государственного управления сельским хозяйством [3–6].

Технологические решения, основанные на реализации комплексного подхода к цифровизации, очевидно, на сегодняшний день являются одними из важнейших условий автоматизации и факторов роста производства экономических секторов. Данные аналитического центра Минсельхоза России подтверждают, что цифровизация экономики создает условия для получения положительных экономических эффектов, уменьшая затраты минимум на 23 % [7].

Таким образом, целью настоящего исследования является подбор требований к разработке информационно-аналитической системы типовой проектной документации в мелиоративной отрасли в качестве цифровой платформы (субплатформы).

**Материалы и методы.** Основные принципы теоретико-методологической разработки категории «цифровая экономика», нашедшие отражение в описании результатов настоящих исследований, представлены в трудах отечественных авторов Л. И. Федуловой, С. Н. Кацур, О. Ф. Андросова, М. Л. Калужского, В. В. Иванова, В. П. Соловьева, С. А. Белоус-Сергеевой, Р. В. Мещерякова, В. В. Титова, П. Г. Ижевского, О. В. Камянской, А. Н. Ляшенко, а также зарубежных исследователей Н. Негропonte, К. Келли. Для реализации цели исследования был проведен анализ отраслевых проектов и программ с выделением ключевых факторов, способствующих цифровизации управления на базе доступности внедрения цифровых технологий.

**Результаты и обсуждения.** На первом этапе формирования информационно-аналитической системы имеется необходимость в рассмотрении ресурсов и процессов,

которые обеспечат устойчивое функционирование системы. При этом ресурсы системы следует подразделять на документные, трудовые и информационные.

Документные ресурсы по причине устранения рисков потери информации необходимо дублировать на нескольких носителях. Цифровые документы могут быть исполнены в векторных или растровых графических форматах. С точки зрения добавленной стоимости при подготовке векторных форматов цифровые документы для дальнейшего использования выступают наиболее ценными, по совместительству являясь дополнительным фактором в ускорении процессов проектирования.

Структура трудовых ресурсов фонда типовой проектной документации предусматривает наличие большого по количеству состава и специализации работников, способных достичь поставленных целей и решить задачи системы через разработку моделей, рабочих инструкций по выполнению определенных функций и методических указаний по стабильному функционированию системы.

Минимально необходимые для функционирования системы информационные ресурсы включают: электронный каталог и базы данных. Базы данных представляются хранилищами информации на цифровых носителях. Каталог в электронном виде имеет возможность автоматизированного расширенного поиска, формирования перечня искомой информации, применения фильтров для уменьшения объема информации, формирования заказа на предоставление искомой информации, интеграции с системами удаленного доступа к каталогу системы.

Для функционирования системы необходимо предусмотреть ряд процессов, определяющих ключевые технологии работы, к числу которых относятся: моделирование и разработка базы данных, создание электронных копий, каталогизация.

Моделирование базы данных осуществляется на основе сбора и анализа исходной информации, впоследствии определяющей образ системы. В качестве исходной информации служат такие сведения, как: стратегические цели развития системы, потребность в информации у основных потребителей, категории возможных потребителей, взаимодействие с другими системами и возможными потребителями, необходимые ресурсы для обеспечения системы. Моделирование базы данных – ключевая технология, результатом исполнения которой являются определенные границы и параметры формируемой системы, они в дальнейшем выражаются через исходные данные для разработки всех обеспечивающих процессов и технологий.

Разработка базы данных в форме ее электронного воплощения является технологией системы, направленной на разработку архитектуры базы данных и управляющего программного обеспечения, позволяющего манипулировать информацией с целью обеспечения задач формируемой системы, таких как размещение, извлечение и безопасное хранение информации.

Создание электронных копий является технологией системы, обеспечивающей потребности потребителей в информации требуемых форматов и качества.

Каталогизация выступает, пожалуй, основной технологией системы, так как от нее зависит быстрота и простота как размещения информации в базе данных, так и ее успешное извлечение по требованию пользователей. В основе данной технологии должна лежать подробная классификация мелиоративных объектов, позволяющая однозначно отделять одни объекты от других. На сегодняшний день в мелиоративной и родственных отраслях отсутствует общая классификация с однозначным понятийным аппаратом, позволяющая решать вопросы идентификации объектов по отличительным признакам, в то время как каталогизация, являясь совокупностью методов и процессов, не может существовать без применения методов классифицирования, которые в результате позволят добиться поставленной цели – нахождения и выбор искомого объекта (проекта).

Выбор метода классифицирования мелиоративных объектов показал, что целесообразно применение комбинации иерархического и фасетного методов, которые позволяют

добиться необходимого уровня детализации. Иерархический метод позволит разбивать мелиоративные объекты на более мелкие группы (по виду, типу, подтипу и т. д.), а фасетный метод даст возможность введения дополнительных независимых классификационных признаков, которые увеличат детализацию деления уже внутри групп (преимущественно по количественному отражению признака, представляемого в виде диапазонов, например, таких признаков, как мощность, расход воды, высота сооружения и т. д.).

Результатом процедуры каталогизации является присвоение мелиоративному объекту кода классификационной группировки, к которой он отнесен как к определенному виду, типу, подтипу мелиоративного объекта, а также к определенному виду документа из состава документов базы данных.

Структура информационно-аналитической системы должна быть основана на реляционной модели данных. Основной задачей, решаемой при формировании структуры, является размещение цифровой формы типовой проектной документации, исходя из заданной классификации, с последующим извлечением необходимой информации из базы данных.

Проектная документация на начальном этапе должна быть разделена на три направления (с учетом возможной корректировки в процессе проектирования программного продукта):

- по виду проектной документации;
- виду мелиоративной системы;
- экономическому району строительства.

По виду проектной документации предполагается деление базы данных на два блока [8–10]:

- актуализация имеющейся базы типовых проектов и типовых материалов для проектирования мелиоративных объектов – типовые проекты, типовые проекты без адреса привязки, типовые материалы для проектирования, типовые проектные решения;

- наполнение базы данных по материалам проведенных проектных работ в подведомственных Минсельхозу России ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения» – проектная документация (проектная документация, получившая положительное заключение государственной экспертизы, экономически эффективная проектная документация повторного использования).

По виду мелиоративной системы предполагается деление базы данных на блоки в зависимости от комплекса гидротехнических и других сооружений и устройств [11].

Состав элементов оросительной системы: водозаборные сооружения, рыбозащитные сооружения и устройства, отстойники, насосные станции, оросительная сеть, водосборно-сбросная сеть, коллекторно-дренажная сеть, поливные машины и установки, сооружения на сети, сооружения и средства контроля мелиоративного состояния земель, средства управления и автоматизации, объекты электроснабжения и связи, противоэрозионные сооружения, производственные и жилые здания эксплуатационной службы, дороги.

Состав элементов осушительной системы: проводящая, оградительная и регулирующая сети; сооружения на сети; насосные станции; дамбы; средства управления и автоматизации; сооружения и средства контроля мелиоративного состояния земель; объекты электроснабжения и связи; противоэрозионные сооружения; производственные и жилые здания эксплуатационной службы; дороги; водоприемник.

Комбинированные системы могут содержать в своем составе элементы как оросительных, так и осушительных систем.

Помимо прочего, предполагается последующее разбиение мелиоративной системы на отдельные виды и типы гидротехнических сооружений с конкретными техническими параметрами (расход, длина и т. д.).

Вид общей структуры информационно-аналитической системы типовой проектной документации в мелиоративной отрасли на основе установленного состава ее компонентов представлен на рисунке 1.

# ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ТИПОВОЙ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ

## Вид типовой проектной документации

Типовые проекты  
 Типовые проекты без адреса привязки  
 Типовые материалы для проектирования  
 Типовые проектные решения  
 Экономически эффективная проектная документация повторного использования ...

## Вид гидротехнического сооружения

Водозаборные сооружения  
 Сопрягающие сооружения на каналах  
 Отстойники  
 Перегораживающие сооружения и водовыпуски на каналах  
 Дюкеры и трубы под каналом  
 Сбросные автоматические сооружения (без затворов) ...

## Экономический район строительства

Поволжский  
 Республика Калмыкия  
 Республика Татарстан (Татарстан)  
 Астраханская область  
 Волгоградская область  
 Пензенская область  
 Самарская область  
 Саратовская область  
 Ульяновская область ...

## Тип гидротехнического сооружения

Водозаборные сооружения при водохранилищ-ных плотинах  
 Водозаборные сооружения при бесплотинном заборе ...

## Вид мелиоративной системы

Оросительные системы с применением дождевальной техники  
 Оросительные системы при поверхностном поливе  
 Системы капельного орошения  
 Системы внутрпочвенного орошения  
 Системы синхронно-импульсного орошения  
 Системы лиманного орошения  
 Рисовые оросительные системы  
 Оросительные системы с использованием животноводческих стоков ...

## Параметры гидротехнического сооружения

До 1 л/с  
 От 1 до 10 л/с  
 От 10 до 50 л/с  
 От 50 до 100 л/с  
 Свыше 100 л/с



ПОЛУЧИТЬ СПИСОК

СБРОСИТЬ ЗАПРОС

ВЫХОД

Название	Описание	Ссылки
ТП901-1-87.87	Водозаборные сооружения производительностью от 0,02 до 1,5 м³/с для амплитуд колебаний уровней воды до 6 м. Насосная станция производительностью от 0,16 до 0,66 м³/с с заглублением машзала 5,4 м	ПЗ: <a href="mailto:pz@example.com">pz@example.com</a> СМ: <a href="mailto:sm@example.com">sm@example.com</a>
ТП413-1-032.86	Водозаборные сооружения из рек и водохранилищ с установкой рыбозащитных устройств зонтичного типа для насосных станций с подачей воды до 5,0 м³/с	ПЗ: <a href="mailto:pz@example.com">pz@example.com</a> СМ: <a href="mailto:sm@example.com">sm@example.com</a>
ТП901-1-81.87	Водозаборные сооружения производительностью от 0,02 до 1,5 м³/с для амплитуд колебаний уровней воды до 6 м. Насосная станция с производительностью от 0,02 до 0,16 м³/с с заглублением машзала 2,4 м	ПЗ: <a href="mailto:pz@example.com">pz@example.com</a> СМ: <a href="mailto:sm@example.com">sm@example.com</a>

Рисунок 1 – Диалоговое окно информационно-аналитической системы типовой проектной документации в области мелиорации (предварительный вариант)



**Заключение.** При создании информационно-аналитической системы необходимо выполнение соответствующих требований, которые следует подразделять на основные и специальные.

К основным требованиям нужно относить:

- системность, выраженную в декомпозиции разрабатываемой системы на подсистемы и компоненты, обеспечивающие автономность разработки и внедрения на основе единой технологической и технической платформы (политики);

- открытость, заключающуюся в возможности оперативного и всестороннего расширения системы без нарушения ее внутреннего функционала;

- стандартизацию (унификацию), проявляющуюся в применении типовых и стандартизированных решений, протоколов и т. п., в целях использования блочно-модульного метода построения как системы в целом, так и ее подсистем и компонентов;

- согласованность, включающую возможности обеспечения соответствия производимых и модернизационных процессов подсистем для адаптации к постоянно изменяющимся требованиям пользователей и принимаемым управленческим решениям.

К специальным требованиям следует отнести:

- полноту информации, выражающуюся в обеспечении принятия организационных и управленческих решений поставленных задач в рамках выполнения приоритетных проектов в области мелиорации – планирования, исполнения, мониторинга, контроля и прогнозирования;

- иерархичность, заключающуюся в возможности ввода и предоставления необходимой информации вне зависимости от уровня организационного и территориального использования пользователем данной информационно-аналитической системы;

- рациональное применение и комплексную интеграцию, проявляющиеся в обеспечении применения типовых технологий и методов при разработке (создании) компонентов и подсистем информационно-аналитической системы;

- семантическое единство, выражаемое в обеспечении выполнения комплекса мероприятий для формирования единого информационного пространства (терминологическая система показателей, форматы представления данных, регламенты и т. д.).

#### **Список источников**

1. Бочаров А. Ю., Мамаева О. А., Сердюк М. В. Особенности и проблемы применения типовой проектной документации // Градостроительство и архитектура. 2016. № 4(25). С. 5–12.

2. Ступин Ю. В. Проблемы приоритетного информационно-аналитического обеспечения приоритетных национальных проектов и программ // Приоритетные национальные проекты: первые итоги и перспективы: сб. науч. тр. М., 2007. С. 78–81.

3. О государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717: по состоянию на 26 нояб. 2020 г. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

4. Кадыров С. В. Цифровые технологии в сельском хозяйстве. Умное сельское хозяйство // 100-летие кафедры растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий: итоги и перспективы инновационного развития. Юбилейн. сб. науч. тр.: материалы междунар. науч.-практ. конф. Воронеж, 2019. С. 29–36.

5. Меденников В. И., Муратова Л. Г., Сальников С. Г. Цифровая платформа для сельского хозяйства // Вестник сельского развития и социальной политики. 2017. № 3(15). С. 111–113.

6. Осипов В. С., Боговиз А. В. Переход к цифровому сельскому хозяйству: предпосылки, дорожная карта и возможные следствия // Экономика сельского хозяйства России. 2017. № 10. С. 11–15.

7. Труфляк Е. В., Курченко Н. Ю. Оценка готовности регионов к внедрению цифровых технологий в сельское хозяйство // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2019. № 10(180). С. 22–26.

8. ГОСТ 21.001-2013. Система проектной документации для строительства. Общие положения [Электронный ресурс]. Введ. 2015-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

9. ГОСТ 21.002-2014. Система проектной документации для строительства. Нормоконтроль проектной и рабочей документации [Электронный ресурс]. Введ. 2015-07-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

10. МДС 11-9.2000. Методические указания по составлению и оформлению каталожных листов проектной документации массового применения, включаемой во 2-ю и 3-ю части Строительного каталога [Электронный ресурс]. Введ. 1995-01-01. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

11. Слабунов В. В., Кириленко А. А., Воеводин О. В. Направления конструирования инновационного комплекса автономного энергообеспечения для дождевальных машин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 3(79). С. 142–145.

## МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

---

---

УДК 631.67:631.452

**Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова**

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

### ТРЕБОВАНИЯ К ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ДЛИТЕЛЬНО ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

*Аннотация.* Целью исследований являлось рассмотрение требований к химической мелиорации для повышения плодородия длительно орошаемых земель. Проведение химических мелиораций актуально для кислых, щелочных и солонцеватых почв. Применяют такие виды мелиораций, как кислование, известкование, гипсование, но мелиорирование следует выполнять в соответствии с определенными требованиями. В результате выделены основные из них: необходимость составления проекта химической мелиорации; точное определение степени нуждаемости почв в том или ином виде химической мелиорации с составлением картограмм; мелиорирование в первую очередь сильно нуждающихся почв; формулы расчета доз мелиорантов должны учитывать региональные особенности почв, подлежащих мелиорации; выбор качественных дешевых, удобных для доставки мелиорантов, но не содержащих токсичные элементы выше предельно допустимых параметров; выполнение важных экологических функций в агроэкосистемах, а именно: оптимизация параметров показателей плодородия почв, инактивация подвижных форм тяжелых металлов и других токсичных элементов с целью исключения их поступления в растения, снижение эрозионной опасности почвенного покрова за счет улучшения водно-физических и физико-химических свойств почв, что должно способствовать лучшему развитию растений и их корневой системы.

*Ключевые слова:* требования, химическая мелиорация, гипсование, известкование, проект, расчет доз мелиорантов

\*\*\*\*\*

**L. M. Dokuchaeva, R. E. Yurkova**

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

### REQUIREMENTS FOR CHEMICAL RECLAMATION FOR INCREASING FERTILITY OF LONG-TERM IRRIGATED LANDS

*Abstract.* The aim of the research was to consider the requirements for chemical reclamation to increase the fertility of long-term irrigated lands. Chemical reclamation is important for acidic, alkaline and alkaline soils. Such types of reclamation as acidification, liming, gypsum are used, but reclamation should be performed in accordance with certain requirements. As a result, the main ones were highlighted: the need to draw up a project for chemical reclamation; accurate determination of the degree of soil need for one or another type of chemical reclamation with the preparation of cartograms; foremost reclamation of badly needed soils; formulas for calculating the doses of ameliorants should take into account the regional characteristics of the soils to be reclaimed; selection of high-quality, cheap, convenient for delivery ameliorants, but not containing toxic elements above the maximum permissible parameters; fulfillment of important ecological functions in agroecosystems, namely: optimization of parameters of soil fertility indicators, inactivation of mobile forms of heavy

metals and other toxic elements in order to exclude their entry into plants, reduction of the erosion hazard of the soil-the chemical properties of soils, which should contribute to the better development of plants and their root system.

**Keywords:** requirements, chemical reclamation, plastering, limescale, project, calculation of doses of ameliorants

**Введение.** Проведение химических мелиораций актуально как для богарных, так и для мелиорированных земель. Об этом свидетельствуют данные, изложенные в научных трудах и непосредственно в государственных докладах «О состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения РФ», «О состоянии и об охране окружающей среды РФ» [1–4]. В мелиорации нуждаются кислые, щелочные и солонцеватые почвы. Площади этих земель очень велики. Так, площади кислых почв, требующие первоочередного известкования, составляют 35,1 млн га, из них 2,7 % приходится на сильно- и очень сильнокислые разновидности [3]. Эти земли расположены в основном в Центральном (60,7 %), Дальневосточном (60 %) и Уральском (50,2 %) федеральных округах. В Северо-Западном, Приволжском и Сибирском федеральных округах они занимают соответственно 47, 35 и 32 %.

Почвы с pH выше 7,5, к которым относятся щелочные и солонцеватые, по статистике располагаются на площади 16 млн га преимущественно в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах [3]. Но, видимо, их гораздо больше, так как только в степной и сухостепной зонах солонцы и солонцовые комплексы составляют более 20 млн га [4].

Практически все орошаемые земли, особенно длительно орошаемые, подвержены процессам ощелачивания и осолонцевания [5, 6]. Исходя из этого, Е. И. Панкова считает, что орошаемые земли нуждаются в самостоятельном мониторинге и выделении их из общего фонда, а также необходимо в них отдельно учитывать залежные, засоленные и солонцовые почвы [7]. В последние годы уделяется много внимания мелиорированным землям, которые на 01.01.2018 составляют по России 7,13 млн га. Из них 3,86 млн га приходится на орошаемые земли и 3,27 млн га – на осушенные. В 2018 г. в рамках программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России» проведены мероприятия по защите земель от водной эрозии, затопления и подтопления. Но мероприятия по известкованию и гипсованию почв не проводились. В результате резкого снижения мероприятий по химической мелиорации почв в нашей стране увеличиваются площади кислых, щелочных и солонцеватых почв. На таких землях химическая мелиорация должна предшествовать всем агротехническим приемам, особенно по применению минеральных удобрений и возделыванию высокопродуктивных сельскохозяйственных культур, эффективность которых иначе будет снижена на 30–40 % [2], но первоначально надо восстановить инфраструктуру данной отрасли химизации.

С этой целью нами проработаны требования к проведению химической мелиорации, которая заключается в осуществлении комплекса мелиоративных мероприятий по улучшению химических и физических свойств почв посредством регулирования состава катионов почвенного поглощающего комплекса (ППК), замены водорода, алюминия, железа, марганца в кислых почвах или натрия, а зачастую и магния, в щелочных почвах кальцием. Также для проведения мелиорации земель предусмотрен определенный порядок. Прежде всего необходима разработка проекта химической мелиорации в соответствии с технико-экономическим обоснованием, учитывающим строительные, экологические, санитарные и иные нормы и правила [8].

Проект мелиорации должен содержать:

- задание на проектирование;
- пояснительную записку;
- почвенно-мелиоративную карту;

- акт почвенно-мелиоративных изысканий;

- расчет доз мелиорантов с учетом свойств почв и экологической их безопасности.

В пояснительной записке должны содержаться общие сведения о хозяйстве, природных условиях, агро-мелиоративная характеристика осваиваемых почв, обоснование проводимых мероприятий, потребности в мелиорантах и удобрениях, сметно-финансовые расчеты, экономическая эффективность мелиорации.

На кислых почвах проводят следующие мероприятия: известкование и фосфорирование. На солонцеватых и щелочных – гипсование и кислотование. Следует отметить, что химическая мелиорация должна выполняться на участках, где уровень грунтовых вод глубже 3 м и осуществлена планировка.

Гипсование почв – это прием химической мелиорации для солонцеватых почв и почв солонцовых комплексов, содержащих большую долю натрия, а иногда и магния в ППК и имеющих щелочную реакцию, с помощью гипса и гипсосодержащих веществ. Нуждаемость в гипсовании возрастает от слабой к средней и сильной солонцеватости при переходе от слабосолонцеватых к солонцеватым почвам, т. е. с увеличением доли в ППК натрия от 5–10 до 20 % и более.

В качестве гипсосодержащих мелиорантов используются глиногипс, сыромолотый гипс, фосфогипс, удобрительно-мелиорирующие средства [9–12].

Требования к качеству гипсосодержащих материалов представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Требования к качеству гипса и фосфогипса**

Гипсосодержащий материал	Содержание в расчете на сухой дегидрат $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , %		Полный остаток (%) на сите с размером ячеек, мм			
	сульфатов кальция не менее	свободной влаги не более	10	5	1	0,25
Сыромолотый гипс класса А (МРТУ 2-65)	85	5	0	0	3,5	2,5
Сыромолотый гипс класса Б (МРТУ 2-65)	70	5	0	2	20	48
Фосфогипс апатитовый (ТУ 6-08-207-71)	92	не менее 8 и не более 15	–	–	–	–

Очень важно, чтобы влажность гипсосодержащих материалов не превышала 5–8 %. Иначе они слеживаются при хранении и превращаются в глыбы и комки. Сыпучие мелиоранты вносят разбрасывателями минеральных удобрений – РУМ-5, РУМ-8, РУМ-16, РМУ-8000, ТРУ-7000, для больших площадей используют Amazone, МВУ-5, МВУ-6 и др. Для разбрасывания удобрительно-мелиорирующих смесей и компостов из-за больших доз используют разбрасыватели органических удобрений РОУ-6М, ПРГ-10, ПРТ-16 и др.

Особым способом мелиорации содовозасоленных (щелочных) почв является кислотование. Для нейтрализации щелочности рекомендуется отработанная серная кислота, отработанный электролит травления стали, фосфогипс, сульфат железа. Жидкие мелиоранты доставляются на поле в толстостенных цистернах. После разбавления их рассеивают автомобильным РЖУ-3.6 и др. или сливают в специальную емкость, расположенную ниже водовыпуска, и тонкой струей кислоту подают в оросительную воду. Для поддержания заданной концентрации раствора устанавливается автоматический дозатор.

Известкование применяется на кислых почвах для нейтрализации кислотности. Для данного вида мелиорации сыпучие известковые мелиоранты вносятся разбрасывателями РУМ-5, РУМ-8, РУМ-16, РМУ-8000, МВУ-5, МВУ-6 и т. д. Для данного вида мелиорации непригодны кальциевые соли сильных кислот (гипс), которые приводят, наоборот, к подкислению почв [13]. В зависимости от состава и строения известковых

материалов требования к тонине помола различные. Наиболее жесткие требования необходимо применять к известковым материалам в силикатной форме, которые обладают меньшей растворимостью.

Оптимальный диаметр доломитовой муки не должен превышать 1 мм, известняковой муки – 2–5 мм, а мягких пород (гажа, туфы) – 10 мм. Относительно крупные частицы диаметром более 1–3 мм не являются «балластом», как считалось ранее, хотя и взаимодействуют с почвой гораздо медленнее. Но это свойство увеличивает продолжительность действия мелиоранта.

Для известкования почв используют три группы материалов [14]:

1) известковое удобрение, получаемое в результате промышленной переработки карбонатных пород (известковая мука);

2) рыхлые (мягкие) карбонатные породы (мел, туф, гаша);

3) известьсодержащие отходы промышленности (цементная пыль, сланцевая зола, шлаки, дефекал).

Расчет доз мелиорантов осуществляется строго по формулам, разработанным:

- для малонатриевых солонцеватых почв;

- для малонатриевых почв с большим содержанием обменного магния;

- для средне- и многонатриевых почв;

- для почв, содержащих щелочность более 1,6 ммоль-экв./100 г;

- для почв, содержащих гидролитическую кислотность более 4,0 ммоль-экв./100 г [15, 16].

При недонасыщении почв кальцием расчет должен проводиться по методу донасыщения [17]. Когда мелиорация проводится на высокодисперсных солонцеватых почвах или мелиорантом с неизвестной мелиорирующей основой, доза устанавливается по порогу коагуляции [15].

Все используемые средства для химической мелиорации не должны содержать токсичных элементов выше предельно допустимых параметров. Особенно осторожными следует быть при работах с фосфогипсом, который как мелиорант является наиболее востребованным во многих регионах России, но в то же время 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. Поэтому через 3 года после проведения мелиорации фосфогипсом рекомендуется проконтролировать содержание фтора и стронция в почве, а также фоновое содержание стронция в растительном материале и соотношение Ca:Sr в почвах и растениях [16].

Для обоснования технологии химмелиорации и вида мелиоранта необходимо, в первую очередь, провести оценку свойств почв по результатам почвенно-мелиоративных изысканий, а затем составляются карты и картограммы:

- карта глубин залегания и минерализации грунтовых вод;

- картограммы кислотности и щелочности, степени солонцеватости и засоленности слоя почв 0–40 см;

- картограммы глубин залегания кислых горизонтов и показатели pH;

- картограммы глубин залегания солевого и солонцеватого горизонтов;

- картограмма уровня залегания карбонатов с содержанием более 3 %;

- картограмма уровня залегания гипса с содержанием более 0,3 %;

- картограммы мощности гумусового горизонта;

- картограмма глубины залегания уплотненного горизонта (плотность сложения почв более 1,4 т/м<sup>3</sup>);

- картограммы обеспеченности почв питательными элементами;

- картограммы загрязнения почв тяжелыми металлами;

- картограммы мелиорации солонцеватых, щелочных и кислых почв.

Так как почвы являются объектами охраны окружающей среды, химическая ме-

лиорация не должна приводить к ухудшению ее экологического состояния [18]. В связи с этим на землях, где проведена химическая мелиорация, должен осуществляться периодически экологический контроль, охватывающий состояние почв и растений по системе нормативов ПДК и предельным концентрациям химических элементов с приоритетом контроля за содержанием фтора, стронция, кадмия, натрия, хлора.

**Выводы.** Главные требования к проведению химической мелиорации почв следующие:

- составление проекта химической мелиорации;
- точное определение степени нуждаемости почв в том или ином виде химической мелиорации с составлением картограмм;
- в первую очередь мелиорирование сильно нуждающихся, во вторую – средннуждающихся и в третью – слабонуждающихся почв;
- формулы расчета доз мелиорантов должны учитывать региональные особенности почв, подлежащих мелиорации;
- выбор качественных дешевых и удобных для доставки мелиорантов, в зависимости от технологии химической мелиорации их технические требования могут быть различными, но они не должны содержать токсичные элементы выше предельно допустимых параметров и должны иметь влажность в пределах 8–15 % для исключения слеживаемости;
- лучшим сроком проведения химической мелиорации является осень, когда на полях отсутствуют сельскохозяйственные культуры и освобождена техника для осуществления этих работ механизированным способом;
- выполнение важных экологических функций в агроэкосистемах, а именно: оптимизация параметров показателей плодородия почв, инактивация подвижных форм тяжелых металлов и других токсичных элементов с целью исключения их поступления в растения, снижение эрозионной опасности почвенного покрова за счет улучшения водно-физических и физико-химических свойств почв, что способствует лучшему развитию растений и их корневой системы.

#### Список источников

1. Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России / А. В. Колганов, Н. В. Сухой, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. 222 с.
2. Некрасов Р. В., Овчаренко М. М., Аканова Н. И. Агроэкологические основы химической мелиорации почв // Земледелие. 2019. № 4. С. 3–7.
3. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2018 году. М.: Росинформагротех, 2020. 340 с.
4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». М.: Минприроды России; Кадастр, 2019. 844 с.
5. 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 общ. ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. 164 с.
6. Бабичев А. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Факторы, усиливающие отрицательное воздействие длительного орошения на свойства чернозема обыкновенного // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 4(40). С. 1–22. URL: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=1156> (дата обращения: 10.02.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-1-22.
7. Панкова Е. И., Горохова И. Н. Анализ сведений о площади засоленных почв России на конец XX и начало XXI веков // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2020. № 103. С. 5–33. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-103-5-33>.

8. О мелиорации земель: Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ: по состоянию на 27 декабря 2019 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/10108787/> (дата обращения: 10.02.2021).
9. Мелиорация солонцовых почв в условиях орошения / Н. С. Скуратов, О. Ю. Шалашова, И. Н. Лозановская, Л. М. Докучаева, Т. В. Усанина. Новочеркасск, 2005. 179 с.
10. Рекомендации по мелиорации засоленно-солонцовых почв Центрально-Черноземного региона / В. И. Турусов, А. М. Новичихин, Ю. И. Чевердин, В. А. Беспалов, Т. В. Титова, А. Н. Рябцев. Каменная степь, 2019. 18 с.
11. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Шалашова О. Ю. Использование фосфогипса и фосфогипсосодержащих мелиорантов для мелиорации солонцовых почв в условиях орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2012. № 3(07). С. 52–64. URL: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=113&id=116> (дата обращения: 10.02.2021).
12. Шалашова О. Ю., Бабичев А. Н. К вопросу применения удобрительно-мелиорирующих смесей при химической мелиорации почв солонцовых комплексов // Научная жизнь. 2018. № 4. С. 105–116.
13. Осипов А. И. Научная основа химической мелиорации почв и перспективы их дальнейшего изучения // Агрофизика. 2012. № 3(7). С. 41–50.
14. Научно-практические рекомендации по известкованию почв в Курской области / О. Г. Чуян, Д. В. Дубовик, Н. П. Масютенко, В. И. Лазарев. Курск: Курский ФАНЦ, Комитет АПК Курской области, 2019. 30 с.
15. 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.
16. Рекомендации по использованию фосфогипса для мелиорации солонцов. М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 2006. 46 с.
17. Березин Л. В., Градобоева В. Ф., Елкина В. С. Определение доз гипса для мелиорации солонцов методом донасыщения // Труды ОмСХИ. Омск, 1973. Т. 113. С. 33–38.
18. ГОСТ Р ИСО 14031-2016. Экологический менеджмент. Оценка экологической эффективности. Руководство по оценке экологической эффективности. Введ. 2017-06-01. М.: Стандартинформ, 2017. 31 с.

УДК 631.67

**В. Н. Щедрин, А. Н. Бабичев**

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

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ МАЛОВОДНОСТИ**

**Аннотация.** Целью исследований являлось изучение проблем оросительных мелиораций и формирование путей их решения. В сухой, маловодный 2020 г. на богарных землях, по отношению к орошаемым, снизилась урожайность сельскохозяйственных культур у подсолнечника до 5 раз, у кукурузы на зерно до 3–4 раз. При низкой обеспеченности водными ресурсами Нижнего Дона одним из вариантов восполнения дефицита является возобновление строительства канала Волга – Дон 2, который предполагал бы отбор 5000–6000 млн м<sup>3</sup> из р. Волги. Стратегией инновационного развития мелиорации земель в России предусмотрено создание отечественной дождевальной техники и современных технологий ее применения. В РосНИИПМ разработаны и прошли производственные испытания дождевальные машины нового поколения из композитных материалов: кругового действия «Дон-К» и фронтального «Волго-Дон», которые способны осуществлять технологию прецизионного орошения, а также оборудова-



ние для технологий прецизионного орошения, которое возможно совмещать практически с любыми широкозахватными дождевальными машинами. Дальнейшее развитие орошаемого сельскохозяйственного производства невозможно без использования современных высокотехнологических производств дождевальной техники, а также технологий прецизионного орошения, которые позволяют не только экономить столь дефицитные водные и материальные ресурсы, но и получать урожай сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** прецизионное орошение, маловодность, дождевальная машина, технические характеристики, орошаемое земледелие

\*\*\*\*\*

**V. N. Shchedrin, A. N. Babichev**

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

### THE PROSPECTS FOR USING MODERN IRRIGATION TECHNOLOGIES UNDER THE LOW-WATER CONDITIONS

**Abstract.** The aim of the research was to study the problems of irrigation reclamation and the formation of ways to solve them. In dry, low-water year of 2020, the yield of agricultural crops for sunflower decreased up to 5 times, for corn for grain up to 3–4 times on rainfed lands, in relation to irrigated lands. With the low availability of water resources in the Lower Don, one of the options for replenishing the water deficit is the resumption of the construction of the Volga-Don 2 canal, which would imply the withdrawal of 5000–6000 million m<sup>3</sup> from the river Volga. The strategy of innovative development of land reclamation in Russia provides for the creation of domestic sprinkling equipment and modern technologies for its application. RosNIIPM has developed and passed production tests a new generation of sprinklers made of composite materials: center-pivot sprinkler “Don-K” and lateral sprinkler “Volgo-Don”, which are capable of implementing precision irrigation technology, as well as equipment for precision irrigation technologies, which can be combined with almost any wide-coverage sprinkler machines. Further development of irrigated agricultural production is impossible without the application of modern high-tech production of sprinkling equipment, as well as precision irrigation technologies, which allow not only to save such scarce water and material resources, but also to obtain a harvest of agricultural crops.

**Keywords:** precision irrigation, lack of water, sprinkler machine, technical characteristics, irrigated agriculture

**Введение.** Сегодня в мире до 80 % потребляемой пресной воды приходится на сельскохозяйственные нужды. На орошаемых землях выращивают до 40 % от общего объема производимой продукции. В связи с большой водоемкостью одной из основных задач орошаемого земледелия становится повышение урожайности без увеличения расходов воды. Мировой опыт показывает, что обеспечение устойчивого развития АПК и продовольственной безопасности страны возможно только при достаточном развитии и эффективном использовании ресурсов на мелиорированных землях [1].

Проблемой последних лет для орошаемого земледелия является маловодье, особенно на юге России, в связи с уменьшением стока талых и дождевых вод в осенне-зимний и весенний периоды.

**Результаты и обсуждения.** Сухой, маловодный 2020 г. еще раз доказал нам, что сельскохозяйственные культуры с продолжительной вегетацией (подсолнечник, кукуруза, сорго и др.) на богарных землях снижают свою урожайность в разы. Например, подсолнечник до 5 раз, кукуруза на зерно до 3–4 раз.

Напряженная водохозяйственная ситуация сложилась на основных водохранилищах, используемых в том числе для целей орошаемого земледелия.

Полезный объем Цимлянского водохранилища по состоянию на 15.10.2020 составляет 17,4 % от полезного объема при НПУ, а его приточность на 20 % меньше, чем попуск воды через гидроузел.

Еще более напряженная ситуация наблюдается на Краснодарском водохранилище, фактический объем которого ниже мертвого объема.

Наиболее благоприятная ситуация по состоянию на октябрь 2020 г. складывается на Волгоградском водохранилище: полезный объем его в настоящее время составляет 7100 млн м<sup>3</sup>, приточность – 7250 м<sup>3</sup>/с, на 13 % выше попуска воды в нижний бьеф гидроузла в объеме 6290 м<sup>3</sup>/с.

Одним из вариантов восполнения дефицита водных ресурсов в Цимлянском водохранилище является возобновление строительства канала Волга – Дон 2, который предполагал бы отбор 5000–6000 млн м<sup>3</sup> из р. Волги.

По расчетам проектировщиков, строительство только первой очереди канала Волга – Дон 2 с годовым забором 1800 млн м<sup>3</sup> позволило бы решить проблему лимитов водозабора для орошения из Цимлянского водохранилища. переброска такого объема воды из р. Волги в р. Дон позволила бы решить экологические проблемы Нижнего Дона и Азовского моря.

Также необходимо увеличить объемы повторного использования дренажных и сточных вод с разбавлением их донской водой до нормативных показателей. Наиболее актуален этот вопрос на рисовых оросительных системах с большими расходами воды.

Проведенный анализ состояния орошаемого земледелия показывает, что экономия водных ресурсов может происходить по трем направлениям:

- первое: научно обоснованное снижение оросительных норм за счет разработки ресурсосберегающих режимов орошения в условиях дефицита водных ресурсов и создания современных водосберегающих технологий орошения, что в конечном счете позволит снизить объемы воды на единицу площади на 10–15 %;

- второе: рост урожайности культур за счет селекции и разработки сортовой агротехники и режимов орошения, когда при использовании проектной оросительной нормы и увеличении урожайности на 20–30 % и более расход воды на производство единицы продукции снижается на 30–40 % по сравнению с проектными показателями;

- третье: применение дождевальных машин с прецизионной технологией орошения позволяет дозированно распределять оросительную воду, равномерно увлажнять почву на всем орошаемом поле, снизить потребление воды до 15–20 % при повышении урожайности сельскохозяйственных культур на 10–15 %.

Поэтому стратегией инновационного развития мелиорации земель в России предусмотрено создание отечественной дождевальной техники и современных технологий их применения, увязанных с системой точного земледелия [1].

В РосНИИПМ разработаны и прошли производственные испытания дождевальные машины нового поколения из композитных материалов: кругового действия «Дон-К» и фронтального «Волго-Дон», которые способны осуществлять технологию прецизионного орошения. Испытания опытных образцов дождевальных машин проходили на опытном поле УМПЦ «Горная поляна» Волгоградского ГАУ по следующим показателям: агротехнические, безопасность, эргономичность и надежность. Производственные испытания показали, что оба опытных образца готовы к серийному выпуску без доработок [2–5]. Технические характеристики дождевальных машин «Дон-К» и «Волго-Дон» представлены в таблице 1.

Дождевальные машины кругового и фронтального действия предназначены для орошения сельскохозяйственных культур: овощных, кормовых, зерновых, в т. ч. высокостебельных, с забором воды из закрытой оросительной сети.

В конструкции широкозахватной дождевальной машины фронтального действия используется инновационная система позиционирования тележек собственной разработ-

ки. По результатам испытаний системы управления, дождевальная машина «Волго-Дон» превосходит аналоги по точности позиционирования самоходных тележек в линию.

**Таблица 1 – Технические характеристики дождевальных машин «Дон-К» и «Волго-Дон»**

Показатель	Марка дождевальной машины	
	«Дон-К»	«Волго-Дон»
Количество ходовых тележек	3–14	6–14
Привод ходовых тележек	Электрический	Электрический
Максимальная потребляемая мощность машины, кВт	0,72–3,36	1,44–3,36
Расход воды машиной, л/с	10–90	10–90
Норма полива, м <sup>3</sup> /га	50–300	50–300
Давление на входе в машину, МПа	0,2–0,4	0,2–0,4
Рабочая длина захвата, м	105–435	185–435
Максимальная скорость движения последней ходовой тележки, м/ч	45	45
Габаритные в рабочем положении (длина / ширина / высота), м:		
минимальные	93 / 4,2 / 6,5	183 / 4,2 / 6,5
максимальные	423 / 4,2 / 6,5	423 / 4,2 / 6,5
Диаметр трубопровода, мм	100–150	150
Высота расположения оси водопроводящего трубопровода, м	2,5	2,5
Высота расположения дождевальных аппаратов над поверхностью земли, м	2,5	2,5
Количество дождевальных аппаратов	37–169	74–169
Тип дождевальных аппаратов	Дефлекторные секторные, круговые	Дефлекторные секторные, круговые
Диаметр сопла дождевального аппарата, мм	1–8	1–8
Количество концевых разбрызгивателей	1	1
Обслуживающий персонал, чел.	1 на 5 машин	1 на 5 машин

Самоходные тележки оборудованы стандартными электродвигателями отечественного производства, модернизация которых в условиях собственного производства позволяет повысить их степень пыле- и влагозащищенности [2–5].

Далее хотелось бы поподробнее остановиться на прецизионной технологии орошения, которая уже разработана и разрабатывается как в России, так и за рубежом.

Общеизвестно, что в последние десятилетия ученые занимаются вопросами создания аппаратуры, технологий и программного обеспечения для дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [6, 7].

Но это одна сторона вопроса, в основном техническая, которая показывает, что применение метода ДЗЗ для мониторинга позволит контролировать:

- сроки и качество проведения основных агротехнических работ;
- наличие влаги в почве и корректировку водного режима;
- наличие питательных веществ в почве и корректировку питательного режима;
- условия влагообеспеченности вегетационного периода;
- особенности роста, развития и состояния посевов сельскохозяйственных культур;
- повреждение растений из-за неблагоприятных погодных условий;
- особо опасные болезни и вредителей и др.;
- прогноз урожайности.

Сотрудниками РосНИИПМ разработано оборудование для технологий прецизионного орошения, которое возможно совмещать практически с любыми широкозахватными дождевальными машинами.

Принцип работы оборудования следующий: с помощью компактного гиперспектрометра, установленного непосредственно на дождевальной машине, полученные данные дистанционного зондирования о влажности почвы или недостатке питательных веществ в растениях по сегментам поля и позиционировании положения дождевальной машины на поле позволяют процессору, установленному на машине, обработать данные и давать команды, управлять расходом воды и направлением струи каждого дождевателя, осуществлять технологию прецизионного орошения, когда на каждый сегмент поля подается дозированный объем воды или питательных веществ с расчетом их выравнивания на всем поле при каждом поливе [8–14].

**Выводы.** Таким образом, острозасушливый 2020 г. позволил еще раз сделать вывод, что дальнейшее развитие орошаемого сельскохозяйственного производства невозможно без использования современных высокотехнологических производств дождевальной техники, а также технологий прецизионного орошения, которые позволяют не только экономить столь дефицитные водные и материальные ресурсы, но и получать урожай сельскохозяйственных культур выше, чем при использовании рекомендованных зональными системами земледелия технологий на орошении, при сохранении плодородия почв.

#### Список источников

1. Щедрин В. Н. Мелиорация в России: проблемы и перспективы // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. Спецвып. С. 30–36.
2. Сравнительный анализ технико-эксплуатационных параметров дождевальной машины «Дон-К» / В. Н. Щедрин, А. А. Чураев, Л. В. Юченко, А. М. Кореновский // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 3(71). С. 101–107.
3. Чураев А. А., Юченко Л. В. К разработке базового модуля новой широкозахватной дождевальной машины вантовой конструкции // Современное научное знание: теория, методология, практика: сб. науч. ст. по материалам V Междунар. науч.-практ. конф., г. Смоленск, 31 янв. 2018 г. В 2 ч. Ч. 1. Смоленск: Новаленсо, 2018. С. 156–160.
4. Чураев А. А. Сравнительные характеристики новой широкозахватной дождевальной машины вантовой конструкции // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 4. С. 26–30.
5. Многоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения / А. А. Чураев, Ю. Ф. Снопич, М. В. Вайнберг, Л. В. Юченко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 1(69). С. 64–66.
6. Щедрин В. Н., Васильев С. М., Чураев А. А. Оптимизация состава приборного обеспечения контроля агрометеопараметров как этап разработки технологии прецизионного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2016. № 3(23). С. 1–18. URL: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=1094> (дата обращения: 04.02.2021).
7. Корсак В. В., Пронько Н. А., Насыров Н. Н. Применение ГИС-анализа для оценки природных условий поливного земледелия // Научная жизнь. 2014. № 2. С. 18–24.
8. Экспериментальное определение влажности почвы по гиперспектральным изображениям / В. В. Подлипов, В. Н. Щедрин, А. Н. Бабичев, С. М. Васильев, В. А. Бланк // Компьютерная оптика. 2018. Т. 42, № 5. С. 877–884. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-42-5-877-884.
9. Наземная гиперспектральная аппаратура для измерения вегетативных индексов в задачах прецизионного орошения сельскохозяйственных культур / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, А. Н. Бабичев, Р. В. Скиданов, В. В. Подлипов, Ю. Н. Журавель //

Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 1(29). С. 1–14. URL: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=526&id=527> (дата обращения: 04.02.2021).

10. Балакай Г. Т., Васильев С. М., Бабичев А. Н. Концепция дождевальнoй машины нового поколения для технологии прецизионного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2017. № 2(26). С. 1–18. URL: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=476&id=477> (дата обращения: 04.02.2021).

11. Бабичев А. Н., Балакай Г. Т., Монастырский В. А. Оперативное управление режимом орошения при программировании урожайности сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2017. № 3(27). С. 83–96. URL: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=285> (дата обращения: 04.02.2021).

12. Система управления широкозахватной машиной кругового действия для прецизионного орошения / А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко, Р. В. Скиданов, В. В. Подлипов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 1(73). С. 195–199.

13. Бабичев А. Н., Ольгаренко В. И. Технологические подходы к нормированию орошения и аппарат прогнозирования водопотребления картофеля в условиях поймы Нижнего Дона // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2016. № 2(22). С. 148–165. URL: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=1086> (дата обращения: 04.02.2021).

14. Ольгаренко В. Иг., Бабичев А. Н., Монастырский В. А. Принципы применения элементов технологии точного земледелия и прецизионного орошения в сельскохозяйственном производстве // Новости науки в АПК. 2018. № 2-2(11). С. 23–26.

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 627.831, 631.672.2

**Е. В. Кузнецов, М. Хасан, А. Алматар, Л. В. Моторная**

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РАСХОДА ВОДОСЛИВА ВОДОПОДПОРНОГО СООРУЖЕНИЯ НА КАНАЛАХ

**Аннотация.** Целью работы является экспериментальное исследование полигонального водослива водоподпорного сооружения, предназначенного для создания подпора уровня в верхнем бьефе, обеспечения устойчивой работы мелиоративных насосных станций и беспрепятственного пропуска наносов в нижний бьеф. Выполнялось физическое моделирование параметров полигонального водослива в гидравлическом лотке прямоугольной формы размером  $4,5 \times 0,43 \times 1,0$  м. Длина модели водосливного фронта и высота порога водослива получены с учетом линейного масштаба: горизонтальный – 1:25 и вертикальный – 1:10. Заложения откосов в эксперименте были постоянными: для верхового откоса порога водослива – вертикальное, 1:1 и 2:1, а для низового откоса заложение было во всех опытах 1:0,27. Модель водослива была выполнена из гипса и покрыта двумя слоями эмалевой краски. Для определения основных характеристик полигонального водослива используются общепринятые методы гидравлических исследований. В статье представлены экспериментальные данные водослива при относительной ширине стенки  $0,35 \leq h/L \leq 1,50$ . Получены зависимости для случая истечения жидкости через полигональный водослив при различных углах наклона  $\theta$  верхового откоса порога. Установлены экспериментальным путем коэффициенты расхода полигонального водослива, которые находятся в диапазоне  $0,302 \leq m \leq 0,489$ . На основании экспериментальных исследований получена расчетная формула для определения коэффициента расхода полигонального водослива вида  $m = f(h/P, h/\bar{L}, h/B, \theta)$ . Полученную формулу можно применять при проектировании полигональных водосливов на мелиоративных каналах для создания подпора уровней.

**Ключевые слова:** полигональный водослив, коэффициент расхода, заложение верхового откоса порога, канал, треугольный водослив

\*\*\*\*\*

**E. V. Kuznetsov, M. Khasan, A. Almatar, L. V. Motornaya**

Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

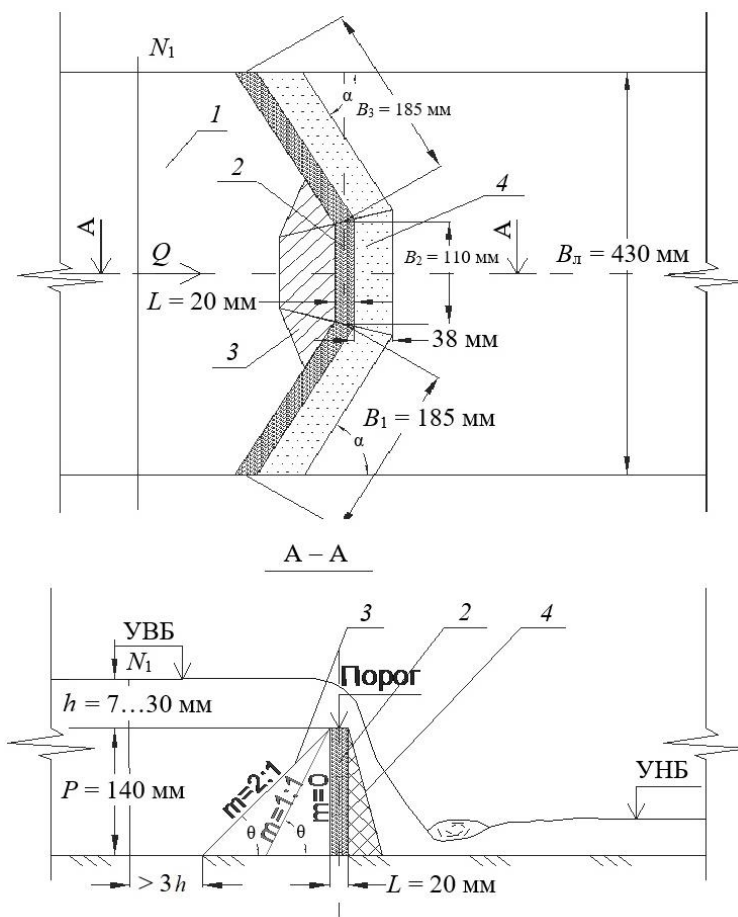
### INVESTIGATION OF THE WEIR DISCHARGE COEFFICIENT OF WATER RETAINING STRUCTURE ON CANALS

**Abstract.** The aim of the work is an experimental study of a polygonal weir of a water retaining structure, designed for creating a backwater level in the upstream, ensuring the stable operation of reclamation pumping stations and the unhindered passage of sediments in the tailrace. Physical modeling of the polygonal weir parameters in a rectangular hydraulic flume with dimensions of  $4.5 \times 0.43 \times 1.0$  m was carried out. The length of the weir model and the height of the weir crest were obtained taking into account the linear scale: horizontal – 1:25 and vertical – 1:10. The rates of slopes in the experiment were constant: for the upstream slope of the weir sill they were vertical, 1:1 and 2:1, and for the downstream slope, the rates of slope were 1:0.27 in all experiments. The model of the weir was made of plaster and covered with two coats of enamel paint. To determine the main characteristics of the polygonal

weir, generally accepted methods of hydraulic research are used. The experimental data of the weir with a relative wall width of  $0.35 \leq h/L \leq 1.50$  were presented. Dependences for the case of liquid outflow through a polygonal weir at different slope angles  $\theta$  of the upper slope of the sill were obtained. The discharge coefficients of the polygonal weir in the range  $0.302 \leq m \leq 0.489$  were determined experimentally. On the basis of experimental studies, a calculation formula to determine the discharge coefficient of a polygonal weir of the form  $m = f(h/P, h/\bar{L}, h/B, \theta)$  was obtained. The formula obtained can be used when designing polygonal weirs on reclamation canals to create backwater levels.

**Keywords:** polygonal weir, discharge coefficient, formation of the crest upstream slope, canal, triangular weir

**Введение.** На мелиоративных каналах в сложившихся климатических условиях [1, 2], когда в межень наблюдаются малые уровни, требуется разработка мероприятий для устойчивой подачи воды в оросительные системы и пропуска наносов в нижний бьеф. Одним из элементов технологического решения захвата воды является создание подпорных сооружений [3, 4]. В качестве подпорного сооружения предложен полигональный водослив. Водослив автоматически пропускает наносы в нижний бьеф сооружения под действием боковых и центральных струй за счет полигональной формы в плане водосливных граней. Основные конструктивные элементы полигонального водослива поясняются рисунком 1.



1 – гидравлический лоток; 2 – водоподпорное сооружение; 3 – верховой откос; 4 – низовой откос;  $N_1$  – фиксированный створ в верхнем бьефе;  $h$  – напор над водосливом, м;  $P$  – высота порога, м;  $L$  – ширина по гребню водослива, м;  $B$  – длина водосливного фронта ( $B = B_1 + B_2 + B_3$ ), м;  $B_{\pi}$  – ширина лотка, м;  $\theta$  – угол наклона верхового откоса порога, рад;  $\alpha$  – угол боковых стенок водослива к оси потока

**Рисунок 1 – Разрез А – А и план полигонального водослива**

Водоподпорное сооружение по проекту КубГАУ построено в 2017 г. на Новокубанском канале Краснодарского края.

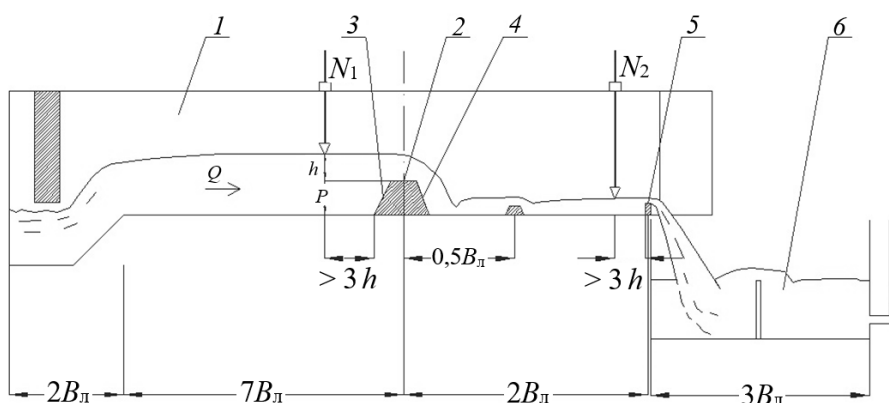
Целью исследования является опытное определение коэффициента расхода полигонального водослива водоподпорного сооружения на мелиоративных каналах. Задачи исследования:

- разработать модели полигонального водослива;
- установить зависимости коэффициента расхода от  $h/P$ ,  $h/\bar{L}$ ,  $h/B$  и  $\theta$

( $\bar{L} = \frac{L(B_1 \cos \alpha + B_2 + B_3 \cos \alpha)}{B_1 + B_2 + B_3}$  – средневзвешенная ширина порога водослива, м);

- получить обобщенную формулу коэффициента расхода для расчета основных параметров полигональных водосливов.

**Материалы и методы.** Исследование модели водослива полигональной формы в плане 1 выполнялось в гидравлическом лотке прямоугольной формы размером  $4,5 \times 0,43 \times 1,0$  м (рисунок 2).



1 – гидравлический лоток; 2 – полигональный водослив; 3 – верховой откос; 4 – низовой откос; 5 – треугольный водослив-водомер с тонкой стенкой; 6 – мерная емкость

**Рисунок 2 – Лабораторная установка**

В лотке 1 устанавливалась модель водослива 2 с высотой порога 0,14 м и длиной водосливного фронта 0,481 м на расстоянии  $7B_{л}$  от входа потока в лоток. Ширина порога водослива 0,02 м. В лотке намечался фиксированный створ  $N_1$ , где измерялся уровень в лотке во время эксперимента. Расстояние от водослива до створа было  $\geq 3h$  и составляло 0,1 м. В конце лотка в створе  $N_2$  перед треугольным водосливом-водомером 5 на расстоянии  $\geq 3h$  измерялся напор с помощью шпигель-масштаба с точностью 0,1 мм. Каждое измерение проводилось в 5-кратной повторности. Время каждого опыта измерялось образцовым секундомером и составляло 100 с. Погрешность опыта не превышает 3 %. Фактический расход измерялся треугольным водосливом-водомером по формуле [5–7]:

$$Q = Kh^{5/2},$$

где  $Q$  – фактический расход воды,  $м^3/с$ ;

$K$  – константа водослива ( $K = 1,30$ );

$h$  – напор воды на водосливе, м.

Из уравнения Д. Бернулли, применяя методику Беланже [7], получили формулу для коэффициента расхода полигонального в плане водослива:

$$m = \frac{Q}{Q^*},$$

где  $m$  – коэффициент расхода;

$Q$  – действительный расход,  $м^3/с$ ;



$Q^* = BH^{3/2}\sqrt{2g}$  – теоретический расход, м<sup>3</sup>/с;

$B$  – длина водосливного фронта полигонального водослива, м;

$H$  – полный напор над водосливом, м;

$$H = h + \frac{v^2}{2g};$$

$v$  – скорость подхода, м/с;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Выполнялось физическое моделирование параметров полигонального водослива. Длина модели водосливного фронта и высота порога водослива получены с учетом линейного масштаба: горизонтальный – 1:25 и вертикальный – 1:10. Заложения откосов были постоянными: для верхового откоса – вертикальное, 1:1 и 2:1, а для низового откоса заложение во всех опытах 1:0,27. Модель водослива была выполнена из гипса и покрыта двумя слоями эмалевой краски [8, 9]. Боковые стенки водослива устраивались под углом  $\alpha = 60^\circ$  к оси движения потока, при этом форма боковых стенок водослива и их расположение препятствуют попаданию наносов в водозаборное сооружение насосных станций и обеспечивают пропуск наносов через порог водослива в нижний бьеф.

Основной критерий динамического моделирования – число Фруда [6]. Напор на водосливе был в диапазоне  $h = 7 \cdot 10^{-3} \dots 30 \cdot 10^{-3}$  м, расход находился в интервале  $0,38 \cdot 10^{-3} \dots 5,50 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с. Модель полигонального водослива отвечает условию  $0,35 \leq h/L \leq 1,50$ . Напоры и расходы в натуре были 0,07–0,30 м и 0,12–1,74 м<sup>3</sup>/с соответственно. Число Фруда на модели при минимальном расходе 0,170 практически равно числу Фруда в натуре и составляет 0,176. При максимальном расходе числа Фруда на модели и в натуре равны 0,493.

**Результаты и обсуждение.** Лабораторные опыты выполнялись с тремя полигональными водосливами, которые отличались друг от друга заложением верхового откоса (см. рисунок 1). В таблице 1 приведены результаты опытов для  $m$  с вертикальным верховым откосом, а также 1:1 и 2:1.

**Таблица 1 – Результаты исследований коэффициента расхода для полигонального водослива с вертикальным заложением верхового откоса порога, 1:1 и 2:1**

№ опыта	Напор $h$ , м	Фактический расход $Q$ , м <sup>3</sup> /с	Высота порога $P$ , м	Длина водосливного фронта $B$ , м	Напор $H$ , м	Теоретический расход $Q^*$ , м <sup>3</sup> /с	Коэффициент расхода $m$
1	2	3	4	5	6	7	8
Водослив с вертикальным заложением верхового откоса порога							
1	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$0,38 \cdot 10^{-3}$	$14,0 \cdot 10^{-2}$	$48,1 \cdot 10^{-2}$	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	0,302
2	$8,5 \cdot 10^{-3}$	$0,54 \cdot 10^{-3}$			$8,50 \cdot 10^{-3}$	$1,67 \cdot 10^{-3}$	0,325
3	$15,0 \cdot 10^{-3}$	$1,45 \cdot 10^{-3}$			$15,02 \cdot 10^{-3}$	$3,93 \cdot 10^{-3}$	0,369
4	$20,0 \cdot 10^{-3}$	$2,44 \cdot 10^{-3}$			$20,07 \cdot 10^{-3}$	$6,07 \cdot 10^{-3}$	0,403
5	$30,0 \cdot 10^{-3}$	$4,84 \cdot 10^{-3}$			$30,26 \cdot 10^{-3}$	$11,23 \cdot 10^{-3}$	0,432
Водослив с заложением верхового откоса порога 1:1							
1	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$0,42 \cdot 10^{-3}$	$14,0 \cdot 10^{-2}$	$48,1 \cdot 10^{-2}$	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	0,335
2	$8,5 \cdot 10^{-3}$	$0,59 \cdot 10^{-3}$			$8,50 \cdot 10^{-3}$	$1,67 \cdot 10^{-3}$	0,353
3	$15,0 \cdot 10^{-3}$	$1,59 \cdot 10^{-3}$			$15,02 \cdot 10^{-3}$	$3,93 \cdot 10^{-3}$	0,404
4	$20,0 \cdot 10^{-3}$	$2,63 \cdot 10^{-3}$			$20,07 \cdot 10^{-3}$	$6,07 \cdot 10^{-3}$	0,434
5	$30,0 \cdot 10^{-3}$	$5,18 \cdot 10^{-3}$			$30,26 \cdot 10^{-3}$	$11,23 \cdot 10^{-3}$	0,462

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Водослив с заложением верхового откоса 2:1							
1	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$0,44 \cdot 10^{-3}$	$14,0 \cdot 10^{-2}$	$48,1 \cdot 10^{-2}$	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	0,356
2	$8,5 \cdot 10^{-3}$	$0,63 \cdot 10^{-3}$			$8,5 \cdot 10^{-3}$	$1,67 \cdot 10^{-3}$	0,374
3	$15,0 \cdot 10^{-3}$	$1,72 \cdot 10^{-3}$			$15,02 \cdot 10^{-3}$	$3,93 \cdot 10^{-3}$	0,436
4	$20,0 \cdot 10^{-3}$	$2,84 \cdot 10^{-3}$			$20,07 \cdot 10^{-3}$	$6,07 \cdot 10^{-3}$	0,464
5	$30,0 \cdot 10^{-3}$	$5,50 \cdot 10^{-3}$			$30,26 \cdot 10^{-3}$	$11,23 \cdot 10^{-3}$	0,489

Из данных таблицы 1 видно, что коэффициент расхода полигонального водослива с вертикальным заложением верхового откоса находится в диапазоне 0,302–0,432, для откоса 1:1  $m$  находится в диапазоне 0,335–0,462 и для водослива с верховым откосом 2:1  $m$  находится в диапазоне 0,356–0,489. Коэффициент  $m$  повышается за счет увеличения  $h$  и  $Q$  в диапазонах  $h = 7 \cdot 10^{-3} \dots 30 \cdot 10^{-3}$  м и  $Q = 0,38 \cdot 10^{-3} \dots 5,5 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с. Следовательно,  $m$  влияет на напор и расход при постоянной высоте порога, а на  $m$  оказывает влияние заложение верхового откоса полигонального водослива. Чем больше заложение откоса, тем больше значение  $m$  при постоянной высоте порога [10–12].

Выполнена обработка опытных данных по  $m$  и в зависимости от относительной средневзвешенной ширины порога  $h/\bar{L}$ , относительной высоты  $h/P$  и относительной длины водосливного фронта  $h/B$ . В таблице 2 приведены результаты изучения зависимости  $m$  от  $h/\bar{L}$ ,  $h/P$  и  $h/B$  для трех откосов.

**Таблица 2 – Зависимость  $m$  от  $h/\bar{L}$ ,  $h/P$  и  $h/B$  для полигонального водослива**

Напор $h$ , мм	Средне- взвешенная ширина порога, мм	Высота порога $P$ , мм	Длина во- досливно- го фронта $B$ , мм	$h/\bar{L}$	$h/P$	$h/B$	Коэффициент расхода $m$		
							Верти- кальный откос	1:1	2:1
7,0	22,4	140,0	481,0	0,313	0,05	0,015	0,302	0,335	0,356
8,5				0,379	0,06	0,018	0,325	0,353	0,374
15,0				0,670	0,11	0,031	0,369	0,404	0,436
20,0				0,893	0,14	0,042	0,403	0,434	0,464
30,0				1,339	0,21	0,062	0,432	0,462	0,489

При увеличении напора над гребнем полигонального водослива (таблица 2) коэффициент расхода возрастает, что подтверждается графиками зависимостей  $m = f(h/\bar{L}, h/P, h/B)$  (рисунок 3).

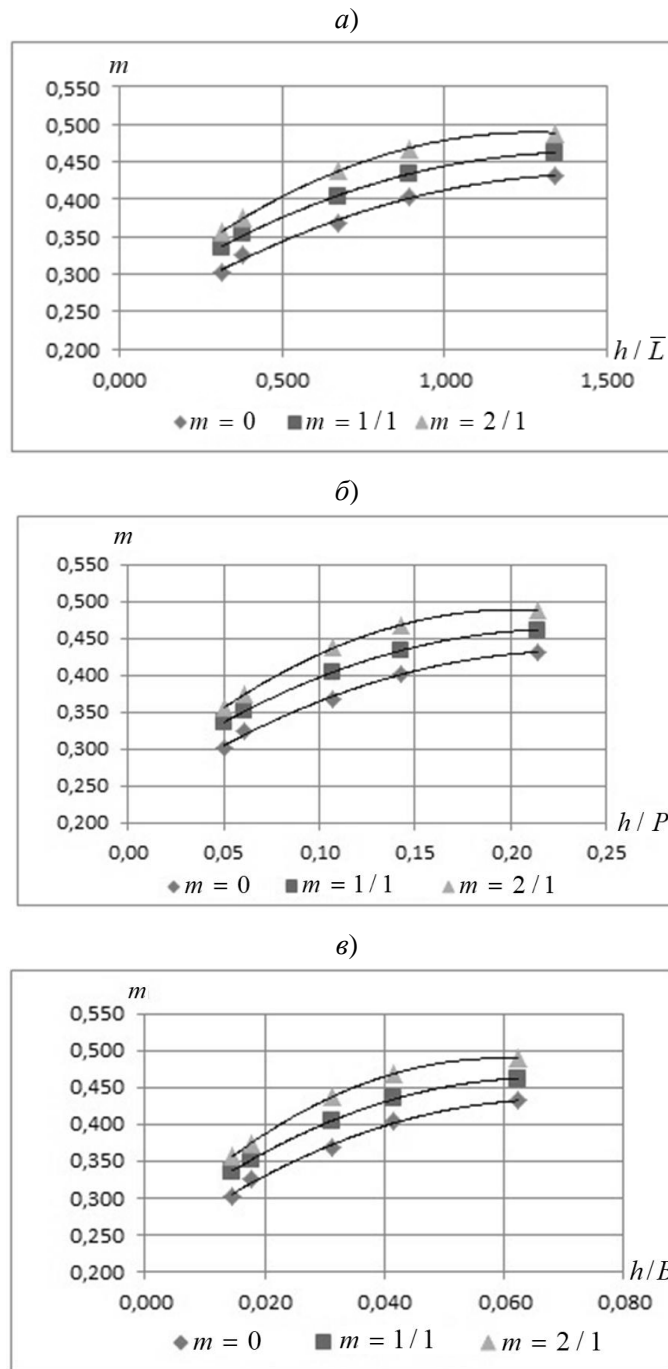
Из данных рисунка 3 видно, что на коэффициент расхода влияет отношение  $h/\bar{L}$ ,  $h/P$  и  $h/B$  в диапазоне 0,313–1,339; 0,05–0,21 и 0,015–0,062 соответственно. С увеличением  $h/\bar{L}$ ,  $h/P$  и  $h/B$  коэффициент расхода увеличивается с 0,356 до 0,489 при 2:1, аналогичные результаты получены для остальных значений верхового откоса полигонального водослива.

Методом наименьших квадратов, а также с использованием теоремы Бэкингема установлена связь между  $m$  и безразмерными параметрами  $f\left(\frac{h}{\bar{L}}, \frac{h}{P}, \frac{h}{B}, \sin \theta\right)$  в виде обобщенной формулы:

$$m = 0,431 \left(\frac{h}{\bar{L}}\right)^{0,262} \left(\frac{h}{P}\right)^{0,005} \left(\frac{h}{B}\right)^{-1,3 \cdot 10^{-16}} \sin \theta^{-5,1 \cdot 10^{-17}}. \quad (1)$$

Из уравнения (1) видно, что коэффициент расхода пропорционален отношению

$h/\bar{L}$  и  $h/P$  в степени 0,262 и 0,005 соответственно и обратно пропорционален отношению  $h/B$ ,  $\sin \theta$  в степени  $1,3 \cdot 10^{-16}$  и  $5,1 \cdot 10^{-17}$  соответственно.



а)  $m = f(h/\bar{L})$ ; б)  $m = f(h/P)$ ; в)  $m = f(h/B)$

**Рисунок 3 – Эмпирические зависимости  $m = f(h/\bar{L}, h/P, h/B)$**

Анализируя формулу (1), получаем, что для полигонального водослива в плане при  $B/h > 6$  члены уравнения  $\left(\frac{h}{B}\right)^{-1,3 \cdot 10^{-16}}$ ,  $\sin \theta^{-5,1 \cdot 10^{-17}}$  практически не оказывают влияния на  $m$ . Следовательно, при  $B/h > 6$  ими можно пренебречь, и зависимость (1) приводится к виду:

$$m = 0,431 \left( \frac{h}{\bar{L}} \right)^{0,262} \left( \frac{h}{P} \right)^{0,005} . \quad (2)$$

Формула (2) при  $B/h > 6$  позволяет определять коэффициент расхода при исследуемых параметрах полигонального водослива в плане.

### Выводы

1 Для полигонального водослива в плане с верховыми откосами: вертикальным, 1:1 и 2:1 – установлены значения коэффициента расхода в зависимости от параметров  $h/\bar{L}$ ,  $h/P$ ,  $h/B$ , которые находятся в диапазоне 0,313–1,339; 0,05–0,21; 0,015–0,062 соответственно.

2 Получена зависимость (1) коэффициента расхода от  $h/\bar{L}$ ,  $h/P$ ,  $h/B$ ,  $\sin \theta$  в виде обобщенной формулы для полигональных водосливов в плане, ее применение позволяет управлять уровнем в диапазоне 0,14–0,17 м.

3 Зависимость (1) при  $B/h > 6$  приводится к виду формулы (2), в которой параметры  $\left( \frac{h}{B} \right)^{-1,3 \cdot 10^{-16}}$ ,  $\sin \theta^{-5,1 \cdot 10^{-17}}$  практически не оказывают влияния на  $m$ .

4 Установлено, что коэффициент расхода при  $0,35 \leq h/L \leq 1,50$  находится в диапазоне  $0,302 \leq m \leq 0,489$  для  $B/h > 6$ . Получена формула (2), которую можно применять для определения коэффициента расхода полигональных водосливов в плане.

### Список источников

1. Наумова Т. В., Кушер А. М., Пикалова И. Ф. Повышение эффективности эксплуатационных мероприятий по снижению захвата наносов в водозаборы оросительных систем // Вестник МГСУ. 2019. № 9. С. 1167–1179.
2. Паливец М. С. Гидравлический расчет пропускной способности квадратного водовыпуска при регулировании // Природообустройство. 2020. № 3. С. 71–78.
3. Пат. 2614798 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> E 02 В 7/02. Водоподпорная плотина / Кузнецов Е. В., Серый Д. Г.; патентообладатель Куб. гос. аграр. ун-т. № 2016112813; заявл. 31.05.16; опубл. 29.03.17, Бюл. № 10.
4. Совершенствование конструкции сооружения для забора подруслового потока воды в горных и предгорных реках / А. С. Бабкин, И. Ж. Атабиев, В. П. Букреев, Б. М. Бахтин // Природообустройство. 2018. № 5. С. 36–41.
5. Мелихов В. В. Изменение стратегии управления водными ресурсами в мелиоративной отрасли сельскохозяйственного производства в современных климатических условиях // Экосистемы: экология и динамика. 2017. № 3. С. 5–14.
6. Богомоллов А. Е., Михайлов К. А. Гидравлика: учеб. для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1972. 648 с.
7. Константинов Ю. М. Гидравлика: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. Киев: Вища школа, 1988. 398 с.
8. Сайретдинов С. Ш. Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения: учеб. пособие. М.: Изд-во АСВ, 2004. 352 с.
9. Кузнецов Е. В., Хаджиди А. Е. Сельскохозяйственный мелиоративный комплекс для устойчивого развития агроландшафтов. Краснодар: ЭДВИ, 2014. 200 с.
10. Сборник задач по гидравлике / под ред. В. А. Большакова. Киев: Вища школа, 1979. 336 с.
11. Рассказов Л. Н., Орехов В. Г., Анискин Н. А. Гидротехнические сооружения. М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2008. 576 с.
12. Бальзанников М. И., Родионов М. В., Сеницкий Ю. Э. Повышение эксплуатационной надежности низконапорных гидротехнических объектов с грунтовыми плотинами // Приволжский научный журнал. 2012. № 2. С. 35–40.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

---

---

УДК 626.816:628.16

**В. Н. Шкура, А. С. Штанько**

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

### **ФИЛЬТРУЮЩИЙ ВОДОПРИЕМНИК ВОДОЗАБОРНО-ОЧИСТНОГО СООРУЖЕНИЯ С СЕТЧАТЫМ СОРОЗАГРАДИТЕЛЬНЫМ УСТРОЙСТВОМ РАМНОЙ КОНСТРУКЦИИ**

*Аннотация.* Цель исследования – разработка конструктивной схемы фильтрующего водоприемника с сетчатым сорозаградительным устройством для забора воды из канала и ее предварительной механической очистки. В процессе исследования установлено, что недостатком рассмотренного фильтрующего водоприемника является проблема кольматации фильтрующих элементов и необходимость проведения частой очистки их от загрязнителей или замены. В рассмотренной конструкции отсутствуют средства защиты фильтрующих панелей от массового поступления загрязнителей и не предусмотрено их периодическое удаление с поверхности панелей. В результате исследований разработана конструктивная схема устраиваемого в откосе канала водоприемника с фильтрующими панелями, защищаемыми от влекомых водным потоком сора и нерастворимых примесей дополнительным оградительным устройством. Конструкция устройства представляет собой раму, проемы которой закрыты сетчатым полотном. Каркас рамы закреплен на берме откоса с возможностью секторного поворота, который позволяет переводить ее из положения на откосе канала при заборе воды вплоть до вертикального положения для проведения очистки или замены сетчатого полотна. Предложенная конструктивная схема фильтрующего водоприемника обеспечивает защиту поверхности фильтрующих панелей от поступления на них нерастворимых в воде загрязнителей минерального и органического происхождения.

*Ключевые слова:* водозаборное сооружение, водозаборно-очистное устройство, водоприемник, фильтрующие панели, сорозаградительное устройство

\*\*\*\*\*

**V. N. Shkura, A. S. Shtanko**

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

### **FILTER INLET OF INTAKE-PURIFICATION STRUCTURES WITH MESH SCREEN OF FRAME CONSTRUCTION**

*Abstract.* The purpose of the study is to develop a constructive scheme of a filter inlet with a mesh screen for canal intake and its preliminary mechanical treatment. In the course of the study it was found that the disadvantage of the considered filter water intake is the problem of the filter elements clogging and their frequent cleaning from pollutants or replacement. In the considered design, there are no means of protecting the filter panels from the massive intake of contaminants and their periodic removal from the panel surface is not provided. As a result of the research, a constructive scheme of a water intake canal arranged in the canal slope with filter panels, protected by an additional protective device from debris and insoluble impurities drawn by the water flow has been developed. The design of the device is a frame, the openings of which are closed with a mesh net. The frame is fixed on the slope berm with

the possibility of a sector rotation, which allows it to be transferred from the position on the slope when taking water to the vertical position for cleaning or replacing the mesh cloth. The proposed constructive scheme of the filter inlet provides protection of the filter panel surface from the entering of water-insoluble contaminants of mineral and organic origin.

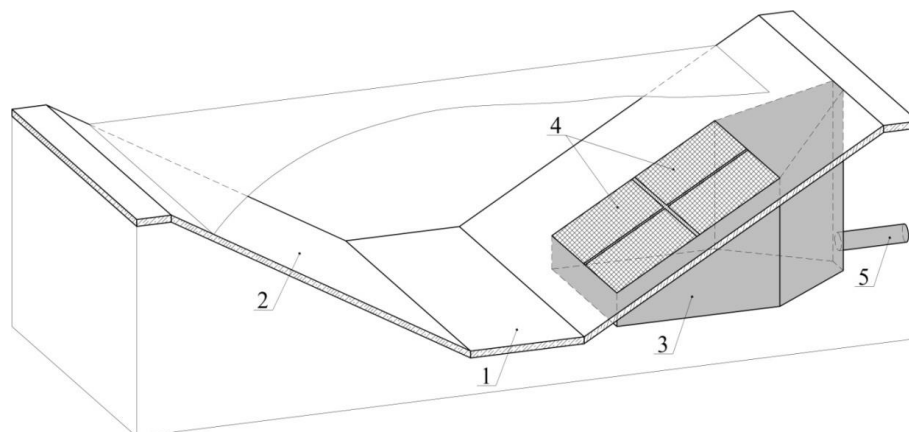
**Keywords:** water intake structure, water purification facility, inlet, filter panels, debris screen facility

**Введение.** Определяющим техногенным компонентом систем водоснабжения объектов современного производства, и в частности систем капельного орошения, является водозабор (водозаборные сооружения или узлы водозаборных сооружений) [1]. В зависимости от требований водопотребителя к объему и качеству воды и условий забора ее из водного объекта применяются различные типы, виды, подвиды конструктивных решений водозаборных сооружений. Так, системы капельного орошения как водопотребляющая система, в отличие от других видов оросительных систем, предъявляют относительно высокие требования к качеству очистки потребляемой воды от механических загрязнителей (нерастворимых включений) достаточно малых размеров. В связи с этим возникает необходимость очистки взвесесодержащей воды, изымаемой из природных водных объектов, посредством достаточно сложных, энерго- и материалоемких узлов подготовки воды (комплектов водоочистных устройств) [2]. Указанное обстоятельство обосновывает актуальность поиска более простых, экологически и экономически эффективных технических решений по очистке оросительной воды непосредственно при ее заборе из водоемкости, т. е. на водозаборном сооружении.

При реализации такого подхода получили применение водозаборно-очистные сооружения [3, 4], под которыми понимаются гидротехнические сооружения, обеспечивающие забор (изъятие) воды из водного объекта (источника орошения) и ее очистку от нерастворимых загрязнителей минерального и (или) органического происхождения. Очистка природной взвесесодержащей воды от загрязнителей (твердых тел различного происхождения и размера) на таких сооружениях осуществляется в процессе фильтрации воды через пористую среду. В связи с вышеуказанным такие сооружения получили название «фильтрующие водозаборы» («фильтрующие водозаборно-очистные сооружения»), под которыми понимаются водозаборы (сооружения), осуществляющие забор воды из водного объекта посредством фильтрующих элементов (устройств), или сооружения, имеющие в своем составе водоприемно-очистные фильтрующие конструктивные элементы или устройства. Одним из конструктивных элементов водозаборов, осуществляющих забор воды из открытых поверхностных водных источников (природных или техногенных водных объектов), являются водоприемники, которые при определенном конструктивном исполнении могут выполнять функции по механической очистке воды. В наиболее общем случае термин «водоприемник» определяется как конструктивная часть водозабора (водозаборного сооружения), обеспечивающая его сопряжение с морфологическими элементами водного объекта и изъятие из него воды. В современной практике устройства водозаборов применяются различные конструктивные решения водоприемников (в виде береговых аванкамер или вынесенных в акваториальное пространство водного объекта устройств и др.). Применительно к водозаборно-очистным сооружениям используются конструкции фильтрующих водоприемников как устройств, включающих в свой состав поверхностно расположенные и контактирующие с водной средой фильтрующие элементы, допускающие просачивание воды во внутреннее(ю) пространство (полость) водоприемника. Внутренняя полость водоприемника определяется как водосборное устройство («водосборник»), обеспечивающее сбор профильтрованной воды, ее накопление и отвод к насосному агрегату или напорному бассейну и далее в водопроводящую часть оросительной системы.

К настоящему времени разработан достаточно широкий спектр конструктивных решений водозаборно-очистных сооружений и входящих в их состав фильтрующих во-

доприемников. Одна из перспективных авторских конструкций таких фильтрующих сооружений, обеспечивающих забор воды из каналов и ее предварительную физическую очистку перед подачей в проводящую и поливную сеть капельных оросительных систем, приведена нами ранее [5, 6], а ее общий вид проиллюстрирован рисунком 1.



1 – дно канала; 2 – откос канала; 3 – водоприемник;  
4 – фильтрующие панели; 5 – водоотводящий трубопровод

### Рисунок 1 – Схема фильтрующего водозаборного оголовка

Приведенная на рисунке 1 конструктивная схема фильтрующего водозаборно-очистного сооружения (водоприемника) обладает рядом очевидных достоинств [6]. Недостатком данного конструктивного решения, как и многих других фильтрующих водоприемников, является проблема кольматации фильтрующих элементов (панелей) и необходимость проведения частой очистки их от загрязнителей или замены. В конструкции отсутствуют средства защиты фильтрующих панелей от массового поступления разнородных и разноразмерных загрязнителей и не предусмотрено периодическое их удаление с поверхности панелей. На решение данной задачи направлено настоящее исследование.

**Материалы и методы.** При проведении исследований проводился обзор и анализ опыта эксплуатации водозаборных сооружений для изъятия воды из каналов оросительных систем и подачи ее в капельные оросительные сети и материалов патентного поиска известных конструктивных решений водозаборов для подачи воды в системы капельного орошения растений. При разработке конструкции фильтрующего водоприемника водозаборно-очистного сооружения с сетчатым сорозаградительным устройством рамной конструкции применялись технологии поискового конструирования.

**Результаты и обсуждение.** Проведенные исследования опыта эксплуатации оросительных каналов и водозаборных сооружений на них для подачи оросительной воды в капельные оросительные системы позволяют отметить нижеследующее.

1 В воде оросительных каналов содержится значительное количество влекомых водным потоком разнородных и разноразмерных взвесей (наносов, плавника, водорослей, сообществ водного фито- и зоопланктона и др.). При этом имеет место временная и глубинная (послойная) стратификация разнородных и разноразмерных загрязняющих воду веществ (тел) минерального и органического происхождения.

2 Поступающие с водой в водозаборные отверстия («окна») и устройства взвеси, только частично задерживаемые сорозаградительными устройствами (решетками) в различном составе и количестве, приводят к их засорению, снижению производительности и поступлению в системы водоснабжения недопустимо загрязненной воды.

3 Судя по данным М. Г. Журбы, Ю. И. Вдовина, Ж. М. Говоровой, И. А. Лушкина, Е. А. Мезеневой, С. М. Чудновского [3, 7], фильтрующие элементы водозаборно-очистных сооружений подвержены значительному засорению (кольматации). Данное явление

ние приводит к снижению расхода водозабора и необходимости проведения восстановительных мероприятий по их очистке или замене фильтрующих устройств водоприемников.

Указанные обстоятельства определяют необходимость и целесообразность применения на фильтрующих водоприемниках сорозаградительных устройств, которые должны обеспечивать выполнение нижеследующих функций:

- ограждать поверхность фильтрующих элементов от попадания на них нерастворимых в воде коагулирующих их тел определенного вида и размера;
- обеспечивать сбор взвесей на покрывающих поверхность фильтрующих панелей перфорированных полотнах в периоды забора воды и при его отсутствии;
- иметь возможность очистки сорозаградительного устройства;
- обеспечивать условия для контакта фильтрующих панелей с водным объектом;
- соответствовать требованиям конструктивной простоты, технологичности, надежности, экономичности и экологичности.

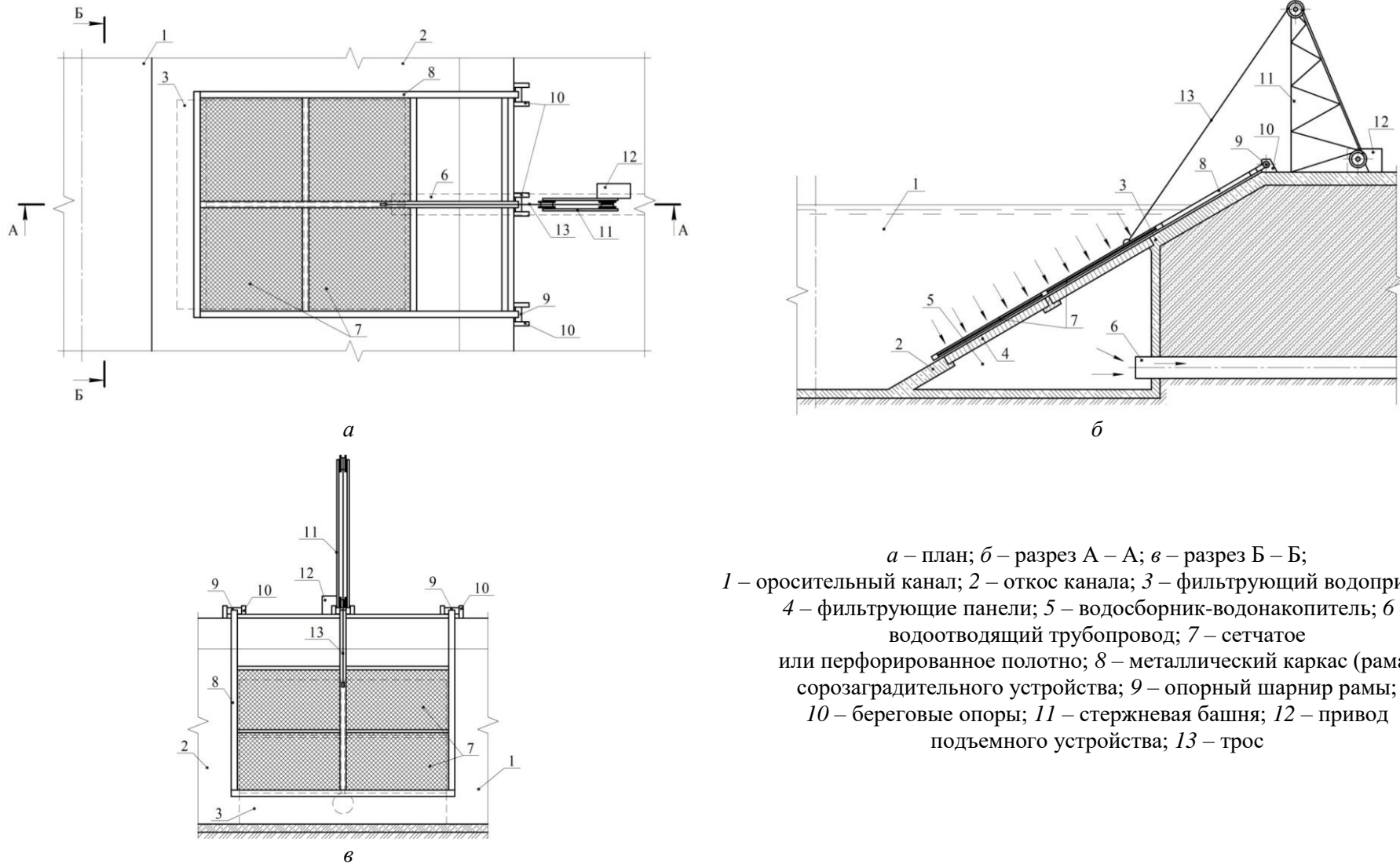
В качестве такого устройства предлагается использовать каркасно-рамную конструкцию с сетчатым (перфорированным) полотном, покрывающим фильтрующие панели при заборе воды (а при необходимости и в межполивной период, когда забор воды не осуществляется), устроенную с возможностью ее укладки на фильтрующую поверхность под уровень воды и подъема над водной поверхностью для удаления сора или замены покровного полотна. Предлагаемая конструктивная схема фильтрующего водоприемника, оборудованного сетчатым сорозаградительным устройством рамной конструкции, функционирующим в режиме забора воды, приведена на рисунке 2.

Фильтрующий водоприемник 3, оборудованный сорозаградительным устройством, размещается в откосе 2 оросительного канала 1 и включает нижеследующие основные конструктивные элементы: фильтрующие панели 4, водосборник-водонакопитель 5, водоотводящий трубопровод (водоотвод) 6. Сорозаградительное устройство включает сетчатое или перфорированное полотно 7, закрепленное на раме 8, соединенной посредством шарниров 9 с береговыми опорами 10. Перемещение сорозаградительного устройства из рабочего положения на откосе канала в положение, в котором осуществляется промывка или замена сетчатого полотна, осуществляется тросовым подъемником, состоящим из стержневой башни 11, привода 12 и троса 13.

При работе фильтрующего водоприемника в режиме забора воды, а также при необходимости и в межполивной период рама сорозаградительного устройства находится в крайнем нижнем положении (лежит на откосе канала), а его сетчатое полотно покрывает поверхность фильтрующих панелей. При этом сор задерживается и осаждается на сетчатом полотне. По мере накопления загрязнителя в межполивные периоды, когда забор воды не осуществляется, посредством подъемника производятся периодические встряхивания рамы сорозаградительного устройства его подъемом и опусканием. В результате проведения таких операций осуществляется отрыв частиц сора при воздействии на них водных масс и последующий смыв оторвавшихся взвесей и отложений с поверхности сетчатого полотна транзитным водным потоком канала.

При недостаточной очистке полотна по указанной технологии осуществляется извлечение рамы из воды вращением вокруг опорных шарниров, перевод ее в близкое к вертикальному положение и последующая замена сетчатого полотна. При соответствующем обосновании может рассматриваться устройство дополнительной водоструйной установки для промывки сетчатого полотна сорозаградительного устройства, извлеченного из водного потока и находящегося в вертикальном положении.





*a* – план; *б* – разрез А – А; *в* – разрез Б – Б;  
 1 – оросительный канал; 2 – откос канала; 3 – фильтрующий водоприемник;  
 4 – фильтрующие панели; 5 – водосборник-водонакопитель; 6 –  
 водоотводящий трубопровод; 7 – сетчатое  
 или перфорированное полотно; 8 – металлический каркас (рама)  
 сорозаградительного устройства; 9 – опорный шарнир рамы;  
 10 – береговые опоры; 11 – стержневая башня; 12 – привод  
 подъемного устройства; 13 – трос

**Рисунок 2 – Схема фильтрующего водозаборного оголовка с положением сорозаградительного устройства в режиме забора воды**

### **Выводы**

1 Предложена конструктивная схема фильтрующего водоприемника, оборудованного сорозаградительным сетчатым устройством рамной конструкции, покрывающим фильтрующие панели и обеспечивающим защиту их поверхности от поступления на них нерастворимых в воде разновидовых и разноразмерных загрязнителей минерального и органического происхождения.

2 Конструктивная схема сорозаградительного устройства предусматривает его оборудование подъемным механизмом, обеспечивающим установку сетчатого или перфорированного полотна на поверхность фильтрующих панелей, перемещение рамной конструкции устройства в водном потоке в целях промывки и подъем ее на поверхность для доочистки или замены ограждающей конструкции.

### **Список источников**

1. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие. Новочеркасск, 2017. 200 с.

2. Новикова И. В., Лунева Е. Н., Грицай А. В. Средства и технологии водоподготовки для капельного орошения сельскохозяйственных угодий // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 3(35). С. 1–17. URL: [http://rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb13-rec615-field6.pdf](http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec615-field6.pdf) (дата обращения: 03.12.2020). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-1-17.

3. Водозаборно-очистные сооружения и устройства: учеб. пособие / М. Г. Журба, Ю. И. Вдовин, Ж. М. Говорова, И. А. Лушкин; под ред. М. Г. Журбы. М.: Астрель, 2003. 569 с.

4. Щедрин В. Н., Штанько А. С., Шкура В. Н. Самонапорные системы капельного орошения: монография. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2018. 236 с.

5. Водозаборное сооружение низконапорной системы капельного орошения: пат. 2728352 Рос. Федерация: МПК<sup>6</sup> А 01 G 25/00, СПК<sup>20</sup> А 01 G 25/00 / Васильев С. М., Шкура В. Н., Штанько А. С.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2019125077; заявл. 06.08.19; опубл. 29.07.20, Бюл. № 22. 11 с.

6. Штанько А. С. Фильтрующие водозаборы из водотоков для подачи предварительно очищенной воды в системы капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 123–139. URL: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=1142> (03.12.2020). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-123-139.

7. Журба М. Г., Мезенева Е. А., Чудновский С. М. Очистка воды в водозаборном узле // Водоснабжение и санитарная техника. 1995. № 5. С. 12–14.

УДК 631.674.6:628.16.067.3

**А. С. Штанько, В. Н. Шкура**

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

### **НИЗКОНАПОРНЫЙ ФИЛЬТР БЛОКА ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ**

**Аннотация.** Цель – разработка конструктивной схемы низконапорного фильтра для блока водоподготовки систем капельного орошения сельскохозяйственных растений. В процессе исследований было установлено, что для функционирования применяемых в системах капельного орошения фильтров оросительной воды необходимо ее давление, значение которого в 2–4 раза превышает напор, необходимый для функционирования капельной поливной сети. Учитывая востребованность низконапорных фильтров в системах капельного орошения, предложили использовать фильтр мешоч-

ного типа. В результате исследований была предложена конструктивная схема трехступенчатого низконапорного фильтра мешочного типа, которая отличается конструктивной простотой и имеет элементы научно-технической новизны. Наряду с простотой технологии и конструктивной гибкостью фильтр характеризуется малой материало- и энергоемкостью, может функционировать в широком спектре природно-климатических условий и обеспечивать надежную и качественную очистку воды от механических загрязнителей различных видов и размеров до любого заданного уровня по качеству воды.

**Ключевые слова:** капельное орошение, блок водоподготовки, фильтр мешочного типа, низконапорный фильтрующий элемент, микропористое полотно

\*\*\*\*\*

**A. S. Shtanko, V. N. Shkura**

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

### LOW-PRESSURE FILTER OF WATER TREATMENT UNIT FOR DRIP IRRIGATION SYSTEMS

**Abstract.** The purpose is to develop a constructive scheme for a low-pressure filter for a water treatment unit of drip irrigation systems for agricultural plants. During the research it was found that for the functioning of the irrigation water filters used in drip irrigation systems, its pressure which value is 2–4 times higher than the required pressure for the drip irrigation network functioning is necessary. Considering the demand for low-pressure filters in drip irrigation systems, it was proposed to use a bag-type filter. As a result of the research, a constructive scheme of a three-stage low-pressure bag type filter was proposed, which is distinguished by its structural simplicity and has elements of scientific and technical novelty. Along with the simplicity of technology and design flexibility, the filter is characterized by low material and energy consumption, can function in a wide range of climatic conditions and provide reliable and high-quality water purification from mechanical pollutants of various types and sizes to any given level of water quality.

**Keywords:** drip irrigation, water treatment unit, bag-type filter, low-pressure filter element, microporous cloth

**Введение.** Технологическое оборудование систем капельного полива сельскохозяйственных культур предусматривает работу с очищенной поливной водой или поливным раствором. Допускаемый размер частиц взвеси, находящейся в поливной воде, не должен превышать 10 % от минимального размера каналов капельного микроводовыпуска, применяемого в системе. В связи с этим обязательным элементом капельных оросительных систем является блок водоподготовки, комплекс устройств которого предназначен для очистки поливной воды от механических загрязнений и подготовки поливных растворов [1]. В широко применяемых конструктивно-компоновочных решениях технологического оборудования капельных оросительных систем предусмотрено устройство блоков водоподготовки с определенными наборами средств для очистки воды от физических загрязнителей, включающими фильтры грубой и тонкой очистки [2, 3]. Их создание и использование требует значительных затрат средств, энергии, материалов, времени и труда. Установлено, что на их устройство и обеспечение выполнения технологического процесса затрачивается около 40 % средств, необходимых для создания и использования техногенной составляющей капельной системы орошения.

Определенную проблему при использовании гидроциклонов и гранулированных фильтров в системах капельного орошения, и особенно в самонапорных их видах [4, 5], представляет необходимость создания высоких значений напоров, необходимых для их промывки и значительно превышающих рабочие напоры в трубопроводной сети. Так, например, для проведения промывки ряда конструкций гравийных и песчано-гравий-

ных фильтров необходимо обеспечить давление в системе до 8 атм. [6], тогда как капельная поливная сеть может функционировать при давлении 2 атм. Указанные обстоятельства предопределяют необходимость поиска новых, более простых, но не менее эффективных низкоэнерго- и низкоресурсоемких конструкций низконапорных фильтров для систем водоподготовки капельных систем. Для указанных условий и для относительно небольших по площади многолетних древесно-плодовых насаждений более перспективно применение низконапорных фильтров, для работы и регенерации которых достаточно напоров 0,2–0,3 МПа, создаваемых самонапорной сетью или низконапорными энергосберегающими насосно-силовыми агрегатами. В связи с этим целью данного исследования являлась разработка конструктивной схемы низконапорного фильтра для блока водоподготовки систем капельного орошения, совмещающего грубую и тонкую очистку поливной воды.

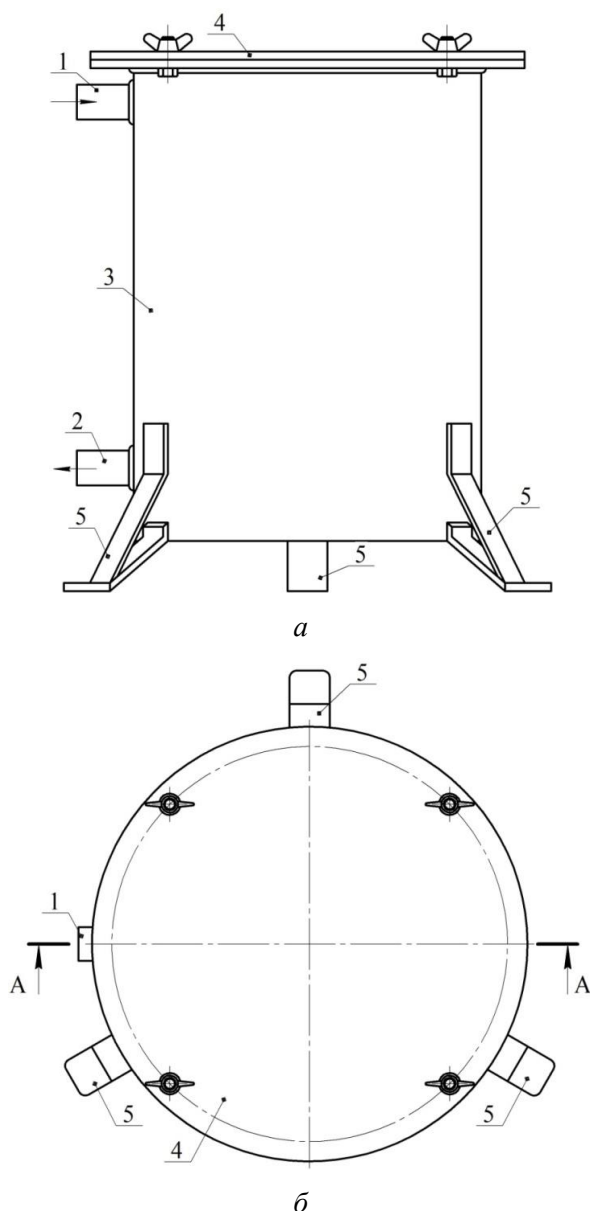
**Материалы и методы.** Информационной базой для проведения исследования послужили существующие конструкции фильтрующих устройств, используемых в блоках водоподготовки систем капельного орошения, и их технико-эксплуатационные характеристики. При проведении исследования использовались общенаучные методы (анализ, синтез, вариантное сравнение с выделением достоинств и недостатков) и технология поискового конструирования.

**Результаты и обсуждение.** В процессе исследований было установлено, что известные комплексы фильтрующих устройств блоков водоподготовки капельной оросительной системы позволяют провести очистку природной оросительной воды до уровня, необходимого для надежной работы элементов капельной поливной сети, в частности капельных микроводовыпусков. Но при этом для обеспечения функционирования применяемых для систем капельного орошения фильтров оросительной воды необходимо давление воды, значение которого в 2–4 раза превышает напор, необходимый для функционирования капельной поливной сети. Учитывая востребованность низконапорных фильтрующих устройств, в процессе исследования для использования в составе блока водоподготовки систем капельного орошения предложили фильтр мешочного типа. Рабочим фильтрующим элементом предлагаемого фильтра является микропористое фильтрующее синтетическое полотно с определенными размерами микропор, позволяющими просачиваться воде, но задерживающими находящиеся в воде физические частицы взвесей минерального и органического происхождения. Фильтрующий элемент выполняется в форме мешка из микропористого водопроницаемого полотна с подачей изымаемой из водного объекта воды в его внутреннюю полость. Принцип функционирования фильтра мешочного типа заключается в подаче подлежащей очистке воды во внутреннюю полость мешочного фильтрующего элемента и последующем ее просачивании через микропоры полотна за пределы ограниченного контуром мешка пространства при одновременном осаждении в его внутренней полости частиц загрязнителя.

Для осуществления описанного выше технологического процесса фильтр мешочного типа реализуется в соответствующем устройстве. Фильтрующее устройство предполагается конструктивно оформить в виде жесткой металлической или пластмассовой емкости с возможностью размещения в ней нескольких ступеней мешочных фильтрующих элементов. В зависимости от состояния природной воды и необходимой производительности узла водоподготовки могут рассматриваться конструктивные решения фильтров мешочного типа, функционирующие как в напорном, так и в безнапорном режимах в составе одного или нескольких фильтрующих элементов (мешков). Перспективно применение двух-, трехступенчатых и с большим количеством ступеней фильтрующих элементов с использованием в одном фильтровальном комплекте разноразмерных мешков, выполненных из полотен разной плотности для задержания разных фракций загрязнителя.

Предлагаемая конструктивная схема фильтра мешочного типа представляет собой устанавливаемую на опорах и закрываемую крышкой емкость цилиндрической

формы с водоподводящим, водоотводящим патрубками и размещенными в ее внутренней полости фильтрующими элементами, проиллюстрированную рисунком 1.

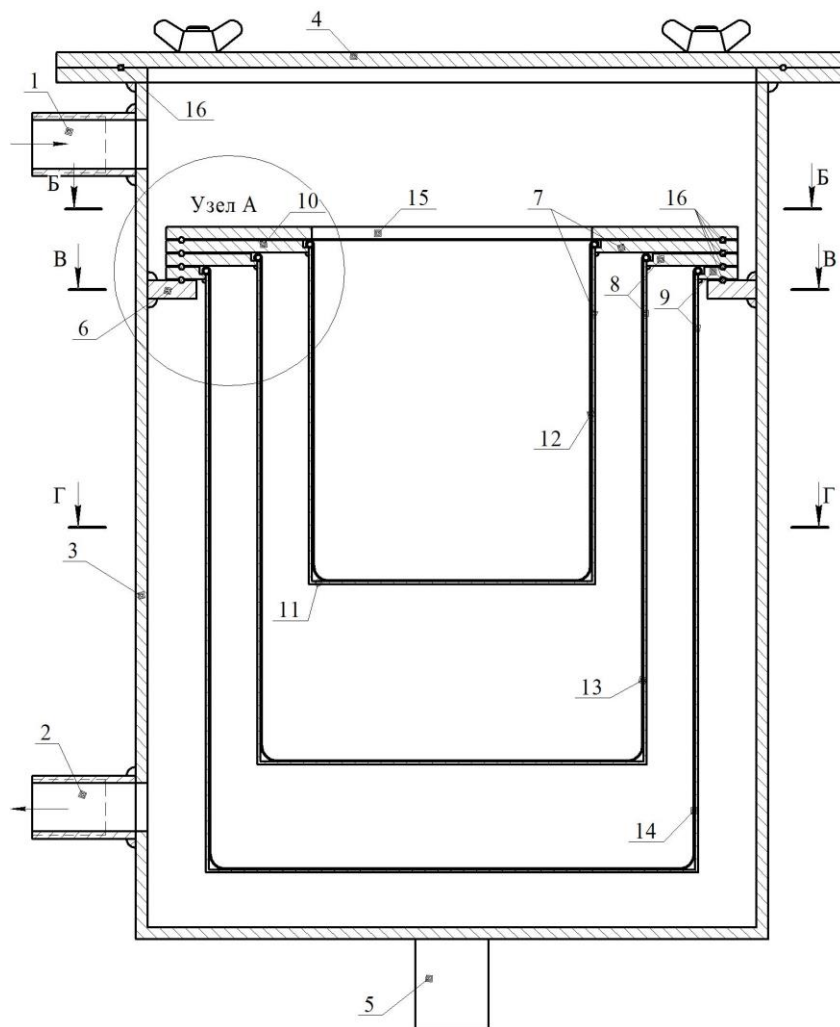


**Рисунок 1 – Общий вид фильтра мешочного типа**

Приведенные на рисунке 1 и далее по тексту и на рисунках позиции имеют следующие определения: 1 – входной патрубок; 2 – выходной патрубок; 3 – корпус фильтра; 4 – крышка фильтра; 5 – опоры корпуса фильтра; 6 – опорная пластина корпуса фильтра; 7, 8, 9 – несущий каркас для установки мешочного фильтрующего элемента (упорная пластина + перфорированный стакан) 1, 2 и 3-го уровней фильтрации соответственно; 10 – упорная пластина несущего каркаса; 11 – перфорированный стакан несущего каркаса; 12, 13, 14 – мешочный фильтрующий элемент 1, 2 и 3-го уровней фильтрации соответственно; 15 – фиксирующая пластина; 16 – уплотнительные резиновые элементы; 17 – полотно мешочного фильтрующего элемента; 18 – пластиковое кольцо мешочного фильтрующего элемента.

Корпус фильтра 3 устанавливается на выровненную поверхность с твердым основанием посредством опор корпуса 5. Корпус фильтра имеет съемную крышку 4. Требуемая очистки оросительная вода подается в корпус фильтра через входной патрубок 1, а очищенная вода отводится через выходной патрубок 2.

Проиллюстрированная рисунком 1 конструкция фильтра имеет три ступени фильтрации, реализованные тремя последовательно установленными в корпусе 3 мешочными фильтрующими элементами 12–14, что проиллюстрировано рисунком 2.



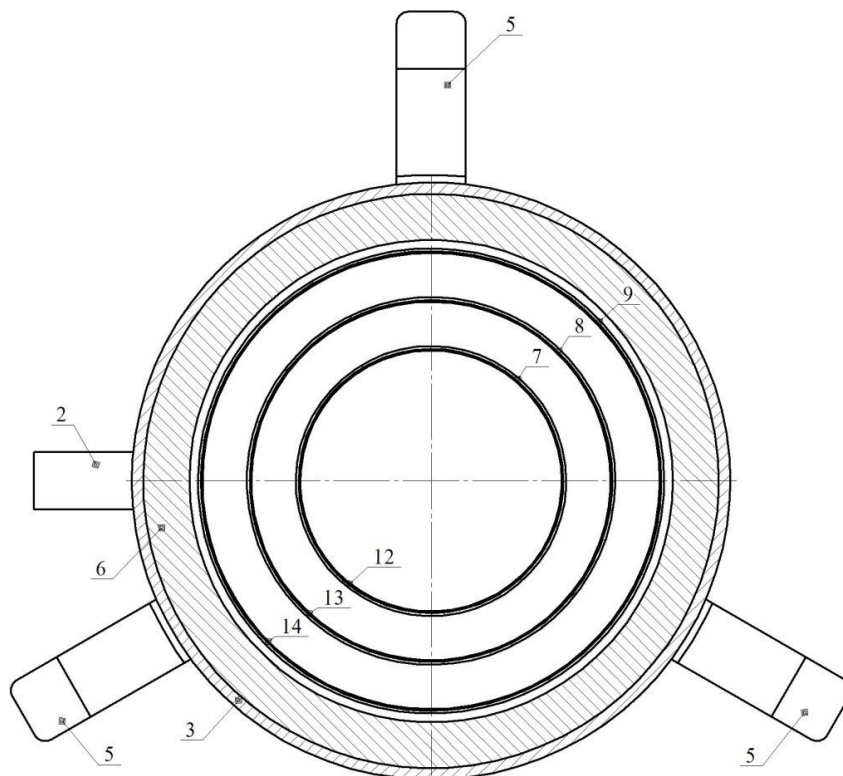
**Рисунок 2 – Разрез А – А по оси фильтра мешочного типа**

Для придания требуемой прочности мешочному фильтрующему элементу предусмотрены несущие каркасные элементы 7–9 для каждой ступени фильтрации. Размер пор фильтрующих элементов уменьшается по направлению движения воды. При этом площадь фильтрующей поверхности каждой из ступеней увеличивается, обеспечивая равномерную скорость фильтрации воды через его элементы. Соответствующий рисунку 2 поперечный разрез фильтра мешочного типа В – В приведен на рисунке 3.

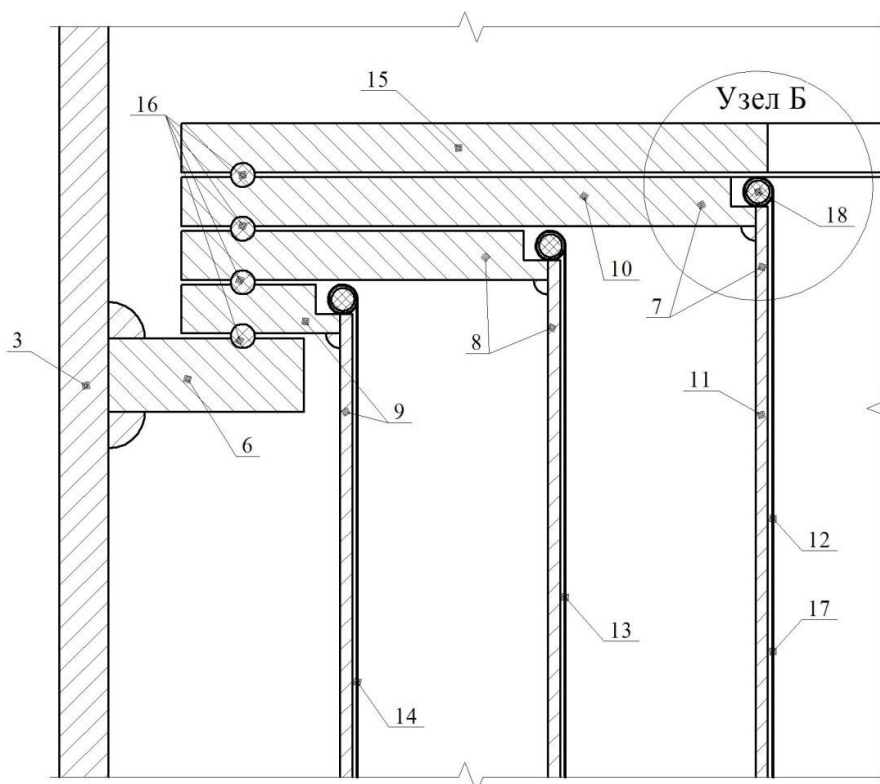
Узел крепления фильтрующих полотен к несущим элементам каркаса предлагаемого фильтра проиллюстрирован рисунком 4.

Мешочный фильтрующий элемент может быть изготовлен из синтетических тканевых и нетканевых материалов на основе полиэстера или полипропиленового войлока. Данный тип фильтрующих элементов позволяет проводить их многократную промывку. Регенерация данного фильтра производится путем замены фильтрующих элементов новыми или ранее промытыми. Для этого снимается крышка фильтра 4, из корпуса фильтра 3 вынимаются несущие каркасные элементы 7–9 и производится замена отработавших фильтрующих элементов 12–14. Сборка производится в обратном порядке. Промывку фильтрующего элемента возможно производить в полевых условиях, но более удобно и качественно эту процедуру можно выполнить в условиях полевого стана или мастерских. При этом нет необходимости в устройстве высоконапорных

промывных устройств на территории узла водоподготовки капельной оросительной системы, который располагается в непосредственной близости от орошаемого участка.



**Рисунок 3 – Разрез В – В**



**Рисунок 4 – Узел А**

**Выводы.** Предложенная конструктивная схема фильтра мешочного типа отличается конструктивной простотой, имеет элементы научно-технической новизны.

Наряду с простотой технологии и конструктивной гибкостью конструкция фильтра характеризуется (по сравнению с аналогами) малой материало- и энергоемкостью, может функционировать в широком спектре природно-климатических условий и обеспечивать надежную и качественную очистку воды от физических (механических) загрязнителей различных видов и размеров до любого заданного уровня по качеству воды.

Для широкого внедрения предложенная конструктивная схема фильтра мешочного типа нуждается в дальнейшей конструктивной проработке, проведении исследований и испытаний опытно-производственного образца, апробации конструкции в реальных полевых условиях. В процессе дальнейших исследований планируется разработать методики определения характеристик фильтрующего полотна, методики подбора размеров фильтров, степеней очистки для различных параметров загрязненной воды и разработать соответствующие рекомендации по их проектированию и эксплуатации.

#### Список источников

1. Васильев С. М., Шкура В. Н., Штанько А. С. Капельные оросительные системы: учеб. пособие. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2019. 197 с.
2. Ясониди О. Е. Капельное орошение. Новочеркасск: Лик, 2011. 322 с.
3. Храбров М. Ю. Ресурсосберегающие технологии и технические средства орошения: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02. М., 2008. 46 с.
4. Щедрин В. Н., Штанько А. С., Шкура В. Н. Самонапорные системы капельного орошения: монография. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2018. 236 с.
5. Шкура В. Н., Штанько А. С. Компонувочно-конструктивные решения самонапорных ярусных систем капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 2(30). С. 78–94. URL: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=547> (дата обращения: 06.02.2021).
6. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие. Новочеркасск, 2017. 200 с.

УДК 626.86:626.82

#### А. Л. Кожанов

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

### К ВОПРОСУ РАСЧЕТА СОВМЕЩЕННОЙ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

**Аннотация.** Целью исследований являлось изучение положений по расчету осушительной и увлажнительной сети в составе осушительно-увлажнительных систем для дальнейшей разработки общего алгоритма расчета совмещенной осушительно-увлажнительной сети. Целью гидравлических расчетов закрытых осушительных коллекторов является определение размеров поперечного сечения (диаметра) коллектора в зависимости от нарастания водосбросной площади. В приведенном варианте расчеты проводятся в предположении, что коллектор при отводе дренажного стока работает полным сечением в безнапорном режиме. Далее необходимо подбирать элементы совмещенной закрытой оросительной сети осушительно-увлажнительной системы согласно гидравлическому расчету с целью определения диаметров по расчетным расходам и допустимым скоростям и сопоставлять с расчетными диаметрами, полученными при расчете коллекторов осушительной сети. Согласование двух расчетов диаметров коллекторов и оросительных трубопроводов является основой для разработки общего порядка расчета (алгоритма) совмещенной осушительно-увлажнительной сети, который может быть включен в структуру «Программного комплекса информационно-технологической поддержки моделирования режимов регулирования водных ресурсов



на осушительно-увлажнительных системах» в виде программы для ЭВМ «Калькулятор расчета совмещенной осушительно-увлажнительной сети».

**Ключевые слова:** осушительно-увлажнительная система, осушительная сеть, увлажнительная сеть, совмещенная осушительно-увлажнительная сеть, гидравлический расчет

\*\*\*\*\*

**A. L. Kozhanov**

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

### TO THE ISSUE OF THE COMPLEX DRAINAGE-IRRIGATION NETWORK CALCULATION

**Abstract.** The aim of the research was to study the provisions for the calculation of the drainage and irrigation network as part of the drainage and humidification systems for further development of a general algorithm for calculating the complex drainage and humidification network. The purpose of hydraulic calculations of closed drainage collectors is to determine the collector cross-section (diameter) dimensions, depending on the spillway area increase. In the above version, the calculations are carried out on the assumption that when removing the drainage flow the collector operates with a full cross-section in a free-flow mode. Further, it is necessary to choose the elements of the complex closed irrigation network of the drainage and irrigation system according to the hydraulic calculation with the aim of determining the diameters by the estimated flow rates and permissible velocities and comparing them with the calculated diameters obtained when calculating the drainage network collectors. The coordination of two calculations of the collectors and irrigation pipelines diameters is the basis for the development of a general procedure of computing (algorithm) of a complex-irrigation network, which can be included in the structure of the “Software complex for information and technological support for modeling water resources regulation modes on drainage-irrigation systems” as a computer program “Calculator for computing the complex drainage-irrigation network”.

**Keywords:** drainage and irrigation system, drainage network, irrigation network, complex drainage and irrigation network, hydraulic calculation

**Введение.** Долговременное проведение осушительных мелиораций на большинстве территорий как в России, так и в других странах привело к тому, что на большинстве осушительно-увлажнительных систем в период вегетации не достигаются необходимые уровни грунтовых вод шлюзованием, это приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. В свою очередь, весь весенний сток отводится с осушаемой территории в водоприемники. Все это говорит о необходимости создания совмещенных осушительно-увлажнительных систем с накоплением весеннего стока в различных накопителях и подачей в засушливые периоды по совмещенным коллекторам с увлажнительными трубопроводами к дождевальным машинам для орошения сельскохозяйственных культур в засушливые периоды [1–7].

Одним из вопросов при создании таких систем является расчет совмещенной осушительно-увлажнительной сети. В настоящее время существуют методики расчета дренажных коллекторов и оросительных (увлажнительных) трубопроводов, предложенные различными учеными [8–12].

Но проведенный анализ показал, что отсутствует общий совмещенный расчет и согласование диаметров совмещенной осушительно-увлажнительной сети. И так как для расчета совмещенной осушительно-увлажнительной сети необходимо проводить большой объем вычислений диаметров и длин участков коллекторов различного порядка для отвода дренажного стока и увлажнительных трубопроводов для подачи воды дождевальным машинам и потом их дальнейшее согласование, то необходимо создать

единый алгоритм расчета совмещенной осушительно-увлажнительной сети. Для этого необходимо определиться с порядком расчета каждой части сети, расчетными зависимостями и расчетной схемой данной сети, что и является целью исследований.

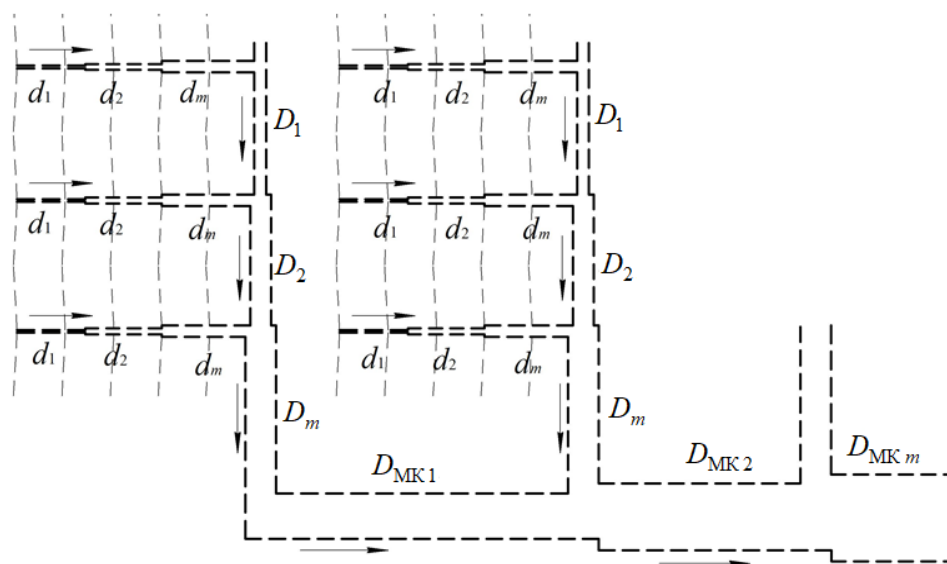
**Материалы и методы.** Объектом исследований являлась совмещенная осушительно-увлажнительная сеть для отвода и подачи водных ресурсов при осушении и увлажнении мелиорируемых земель. Материалом для проведения исследований являлись открытые источники информации в сети Интернет и научная литература, касающаяся методов гидравлических расчетов коллекторов и оросительных трубопроводов. Применялись методы сбора, обработки и анализа данных.

**Результаты и обсуждения.** В состав совмещенной осушительно-увлажнительной сети в конструктивных решениях осушительно-увлажнительных систем с максимальным использованием возобновляемых природных ресурсов входят закрытые коллекторы различных порядков и магистральные осушительно-увлажнительные трубопроводы. Расчет совмещенной осушительно-увлажнительной сети должен включать гидравлический расчет закрытых коллекторов (трубопроводов), работающих в режиме осушения, расчет трубопроводов, работающих на подачу воды на увлажнение, и согласование полученных расчетов между собой.

Целью гидравлических расчетов закрытых осушительных коллекторов является определение размеров поперечного сечения (диаметра) коллектора в зависимости от нарастания водосбросной площади. В нашем случае расчеты проводятся в предположении, что коллектор при отводе дренажного стока работает полным сечением в безнапорном режиме.

Коллекторы для разрабатываемых решений осушительно-увлажнительных систем применяем из пластмассовых или прочих (стеклопластиковых и др.) труб внешним диаметром 90, 110, 125, 150 мм и далее при необходимости. При расчете минимальный начальный диаметр коллектора принимается равным 90 мм (0,09 м), но в дальнейшем расчете необходимо сопоставить с расчетным диаметром трубопровода для подачи воды на увлажнение.

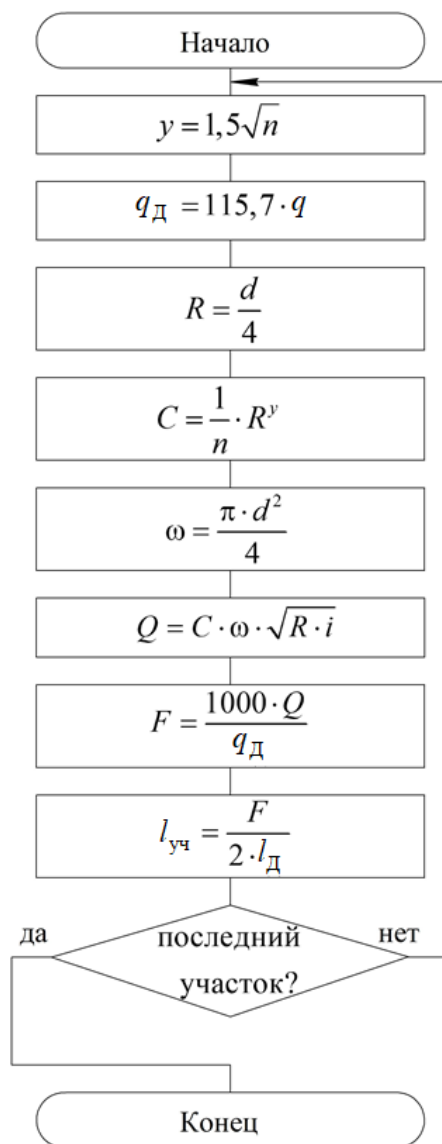
Расчет необходимо выполнять от истока коллектора к устью, определяя точки перехода меньшего диаметра коллектора на больший, согласно схеме (рисунок 1).



$d_1, d_2, \dots, d_m$  – диаметры коллекторов второго порядка;  $D_1, D_2, \dots, D_m$  – диаметры коллекторов первого порядка;  $D_{МК1}, D_{МК2}, \dots, D_{МКm}$  – диаметры магистральных коллекторов; стрелками показано направление движения водных ресурсов

**Рисунок 1** – Схема к расчету диаметров коллекторов различного порядка

Порядок расчета длин участков коллекторов с принятыми диаметрами приведен на рисунке 2, расчетные зависимости взяты из работ П. Г. Киселева, В. В. Васильева и др. [8, 9].



$y$  – показатель степени, определяется по формуле  $y = 1,5\sqrt{n}$ ;  $n$  – коэффициент шероховатости (0,011–0,013);  $q_{\text{д}}$  – модуль дренажного стока, л/(с·га);  $q$  – интенсивность инфильтрационного питания, м/сут;  $R$  – гидравлический радиус, м;  $d$  – диаметр коллектора, м;  $C$  – скоростной коэффициент, м<sup>0,5</sup>/с;  $\omega$  – площадь живого сечения, м<sup>2</sup>;  $Q$  – расход воды, который обеспечит коллектор определенного диаметра (например,  $Q_{90}$ ), м<sup>3</sup>/с;  $i$  – уклон дна коллектора;  $F$  – площадь дренажа, обслуживаемая коллектором с принятым диаметром, га;  $l_{\text{уч}}$  – длина участка коллектора, м,  $l_{\text{д}}$  – длина дрены, м

**Рисунок 2 – Порядок расчета длин участков коллекторов с принятыми диаметрами**

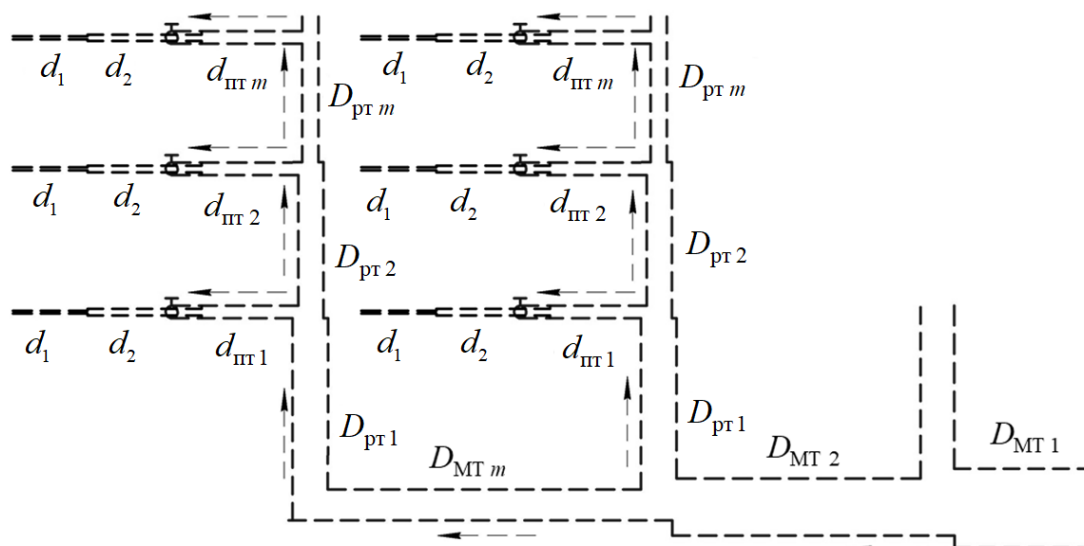
Определяя значения  $F$  для каждого принятого диаметра и зная схему расположения и среднюю длину дрен на плане, легко установить длину участка коллектора рассматриваемого диаметра и точку перехода на следующий диаметр.

Далее по приведенной последовательности определяются длины участков коллектора с другими диаметрами.

По результатам расчета составляется ведомость, в которой указываются длины и диаметры коллекторов.

Элементы совмещенной закрытой оросительной сети осушительно-увлажнительной системы необходимо подбирать согласно гидравлическому расчету с целью определения диаметров по расчетным расходам и допустимым скоростям и сопоставлять с расчетными диаметрами, полученными при расчете коллекторов осушительной сети.

Расчет выполняется согласно схеме принятой совмещенной осушительно-увлажнительной сети, на которой обозначается расположение подключения дождевальных машин и выделяются участки трубопроводов по количеству дождевальных машин (пример – рисунок 3).



$d_1, d_2$  – диаметры коллекторов второго порядка;  $d_{пт1}, d_{пт2}, \dots, d_{птm}$  – диаметры полевых трубопроводов;  $D_{пт1}, D_{пт2}, \dots, D_{птm}$  – диаметры распределительных трубопроводов;  $D_{МТ1}, D_{МТ2}, \dots, D_{МТm}$  – диаметры магистральных трубопроводов; стрелками показано направление движения водных ресурсов

**Рисунок 3 – Схема к расчету диаметров оросительных трубопроводов различного порядка (для круговой дождевальной машины)**

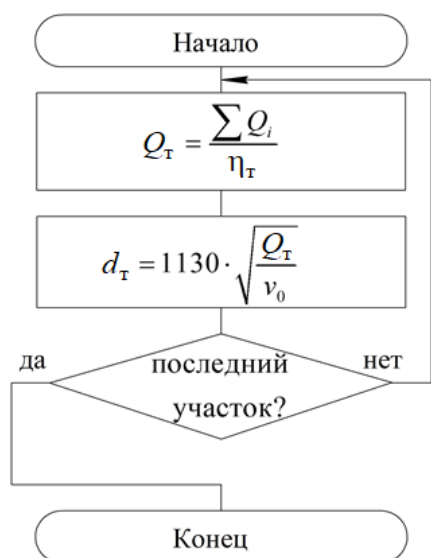
Расчет увлажнительных трубопроводов начинается с определения расходов и диаметров тупиковых полевых трубопроводов, от которых питаются непосредственно дождевальные машины, далее в направлении насосной станции по участкам с учетом КПД трубопроводов.

Зависимости и порядок расчета увлажнительных трубопроводов приведены на рисунке 4, расчетные зависимости взяты из работ П. Г. Киселева и др. [8, 10–12].

Далее подбираются стандартные диаметры, ближайшие к расчетным диаметрам труб, которые принимаются окончательно.

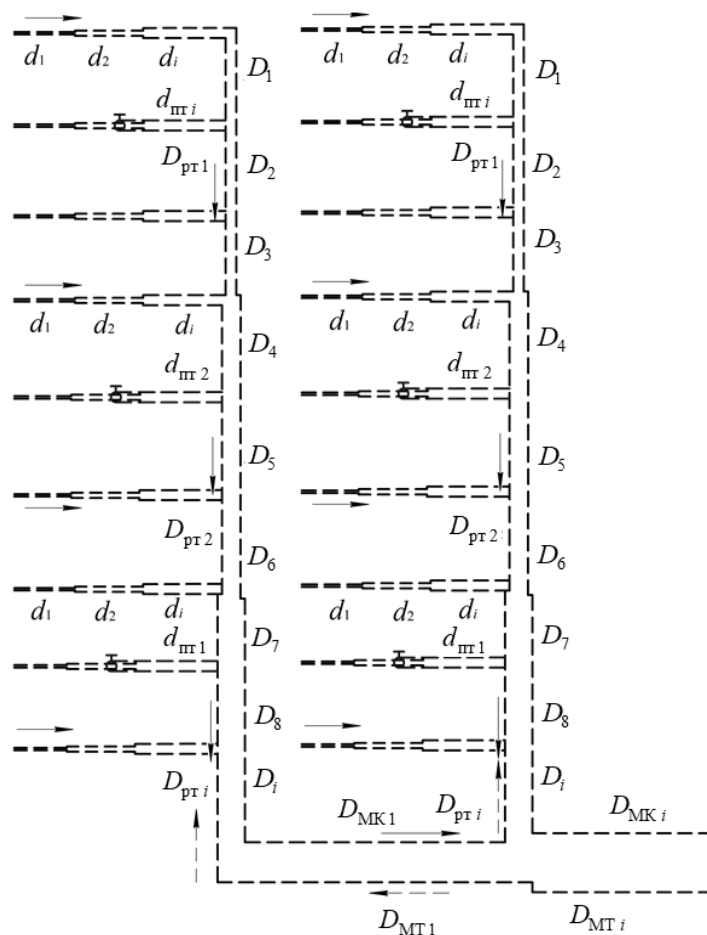
Расчет совмещенной осушительно-увлажнительной сети выполняется согласно схеме принятой совмещенной осушительно-увлажнительной сети, на которой обозначается расположение подключения дождевальных машин и выделяются участки трубопроводов по количеству дождевальных машин, пример приведен на рисунке 5.

Все результаты расчета диаметров и длин участков заносятся в таблицу для дальнейшего подбора принятых диаметров совмещенных коллекторов различного порядка. Форма данной таблицы приведена ниже (таблица 1).



$Q_T$  – расход полевого, распределительного или магистрального увлажнительного трубопровода, м<sup>3</sup>/с;  $\sum Q_i$  – суммарный расход одновременно работающих дождевальных машин либо трубопроводов меньшего порядка, л/с;  $\eta_T$  – КПД;  $d_T$  – диаметр полевого, распределительного или магистрального трубопровода, м;  $v_0$  – оптимальная скорость движения воды в трубопроводе, м/с

Рисунок 4 – Порядок расчета диаметров увлажнительных трубопроводов



$d_1, d_2, \dots, d_i$  – диаметры коллекторов второго порядка;  $D_1 - D_i$  – диаметры коллекторов первого порядка;  $D_{МК1} - D_{МКi}$  – диаметры магистральных коллекторов;  $d_{пр1} - d_{прi}$  – диаметры полевых трубопроводов;  $D_{пр1} - D_{прi}$  – диаметры распределительных трубопроводов;  $D_{МТ1} - D_{МТi}$  – диаметры магистральных трубопроводов; стрелками показано направление движения водных ресурсов: сплошной – отвод; штриховой – подача

Рисунок 5 – Схема к расчету совмещенной осушительно-увлажнительной сети

**Таблица 1 – Данные расчета диаметров совмещенной осушительно-увлажнительной сети**

Участок	Длина участка совмещенного коллектора второго порядка, м	Длина участка совмещенного коллектора второго порядка нарастающим итогом, м	Принятый наружный диаметр совмещенного коллектора второго порядка, мм	Принятый наружный диаметр совмещенного коллектора первого порядка, мм	Принятый наружный диаметр совмещенного магистрального коллектора, мм
1	2	3	4	5	6
1					
2					
<i>n</i>					

**Выводы.** На основе проведенного анализа документов можно сказать, что в настоящее время отсутствуют положения по расчету совмещенной осушительно-увлажнительной сети, также отсутствуют программные средства для его осуществления.

Согласование двух расчетов диаметров коллекторов и оросительных трубопроводов будет положено согласно предложенной совмещенной схеме к расчету в основу разработки общего порядка расчета (алгоритма) совмещенной осушительно-увлажнительной сети, который может быть включен в структуру «Программного комплекса информационно-технологической поддержки моделирования режимов регулирования водных ресурсов на осушительно-увлажнительных системах» в виде программы для ЭВМ «Калькулятор расчета совмещенной осушительно-увлажнительной сети».

#### Список источников

1. Пыленок П. И., Сидоров И. В., Гавриков А. М. Оценка площади увлажнения осушаемых земель дренажным стоком // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф. М.: ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2009. Т. 2. С. 147–151.
2. Найденов С. В., Домашенко Ю. Е., Васильев С. М. Обзор водооборотных систем на основе гидромелиоративного рециклинга // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 2(30). С. 95–111. URL: [http://rosniipm-sm.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb13-rec548-field6.pdf](http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec548-field6.pdf) (дата обращения: 09.03.2021).
3. Печенина В. С., Носова Е. В. Технологические схемы регулирования водного режима переувлажненных минеральных и торфяных почв // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф. М.: ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2009. Т. 2. С. 132–143.
4. Кожанов А. Л., Воеводин О. В. Анализ конструкций мелиоративных систем двустороннего действия и основные пути совершенствования // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 2(70). С. 91–98.
5. Кожанов А. Л. Конструктивные схемы энергосберегающих осушительных систем двойного регулирования водного режима // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 1(73). С. 27–34.
6. Яценко К. В., Килиди Х. И. Использование дренажного стока для целей орошения на осушительно-увлажнительной системе // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. Краснодар, 2017. С. 1206–1207.
7. 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.
8. Справочник по гидравлическим расчетам / П. Г. Киселев [и др.]; под ред. П. Г. Киселева. М.: Энергия, 1972. 312 с.

9. Васильев В. В., Вчерашний Е. А. Гидравлический расчет коллекторов [Электронный ресурс]. URL: [https://studopedia.net/3\\_50853\\_gidravlicheskiy-raschet-kollektorov.html](https://studopedia.net/3_50853_gidravlicheskiy-raschet-kollektorov.html) (дата обращения: 09.03.2021).

10. Гидравлический расчет трубчатой оросительной сети [Электронный ресурс]. URL: <https://infopedia.su/5x7924.html> (дата обращения: 09.03.2021).

11. Гидравлический расчет оросительной сети [Электронный ресурс]. URL: <https://megaobuchalka.ru/10/1162.html> (дата обращения: 09.03.2021).

12. Гидравлический расчет закрытой оросительной сети [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/5614631/page:7/> (дата обращения: 09.03.2021).