

**ISSN 2313-2248**

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Научно-практический журнал**

**Выпуск № 2(78)/2020**

**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 № 2(78)/2020**

Апрель – июнь 2020 г.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

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

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

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

**Редакторы:** доктор сельскохозяйственных наук, профессор Г. Т. Балакай; доктор технических наук Ю. Е. Домашенко; доктор технических наук, профессор А. В. Колганов; доктор технических наук, профессор Ю. М. Косиченко; член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор НИМИ им. А. К. Картунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ В. И. Ольгаренко; кандидат технических наук О. А. Баев; кандидат физико-математических наук М. В. Власов; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент В. Д. Гостищев; кандидат сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаева; кандидат технических наук С. Л. Жук; кандидат технических наук А. Л. Кожанов; кандидат технических наук А. А. Кузьмичёв; кандидат технических наук, доцент С. А. Манжина; кандидат сельскохозяйственных наук В. А. Монастырский; кандидат технических наук В. Иг. Ольгаренко; кандидат технических наук В. В. Слабунов; кандидат технических наук, доцент А. И. Тищенко; кандидат технических наук А. 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, Баклановский проспект, 190

**Тел.:** (8635) 26-86-24

<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 15.06.2020. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 14,65. Тираж 500 экз. Заказ № 19

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

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

ISSN 2313-2248



9 772313 224008

Дата выхода в свет 30.06.2020

Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2020

# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

### *Научно-практическая конференция «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия»*

<b>Малышева Н. Н., Хаджиди А. Е., Куцупий Д. Г., Колесников И. С., Кизинёк С. В.</b> Изучение эффективности агромелиоративных работ в рисовом севообороте .....	5
<b>Лытов М. Н.</b> О новых подходах в решении задач управления орошением с учетом дифференцирования почвенных влагозапасов по профилю .....	9
<b>Шепелев А. Е.</b> Исходные требования к основным параметрам и характеристикам многоопорной дождевальная машины для орошения сложноконтурных участков .....	16
<b>Бабичев А. Н., Сидаренко Д. П.</b> Дифференцированное внесение минеральных удобрений при использовании точного земледелия на фоне орошения .....	23
<b>Кожанов А. Л.</b> Анализ эксплуатирующихся осушительно-увлажнительных систем .....	29
<b>Рыжаков А. Н., Пономаренко Т. С.</b> Современные методы получения гидрографических характеристик водотоков .....	34
<b>Шевченко А. В., Куприянов А. А.</b> Состав сооружений и компоновка при водохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов, создаваемых для ихтиологической мелиорации ирригационных водоемов .....	39
<b>Пономаренко Т. С., Бревева А. В., Ковалев С. В., Мартынов Д. В.</b> Районирование коэффициента редукции стока рек Черноморского побережья Краснодарского края .....	45
<b>Шепелев А. Е.</b> Вопросы автоматизации на гидромелиоративных и водохозяйственных объектах .....	49
<b>Лытов М. Н.</b> Особенности применения дифференцированных режимов водообеспечения при капельном способе орошения .....	54
<b>Домашенко Ю. Е., Митяева Л. А., Арискина Ю. Ю., Ляшков М. А.</b> Оценка состояния эродированного почвенного покрова в границах районов Ростовской области .....	60
<b>Рыжаков А. Н.</b> К вопросу развития и усовершенствования геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» .....	65
<b>Хожанов Н. Н., Ескермесов Ж. Е., Хожанова Г. Н.</b> Совершенствование технологии выращивания риса в Казахстане .....	70
<b>Бабенко А. А., Бабичев А. Н.</b> Особенности минерального питания томатов в защищенном грунте .....	75
<b>Абраменко И. П., Ревунов Р. В.</b> Административно-правовые направления совершенствования системы управления водохозяйственной деятельностью .....	81
<b>Сукало Г. М., Шевченко А. В.</b> Донный водорыбовывпуск из рыбоводного бассейна .....	86
<b>Рыжаков А. Н., Кузьмичёв А. А., Мартынов Д. В.</b> Подготовка базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» для создания водохозяйственной модели распределения водных ресурсов .....	92

## **МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ**

- Кожанов А. Л.** К вопросу определения объема накопителей дренажного стока на осушительно-увлажнительных системах..... 99
- Селицкий С. А., Балакай Г. Т.** Использование стимуляторов роста при возделывании сои в Ростовской области ..... 105

## **СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО**

- Дуброва Ю. Н., Лейко Д. М., Боровиков А. А.** Использование природных ландшафтов в сельскохозяйственном производстве в условиях изменения климата... 112

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

- Барамыков М. Р.** Применение методов цифровизации в работе гидромелиоративных систем в условиях снижения эксплуатационной эффективности..... 118

## **НАУКА – ПРАКТИКЕ**

- Тищенко А. И.** Разработка рекомендаций по улучшению работы регулирующего сооружения Терско-Кумского канала на основе гидравлических исследований..... 123

## МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

### *Научно-практическая конференция «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия»*

---

---

УДК 633.18:631.671:631.675.2

**Н. Н. Малышева, А. Е. Хаджиди, Д. Г. Куцупий, И. С. Колесников**

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

**С. В. Кизинёк**

Рисоводческий племенной завод «Красноармейский» имени А. И. Майстренко, Октябрьский, Российская Федерация

#### **ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ РАБОТ В РИСОВОМ СЕВООБОРОТЕ**

*Цель исследований – анализ эффективности проведения капитальной планировки рисовых чеков и провокационных поливов с учетом имеющихся водных ресурсов в период вегетации риса. Достижение поставленной цели обусловлено решением задач по изучению динамики площадей капитальной планировки почвы и провокационных поливов за последние пять лет, объемов водоподачи для этих целей, расчету доли затрат воды на провокационные ирригации от общего объема водозабора и водоподачи для сельхозпроизводства за период вегетации, выявлению корреляционной зависимости между показателями урожайности риса и объемами мелиоративных работ в паровых полях севооборота. В работе использована законодательная база Краснодарского края, проведены камеральные работы по анализу годовых технических отчетов Управления мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Краснодарскому краю, Государственной программы Краснодарского края по развитию сельского хозяйства, оперативной информационно-статистической информации Министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края. Полученные результаты исследований показали, что увеличение за последние пять лет площади проведения капитальной планировки рисовых чеков на 13,0 тыс. га повлекло за собой и рост площадей под провокационными поливами на 8,5 тыс. га. При этом объем водных ресурсов, требуемый для выполнения указанного агроприема, вполне достаточный и составляет порядка 2,76 % от общего объема водоподачи для нужд сельскохозяйственного производства, не влияет на общий объем воды для полива риса в период вегетации. Выявлено, что увеличение площадей, на которых были проведены агромелиоративные работы в севооборотных полях рисовых оросительных систем Краснодарского края, способствовало повышению урожайности риса в регионе с 2015 по 2019 г. на 4,5 ц/га, о чем свидетельствуют результаты корреляционного анализа.*

*Ключевые слова: рис; рисовый севооборот; рисовые оросительные системы; объем водоподачи; капитальная планировка почвы; провокационные поливы; урожайность.*

\*\*\*\*\*

**N. N. Malysheva, A. E. Hadzhidi, D. G. Kutsupiy, I. S. Kolesnikov**

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

**S. V. Kizinyok**

The Krasnoarmeysky Rice Growing Pedigree Plant named after A. I. Maystrenko, Otyabrskiy, Russian Federation

## THE STUDY OF AGRICULTURAL RECLAMATION ACTIVITIES EFFICIENCY IN RICE CROP ROTATION

*The purpose of the research is to analyze the efficiency of general grading of rice checks and provocative irrigation, taking into account the available water resources during the rice vegetation season. Achieving this goal is due to the problems solving on studying the dynamics of areas of soil general grading and provocative irrigation over the past five years, the water delivery value for these purposes, the calculation of the share of water consumption for provocative irrigation of the total water intake and water supply for agricultural production during the vegetation season, and the identification of correlation dependencies between rice productivity indicators and reclamation work volumes in fallow fields of crop rotation. The legislative base of Krasnodar Territory was used, the office study on analysis of the annual technical reports of the Department of Land Reclamation and Agricultural Water Supply in Krasnodar Territory, the State Program of Krasnodar Territory for the Development of Agriculture, and current informative and statistical information from the Ministry of Agriculture and Processing Industry of Krasnodar Territory was carried out. The research results showed that an increase in the area of general grading of rice checks by 13.0 thousand ha over the past five years has also led to an increase in the area under provocative irrigation by 8.5 thousand ha. At the same time, the water resources volume required for fulfillment this agricultural practice is quite sufficient and amounts to about 2.76 % of the total water supply for the needs of agricultural production; it does not influence the total water volume for rice irrigation during the growing season. It was revealed that the increase in the areas in Krasnodar Territory where land reclamation activities in the rice crop rotation fields of irrigation systems were carried out, contributed to an increase in rice productivity in the region from 2015 to 2019 by 4.5 c/ha, as evidenced by the results of the correlation analysis.*

*Key words: rice; rice rotation; rice irrigation systems; water delivery value; general grading of soil; provocative irrigation; yield.*

**Введение.** Технология производства риса на Кубани отличается от принятых в мире в силу климатических, почвенных, гидрологических условий. Мелиоративные системы инженерного типа, расположенные на Нижней Кубани и построенные в 60–80-е гг. прошлого столетия, предполагают систему прямого сева с использованием средств механизации и научно обоснованный севооборот, в котором рис должен занимать 62,5 % от общей севооборотной площади [1, 2]. Нормативно-правовыми актами Краснодарского края предусмотрено насыщение рисового севооборота основной культурой не менее 57,0 % и не более 67,0 % [3, 4].

Конструктивные особенности мелиоративных систем, включая водоподающую и сбросную сети, рассчитаны на указанный выше севооборот, что позволяет своевременно обеспечивать поливной водой посеvy риса, культуры рисового севооборота, проводить работу в паровых полях в течение периода вегетации, включая мелиоративные мероприятия, в т. ч. капитальную планировку плоскости чеков и провокационные поливы при достаточном объеме водных ресурсов [5, 6]. Указанные мероприятия, проведенные в год, предшествующий севу риса в паровом звене севооборота, способствуют экономии оросительной воды, позволяют снизить расход семян для посева и количество применяемых агрохимикатов, способствуют уничтожению сорных растений механическим способом без использования гербицидов. Это уменьшает финансовые затраты на производство риса и позволяет получать товарное зерно высокого качества, рационально использовать природную среду, снижает гербицидную нагрузку на рисовые агроландшафты [7, 8].

В этой связи цель исследовательской работы – анализ эффективности проведения капитальной планировки рисовых чеков и провокационных поливов с учетом имеющихся водных ресурсов в период вегетации риса.

**Материалы и методы.** В работе использованы и проанализированы государственная программа Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия» (постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 5 октября 2015 г. № 944), закон Краснодарского края «Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Краснодарского края» от 7 июня 2004 г. № 725. Камеральные работы проведены с технической отчетностью ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз», оперативной информацией «Ежедневный оперативный информационно-статистический бюллетень министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края «Экспресс-Агро».

Проведен анализ следующих показателей за период 2015–2019 гг.: площади капитальной планировки почвы и провокационных поливов, объемы водоподачи для этих целей. Рассчитана доля затрат воды на провокационные ирригации от общего объема водозабора и водоподачи для сельхозпроизводства за период вегетации, проведен корреляционный анализ показателей урожайности риса и объемов мелиоративных работ в паровых полях рисового севооборота.

**Результаты и обсуждение.** В результате исследования выявлено, что в последние годы на рисовых оросительных системах наблюдается увеличение площадей, на которых проведена капитальная планировка почвы (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Площади капитальной планировки почвы и провокационных поливов рисовых чеков в системе рисового севооборота, 2015–2019 гг.**

Так, в 2015 г. этот агрономелиоративный прием был использован на 20,2 тыс. га рисовых оросительных систем, что составляет 8,6 % от всего рисового ирригированного фонда. К 2019 г. капитальная планировка чеков была проведена на площади 33,2 тыс. га, или 14,2 % площадей рисовых оросительных систем.

Аналогичная закономерность наблюдалась и с проведением провокационных поливов после капитальной планировки рисовых чеков, площадь которых за последние пять лет увеличилась на 8,5 тыс. га с 1,07 тыс. га в 2015 г. до 9,53 тыс. га в 2019 г., что составляет от 5,3 до 36,7 % от общей площади проведения капитальной планировки рисовых чеков [9].

Высокая эффективность приема, включающего капитальную планировку рисовых чеков и проведение провокационных поливов, подтверждается увеличением урожайности риса с 63,0 ц/га в 2015 г. до 67,5 ц/га в 2019 г. [10–12]. Так, по результатам корреляционного анализа выявлена высокая степень сопряженности между площадями, на которых проведена и капитальная планировка, и провокационные поливы, и урожайностью на них риса ( $r = 0,86$ ). Связь между площадями, где осуществлялись только провокационные поливы, и урожайностью риса несколько слабее ( $r = 0,77$ ) (таблица 1).

**Таблица 1 – Корреляционные взаимосвязи между площадью капитальной планировки рисовых чеков, провокационными поливами и урожайностью риса**

Показатель	1	2	3
Площадь капитальной планировки чеков, тыс. га	1		
Площадь провокационных поливов, тыс. га	0,96	1	
Урожайность риса, ц/га	0,86	0,77	1

При проведении провокационных поливов после капитальной планировки рисовых полей важно учитывать имеющиеся возможности по запасам водных ресурсов, поскольку указанные агромероприятия совпадают по времени с поливом риса (июль-август) и основной объем оросительной воды направлен на посеы риса.

В этой связи нами проведен анализ показателей водопользования за последние пять лет, который показал, что объем водоподачи на провокационные поливы составил от 6,46 млн м<sup>3</sup> в 2015 г. до 75,79 млн м<sup>3</sup> в 2019 г., или 0,17–1,87 % от суммарного водозабора из всех источников орошения и 0,23–2,76 % от общего объема подачи воды для нужд сельхозпроизводства (таблица 2).

**Таблица 2 – Основные показатели водопользования для нужд сельскохозяйственного производства, 2015–2019 гг.**

Показатель	Год				
	2015	2016	2017	2018	2019
Суммарный забор воды из всех источников на все нужды, млн м <sup>3</sup>	3789	3956	3559	3835	4042
Суммарный объем подачи воды для нужд сельхозпроизводства, млн м <sup>3</sup>	2721	2778	2442	2835	2739
Объем водоподачи для провокационных поливов, млн м <sup>3</sup>	6,46	19,21	13,34	48,5	75,8
Доля объема водоподачи для провокационных поливов от суммарного забора воды, %	0,17	0,48	0,37	1,26	1,87
Доля объема водоподачи для провокационных поливов от суммарного объема воды для нужд сельхозпроизводства, %	0,23	0,69	0,54	1,71	2,76

В целом указанные объемы воды для провокационных поливов предусматривались планом водопользования и не влияли негативно на производственный процесс выращивания риса.

**Выводы.** Таким образом, по результатам проделанной работы можно сделать вывод, что увеличение за последние пять лет площади проведения капитальной планировки рисовых чеков на рисовых оросительных системах Краснодарского края на 13,0 тыс. га повлекло за собой и рост площадей под провокационными поливами на 8,5 тыс. га. При этом объем водных ресурсов, требуемый для выполнения указанного агроприема, вполне достаточный и составляет порядка 2,76 % от общего объема водоподачи для нужд сельскохозяйственного производства, не влияет на общий объем воды для полива риса в период вегетации. Кроме того, увеличение площадей, на которых были проведены агромероприятия в севооборотных полях рисовых оросительных систем, способствовало повышению урожайности риса в регионе с 2015 по 2019 г. на 4,5 ц/га, о чем свидетельствуют результаты корреляционного анализа.

#### Список использованных источников

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

2 Система рисоводства Краснодарского края / К. М. Авакян [и др.]. – Краснодар, 2011. – 340 с.

3 Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Краснодарского края: закон Краснодарского края от 7 июня 2004 г. № 725-КЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/461607267>, 2020.

4 О внесении изменений в статью 7 Закона Краснодарского края «Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Краснодарского края»: закон Краснодарского края от 26 июля 2019 г. № 4082-КЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/561427868>, 2020.

5 Владимиров, С. А. Стратегия устойчивого экологически безопасного рисоводства: монография / С. А. Владимиров. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – 160 с.

6 Малышева, Н. Н. К вопросу развития отрасли рисоводства / Н. Н. Малышева // Современные тенденции развития науки и технологий: сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч.-практ. конф. – Белгород, 2015. – № 5, ч. 1. – С. 71–73.

7 К вопросу водообеспеченности посевов риса на Кубани / Н. Н. Малышева, С. Н. Якуба, А. А. Андрейко, С. А. Тешева // Сборник тезисов по материалам III Научно-практической конференции молодых ученых Всероссийского форума по селекции и семеноводству «Русское поле 2019». – Краснодар: КубГАУ, 2019. – С. 228–230.

8 Dobermann, A. Productivity growth is important for sustainable rice production / A. Dobermann // Rice Today. – 2017. – Vol. 16, № 4. – P. 34.

9 Годовые технические отчеты ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» за 2015–2018 гг.

10 Краснодарский край в цифрах. 2018: стат. Сб. / Краснодарстат. – Краснодар, 2019. – 302 с.

11 Ежедневный оперативный информационно-статистический бюллетень Министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края «Экспресс-Агро» № 194 от 16.10.2019. – 19 с.

12 Об утверждении государственной программы Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия»: Постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 5 октября 2015 г. № 944 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/430643160>, 2020.

УДК 631.67:504.064.36

### **М. Н. Лытов**

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

## **О НОВЫХ ПОДХОДАХ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ С УЧЕТОМ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ ВЛАГОЗАПАСОВ ПО ПРОФИЛЮ**

*Целью настоящего исследования является создание модели управления орошением с учетом пространственного варьирования влажности почвы. Особенностью используемых в статье подходов является то, что предлагаемая модель предполагает учет вариабельности почвенного влагосодержания не по площади орошаемого участка, а в вертикальном профиле зоны активного корневого водопотребления сельскохозяйственных культур. Такой подход исключает необходимость усложнения конструкций оросительной техники для дифференцированного распределения оросительной влаги, а следовательно, и применение технологии позволяет избежать лишних затрат. Новым в архитектуре предложенной модели является блок оценки потребности в проведении полива по условиям дифференцирования содержания влаги в профиле активного слоя почвы. Методика определения потребности в проведении полива с учетом дифференцирования влагозапасов по почвенному профилю опирается на статистиче-*

ские оценки полойной вариабельности влажности почвы. Превышение полойной вариабельности влажности почвы в пределах зоны активного корневого водопотребления порогового уровня свидетельствует о необходимости проведения полива в более ранние сроки. При этом смещение дат полива будет оправданным, если связанные с этим дополнительные затраты будут заведомо ниже стоимости дополнительно полученной в результате продукции.

*Ключевые слова:* орошение; модель управления; почвенные влагозапасы; вариабельность влажности по профилю; потребность в поливе.

\*\*\*\*\*

**M. N. Lytov**

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

### **NEW APPROACHES TO SOLVING IRRIGATION MANAGEMENT PROBLEM TAKING INTO ACCOUNT DIFFERENTIATION OF STORED SOIL MOISTURE ALONG PROFILE**

*The purpose of this study is to create an irrigation management model for taking into account the soil moisture spatial variation. A feature of the approaches used in the article is that the proposed model involves taking into account the variability of soil moisture content not by the area of the irrigated plot, but in the vertical profile of the zone of active root water consumption of agricultural crops. This approach eliminates the necessity to complicate the design of irrigation equipment for the differentiated distribution of irrigation moisture, and, consequently, the use of technology avoids unnecessary costs. A new unit in the architecture of the proposed model is the unit of assessing the need for irrigation according to the conditions of differentiating the moisture content in the active soil layer profile. The methodology for determining the need for irrigation, taking into account the differentiation of stored soil moisture along soil profile is based on statistical assessment of the layer-by-layer variability of soil moisture. Exceeding the layer-by-layer variability of soil moisture within the zone of active root water consumption at the threshold level indicates the need for irrigation at an earlier date. At the same time, a shift in the dates of irrigation will be justified if the additional costs associated with this are obviously lower than the cost of the additional products obtained as a result.*

*Key words:* irrigation; management model; stored soil moisture; moisture variability along profile; irrigation requirement.

**Введение.** Современные технологии орошения предлагают уникальные возможности многофакторного регулирования средового окружения сельскохозяйственных растений [1–4]. Сегодня орошение помимо регулирования водного режима почвы обеспечивает возможность дозированного внесения различных минеральных комплексов, включая удобрения и мелиоранты, пестицидов системного действия, биопрепаратов, возможность комплексного регулирования гидротермического режима агрофитоценоза, защиту растений от свойственных любому региону климатических рисков. Одним из наиболее перспективных направлений совершенствования мелиоративных технологий является повышение точности дозированных воздействий при регулировании каждого из факторов жизни растений. В соответствии с современной концепцией точного земледелия технологии должны учитывать изменение факторов жизни сельскохозяйственных растений в пространстве, а следовательно, и пространственную потребность в дозированном воздействии регуляторов [5]. Целью настоящего исследования является создание модели управления орошением с учетом пространственного варьирования влажности почвы.

**Материалы и методы.** Проблема точного орошения в мировой науке уже имеет определенную историю с далеко не всегда положительными результатами [6]. Речь идет прежде всего об учете пространственной вариабельности почвенного влагосодержания по площади орошаемого участка. Отмечается, что технологии такого плана от-

личаются значительным усложнением конструкции оросительной техники, требуют детального исследования и цифрового картирования влажности почвы на всей площади орошаемого участка. Последнее само по себе является наукоемкой и дорогостоящей технологией, еще не нашедшей объективно удачной реализации в практике орошаемого земледелия. Эффект от применения технологий точного орошения не всегда превышал дополнительные затраты. Отметим, что эти исследования и разработки были направлены прежде всего на компенсацию вариации влажности почвы по площади орошаемого участка. Однако проблему нужно рассматривать в объеме, а не на площади. А это означает необходимость учета вертикальной вариабельности влажности почвы как минимум в пределах зоны активного корневого водопотребления. Такая постановка задачи не требует дифференцированного распределения оросительной воды по площади орошаемого участка, а следовательно, может быть использована и обычная оросительная техника. Технология предполагает лишь сдвиг даты проведения полива, если чрезмерная вариабельность влажности почвы по профилю оказывает объективное влияние на урожайность сельскохозяйственной культуры. Эффективность такого подхода была подтверждена результатами собственных исследований автора, реализованных в посевах орошаемой сои [7]. Однако до сих пор не была предложена модель управления орошением с учетом профиля распределения почвенной влаги, дающая исчерпывающее представление о том, как это могло бы быть реализовано в рамках современных гидромелиоративных технологий. Материалами исследований являются известные подходы и методы, предполагающие решение задачи управления орошением на стратегическом, средне- и краткосрочных уровнях. Методология исследований базируется на основных положениях теории алгоритмов с учетом специфики орошаемого земледелия и особенностей распределения почвенной влаги в почвенном профиле.

**Результаты и обсуждение.** На рисунке 1 в формате укрупненных исполнительных блоков составлено обобщенное представление об управлении гидромелиоративными технологиями в области орошения.

Совокупность такого рода исполнительных блоков составляет укрупненную модель управления орошением, причем большинство компонентов этой модели являются обобщением уже известных и используемых в отрасли информационных технологий. На рисунке 1 эти компоненты визуализированы сплошной линией.

Как и любая управляющая информационная система, управление орошением основывается на анализе какой-то совокупности исходных данных. Поэтому входным исполнительным блоком укрупненной модели управления орошением является агрегация исходных данных. Подразумеваются совершенно различные технологии получения исходных данных: это и результаты физического измерения ключевых параметров состояния, и данные, полученные по итогам предыдущего цикла итерационных расчетов, расчетные значения обобщенных показателей, коррелируемые параметры средового окружения, полученные в результате фильтрации информационного пространства на основе методов анализа Big Data. Исходными данными для классического расчетного метода планирования потребности в поливах, например, являются данные агрометеорологического окружения (вектор  $\sum S.M$ ), информация о запасах почвенной влаги на предшествующем этапе расчетов ( $W_{i-1.Mid}$ ), видоспецифичных параметрах водопотребления и совокупности других показателей, определяющих итоговой вектор баланса почвенной влаги ( $\sum a_i$ ). Для оперативного определения потребности в проведении поливов сегодня все более широко используются инструментальные способы и технологии, в т. ч. Рассредоточенные по территории на стационарной основе. Использование технологий Big Data может быть полезно в плане получения наиболее точных решений, когда результаты сопоставляются с многопараметрическими образами средового окружения мелиорированных территорий.

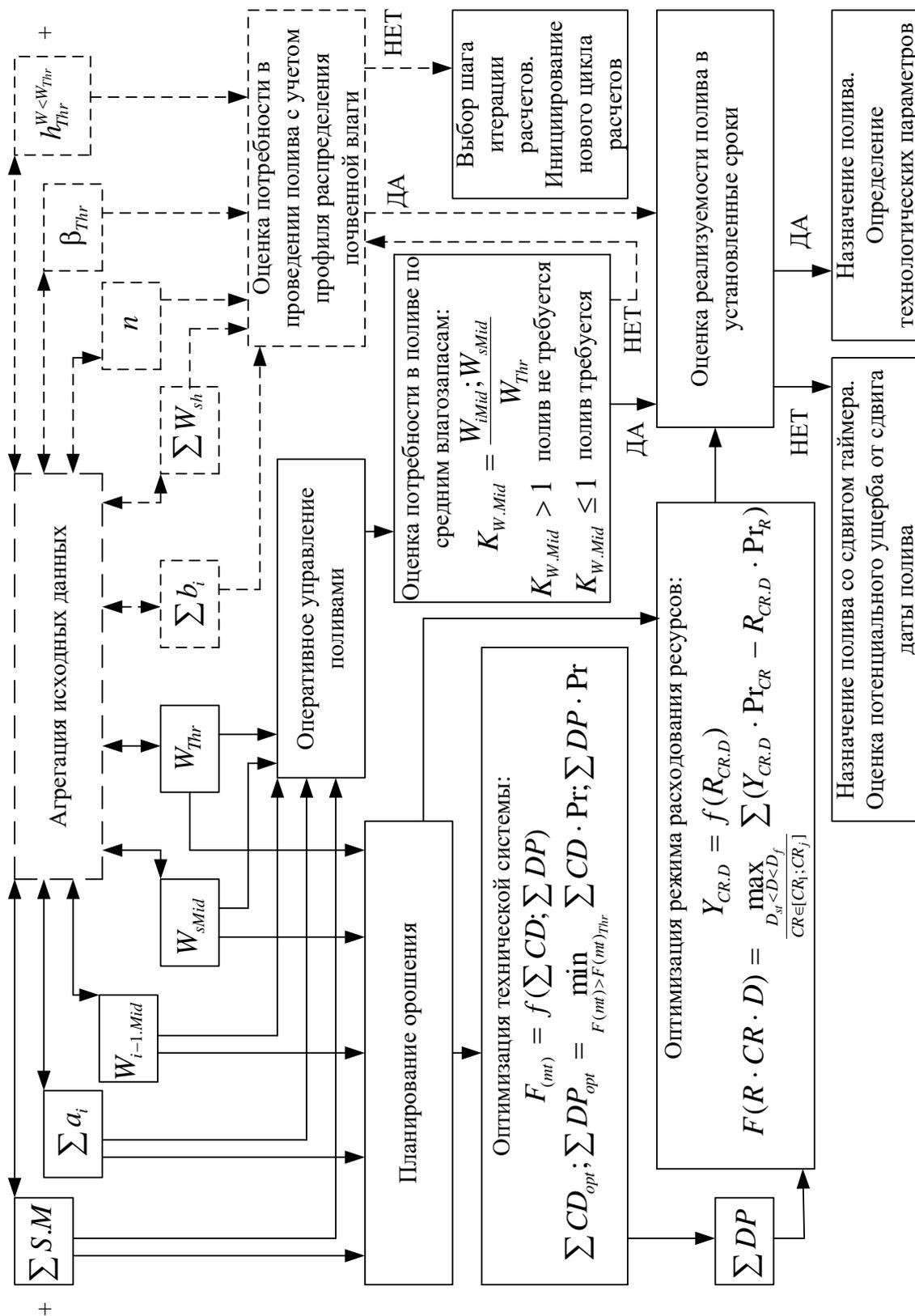


Рисунок 1 – Укрупненная модель управления орошения с учетом профиля распределения почвенной влаги

Модель традиционно включает два крупных исполнительных блока, разграничивающих проблематику планирования орошения и решения задач оперативного управления поливами. Развитие технологий и инновации в сфере агромелиоративных технологий сегодня способствуют все более широкому распространению инструментальных методов решения задач оперативного управления поливами. Все чаще это сводится к установке территориально распределенных и удаленно работающих датчиков влажности почвы, которые позволяют составить объективную картину потребности в проведении очередного вегетационного полива. Такой подход существенно превосходит все известные расчетные методы в точности, снижает непроизводительные затраты воды, исключает ситуации с недополивом, сокращает экологические риски.

Широкое развитие инструментальных методов и их объективные преимущества ставят вопрос о целесообразности использования и развития расчетных методов определения потребности в гидротехнических мелиорациях. Мы считаем, что такие методы могут применяться, а их совершенствование оправдано для решения задач планирования орошения. Нужно ли сегодня планировать орошение? Если технологии на предприятии избыточно обеспечены ресурсами, а техническая система обеспечивает любой, даже самый интенсивный, режим их расходования, то для управления поливами вполне достаточно инструментального метода. Такие ситуации вполне жизнеспособны и встречаются на практике, преимущественно в малых субъектах аграрного бизнеса. И все же основная доля сельскохозяйственной продукции производится в условиях дефицита водных ресурсов, ограниченности технических возможностей системы в плане режима их использования, необходимости оптимизации затрат для максимального снижения себестоимости продукции. Планирование орошения здесь необходимо и позволяет решать как минимум две важные задачи. Это задача оптимизации технической системы, используемой для осуществления гидротехнических мелиораций, и задача оптимизации режима расходования ресурсов. Первая решается на основе стратегического планирования орошения с использованием климатических и почвенно-гидрологических характеристик территории, обеспеченности водными ресурсами, обобщенных показателей водопотребления сельскохозяйственных культур, включенных в наиболее вероятные севообороты хозяйствующего субъекта. Относительно конструктивных решений и конструктивных параметров технической системы оптимизационная задача имеет следующую постановку:

$$F_{(mt)} = f(\sum CD; \sum DP),$$

$$\sum CD_{opt}; \sum DP_{opt} = \min_{F(mt) > F(mt)_{Thr}} \sum CD \cdot Pr; \sum DP \cdot Pr,$$

где  $F_{(mt)}$  – основная технологическая функция технической системы;

$\sum CD$  – совокупность конструктивных решений технической системы;

$\sum DP$  – совокупность технических параметров технической системы;

$\sum CD_{opt}$  – оптимальное конструктивное решение технической системы;

$\sum DP_{opt}$  – оптимальные технические параметры системы;

$F(mt)_{Thr}$  – пороговый (низший) уровень выполнения основной технологической функции;

$Pr$  – цена конструктивного решения, параметра относительно базовой конструкции.

Вторая предполагает решение задачи об оптимальном распределении водных ресурсов с учетом уже известных возможностей технической системы. Постановка задачи следующая:

$$Y_{CR,D} = f(R_{CR,D}),$$

$$F(R \cdot CR \cdot D) = \max_{\substack{D_{st} < D < D_f \\ CR \in [CR_1; CR_j]}} \sum (Y_{CR,D} \cdot Pr_{CR} - R_{CR,D} \cdot Pr_R),$$

где  $Y_{CR,D}$  – продуктивность посева сельскохозяйственной культуры ( $CR$ );

$R_{CR,D}$  – затраты ресурса на полив сельскохозяйственной культуры ( $CR$ ) при дате полива ( $D$ );

$F(R \cdot CR \cdot D)$  – целевая функция сочетанного использования ресурса ( $R$ ) в посевах сельскохозяйственной культуры ( $CR$ ) на дату ( $D$ );

$D_{st}; D_f$  – диапазон допустимых дат полива сельскохозяйственной культуры для принятия компромиссного решения в условиях дефицита поставок ресурса;

$[CR_1; CR_j]$  – совокупность сельскохозяйственных культур, решение о приоритетных датах полива которых принимается в результате оптимизационных расчетов;

$Pr_{CR}$  – цена продукции, полученной в результате выращивания сельскохозяйственной культуры при орошении;

$Pr_R$  – цена ресурса, затрачиваемого на полив сельскохозяйственной культуры.

Планирование орошения в этом случае осуществляется уже на среднесрочном и краткосрочном уровнях с использованием актуальных прогнозов по метеорологическому окружению. Безусловно, решение задач планирования орошения не является самоцелью, а полученные результаты оказывают самое непосредственное влияние на принятие оперативного решения о проведении полива.

Решение задачи о потребности в проведении полива на оперативном уровне осуществляется на основе сведений об актуальных почвенных влагозапасах путем их сравнения с видоспецифичным пороговым уровнем. При этом в классическом варианте оценка потребности в проведении полива осуществляется по среднему значению влагозапасов в активном (расчетном) горизонте почвы:

$$W_{iMid} = f(W_{i-1.Mid}; \sum a_i), \quad W_{iMid} = W_{sMid},$$

$$K_{W.Mid} = \frac{W_{iMid}; W_{sMid}}{W_{Thr}},$$

где  $W_{iMid}; W_{sMid}$  – средние актуальные запасы влаги в активном (расчетном) слое почвы, установленные на основании модельных расчетов ( $i$ ) или по сенсорным данным ( $s$ ), мм;

$W_{i-1.Mid}$  – средние влагозапасы активного слоя почвы на предшествующую расчетную дату, мм;

$\sum a_i$  – сумма факторов, определяющих итоговой вектор баланса почвенной влаги за расчетный период;

$K_{W.Mid}$  – критерий потребности в проведении полива;

$W_{Thr}$  – пороговый уровень влагосодержания почвы, мм.

Такой подход предполагает использование обобщенных оценок влагосодержания активного слоя почвы для определения  $K_{W.Mid}$ , значение которого непосредственно связано с суждением о необходимости проведения полива.

При значениях  $K_{W.Mid} \leq 1$  потребность в проведении полива подтверждается. Согласно предложенной модели, в этом случае запускается проверка технологической возможности проведения полива в указанные сроки и в случае положительного решения вычисляются технологические параметры полива. В случае если проведение полива в установленные расчетом сроки не может быть реализовано, вычисляются параметры технологического сдвига даты проведения полива, а также оцениваются возможные последствия несоблюдения оптимального режима орошения.

При значениях  $K_{W.Mid} > 1$  потребность в проведении полива отвергается. В классическом варианте этого решения было достаточно, в дальнейшем предполагалось проведение оценки вероятной даты проведения полива (прогноз), выбор шага итерации расчетов и программирование таймера на предмет инициации нового цикла расчетов. Важным отличительным блоком предложенной модели управления орошением является проведение дополнительного цикла расчетов на предмет оценки потребности в проведении полива с учетом дифференцирования влагозапасов по почвенному профилю. На рисунке 1 эта составляющая модели выделена прерывистой линией.

Методика определения потребности в проведении полива с учетом дифференцирования влагозапасов по почвенному профилю в предложенной модели опирается на статистические оценки послонной вариабельности влажности почвы:

$$\beta_i = f(\sum b_i), \beta_i = \frac{\sum_{\varepsilon=1}^n (W_{sh} - W_{sMid})^2}{W_{sMid}}$$

где  $\beta_i$  – коэффициент вариации влажности почвы по профилю расчетного слоя, %;

$\sum b_i$  – итоговый вектор совокупности факторов, определяющих возможность моделирования вертикального влагообмена в пределах активного слоя почвы;

$n$  – общее число выделенных горизонтов почвы  $\varepsilon$  в пределах активного слоя;

$W_{sh}$  – содержание почвенной влаги в выделенном горизонте почвы в пределах активного слоя  $h$ ;

$W_{sMid}$  – измеренное среднее влагосодержание активного слоя почвы, мм.

Тогда:

$$K_{\beta} = \frac{\beta_i}{\beta_{Thr}}$$

где  $K_{\beta}$  – критерий потребности в проведении полива из-за превышения вариабельности влагосодержания по профилю активного слоя почвы;

$\beta_{Thr}$  – пороговое значение коэффициента вариации почвенной влаги по профилю, при превышении которого нельзя исключить необходимость проведения полива с целью выравнивания условий водообеспечения по почвенному профилю, %.

При значениях критерия  $K_{\beta}$  от 0 до 1 проведение полива не требуется. Если значение этого критерия  $\geq 1$ , проводится еще одна проверка по величине профиля  $h$  с содержанием влаги менее порогового уровня  $W_{Thr}$ :

$$K_h = \frac{h_i^{W < W_{Thr}}}{h_{Thr}^{W < W_{Thr}}}$$

где  $K_h$  – критерий потребности в проведении полива из-за чрезмерного дифференцирования профиля почвы по степени увлажнения;

$h_i^{W < W_{Thr}}$  – доля активного слоя почвы с содержанием влаги ниже предполивного уровня, %;

$h_{Thr}^{W < W_{Thr}}$  – пороговое значение доли активного слоя почвы с содержанием влаги ниже предполивного уровня, %.

При значениях критерия  $K_h \geq 1$  принимается решение о необходимости проведения полива с целью выравнивания условий водообеспечения по почвенному профилю.

**Заключение.** В результате исследований предложена модель управления орошением, учитывающая потребность в проведении ранних поливов с целью сглаживания избыточной неравномерности распределения влаги по профилю активного слоя почвы.

Новым в архитектуре предложенной модели является блок оценки потребности в проведении полива по условиям дифференцирования содержания влаги в профиле активного слоя почвы. Методика определения потребности в проведении полива с учетом дифференцирования влагозапасов по почвенному профилю опирается на статистические оценки послойной вариабельности влажности почвы. Превышение послойной вариабельности влажности почвы в пределах зоны активного корневого водопотребления порогового уровня свидетельствует о необходимости проведения полива в более ранние сроки. При этом смещение дат полива будет оправданным, если связанные с этим дополнительные затраты будут заведомо ниже стоимости дополнительно полученной в результате продукции.

#### Список использованных источников

1 Костоварова, И. А. Повышение эффективности орошения при многофункциональном использовании техники полива / И. А. Костоварова, С. Л. Шленов, М. П. Замаховский // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 3. – С. 58–61.

2 Spatial-temporal distribution characteristics of water-nitrogen and performance evaluation for basin irrigation with conventional fertilization and fertigation methods / M. J. Bai, D. Xu, S. H. Zhang, Y. N. Li // Agricultural Water Management. – 2013. – Vol. 126. – P. 75–84. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.05.006>.

3 Ламердонов, З. Г. Многофункциональные инженерно-мелиоративные системы в садоводстве и виноградарстве / З. Г. Ламердонов // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 8. – С. 8–9.

4 Майер, А. В. Универсальная многофункциональная система орошения для комбинированных способов полива / А. В. Майер, Ю. И. Захаров, Н. В. Криволицкая // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1(37). – С. 206–210.

5 Ольгаренко, В. И. Принципы применения элементов технологии точного земледелия и прецизионного орошения в сельскохозяйственном производстве / В. И. Ольгаренко, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский // Новости науки в АПК. – 2018. – № 2-2(11). – С. 23–26.

6 Tamirat, T. W. Precision irrigation and harvest management in orchards: an economic assessment / T. W. Tamirat, S. M. Pedersen // Journal of Central European Agriculture. – 2019. – Vol. 20, № 3. – P. 1009–1022. – DOI: [/10.5513/JCEA01/20.3.2160](https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.3.2160).

7 Бородычев, В. В. Проблемы оптимального водообеспечения сои в условиях орошения / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 2(54). – С. 39–49.

УДК 631.347

**А. Е. Шепелев**

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

#### **ИСХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОСНОВНЫМ ПАРАМЕТРАМ И ХАРАКТЕРИСТИКАМ МНОГООПОРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ СЛОЖНОКОНТУРНЫХ УЧАСТКОВ**

*Целью исследования являлась разработка исходных требований, предъявляемых к документации на оборудование индивидуального изготовления, такое как многоопорная дождевальная машина для орошения сложноконтурных участков. Исходные требования к основным параметрам и характеристикам многоопорной дождевальной машины разрабатывались согласно ГОСТ Р 15.301-2016 «Система разработки и по-*

*становки продукции на производство». В статье описано комплектование блоков и опций, позволяющих реализовать требуемые технологические операции и условия орошения дождеванием, и подготовлены исходные требования к основным параметрам и характеристикам для разработки экологически безопасных и ресурсосберегающих новых конструкций универсально-комбинированных мобильных оросительных комплексов на основе многоопорных дождевальных машин по принципу модульной компоновки.*

*Ключевые слова: исходные требования; параметр; характеристика; показатель; орошение; конструкция; дождевальная машина.*

\*\*\*\*\*

**A. E. Shepelev**

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

### **BASIC REQUIREMENTS FOR THE CRITICAL PARAMETERS AND CHARACTERISTICS OF MULTI-TOWER SPRINKLING MACHINE FOR IRRIGATING COMPLEX CONTOURING SITES**

*The aim of the study was to develop the basic requirements for documentation on individually manufactured equipment, such as a multi-tower sprinkler for irrigating complex contouring sites. The initial requirements for the main parameters and characteristics of the multi-tower sprinkler were developed in accordance with GOST R 15.301-2016 "System of product development and launching into manufacture". The completing blocks and options allowing realizing the required technological operations and the conditions of sprinkler irrigation are described, the basic requirements for the main parameters and characteristics for developing the environmentally friendly and resource-saving new designs of universal combined mobile irrigation systems based on multi-tower sprinklers according to the principle of modular layout are prepared.*

*Key words: basic requirements; parameter; characteristic; index; irrigation; design; sprinkler.*

**Введение.** Применение однотипной поливной техники для принципиально отличающихся по почвенно-климатическим и территориальным условиям сельскохозяйственных угодий отрицательно сказывается на экологической обстановке и рациональном использовании водных, материально-технических и энергетических ресурсов [1, 2].

За последние годы теоретически обоснованы и разработаны конструкции технических средств для орошения мелкоконтурных участков со сложным рельефом площадью от 0,06 до 10 га, которые позволяют укомплектовать мобильные оросительные комплексы оборудованием для различных сельскохозяйственных культур [3]. К ним относятся: система капельного орошения (СКО), комплект «Радуга» СОК-0,06, передвижная дождевальная установка ДШ-0,6 П, комплект малоинтенсивного дождевания «Росинка», комплект микроорошения «Дождик», комплект локально-импульсного орошения КЛИП и т. д. [4].

Однако внимание должно уделяться не только комплектам микроорошения, но и многоопорной дождевальной технике с увеличенной площадью полива (от 10 га), так как она занимает далеко не последнее место по количеству единиц из общего числа применяемых машин, а также главенствующее положение по количеству обслуживаемых площадей [5].

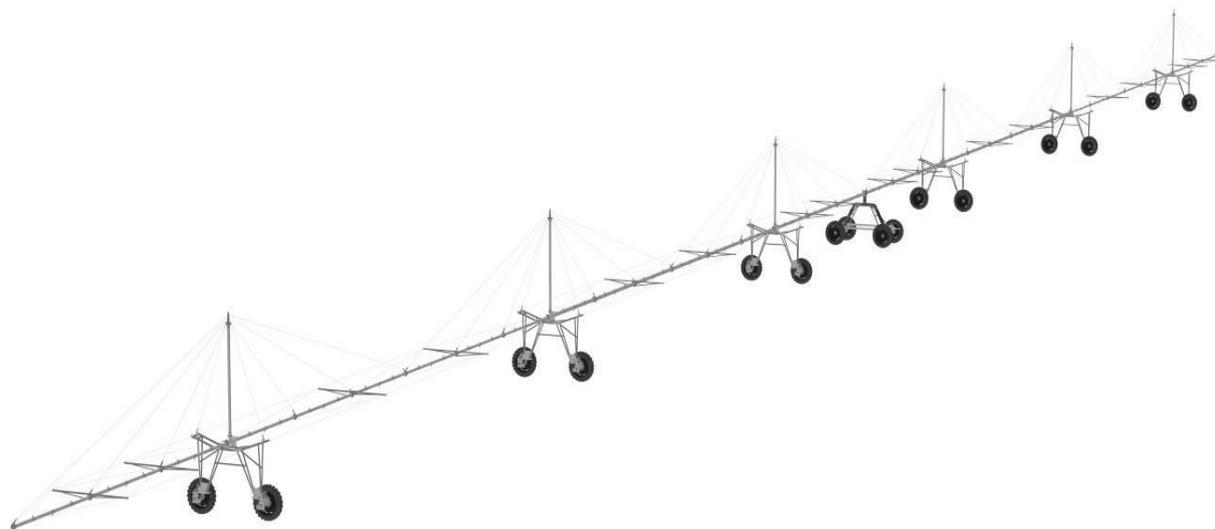
Для полива сложноконтурных участков сельскохозяйственных угодий необходима дождевальная техника, имеющая возможность универсально-комбинированной сборки и комплектации конструкции, способной адаптироваться к предъявляемым условиям орошения даже на одном сложноконтурном орошаемом участке, путем быстрой смены основных рабочих органов, площади одновременного полива, степени авто-

матизации и т. д. Она может быть собрана из модулей, укомплектованных современными блоками и опциями, реализующими требуемые технологические операции [6].

В результате исследований в ФГБНУ «РосНИИПМ» была предложена разработка конструктивно-технологической схемы многоопорной дождевальной машины, которая позволит реализовать возможность орошения дождеванием на сельскохозяйственных участках нестандартной конфигурации. Конструкция многоопорной дождевальной машины для орошения сложноконтурных участков позволит: производить полив в движении по фронту, по кругу, вперед, назад и позиционно в результате применения программируемого электрического мотор-редуктора, устанавливаемого на привод тележек; обеспечить высокую маневренность за счет конструктивных особенностей ходовых тележек; адаптироваться к агротехническим условиям орошения с использованием быстроразборных водопроводящих труб различного диаметра и комплектов дождевальных насадок; изменять ширину захвата искусственного дождя посредством регулировки давления перед концевым дождевальным аппаратом; корректировать площадь полива путем изменения длины водопроводящего пояса; автоматически выполнять технологический процесс полива дождеванием с помощью программирования системы управления; обеспечить надежность и долговечность дождевальной машины за счет применения высокотехнологичных материалов конструкций.

**Материалы и методы.** Исходные требования к основным параметрам и характеристикам многоопорной дождевальной машины разрабатывались согласно ГОСТ Р 15.301-2016 «Система разработки и постановки продукции на производство» и ГОСТ Р 51264-99 «Средства связи, информатики и сигнализации реабилитационные электронные. Общие технические условия» [7, 8]. Основные параметры и характеристики конструкции включают в себя общие сведения об устройстве, технические требования, гарантийные обязательства и другие параметры и характеристики изделия.

**Результаты и обсуждение.** Многоопорная дождевальная машина для орошения сложноконтурных участков состоит из центральной и промежуточных тележек с силовым и приборным оборудованием, напорного трубопровода с установленными на нем дождеобразователями [9]. Всю конструкцию модульной дождевальной машины поддерживает система тросовых растяжек, а процесс полива дождеванием обеспечивает система управления машиной (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Общий вид устройства многоопорной дождевальной машины для орошения сложноконтурных участков**

Общие сведения об устройстве многоопорной дождевальной машины для орошения сложноконтурных участков приведены в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1 – Основные параметры многоопорной дождевальной машины для орошения сложноконтурных участков**

Наименование параметра	Технические требования
Тип дождевальной машины	Колесная, многоопорная, электрифицированная
Привод передвижения	Электромеханический, реверсивный, индивидуальный для каждой тележки
Способ дождевания	В движении по фронту, по кругу, вперед, назад и позиционно
Вид орошаемых культур	Кормовые, зерновые, овощные, технические культуры, включая высокостебельные
Работа дождевальной машины с заранее заданными оператором параметрами	Автоматическая

**Таблица 2 – Характеристика многоопорной дождевальной машины для орошения сложноконтурных участков**

Наименование параметра	Технические требования
Длина устройства, м	30–560
Количество тележек, шт.	1–18
Внутренний диаметр водопроводящего трубопровода, м	0,1–0,15
Количество модулей, шт.	1–18
Количество дождеобразующих устройств, шт.	1–216
Расстояние между дождевальными аппаратами, м	2,5–7,5
Радиус полива концевым дождевальным аппаратом, м	10–30
Количество концевых дождевальных аппаратов, шт.	1–2

Центральная тележка является центром управления всего устройства дождевальной машины и служит рамой для размещения необходимого оборудования. Технические характеристики центральной тележки приведены в таблице 3.

**Таблица 3 – Технические характеристики центральной тележки**

Характеристика	Технические требования
База тележки, м	2
Длина, м	2–2,5
Ширина, м	3
Высота, м	2–2,5
Масса тележки, кг	1050
Материал	Сталь, композитные материалы
Тип привода тележек	Электромеханический

Напорный трубопровод дождевальной машины состоит из последовательно соединенных полипропиленовых армированных стекловолокном труб диаметром от 50 до 200 мм, которые вместе с тросовыми растяжками и двумя ходовыми тележками образуют поливной модуль. Технические характеристики напорного трубопровода приведены в таблице 4.

**Таблица 4 – Технические характеристики напорного трубопровода**

Характеристика	Технические требования
1	2
Труба	
Длина, м	5
Материал	Стеклопластик

## Продолжение таблицы 4

1	2
<b>Основной модуль</b>	
Длина, м	15–30
Диаметр трубы, мм	50–200
Толщина стенки трубы, мм	2,65
Допустимый угол изгиба напорного трубопровода в горизонтальной плоскости, %	25
<b>Консольный модуль</b>	
Длина, м	15
Диаметр трубы, мм	50–200
Толщина стенки трубы, мм	2,65
Допустимый угол изгиба напорного трубопровода в горизонтальной плоскости, %	29

На каждом модуле напорного трубопровода дождевальной машины установлена промежуточная тележка, которая опирается на два приводных колеса на пневматических шинах. Привод каждого колеса тележки осуществляется посредством электрического мотор-редуктора. Технические характеристики промежуточной тележки приведены в таблице 5.

**Таблица 5 – Технические характеристики промежуточной тележки**

Характеристика	Технические требования
База тележки, м	2
Длина, м	2–2,5
Ширина, м	3,5
Высота, м	3–3,5
Масса тележки, кг	470
Материал	Сталь
Тип привода тележек	Электромеханический

Технические характеристики приводного механизма тележек приведены в таблице 6.

**Таблица 6 – Технические характеристики приводного механизма тележек**

Характеристика	Технические требования
<b>Электрический мотор-редуктор</b>	
Мотор-редуктор опорных тележек: - обозначение	ТУ 2-056-219-84
- мощность электродвигателя номинальная, кВт	1,1
Режим работы электродвигателя мотор-редуктора тележек	Непрерывный, старт-стопный (программный)
Мощность электромотора, кВт	1,1
Частота вращения на выходе, об/мин	43
<b>Колесный редуктор</b>	
Тип	Червячный
Направление вращения	Левый
Направление вращения	Правый
Материал корпуса	Чугун усиленный
Передаточное отношение	1:50

Для качественного полива дождеванием в зависимости от климатических и почвенных условий, а также вегетативного периода развития растения дождевальная машина комплектуется соответствующими дождевальными насадками с комплектами дюз.

На конце напорного трубопровода устанавливается дальнеструйный дождеваль- ный аппарат секторного действия. Перед дальнеструйным дождевальным аппаратом устанавливаются бустерные насосы. Они служат для повышения давления перед кон- цевым дождевальным аппаратом, что увеличивает площадь полива и ширину захвата искусственного дождя. Технические характеристики дождеобразующих устройств при- ведены в таблице 7.

**Таблица 7 – Технические характеристики дождеобразующих устройств**

Характеристика	Технические требования
Насадки, рабочее давление, МПа	0,01–0,3
Расход поливной воды, л/с	1,1–4,5
Радиус действия (захвата), м	До 7,5
Средний диаметр каплеь, мм	0,5–1,8
Угол сектора полива	110°
Интенсивность дождя, мм/мин	0,2–0,4
Концевой аппарат, рабочее давление, МПа	0,2–0,5
Расход поливной воды, л/с	2,5–9,5
Интенсивность дождя, мм/мин	0,2–0,45
Частота вращения ствола, об/мин	0,25–0,50
Радиус действия (захвата), м	23–35
Площадь полива (без перекрытия), га	0,166–0,385
Диаметры основных сопел, мм	4, 7, 10, 12, 14, 16, 18
Диаметр вспомогательных сопел, мм	7; 4
Масса дождеобразователя, кг	1,6

Дождевальная машина оснащается приборным оборудованием системы управле- ния, которая позволяет автоматически выполнять технологический процесс полива дож- деванием и снижает риск заболачивания и эрозии почвы. Система управления, сигнали- зации и защиты дождевальной машины обеспечивает автоматический выбор рабочих режимов движения опорных тележек, контроль рабочих параметров, защиту электросе- тей и цепей управления, защиту составных частей конструкции машины от аварийных ситуаций. Технические характеристики системы управления приведены в таблице 8.

**Таблица 8 – Технические характеристики системы управления**

Параметр	Технические требования
1	2
Блок управления дождевальной машины	Программируемый
Работа дождевальной машины с заранее заданными опе- ратором параметрами	Автоматическая
Частота процессора, МГц	468
Объем оперативной памяти, Гб	4
Каналы связи	RS232/RS485, RS232, COM1 (до 115200 бит/с), COM2 (до 115200 бит/с)
Радиомодем сотовой связи GSM/GPRS	GSM/GPRS, 850/900/1800/1900 МГц
Порт Ethernet	10Base-T/100Base-TX
Поддерживаемые протоколы Modbus RTU, Modbus TCP	COM1, COM2, Ethernet
Остановка или запуск движения вперед и обратного движения	Программируемый
Степень защиты блока управления IP	IP66

Продолжение таблицы 8

1	2
Напряжение питания блока управления, В:	
- от сети переменного тока с частотой ( $50 \pm 1$ ) Гц	380 (220)
- от источника постоянного тока	$12 \pm 1$
Габаритные размеры блока управления: Ш × В × Г, не более, мм	900 × 1400 × 400

В целях поддержания дождевальной машины в работоспособном состоянии, в соответствии с предъявляемыми требованиями к орошению сложноконтурных участков сельскохозяйственных угодий, для адаптации к требуемым условиям орошения и возможности осуществления полива на участках нестандартной конфигурации и на различной площади дождевальной машине необходимо обеспечение показателей готовности, надежности и долговечности (таблица 9).

**Таблица 9 – Показатели готовности, надежности, долговечности**

Характеристика	Технические требования
Время работы дождевальной машины без контроля оператором, ч	20–24
Время работы дождевальной машины без проведения технического обслуживания, ч	Не более 200
Срок службы, лет, не менее	12
Коэффициент готовности (за время эксплуатации не менее 800 ч)	Не менее 0,98
Коэффициент технического использования во время поливного сезона	Не менее 0,95
Срок службы приобретенных изделий	В соответствии с их техническими условиями или согласно паспортным данным

**Выводы.** Состояние мелиоративной науки и практики орошения дождеванием в настоящее время свидетельствует об актуальности разработки экологически безопасных и ресурсосберегающих новых конструкций универсально-комбинированных мобильных оросительных комплексов на основе многоопорных дождевальных машин по принципу модульной компоновки.

В соответствии с предъявляемыми требованиями к разработке и постановке разрабатываемого оборудования индивидуального изготовления на производство установлены и приведены исходные требования к основным параметрам и характеристикам многоопорной дождевальной машины для орошения сложноконтурных участков.

#### Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Повышение экологической безопасности способов орошения для формирования устойчивых агроландшафтов в аридной зоне: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Васильев Сергей Михайлович. – Волгоград, 2006. – 35 с.

2 Домашенко, Ю. Е. Повышение экологической безопасности оросительных мелиораций при использовании природных и сточных вод: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Домашенко Юлия Евгеньевна. – Новочеркасск, 2018. – 46 с.

3 Методические рекомендации по орошению сельскохозяйственных культур на участках со сложной топографией с применением комплектов импульсного дождевания: инструктив.-метод. изд. / Г. В. Ольгаренко [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2010. – 100 с.

4 Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справочник / под ред. Г. В. Ольгаренко. – М.: Росинформагротех, 2015. – 503 с.

5 Провести исследования и разработать конструкторскую документацию на опытный образец водопроводящего пояса дождевальной машины для орошения сложноконтурных участков сельскохозяйственных угодий: отчет о НИР (заключ.): 2.2.2 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Чураев А. А. – Новочеркасск, 2019. – 144 с. – Исполн.: Чураев А. А. [и др.]. – Рег. № НИОКТР АААА-А19-119021190093-6. – Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219122790050-6.

6 Шепелев, А. Е. Орошение сложноконтурных участков сельскохозяйственных угодий / А. Е. Шепелев, Л. В. Юченко, В. М. Филимонова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 2(74). – С. 78–85.

7 ГОСТ Р 15.301-2016. Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство. – Введ. 2017-07-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 15 с.

8 ГОСТ Р 51264-99. Средства связи, информатики и сигнализации реабилитационные электронные. Общие технические условия. – Введ. 2000-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 31 с.

9 Конструктивное исполнение дождевальной машины нового поколения / А. А. Чураев, Ю. Ф. Снопич, Л. В. Юченко, В. М. Школьная // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 4(68). – С. 19–25.

УДК 631.816:631.587

**А. Н. Бабичев, Д. П. Сидаренко**

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

### **ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ВНЕСЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ФОНЕ ОРОШЕНИЯ**

*Целью данной статьи является оценка степени эффективности технологии дифференцированного внесения минеральных удобрений на орошаемых землях. Наиболее перспективно дифференцированное внесение фосфорно-калийных удобрений в режиме офлайн и азотных – в режиме онлайн. Анализ существующих способов внесения жидких удобрений показывает, что в наибольшей степени прецизионным требованиям отвечает качественно новая и эффективная технология дифференцированного внесения удобрений в соответствии с внутренней неоднородностью плодородия почв. ФГБНУ «РосНИИПМ» в 2017–2019 гг. по государственному заданию Министерства сельского хозяйства Российской Федерации изучалось влияние точного (прецизионного) орошения при различной обеспеченности минеральными удобрениями. В ходе проведения исследований было выявлено, что применение изучаемых современных технологий повышает продуктивность орошаемых земель на 15 % и позволяет сократить потребление минеральных удобрений и поливной воды до 20 %. Дифференцированное внесение минеральных удобрений наиболее полно соответствует требованиям экологической безопасности. Однако следует отметить, что в настоящее время в Российской Федерации, и в частности на юге страны, еще недостаточно накоплено опыта по его применению.*

*Ключевые слова: орошение; минеральные удобрения; дифференцированное внесение; точное земледелие; плодородие.*

\*\*\*\*\*

**A. N. Babichev, D. P. Sidarenko**

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

## VARIABLE RATE APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS ON THE BACKGROUND OF IRRIGATION DURING PRECISION AGRICULTURE

*The purpose of this article is to assess the efficiency level of variable rate technology of mineral fertilization in irrigated lands. The most promising technology is the variable rate phosphorus-potassium fertilizer application in offline mode and nitrogen fertilizers in online mode. The analysis of the existing methods for liquid fertilizers application shows that the qualitatively new and effective technology of variable rate application in accordance with the internal heterogeneity of soil fertility meets the precision requirements the most. The impact of precise (precision) irrigation with different mineral fertilizers coverage was studied in Federal State Budget Scientific Establishment "Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems" in 2017–2019 by state order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. In the course of the research, it was found that the use of the studied modern technologies increases the productivity of irrigated lands by 15 % and allows reducing the consumption of mineral fertilizers and irrigation water to 20 %. Variable rate mineral fertilizer application most fully meets the requirements of environmental safety. However, it should be noted that at present both in the Russian Federation and in the south of the country in particular, the experience of its application has not been sufficiently obtained.*

*Key words: irrigation; mineral fertilizers; variable rate application; precision farming; fertility.*

**Введение.** Использование удобрений позволяет уменьшить общий недостаток основных элементов питания в доступных для растений формах в целом и, что очень важно, устранить несоответствие между естественно складывающимися темпами их мобилизации и потребностью растений в течение вегетационного периода. Крайне необходимо принимать во внимание такой важный фактор, как внутрипольная пестрота плодородия почвы, что не менее важно, чем различия в плодородии отдельных полей, которые учитываются в традиционных технологиях земледелия. Внесение удобрений усредненными по полю фиксированными дозами не отвечает требованиям возделываемых растений к уровню минерального питания. При использовании фиксированных доз азотных, фосфорных и калийных удобрений от 30 до 50 % растений получают недостаточное или, наоборот, избыточное минеральное питание. Это негативно сказывается на продуктивности агроценозов и экологии агроландшафта и может быть устранено в рамках осуществления точного земледелия.

По мнению ряда российских ученых, причиной внутрипольной пестроты урожайности сельскохозяйственных культур является неоднородность плодородия почвы, и вследствие этого они видят целесообразность применения дифференцированного внесения удобрений [1–4].

В рейтинге востребованности технологических решений (рисунок 1) [5], составленном прогнозным центром при КубГАУ, дифференцированное внесение удобрений занимает одно из ведущих мест. По большому счету, данный технологический процесс представляет собой новую технологию в сельхозтоваропроизводстве. Она обеспечивает внесение точно рассчитанной нормы только на тех участках поля, где в ходе предварительных изысканий выявлен недостаток основных питательных веществ, т. е. там, где имеется в этом необходимость. Преимуществом данного подхода является, с одной стороны, повышение эффективности использования минеральных удобрений, а с другой стороны – более щадящая нагрузка на окружающую среду.

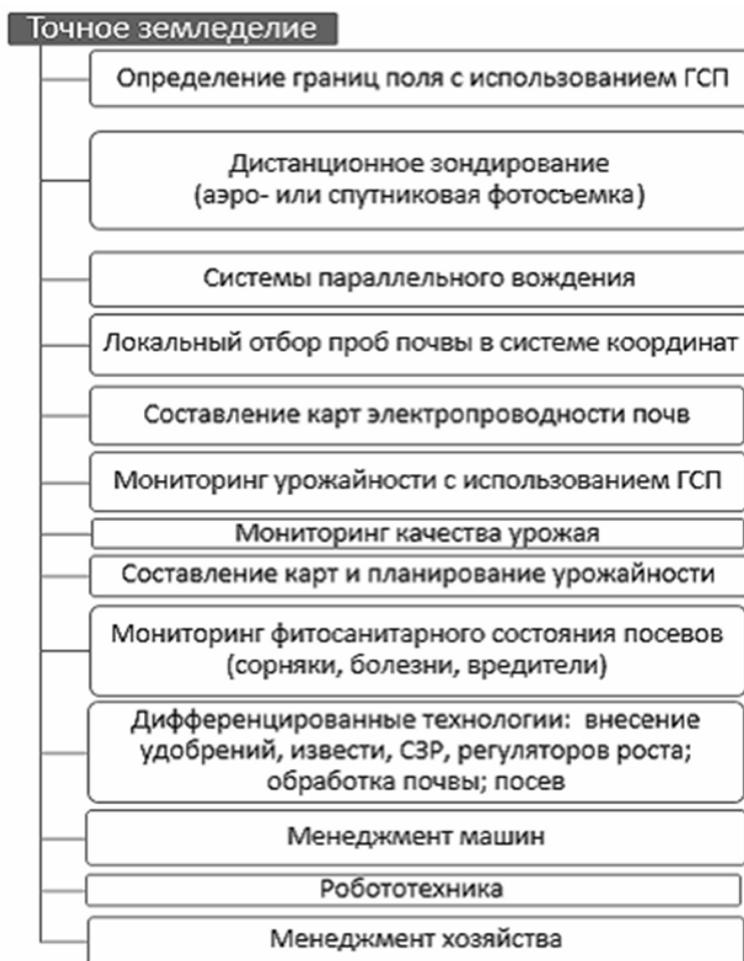
Технология применения точного земледелия предусматривает использование взаимосвязанных последовательных элементов (рисунок 2) [5].

При этом следует отметить, что на каждом этапе производится фиксация результатов при помощи специальных датчиков и устройств, которые определяют динамику изменения состояния почвы, содержания гумуса и основных элементов питания растений.

В результате использования систем, датчиков и оборудования можно получить карту поля, т. е. материал, необходимый для реализации технологий точного земледелия [5].



**Рисунок 1 – Рейтинг востребованности технологических решений (от 0 до 100 баллов)**



**Рисунок 2 – Элементы точного земледелия**

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

В данной статье рассмотрена технология дифференцированного внесения минеральных удобрений на орошаемых землях. Следует отметить, что она на орошаемых землях представляет собой целостную систему, которая в своем составе объединяет блок технологических операций, высокоточных измерительных приборов и датчиков и блок программного обеспечения, позволяющий осуществить обработку собранной информации и разработать технологию и нормы внесения удобрений.

1 Определение координат в границах поля. Для их установления могут быть использованы как наземные, так и космические системы глобального позиционирования. Имеется две глобальных системы позиционирования: Global Positioning Systems (GPS) и ГЛОНАСС – Глобальная навигационная спутниковая система, созданная в Советском Союзе. В Соединенных Штатах Америки разработана NAVSTAR – Navigation System with Timing and Ranging – навигационная система, основанная на измерении времени и дальности.

2 Возможность высокотехнологичного сбора, хранения, обработки, отображения и распространения пространственно-координированных данных, данных о запасах влаги и содержании питательных веществ в почве, урожайности сельскохозяйственных культур и доступа к таким данным – в виде электронных карт (ГИС). ГИС применяются для решения научных и прикладных задач инвентаризации, анализа, оценки собранных данных, управления ими и прогноза. Для создания карты полей используют специальные многофункциональные компьютерные программы. Среди них следует отметить немецкую программу Agro-Net NG (фирма Agroscom).

3 Применение различных устройств, датчиков и машин, а также системы контроля технологического процесса точного воздействия на систему «почва – растение» и управления им в установленной системе позиционирования. Периферийное оборудование осуществляет сбор «полевой» информации, а также получает управляющие сигналы от АiоТ-платформ/приложений. Каналы связи отвечают за возможность подключения и взаимодействия всех составляющих в проекте. Платформа необходима для мониторинга всех подключенных периферийных устройств, для хранения потоков данных и управления ими, а также для обеспечения информационной безопасности. АiоТ-приложение формирует логику решения поставленных перед АiоТ-проектом задач, анализирует полученные потоки данных и посредством интерфейса взаимодействует с пользователем.

4 Информационно-советующая система принятия оптимальных управленческих решений. Примером может служить разработка компании ExactFarming, которая предлагает онлайн-сервис мониторинга полей и управления сельским хозяйством. В системе отражаются данные о погоде, индекс вегетации, севооборот за все годы, состояние почвы, информация о расходах и остатках продукции на складах.

При этом следует отметить важный момент: два первых блока не только широко применяются в сельском хозяйстве, но и нашли свое применение намного раньше в смежных отраслях науки и практики (например, фотонике), соответственно, имеют постоянное и всестороннее развитие и основание для кардинального улучшения. Это означает непрерывный прогресс в развитии и адаптации технологии точного земледелия и точного орошения для условий сельскохозяйственного производства.

**Результаты.** Оценка существующих способов внесения как сыпучих, так и жидких удобрений показывает, что в наибольшей степени отвечает прецизионным требованиям качественно новая и эффективная технология дифференцированного внесения удобрений в соответствии с внутрипольной неоднородностью плодородия. Наиболее пер-

спективный способ дифференцированного внесения фосфорно-калийных удобрений – это внесение их в режиме офлайн и азотных – в режиме онлайн. Применение таких способов внесения обусловлено тем, что содержание фосфора и калия в почве с течением времени крайне нединамично, в то время как концентрация азота весьма значительно меняется в зависимости от широкого ряда факторов, как физических, так и биологических.

Внесение удобрений в режиме онлайн осуществляется в зависимости от биомассы растений. Одним из способов оценки биомассы является измерение индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [6].

Использование GPS-приемника позволяет произвести запись полученных результатов в память компьютера с привязкой к местности, что дает возможность получить карту распределения азотных удобрений по каждому сегменту в границах конкретного поля. Примером может служить система GreenSeeker RT 200, которая позволяет выявить потребность в азотных удобрениях на данном участке поля путем измерения индекса вегетации биомассы NDVI и сравнения полученного значения индекса с заданным алгоритмом [7].

Получив эти данные, а также сведения о сорте и фенологической фазе сельскохозяйственной культуры, можно рассчитать необходимую дозу удобрений, которая в дальнейшем позволит обеспечить нормальное развитие растений и корректировать уровень содержания основных элементов питания в почве. Результаты проведенных изысканий (координаты, дозы удобрений, обработанная площадь, время выполнения) записываются на чип-карту. Бортовой компьютер получает данные от датчика, сравнивает их с определенными и записанными в память расчетными нормами, направляет сигнал на датчик контроля по той же схеме, что и в режиме офлайн.

Для условий аридных зон на орошаемых землях предлагается использовать в системе точного земледелия широкозахватные дождевальные машины кругового и фронтального действия с возможностью внесения удобрений и средств защиты растений [8].

Применение в системе точного земледелия широкозахватных дождевальных машин кругового и фронтального действия с функциями внесения жидких удобрений и средств защиты растений с соответствующим приборным и аппаратным обеспечением позволит значительно повысить эффективность точного земледелия за счет увеличения при одном проходе обрабатываемой площади поля до 40 га, а также отказаться от использования системы параллельного вождения транспорта и спутниковой навигации. Это сделает данные машины и технологии точного орошения более конкурентоспособными [9, 10].

ФГБНУ «РосНИИППМ» в 2017–2019 гг. по государственному заданию Министерства сельского хозяйства Российской Федерации изучалось влияние точного (прецизионного) орошения при различной обеспеченности минеральными удобрениями. В ходе проведения исследований было выявлено, что применение изучаемых современных технологий повышает продуктивность орошаемых земель на 15 % и позволяет сократить потребление минеральных удобрений и поливной воды до 20 % [11, 12].

Достигнутое за рубежом научно-технологическое превосходство является необходимым, но далеко не окончательным условием для внедрения новых технологий в больших масштабах и на обширных земельных массивах. Зачастую даже зарубежные аграрии испытывают затруднения с принятием решений о том, с помощью каких технологий вести в дальнейшем хозяйство: вести его по-прежнему или на основе инновационных технологий. В первую очередь это объясняется тем, что имеется огромный объем разноплановой и не всегда репрезентативной информации, кроме того, существует объективная сложность выбора наиболее выгодного варианта на основе интерпретации тех или иных данных. Проведение исследований в этом направлении на высоком научном и методическом уровне невозможно без применения современных высокоточных методов и средств дистанционного зондирования земной поверхности в различных почвенно-климатических условиях России [13].

**Выводы.** Дифференцированное внесение минеральных удобрений наиболее полно соответствует требованиям экологической безопасности, обеспечивает точное внесение требуемой дозы удобрения в зависимости от различных агрофизических, агрохимических, фитосанитарных и других показателей конкретного поля.

Для обеспечения дифференцированного внесения удобрений в почву, несомненно, крайне важен опыт, который накапливается специалистами-практиками. Однако следует отметить, что в настоящее время в Российской Федерации, и в частности на юге страны, еще недостаточно накоплено опыта по его применению. Те редкие примеры, которые имеют место, не дают полной картины и понимания данного вопроса. Более того, этот вопрос еще недостаточно изучен на орошаемых землях, где сочетание дифференцированного внесения удобрений с точным орошением требует более детального изучения его научно-исследовательскими учреждениями и проверки результатов исследования на практике. Их совместное применение позволит более рационально использовать поливную воду и минеральные удобрения, что сделает сельскохозяйственную продукцию, получаемую на орошаемых землях, более востребованной ввиду наименьшего содержания в ней пестицидов, а это в свою очередь позволит дать толчок развитию мелиорации в районах, где наблюдается дефицит осадков и доступных водных ресурсов, а земледелие ведется с большим риском, а также расширить площади, занимаемые овощными культурами, в этих сложных для растениеводства погодно-климатических условиях.

#### Список использованных источников

1 Афанасьев, Р. А. Агрохимические аспекты точного земледелия / Р. А. Афанасьев // Проблемы агрохимии и экологии. – 2010. – № 2. – С. 38–43.

2 Якушев, В. В. Дифференцированное внесение минеральных удобрений в системе точного земледелия [Электронный ресурс] / В. В. Якушев. – Режим доступа: <https://agroru.com/news/differencirovannoe-vnesenie-mineralnyh-udobrenij-122540.htm>, 2020.

3 Якушев, В. П. Перспективы «умного сельского хозяйства» в России / В. П. Якушев, В. В. Якушев // Вестник Российской академии наук. – 2018. – Т. 88, № 9. – С. 773–784.

4 Плескачев, Ю. Н. Внедрение систем точного земледелия в производство [Электронный ресурс] / Ю. Н. Плескачев. – Режим доступа: <https://rynok-apk.ru/articles/plants/sistemy-tochnogo-zemledeliya/>, 2020.

5 Труфляк, Е. В. Мониторинг и проектирование в области точного сельского хозяйства / Е. В. Труфляк, Н. Ю. Курченко // Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве: материалы II Всерос. науч. конф. с междунар. участием, г. Санкт-Петербург, 26–28 сент. 2018 г. – СПб.: АФИ, 2018. – С. 51–60.

6 The adaptation of precision agriculture in an Australian broadacre cropping system – Challenges and opportunities / D. C. Jochinke, B. J. Noonon, N. G. Wachsmann, R. M. Norton // *Fields Crops Research*. – 2007. – Vol. 104. – P. 68–76.

7 GreenSeeker RT 200 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geo-mir.ru/info136.html>, 2020.

8 Бородычев, В. В. Аппаратное обеспечение мониторинга работы дождевальной техники на основе технологий глобального спутникового позиционирования / В. В. Бородычев, Е. С. Головинов, М. Н. Лытов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 48–52.

9 Балакай, Г. Т. Концепция дождевальной машины нового поколения для технологии прецизионного орошения / Г. Т. Балакай, С. М. Васильев, А. Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 2(26). – С. 1–18. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=476&id=477>.

10 Экспериментальное определение влажности почвы по гиперспектральным изображениям / В. В. Подлипнов, 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.

11 Бабичев, А. Н. Оперативное управление режимом орошения при программировании урожайности сельскохозяйственных культур / А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, В. А. Монастырский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 83–96. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=491&id=498>.

12 Ольгаренко, В. Иг. Принципы применения элементов технологии точного земледелия и прецизионного орошения в сельскохозяйственном производстве / В. Иг. Ольгаренко, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский // Новости науки в АПК. – 2018. – № 2-2(11). – С. 23–26.

13 Якушев, В. П. Дистанционные методы и средства в информационном обеспечении точного земледелия: состояние и перспективы / В. П. Якушев // Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве: материалы II Всерос. науч. конф. с междунар. участием, г. Санкт-Петербург, 26–28 сент. 2018 г. – СПб.: АФИ, 2018. – С. 3–11.

УДК 626.82:626.86.004

**А. Л. Кожанов**

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

### **АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

*Целью исследований являлось изучение наличия, опыта применения и характеристик осушительно-увлажнительных систем Минсельхоза России в различных зонах Российской Федерации. Используются статистические данные федеральных государственных бюджетных учреждений. Приводятся данные о наличии осушительно-увлажнительных систем в Российской Федерации и их характеристики. Согласно проведенному анализу суммарная площадь осушения составляет 521940 га, а увлажнения – 206564 га, площадь осушения по федеральным государственным бюджетным учреждениям «Кубаньмелиоводхоз» и «Астраханмелиоводхоз» соответственно составляет 225168 и 4080 га, увлажнения – 158088 и 32220 га. Только в двух управлениях используется накопленный дренажный сток для увлажнения осушенных земель на пяти осушительно-увлажнительных системах. Осушительная сеть на 11 системах представлена в виде открытых каналов, на трех – закрытыми трубопроводами, а на 22 – комбинированная. Увлажнительная сеть на трех системах представлена в виде открытых каналов, на пяти – закрытыми трубопроводами с увлажнением дождеванием, а на 18 – комбинированная, применяется подпочвенное увлажнение, дождевание, эксплуатируются рисовые системы. Преобладающим видом увлажнения является подпочвенное, которое не отвечает современным требованиям. Все это говорит о необходимости разработки современных конструкций осушительно-увлажнительных систем с максимальным использованием внутренних водных ресурсов, распределяющихся внутри системы без их сброса в водоприемники.*

*Ключевые слова: осушительно-увлажнительная система; открытая сеть; закрытая сеть; способ увлажнения; способ осушения; подпочвенное увлажнение; дождевание.*

\*\*\*\*\*

**A. L. Kozhanov**

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

## ANALYSIS OF OPERATING DRAINAGE AND IRRIGATION SYSTEMS

*The aim of the research was to study the availability, application experience and characteristics of drainage and irrigation systems of the Ministry of Agriculture of Russia in various zones of the Russian Federation. Statistical data of federal state budgetary institutions are used. Data on drainage and irrigation systems availability in the Russian Federation and their characteristics are presented. According to the analysis, the total drainage area is 521940 ha, and irrigation area is 206564 ha, the drainage area according to the federal state budgetary institutions “Kuban’ meliovodkhoz” and “Astrakhan meliovodkhoz” is 225168 and 4080 ha, respectively, and irrigation areas is 158088 and 32220 ha. The cumulated drainage flow for moistening reclaimed lands in five drainage and humidification systems is used only by two departments. The drainage network on 11 systems is presented by open channels, on three ones – by closed pipelines, and on 22 ones by the combined. The irrigation network on three systems is presented in the form of open channels, on five ones in the form of closed pipelines with sprinkling irrigation, and on 18 ones - the combined one, using subsurface irrigation, sprinkling, the rice systems are operated. The predominant type of moistening is subsurface, which does not meet modern requirements. All this indicates the need for developing modern designs of drainage and irrigation systems with maximum use of inland water resources distributed within the system without their discharge into water inlets.*

*Key words: drainage and irrigation system; open network; closed network; moistening method; drainage method; subsurface irrigation; sprinkling irrigation.*

**Введение.** Одним из основных путей научно-технического прогресса в мелиорации на современном этапе является создание современных технически совершенных гидромелиоративных систем, позволяющих управлять комплексом факторов, влияющих на выращивание растений, в т. ч. осушительно-увлажнительных систем, обеспечивающих отвод избыточной влаги в период перенасыщения почвы и подачу ее в засушливые периоды [1–4].

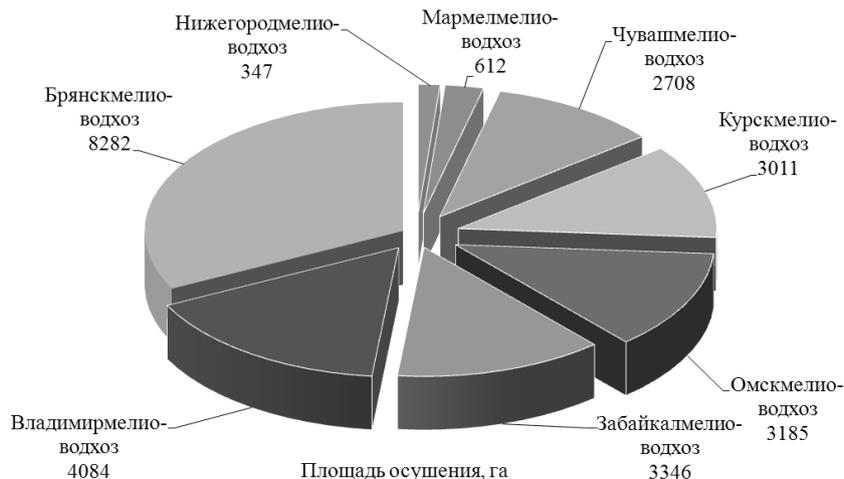
В связи с этим возникает необходимость в разработке новых конструктивных решений осушительно-увлажнительных систем, вторично применяющих дренажный сток в засушливые летние периоды для орошения осушенного участка. Для реализации поставленной цели необходимо провести анализ наличия, опыта применения и основных характеристик осушительно-увлажнительных систем Минсельхоза России в различных зонах РФ.

**Материалы и методы.** Методологическую основу исследования составили статистические данные находящихся на балансе осушительно-увлажнительных систем федеральных государственных бюджетных учреждений. Исследование проводилось с использованием описательного метода, методов графического представления информации, методов сопоставления, аналогии и систематизации.

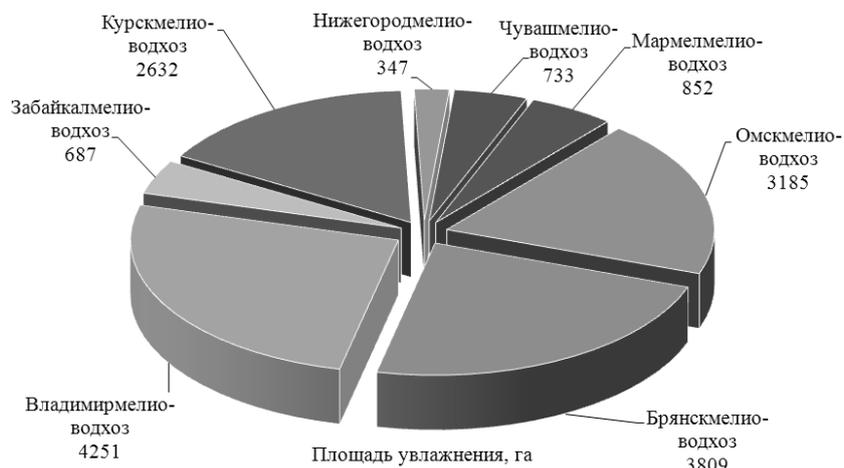
**Результаты.** Анализ материалов, предоставленных управлениями по мелиорации земель и сельхозводоснабжению, в области применения осушительно-увлажнительных систем в РФ выявил, что в отдельных управлениях располагаются различные действующие осушительно-увлажнительные системы, имеющие разнообразные характеристики. Площади осушения и увлажнения соответственно приведены на рисунках 1, 2, площадь осушения по ФГБУ «Кубаньмелиоводхоз» и «Астраханмелиоводхоз» соответственно 225168 и 4080 га, увлажнения – 158088 и 32220 га (на рисунках не приведены из-за больших площадей осушения в отличие от других ФГБУ).

Анализ приведенных данных показывает, что на большинстве осушительно-увлажнительных систем площадь увлажнения приблизительно равна и на трех системах значительно меньше площади осушения (рисунок 3). Для рационального использования мелиорированных земель необходимо увеличивать площади увлажнения за счет использования дополнительных водоисточников либо дренажного стока, который сле-

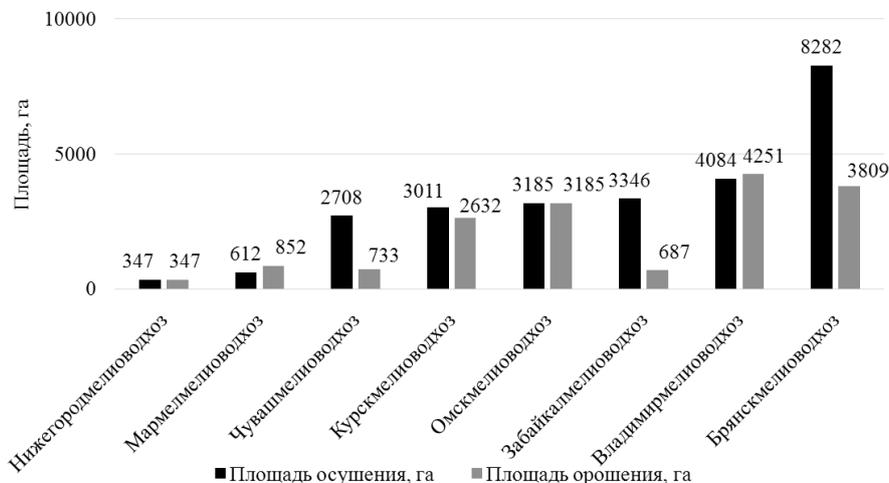
дует накапливать в емкостях (прудах-накопителях) для дальнейшего использования, что благоприятно влияет на выращивание сельскохозяйственных культур, а также возможно использование на нижерасположенных ярусах [5, 6].



**Рисунок 1 – Площади осушения на осушительно-увлажнительных системах, находящихся на балансе ФГБУ по мелиорации земель в РФ**



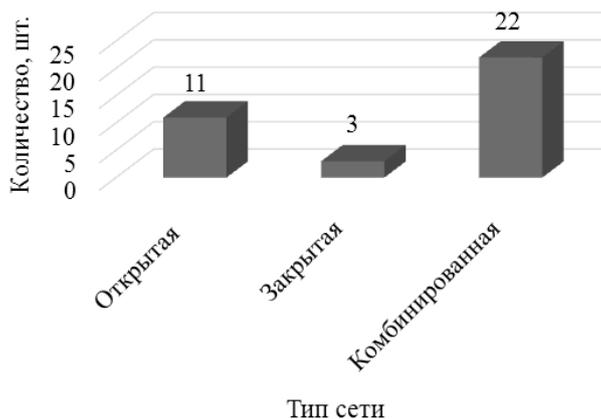
**Рисунок 2 – Площади увлажнения на осушительно-увлажнительных системах, находящихся на балансе ФГБУ по мелиорации земель в РФ**



**Рисунок 3 – Сравнительная гистограмма площади осушения и увлажнения на осушительно-увлажнительных системах, находящихся на балансе ФГБУ по мелиорации земель в РФ**

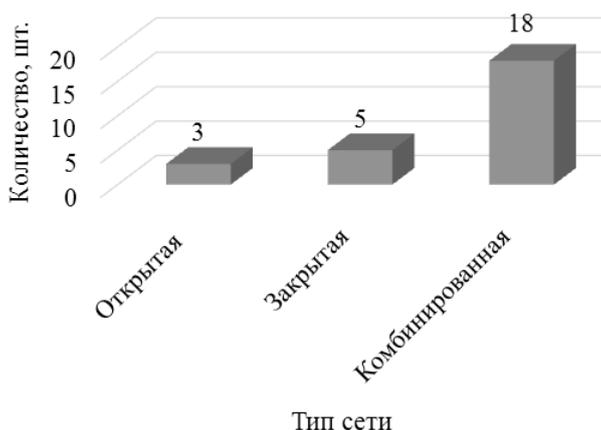
По представленным данным, только в двух ФГБУ используется накопленный дренажный и поверхностный сток для увлажнения осушенных земель на пяти осушительно-увлажнительных системах. Тип сети на данных системах как в виде открытых каналов, трубопроводов, так и комбинированный. Суммарная площадь осушения – 521940 га, а увлажнения – 206564 га, и то только за счет большой площади увлажнения в Астраханской области и Краснодарском крае, на которой располагаются рисовые системы.

Анализ представленных данных о количестве осушительно-увлажнительных систем с различными типами осушительной сети показал, что на 11 системах она представлена в виде открытых каналов, на 3 – закрытыми трубопроводами, а на 22 – комбинированной осушительной сетью (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Тип и количество осушительной сети на осушительно-увлажнительных системах, находящихся на балансе ФГБУ по мелиорации земель в РФ**

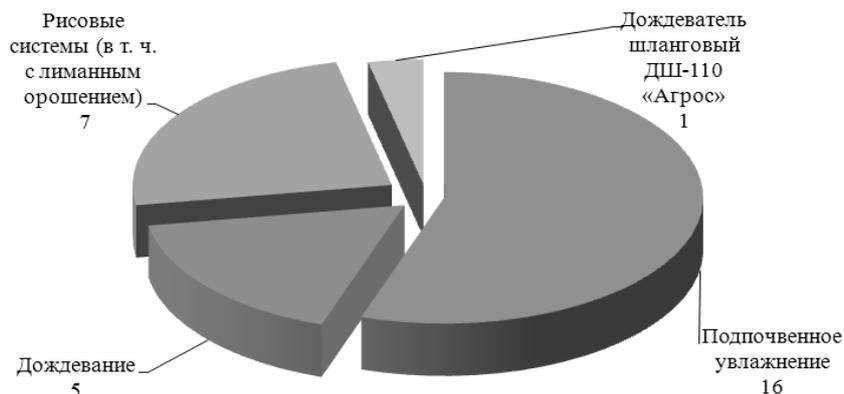
Анализ представленных данных о количестве осушительно-увлажнительных систем с различными типами увлажнительной сети показал, что на трех системах она представлена в виде открытых каналов, на пяти – закрытыми трубопроводами с увлажнением дождеванием, а на 18 – комбинированной увлажнительной сетью (рисунок 5).



**Рисунок 5 – Тип и количество оросительной сети на осушительно-увлажнительных системах, находящихся на балансе ФГБУ по мелиорации земель в РФ**

Также анализ выявил, что на 16 осушительно-увлажнительных системах, находящихся на балансе ФГБУ по мелиорации земель в РФ, для увлажнения осушенных земель применяется подпочвенное увлажнение, 12 – это рисовые оросительные системы, отдельные из них устроены в виде лиманного орошения, и лишь на шести системах приме-

няется дождевание от закрытой сети, из них на одной осушительно-увлажнительной системе применяются дождеватели шланговые ДШ-110 «Агрос». По семи системам не предоставили данные (рисунок 6).



**Рисунок 6 – Применяемые типы увлажнения земель на осушительно-увлажнительных системах, находящихся на балансе ФГБУ по мелиорации земель в РФ**

В состав рассмотренных осушительно-увлажнительных систем входят осушительная сеть, оросительная сеть, водозаборы, открытые осушительные каналы, закрытая сеть, водоисточники, плотины, трубопереезды, дамбы водозащитные, подпорные сооружения, закрытые трубопроводы, регуляторы транспортирующего канала, мосты, открытые каналы, шлюзы-регуляторы, регуляторы-трубопереезды, насосные станции, дороги, водоприемники и другие элементы.

**Выводы.** В настоящее время для рационального и эффективного использования мелиорированных земель в гумидной зоне России необходимо применение современных осушительно-увлажнительных систем. Опрос эксплуатационных организаций, подведомственных Минсельхозу России, о наличии и опыте применения осушительно-увлажнительных систем показал, что эксплуатирующиеся осушительно-увлажнительные системы представлены открытыми, закрытыми и комбинированными, но практически не имеют в своем составе накопительных емкостей (прудов-накопителей) дренажного стока и весь сток с системы сбрасывается в водоприемники в виде рек, озер, лиманов. Преобладающим видом увлажнения является подпочвенное, которое не совсем отвечает современным требованиям. Все это говорит о необходимости разработки современных конструкций осушительно-увлажнительных систем с максимальным использованием внутренних водных ресурсов, распределяющихся внутри системы без их сброса в водоприемники.

#### Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Моделирование процесса проектирования элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима / С. М. Васильев, А. Л. Кожанов // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(01). – С. 113–128. – Режим доступа: [http://rosniipm-sm1.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb4-rec16-field12.pdf](http://rosniipm-sm1.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec16-field12.pdf).

2 Кожанов, А. Л. Анализ конструкций мелиоративных систем двустороннего действия и основные пути совершенствования / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2(70). – С. 91–98.

3 Кожанов, А. Л. Моделирование процесса компоновки функциональных модулей осушительной системы двустороннего действия / А. Л. Кожанов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 4(72). – С. 24–31.

4 Осушительные системы двустороннего действия: науч. обзор / С. М. Васильев,

В. Н. Щедрин, А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин, В. В. Слабунов, А. С. Штанько, С. Л. Жук; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2018. – 117 с. – Деп. в ВИНТИ 06.08.18, № 90-В2018.

5 Пат. 2324332 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> А 01 G 25/00. Оросительная система / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Бородычев В. В., Салдаев А. М., Кожанов А. Л.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2006134366/12; заявл. 27.09.06; опубл. 20.05.08, Бюл. № 14. – 3 с.

6 Пат. 2353088 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> А 01 G 25/00. Оросительная система с использованием прудов-накопителей / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Швайко Г. Н., Кожанов А. Л.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2007124078/12; заявл. 26.06.07; опубл. 27.04.09, Бюл. № 12. – 3 с.

УДК 528.47:627.11

**А. Н. Рыжаков, Т. С. Пономаренко**

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

### СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОТОКОВ

*В статье представлены результаты сравнения гидрографических характеристик водотоков из справочных материалов и сведений, полученных при помощи обработки данных георадарной съемки инструментами геоинформационных систем. В качестве объектов исследования были выбраны реки Черноморского побережья: Пиада, Вулан, Шапсуго, Нечепсухо, Туапсе, Пезуапсе, Шахе, Сочи, Мзымта и Псоу. Сравнение результатов производилось по следующим параметрам: площади водосбора, средней высоте водосбора, протяженности и среднему уклону русла реки, количеству притоков и их общей протяженности. Согласно полученным данным значения площади и средней высоты водосбора, а также протяженности русла реки с допустимой долей погрешности соответствуют значениям из справочных материалов. В то же время значения среднего уклона русла в большинстве случаев значительно отличаются от справочных величин, а количество притоков и их общая протяженность не имеют ничего общего с принятыми для сравнения сведениями. Однако использование более детальной цифровой модели рельефа, полученной по данным трехмерного сканирования с помощью беспилотных летательных аппаратов, позволит заметно улучшить результаты геоинформационного анализа.*

*Ключевые слова: инженерно-гидрометеорологические изыскания; ГИС; геоинформационный анализ; водосборная площадь; цифровая модель рельефа; данные SRTM.*

\*\*\*\*\*

**A. N. Ryzhakov, T. S. Ponomarenko**

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

### ADVANCED METHODS FOR PRODUCING HYDROGRAPHICAL CHARACTERISTICS OF WATERCOURSES

*The results of comparing the hydrographic characteristics of watercourses from reference materials and information obtained by processing data from a georadar survey using geographic information systems are presented. The rivers of the Black Sea coast: Pshada, Vulan, Shapsugo, Nechepsuho, Tuapse, Psezuapse, Shahe, Sochi, Mzymta and Psou were chosen as objects of study. The results were compared according to the following parameters: catchment area, average catchment elevation, length and average slope of the river bed,*

*number of tributaries and their total length. According to the data obtained, the values of the area and the average elevation of the catchment, as well as the length of the riverbed with an acceptable share of error correspond to the values from the reference materials. At the same time, the values of the average deviation of the river bed in most cases significantly differ from the reference values and the number of tributaries and their total length have nothing to do with the information taken for comparison. However, the use of a more detailed digital elevation model obtained from three-dimensional scanning data using unmanned aerial vehicles will significantly improve the results of geoinformation analysis.*

*Key words: engineering-hydrometeorological engineering surveys; geographical information system, geoinformation analysis; catchment area; digital elevation model; SRTM data.*

**Введение.** Инженерно-гидрометеорологические изыскания являются одними из основных видов работ для комплексного изучения природных условий района. Они выполняются для изучения гидрологического режима территории суши, прилегающей к участку исследований, определения расчетных гидрологических характеристик, степени воздействия опасных гидрологических явлений и процессов [1]. Состав и объем гидрологических и метеорологических работ зависят в основном от физико-географических условий района, степени изученности реки и ее гидрологического режима.

Ввиду утраты большого количества гидрологических постов (особенно на малых водотоках) расчет основных гидрологических характеристик выполняется по методике при отсутствии данных наблюдений. Для этой методики необходимо большое количество исходных данных, получение которых является весьма проблематичным и трудоемким процессом. Основными исходными данными, используемыми в расчетах, являются: площадь водосбора, длина водотока, средневзвешенный уклон водотока, средняя высота водосбора, средний уклон склонов водосбора.

Также необходимо отметить, что в настоящее время инженерно-гидрометеорологические изыскания, как правило, выполняют с учетом последующего системного автоматизированного проектирования. При этом используются высокопроизводительные и точные методы: ГИС-технологии, цифровые аэрокосмические методы, методы цифровой наземной фотограмметрии и т. д. [2]. Использование данных дистанционного зондирования поверхности Земли для анализа рельефа является современным и доступным направлением для множества отраслей научных исследований и хозяйственной деятельности, включая мелиоративное строительство [3].

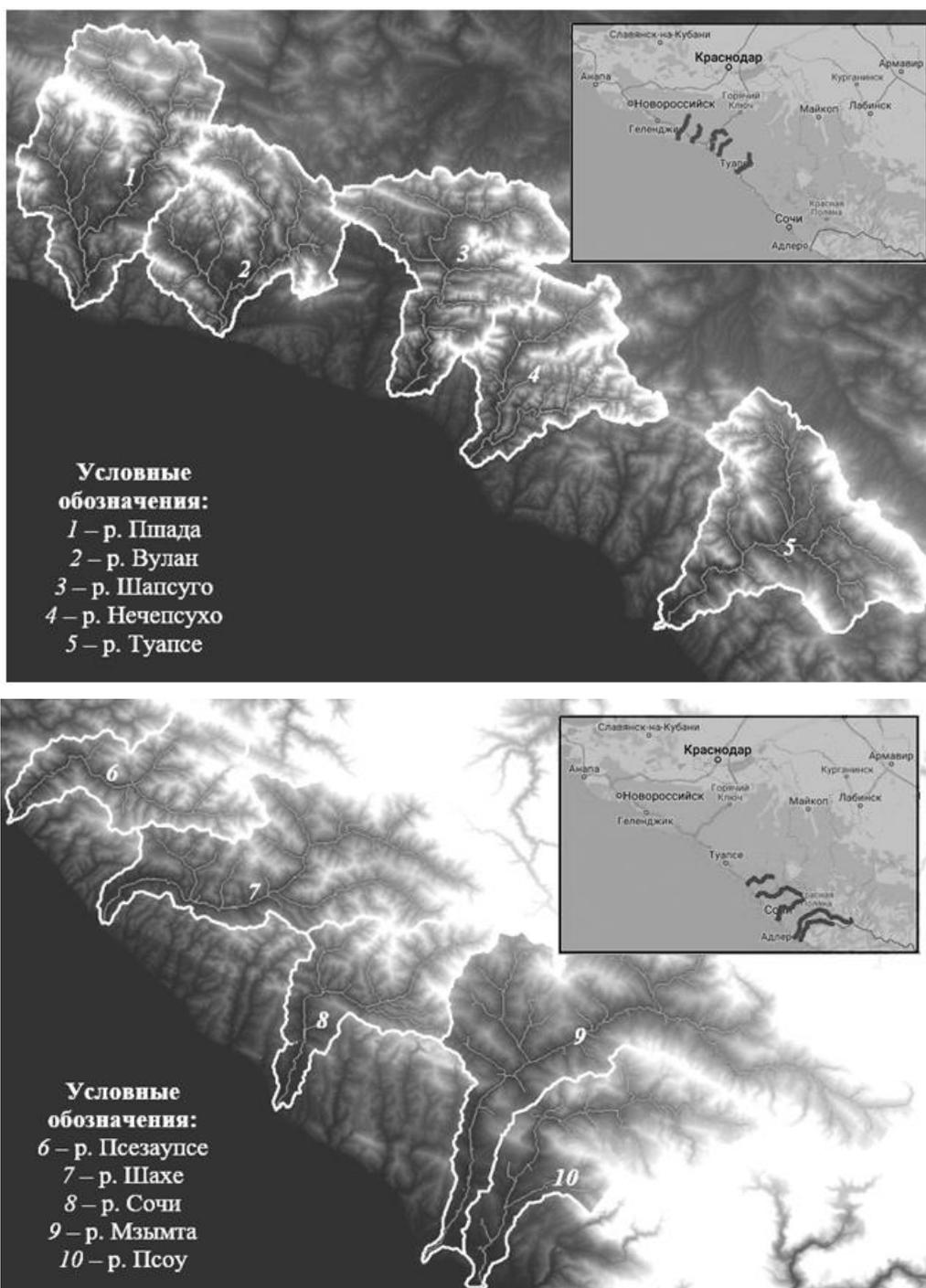
Для оценки возможности применения указанных методик и технологий произведем сравнение справочных гидрологических характеристик [4] с данными, полученными в результате геоинформационного анализа.

**Материалы и методы.** Исследования выполнены для 10 рек Черноморского бассейна: Пшада, Вулан, Шапсуго, Нечепсухо, Туапсе, Пезуапсе, Шахе, Сочи, Мзымта и Псоу, которые представлены на рисунке 1.

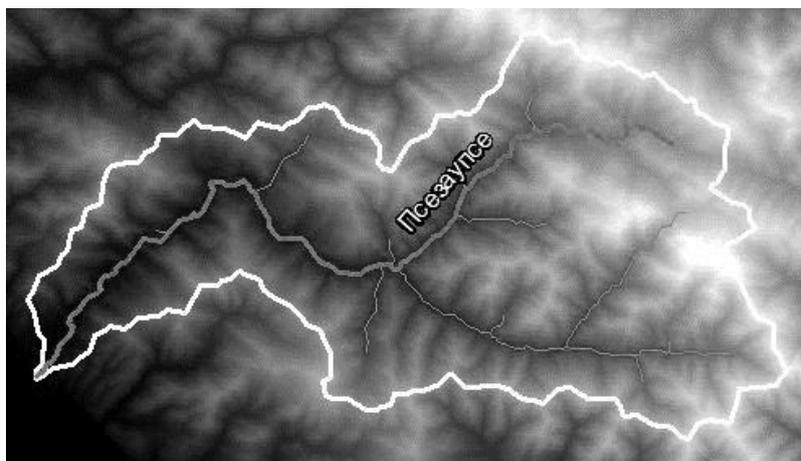
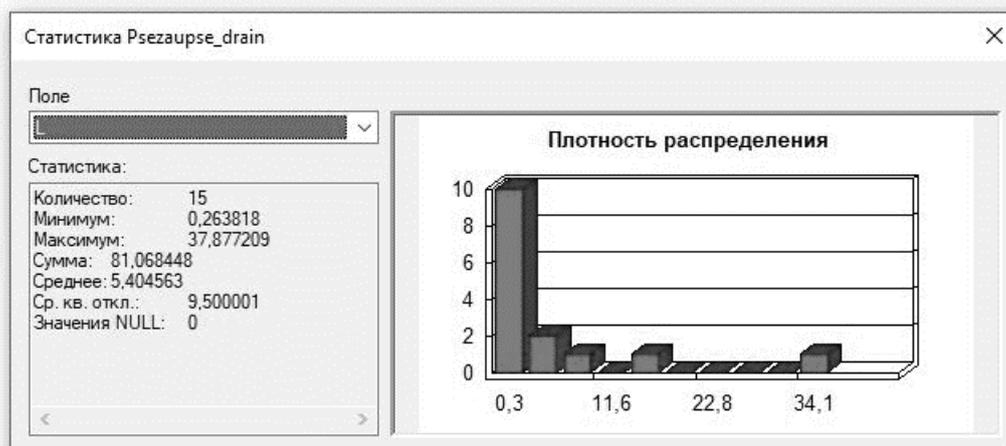
В качестве исходных данных при построении цифровой модели рельефа использовались высотные данные радарной топографической съемки SRTM-3 (Shuttle radar topographic mission) [5]. В качестве программного обеспечения использовалась геоинформационная система ArcGISDesktop версии 10.4.1.

Сравнение результатов производилось по следующим параметрам: площади водосбора, средней высоте водосбора, протяженности и среднему уклону русла реки, количеству притоков и их общей протяженности. Возможность определения всех представленных характеристик в программном обеспечении ArcGIS осуществлена в модуле SpatialAnalyst при помощи группы инструментов «Гидрология». Для расчета данных характеристик геоинформационная модель рельефа, представленная в формате растрового изображения, была подвергнута обработке. Были выполнены следующие операции: произведено заполнение локальных понижений в цифровой модели рельефа (функция Fill), построены растры направления стока (функция FlowDirection) и кумуля-

тивного стока (функция FlowAccumulation), произведена идентификация водотоков (инструмент алгебры карт), определены точки замыкающих створов (устьев рек) и выделены границы водосборов (функция Watershed). В результате данных манипуляций были получены дополнительные растровые и векторные объекты (полигональные, линейные и точечные). Анализ растровых объектов позволил установить среднюю высоту водосбора и его средний уклон, а также получить отметки. А обработка векторных объектов позволила установить следующие характеристики: площадь водосбора (полигона); протяженности и количество водотоков в результате анализа полученных полилиний водотоков, пример которого представлен на рисунке 2; средний уклон русла – по данным о протяженности и отметках истоков и устьев рек (точки).



**Рисунок 1 – Местоположение рек и их водосборов, выбранных в качестве объектов исследования**



**Рисунок 2 – Статистический анализ характеристик линейных объектов р. Псезаупсе**

Также инструменты ГИС позволяют производить расчет среднего уклона водосбора.

**Результаты и обсуждения.** Полученная в результате геоинформационного анализа высотных данных радарной топографической съемки информация и сведения справочных материалов были сведены в таблицу 1.

Согласно полученным данным значения площади и средней высоты водосбора, а также протяженности русла реки, полученные в результате геоинформационного анализа цифровой модели рельефа, с допустимой долей погрешности (в среднем не более 5 %) соответствуют значениям из справочных материалов. В то же время значения среднего уклона русла в большинстве случаев значительно отличаются от справочных величин (погрешность около 50 %), а количество притоков и их общая протяженность не имеют ничего общего с принятыми для сравнения сведениями (погрешность более 60 %).

В связи с тем, что значения протяженности русла реки соответствуют справочным данным, при расчете среднего уклона русла ошибочными являются отметки истока водотока. Это может объясняться тем, что исходная цифровая модель рельефа представляет собой цифровую поверхность, основой для которой является сетка точек с шагом  $32,6 \times 48,6$  м [6], т. е. отметка тальвега, так как рассматриваемые реки являются горными, может отличаться от реальной на десятки, а то и сотни метров.

Исходя из полученных растров цифровой модели рельефа и идентифицированной в результате обработки дренажной сети (линий тальвегов), можно сделать вывод, что использованный метод установки минимального порогового значения кумулятивного стока, соответствующего водотокам, является непригодным для поставленных задач.

Таблица 1 – Гидрографические характеристики рек по сведениям справочных материалов и по результатам геоинформационного анализа данных георадарной съемки (местоположение гидропоста – устье)

Наименование реки	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>		Средняя высота водосбора, м БС		Протяженность, км		Средний уклон русла, %		Количество притоков		Общая протяженность притоков, км		Средний уклон водосборов, %
	спра-вочник	расчет	спра-вочник	расчет	спра-вочник	расчет	спра-вочник	расчет	спра-вочник	расчет	спра-вочник	расчет	
1 Пшада	358	360,1	307	304,4	34	32,97	28,38	7,89	28	19	112	81,73	28,38
2 Вулан	278	268,1	221	226,23	29	24,22	28,07	6,52	37	17	110	60,76	28,07
3 Шапсуго	303	292,19	218	232,82	48	42,76	28,98	5,33	116	15	234	49,05	28,98
4 Нечелсухо	225	221,03	241	275,08	26	26,02	26,75	9,22	71	11	175	48,78	26,75
5 Туапсе	352	354,25	335	372,66	35	35,06	31,69	6,99	57	18	197	73,37	31,69
6 Псеуапсе	290	289,48	683	724,61	39	37,88	31,58	22,49	100	14	243	43,19	31,58
7 Шахе	553	553,51	854	879,27	59	58,88	30,99	20,45	250	24	517	101,67	30,99
8 Сочи	296	294,54	720	761,68	45	43,78	27,14	27,57	143	13	195	48,78	27,14
9 Мзымта	885	894,82	1309	1302,12	89	90,35	32,31	22,86	577	43	1025	162,87	32,31
10 Псоу	421	426,02	1110	1113,29	53	53,17	30,77	30,04	158	22	430	76,31	30,77

**Выводы.** Таким образом, геоинформационный анализ высотных данных радарной топографической съемки целесообразно применять при получении следующих гидрологических характеристик: площади водосбора, средней высоты водосбора и протяженности крупных рек. Однако при использовании более детальной цифровой модели рельефа, полученной по данным трехмерного сканирования с помощью беспилотных летательных аппаратов, можно заметно улучшить результаты геоинформационного анализа.

#### Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Повышение эффективности оросительных систем на местном стоке инновационными средствами предупреждения дефектов прудовых плотин / С. М. Васильев, Е. В. Васильева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2015. – № 4(20). – С. 73–84. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=366&id=371>.

2 ГОСТ 33177-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению инженерно-гидрологических изысканий [Электронный ресурс]. – Введ. 2016-09-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 23 с. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293756/4293756042.pdf>, 2020.

3 Сутырина, Е. Н. Определение морфометрических характеристик искусственных водоемов по данным дистанционного зондирования (на примере водохранилищ Суховской и Тельминской ГЭС) / Е. Н. Сутырина // Известия Иркутского государственного университета. – 2010. – Т. 3, № 2. – С. 167–178.

4 Нагалецкий, Ю. Я. Физическая география Краснодарского края: учеб. пособие / Ю. Я. Нагалецкий, В. И. Чистяков. – 2-е изд., испр. и доп. – Краснодар: Сев. Кавказ, 2001. – 256 с.

5 Панорама карты покрытия SRTM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://viewfinderpanoramas.org/Coverage%20map%20viewfinderpanoramas\\_org3.htm](http://viewfinderpanoramas.org/Coverage%20map%20viewfinderpanoramas_org3.htm), 2020.

6 Рыжаков, А. Н. Сравнительный анализ цифровых моделей рельефа, созданных на основе данных радарной и геодезической съемок / А. Н. Рыжаков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 3(63). – С. 18–23.

УДК 639.3:631.6

**А. В. Шевченко, А. А. Куприянов**

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

#### **СОСТАВ СООРУЖЕНИЙ И КОМПОНОВКА ПРИВОДОХРАНИЛИЩНЫХ РЫБОВОДНО-МЕЛИОРАТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ, СОЗДАВАЕМЫХ ДЛЯ ИХТИОЛОГИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ИРРИГАЦИОННЫХ ВОДОЕМОВ**

*Цель исследования – определить состав и разработать компоновочную схему размещения сооружений рыбоводно-мелиоративных комплексов, устраиваемых при фито загрязненных ирригационных водохранилищах для ведения рыбоводства и проведения их биологических (ихтиологических) мелиораций. Необходимость устройства приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов определяется потребностями очистки их акваторий от избыточного зарастания высшей воздушно-водной растительностью и перенасыщения водной толщи внутриводными «погруженными» растениями, водорослями, фитопланктоном и другими органическими загрязнителями. Эмпирическую базу разработки составили данные обследования ирригационных водохранилищ и сведения, почерпнутые из открытых источников информации, а методологическую основу разработки составили общие и частнонаучные методы анализа и синтеза научной информации и технологии поискового конструирования. В результате исследо-*

вания сделаны предложения по составу формирующих рыбоводно-мелиоративный комплекс объектов, отдельных сооружений и систем устройств и их компоновке в составе приводохранилищного комплекса.

*Ключевые слова:* ирригационные водохранилища; фитозагрязнение водоемов; ихтиологические мелиорации; рыбоводные комплексы; компоновка сооружений.

\*\*\*\*\*

**A. V. Shevchenko, A. A. Kupriyanov**

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

### **COMPOSITION OF STRUCTURES AND LAYOUT OF FISHING-RECLAMATION COMPLEXES AT RESERVOIRS CONSTRUCTED FOR IKHTIOLOGICAL RECLAMATION OF IRRIGATION WATER BODIES**

*The purpose of the study is to determine the composition and develop a layout scheme for placing fishing-reclamation complexes constructed at phyto-contaminated irrigation reservoirs for fish farming and their biological (ichthyological) land reclamation. The need for construction of fishing reclamation complexes at reservoirs is determined by the need of cleaning their water areas from excessive overgrowing by higher air-water vegetation and supersaturation of the water column with intra-aquatic “submerged” plants, algae, phytoplankton and other organic pollutants. The empirical base of the project was the survey data of irrigation reservoirs and information gathered from open information sources, and the methodological basis of the project was made up of general and particular scientific methods for the analysis and synthesis of scientific information and search design technology. As a result of the study, proposals on the composition of the objects forming the fishing-irrigation complex, single structures and unit systems, and their layout as part of the reservoir complex were made.*

*Key words:* irrigation reservoirs; phyto-pollution of water bodies; ichthyological reclamation; fish cultural complexes; structure layout.

**Введение.** Средне- и долгосрочными программами развития рыбохозяйственного комплекса страны и регионов предусмотрено широкое использование ирригационных водохранилищ в рыбоводных целях. До настоящего времени ведение рыбоводства в водных объектах оросительных и оросительно-обводнительных систем не получило должного распространения, что в определенной степени объясняется их изначальной неприспособленностью к интенсивному рыбохозяйственному использованию и отсутствием соответствующей рыбоводческой инфраструктуры. Из 422 ирригационных водоемов, находящихся в оперативном управлении региональных структур Депмелиорации МСХ РФ, в пастбищном (товарном) рыбоводстве используется только 29 водных объектов (менее 7 %). Отметим, что введение в рыбохозяйственный оборот не используемых в настоящее время в рыбоводстве ирригационных водохранилищ при минимуме затрат на их инженерно-биологическое обустройство позволит не только получать особо ценный в пищевом отношении живорыбный продукт, но и повысить комплексность и эффективность использования их природного ресурсного потенциала.

Более 80 % существующих и используемых для орошения ирригационных водохранилищ были созданы более 40–50 лет назад и в эволюционном отношении перешли в стадию старения их экологических систем. Указанное обстоятельство, в сочетании с низким уровнем ведения в ирригационных водоемах уходно-восстановительных мероприятий в последние 30 лет, привело к развитию в них деградиционных процессов, сдерживающих эффективность ирригационного водопользования и их ихтиооскудению. Для значительной части используемых в оросительных целях водохранилищ характерно фитозагрязнение их акваторий макро- и микрофитами, проявляемое в зарас-

тании мелководий высшей воздушно-водной растительностью, насыщении водной толщи погруженной растительностью, водорослями и фитопланктоном. Очистка таких водоемов от растительных загрязнений представляет собой достаточно сложную и затратную проблему. Отметим, что наряду с известными технологиями угнетения, уничтожения и (или) удаления избыточной флоры указанная задача может быть решена проведением в водохранилищах биологических «ихтиологических» мелиораций, реализуемых вселением («интродуцированием») в них травоядных видов рыб. Практика зарыбления фитозагрязненных водных объектов травоядными и фитопланктонными рыбами – фитофагами (белым амуром, толстолобиками, карпом и др.) имеет продолжительную историю. Известны примеры как позитивного (высокоэффективного) характера, так и низкой мелиорирующей и рыбоводческой результативности интродуцирования и акклиматизации рыб-мелиорантов в ирригационных водохранилищах. Основными причинами и обстоятельствами недостижения ожидаемого мелиоративного (мелиорирующего) и рыбоводческого эффекта от зарыбления органогагрязненных (преимущественно фитогагрязненных) ирригационных водохранилищ являются нижеследующие:

- качественная недостаточность рыбоводно-биологического обоснования зарыбления фитогагрязненных водоемов, не учитывающего особенности водного объекта и условий выращивания и интродуцирования, рыбопосадочного материала;
- использование для зарыбления фитогагрязненного ирригационного водохранилища не адаптированного к условиям водоема рыбопосадочного материала;
- применение несовершенных технологий зарыбления водохранилищ рыбопосадочным материалом, выращенным в действующих, чаще всего удаленных от объекта зарыбления, рыбопитомниках, которые предусматривают: отлов рыб в выростных водоемах, перемещение рыбопосадочного материала в емкости, транспортирование заполненных рыбой емкостей к месту выпуска рыб и последующий выпуск их в зарыбляемый объект. При такой технологии имеет место травмирование, угнетение и даже гибель части рыб, что в итоге приводит к массовому отсеву интродуцентов (вселенцев) и низким показателям их акклиматизации к новым условиям среды обитания.

Указанные рыбоводно-биологические и технологические недостатки процесса зарыбления ирригационных водоемов предлагается устранять созданием и использованием приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов [1].

Необходимо отметить, что к идеям устройства рыбохозяйственных комплексов различного функционального назначения с разным составом сооружений специалисты в области рыбоводства и рыбохозяйственной гидротехники обращались неоднократно (отдельные сведения об их создании и использовании приведены в учебном пособии, патентах, авторском свидетельстве [2–9]). В отличие от пригидроузловых и водозаборных (преимущественно рыбоохранных) комплексов, предлагаемые приводохранилищные рыбоводно-мелиоративные комплексы ориентированы на культивирование рыб и проведение ихтиологических мелиораций ирригационных водоемов, что предопределяет состав входящих в них рыбоводных и технологических сооружений и устройств, их расположение и компоновку.

**Материалы и методы.** Эмпирическую основу разработки составляют данные обследований прудовых и бассейново-заводских, действующих в Ростовской области рыбоводных комплексов, материалы разработок компоновочно-конструктивных решений приканальных рыбоводных комплексов [10]. При обработке материалов использовались методы научного анализа, синтеза и технологии поискового конструирования.

**Результаты и обсуждение.** Приводохранилищные рыбоводно-мелиоративные комплексы определяются как рыбохозяйственные объекты, устраиваемые в приводоёмной зоне и обеспечивающие выращивание адаптированного к условиям зарыбляемого водохранилища рыбопосадочного материала, его перемещение (интродуцирование) в водный объект, акклиматизацию рыб в нем в целях ведения рыбоводства и проведе-

ния ихтиологических мелиораций. В соответствии с предназначением комплекса его функционирование может быть обеспечено соответствующим составом объектов, сооружений, систем, устройств и технологического оборудования.

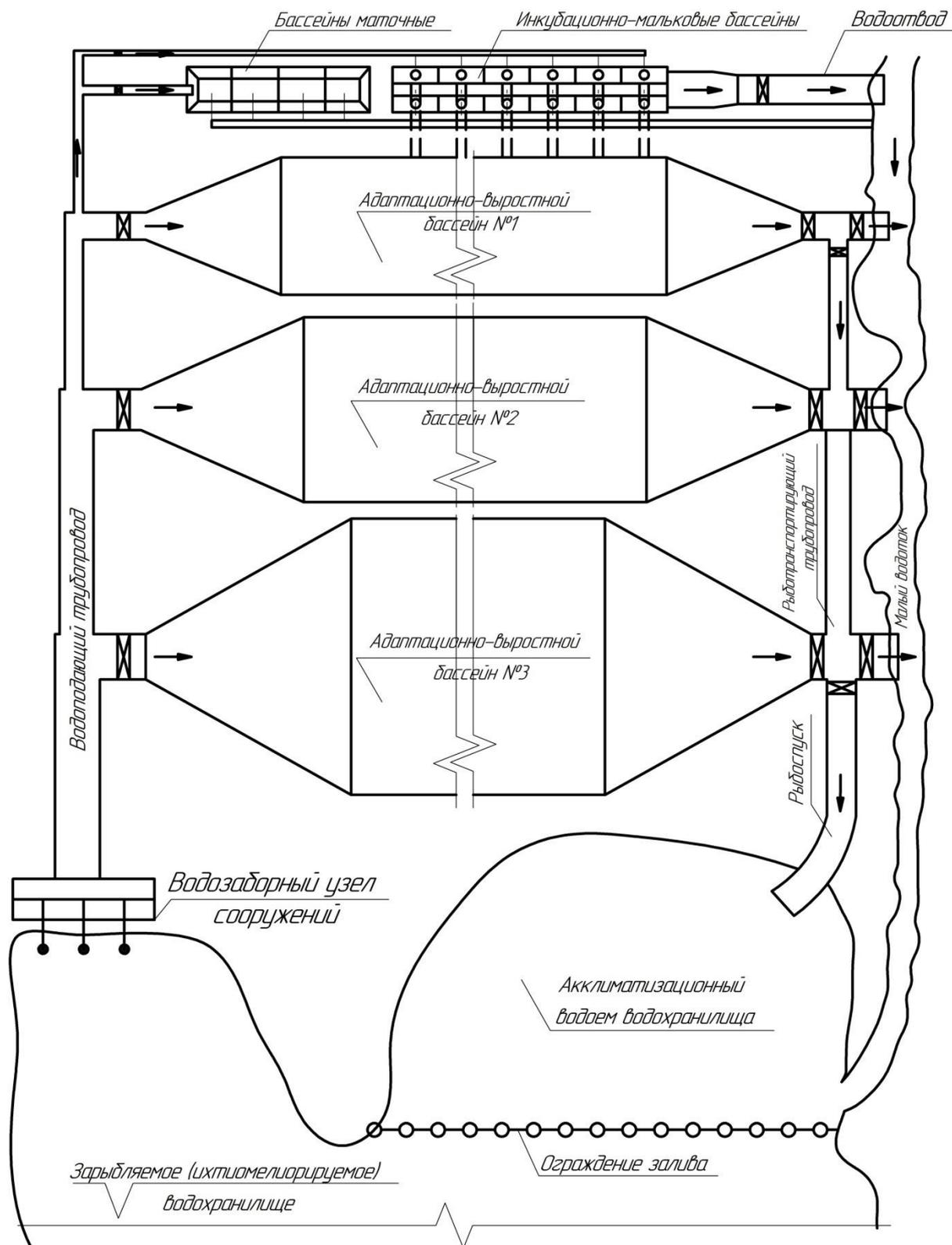
В качестве основных функционально-рыбоводных объектов в состав рыбоводно-мелиоративных комплексов входят рыбопитомник и акклиматизационный водоем. Рыбопитомник предусматривает наличие: инкубационного цеха с ихтиологической лабораторией и маточного бассейна; системы рыбоводно-адаптационных водоемов (бассейнов и (или) прудов) и элементов перемещения (транспортирования) выращенного рыбопосадочного материала в объект зарыбления; рыбоприемно-акклиматизационного водоема (залива водохранилища).

В состав комплекса включают: гидротехнические сооружения; системы сооружений и устройств, обеспечивающие функционирование рыбоводных объектов; обеспечивающий водное питание комплекса водозаборный узел с устройствами водоподготовки; водотранспортирующие (водопроводящие) устройства и элементы регулирования водного режима в рыбоводных объектах; систему водорыбоотведения, обеспечивающую проточность и водообмен в рыбоводных водоемах, перемещение и выпуск рыб из них и перемещение их в рыбоприемник. Обязательными объектами и средствами комплекса являются: гидротехническое и технологическое оборудование; объекты материально-технического обеспечения, коммуникаций и охраны окружающей среды; объекты обслуживания и средства управления и другие компоненты комплекса.

Совокупность объектов и сооружений комплекса для обеспечения его эффективного функционирования должна быть соответствующим образом скомпонована (планово и высотно увязана). При этом отдельные объекты, сооружения и устройства должны быть запроектированы под определенную функциональную производительность: по количеству культивируемых рыб определенного вида, размера и стадии развития; водопропускной способности систем водного питания и сброса воды; рыбовыпускной способности системы водорыбоотведения из рыбоводных бассейнов по завершении определенного периода (цикла) культивирования рыб; технологическим возможностям обеспечения регулирования акваториальной среды обитания рыб (проточности, водообмена, аэрирования, оксигенации и др.) и кормления гидробионтов; выращиванию и подаче в рыбоводные бассейны живого корма (зоо- и фитопланктона); обеспечению энергией и другими потребностями для функционирования комплекса.

При принятии решения по выбору площадки под рыбоводно-мелиоративный комплекс, планового и высотного расположения сооружений и объектов необходимо (желательно) обеспечить бесконтактное с техническими средствами межбассейновое (в единой цепочке) перемещение культивируемых гидробионтов и выпуск рыб в акклиматизационный водоем (водохранилища). При полном соблюдении всех рыбоводно-биологических требований компоновка рыбоводно-мелиоративного комплекса должна соответствовать условиям компактности, коммуникационной обеспеченности, экономичности (по минимально необходимой материало-, энерго- и ресурсоемкости), экологичности, технологичности, ремонтпригодности, надежности и безопасности для людей, соседствующих объектов и окружающей среды и другим социально-хозяйственным требованиям. Обязательным условием является расположение рыбопитомника в непосредственной близости от зарыбляемого водохранилища. Указанное требование позволяет использовать водные ресурсы водоема для водообеспечения рыбопитомника (по количеству и качеству воды) и кормовые компоненты, обитающие в подлежащем зарыблению водохранилище; упрощает технологию перемещения рыб и рыбопосадочного материала из рыбопитомника в зарыбляемый водный объект. При выборе площадки под рыбопитомник желательно использовать существующий и выпадающий в водоем природный водоток (балку или малую реку). Учет совокупности указанных требований позволит создать рациональное, рыбоводно-биологически обоснованное компоновочное решение приводохранилищного рыбоводно-мелиоративного комплекса.

Вариант компоновочно-конструктивного решения приведен на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Схема компоновочного решения приводохранилищного  
рыбоводно-мелиоративного комплекса**

Технологическая схема функционирования проиллюстрированного рисунком 1 компоновочно-конструктивного решения рыбводно-мелиоративного комплекса предусматривает выполнение нижеследующих технологических операций:

- заполнение водой маточных бассейнов и их зарыбление половозрелыми особями рыб для кратковременного содержания и подготовки их к получению в инкубационном цехе рыбопитомника репродукционного материала (икры и молок);

- проведение технологических операций по получению и оплодотворению репродукционного материала и выращиванию личинок, их подращиванию до стадии малька (подращенной личинки) в инкубационно-мальковых бассейнах рыбопитомника;

- подготовка и заполнение водой адаптационно-выростного бассейна № 1 с последующим его зарыблением мальком, перемещаемым из инкубационно-мальковых бассейнов, и последующее выращивание мальков с соблюдением рыбоводных требований по содержанию и кормлению рыб с регулированием физико-химических и микробиологических показателей акваториального пространства в этом бассейне;

- подготовка и заполнение водой адаптационно-выростного бассейна № 2 для последующего его зарыбления подращенным до определенной рыбоводно-биологическим обоснованием стадии роста и развития мальком из бассейна № 1. Зарыбление второго рыбоводного бассейна и культивирование в нем рыб с заданным адаптационной технологией выращивания рыбопосадочного материала режимом регулирования акваториальной среды обитания гидробионтов и режимом кормления;

- подготовка адаптационно-выростного бассейна № 3 к зарыблению, осуществляемому перемещением рыб (достигших определенных размеров) из бассейна № 2, с последующим культивированием их в третьем рыбоводном бассейне при соответствующих условиях среды и определенном режиме питания гидробионтов, предусмотренных адаптационной технологией выращивания рыбопосадочного материала;

- по завершении адаптационно-выростного процесса культивирования сеголетков рыб осуществляется выпуск их из бассейна № 3 в акклиматизационный водоем (залив) подлежащего зарыблению водохранилища с реализацией в нем акклиматизационных мероприятий. Акклиматизационный период содержания рыб в акклиматизационном водоеме водохранилища определяется природно-климатическими условиями водоема, видом рыб-вселенцев, качеством рыбопосадочного материала, возможностями и обоснованными намерениями хозяйствующего рыбоводного субъекта.

### **Выводы**

1 Определен состав основных объектов и сооружений, образующих приводохранилищный рыбоводно-мелиоративный комплекс, и предложен вариант его компоновочно-конструктивной схемы, обеспечивающей выращивание адаптированного к условиям зарыбляемого водоема рыбопосадочного материала, его межбассейновое перемещение, выпуск сеголетков рыб и акклиматизацию их в водохранилище.

2 Предложенная компоновка комплекса, основанная на использовании инкубационно-малькового питомника, трех адаптационно-выростных средооткрытых мезоплощадных бассейнов и акклиматизационного водоема (водохранилища), обеспечивает реализацию адаптационной технологии выращивания рыбопосадочного материала и первичное акклиматизирование интродуцированных рыб в водоеме для его ихтиомелиорирования и ведения в нем пастбищного рыбоводства.

### **Список использованных источников**

1 Шкура, Вл. Н. Обоснование и основные положения создания и использования приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов / Вл. Н. Шкура, А. В. Шевченко // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(03). – С. 27–45. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm1.ru/article?n=36>. – DOI: 10.31774/26587890-2019-3-27-45.

2 Шкура, В. Н. Рыбопропускные сооружения низконапорных гидроузлов: учеб. пособие / В. Н. Шкура. – Новочеркасск: НИМИ, 1979. – 99 с.

3 Пат. 1599468 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбопропускное сооружение / Шку-

ра В. Н., Чистяков А. А., Черкасов В. А., Фоменко В. А., Анохин А. М.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4393333; заявл. 16.03.88; опубл. 15.10.90, Бюл. № 38. – 7 с.: ил.

4 Пат. 1625941 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбопропускное сооружение / Шкура В. Н., Чистяков А. А., Шелестова Н. А.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4486121; заявл. 23.09.88; опубл. 07.02.91, Бюл. № 5. – 2 с.: ил.

5 Пат. 1666633 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоходно-нерестовой канал / Шкура В. Н., Анохин А. М., Чистяков А. А., Черкасов В. А., Новойдарский А. В.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4719076; заявл. 17.07.89; опубл. 30.07.91, Бюл. № 28. – 3 с.: ил.

6 Пат. 1703782 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбопропускное сооружение / Шкура В. Н., Чистяков А. А., Шелестова Н. А.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 1625941; заявл. 16.01.89; опубл. 07.01.92, Бюл. № 1. – 4 с.: ил.

7 Пат. 1712531 СССР, МПК Е 02 В 8/08, Е 02 В 9/04. Рыбозащитное устройство / Шкура В. Н., Михеев П. А., Гулянский А. Ш., Аникин В. С., Азоян В. З.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4746517; заявл. 27.07.89; опубл. 15.02.92, Бюл. № 6. – 4 с.: ил.

8 А. с. 1493730 СССР, МПК Е 02 В 8/08, Е 02 В 9/04. Устройство для промывки сетчатого полотна рыбозащитного сооружения / Г. Н. Герман, В. Н. Шкура, П. А. Михеев, А. А. Чистяков, Л. В. Ефремкина. – № 4654844; заявл. 24.08.87; опубл. 15.07.89, Бюл. № 26. – 3 с.: ил.

9 Пат. 1629384 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Устройство для промывки сетчатого полотна рыбозащитного сооружения / Герман Г. М., Чистяков А. А., Шкура В. Н., Ресусов М. П., Волошков В. М.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4654844; заявл. 10.01.89; опубл. 23.02.91, Бюл. № 7. – 3 с.: ил.

10 Щедрин, В. Н. Рыбоводный комплекс на базе оросительного канала и малой реки / В. Н. Щедрин, В. Н. Шкура, О. А. Баев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 38–43.

УДК 556.16

**Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева, С. В. Ковалев, Д. В. Мартынов**

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

### **РАЙОНИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РЕДУКЦИИ СТОКА РЕК ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

*Цель исследований – уточнение коэффициента редукции и его районирование по всей протяженности исследуемых водотоков. В данной статье проведено исследование 14 рек Черноморского побережья Краснодарского края – от р. Котламы до р. Псоу. Выяснилось, что реки данного региона имеют весьма существенные различия между собой и в гидрологическом отношении изучены недостаточно (в настоящее время функционирует всего восемь гидрологических постов). Поэтому существующие гидрологические коэффициенты, используемые в формулах, в настоящее время требуют уточнения и пересмотра. В данной статье представлены расчет и кривые зависимости максимального модуля стока 1% обеспеченности от расхода воды при 1 % при различных коэффициентах редукции (0,5; 0,6; 0,7; 0,8 и 0,9) и их влияние на величину стока реки. Приведены уточненные значения коэффициента редукции и его районирование по 14 рекам Черноморского побережья.*

*Ключевые слова: модуль стока; коэффициент редукции; расход; водосборная площадь; расчетный створ.*

\*\*\*\*\*

**T. S. Ponomarenko, A. V. Breyeva, S. V. Kovalev, D. V. Martynov**

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

### **ZONING OF REDUCTION COEFFICIENT OF THE RIVER RUNOFF OF THE BLACK SEA COAST OF KRASNODAR TERRITORY**

*The purpose of the research is to specify the reduction coefficient and its zoning over the entire length of the studied watercourses. The study of 14 rivers of the Black Sea coast Krasnodar Territory – from the Kotlama river to the Psou river was conducted. This region's rivers turned out to have very significant differences among themselves and have not been studied enough related to hydrology (currently only eight stream gauges are functioning). Therefore, the existing hydrological coefficients used in formulas currently require clarification and revision. The calculation and the maximum modulus curves of 1% runoff supply on water consumption at 1 % for various reduction coefficients (0.5; 0.6; 0.7; 0.8 and 0.9) and their effect on the river runoff are presented. The improved values of the reduction coefficient and its zoning along 14 rivers of the Black Sea coast are given.*

*Key words: runoff module; reduction coefficient; consumption; watershed area; control gauge section.*

**Введение.** Реки Черноморского побережья в Краснодарском крае отличаются большими уклонами и весьма своеобразными водными режимами: реки западнее р. Туапсе отличаются высокими паводками от дождей и тающих снегов, а реки, расположенные восточнее р. Туапсе, имеют более крупные водосборные бассейны с большими высотами местности. Распределение стока на реках в течение года идет весьма неравномерно. Река может начинаться с маленького ручья, который, продвигаясь все дальше, превращается в достаточно широкую и полноводную реку, достигая своего устья. Соответственно, и модуль стока (объем воды, стекающей с определенной площади бассейна) реки при этом будет также значительно различаться от истока к устью [1–3].

Исследование выполнено для бассейнов рек, представленных на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Район исследования**

Стоит отметить, что в настоящее время на реках Черноморского побережья России функционирует всего восемь гидрологических постов, стационарные наблюдения за гидрологическим режимом проводились нерегулярно, в разные периоды менялось количество постов [4]. То есть в гидрологическом отношении многие реки данного района изучены недостаточно, и поэтому основным расчетным методом является аналогия по редуционным формулам. Коэффициенты, используемые в данных формулах, вычислены в конце прошлого столетия и поэтому требуют уточнения и пересмотра. Одним из таких параметров является коэффициент редукции.

Целью исследования являлось уточнение коэффициента редукции и его районирование по всей протяженности исследуемых водотоков.

**Материалы и методы.** Исходными материалами послужили расчетные данные, представленные в «Ресурсах поверхностных вод СССР» [3], и данные гидрометеорологической службы (ряды наблюдений максимальных расходов воды). Общее количество расчетных створов составило 56 на 13 водных объектах.

Для проведения исследования выполнялся расчет максимального расхода 1% обеспеченности при различных коэффициентах редукции.

Расчет максимального расхода 1% обеспеченности выполнялся по формуле Г. В. Железнякова (ф. 3.135) [5]:

$$q_{1\%} = M200 \left( \frac{200}{F} \right)^n,$$

где  $q_{1\%}$  – расход 1% обеспеченности стока, м<sup>3</sup>/с;

$M200$  – модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения  $P = 1\%$ , приведенный к условной площади водосбора, равной 200 км<sup>2</sup>;

$n$  – коэффициент редукции стока реки;

$F$  – площадь водосбора реки, км<sup>2</sup>.

Для этого региона справочные данные рекомендуют принимать  $n$  равным 0,55. В нашем исследовании коэффициент редукции  $n$  изменялся от 0,5 до 0,9 с шагом 0,1, остальные параметры оставались неизменными. По результатам расчета построены кривые зависимости (рисунок 2), которые свидетельствуют, что при увеличении коэффициента редукции максимальные значения возрастают, а минимальные при этом уменьшаются.

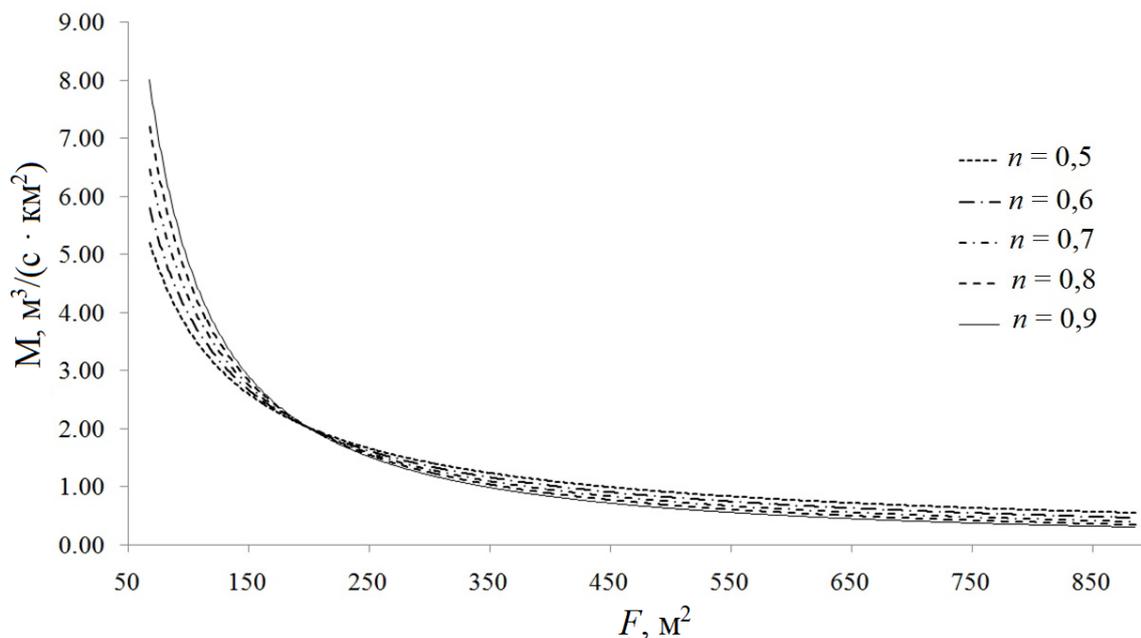


Рисунок 2 – Кривые модуля стока  $q_{1\%}$  при различных коэффициентах редукции

Стоит отметить, что коэффициент редукиции на большинстве исследуемых водных объектов различается в зависимости от протяженности.

Далее в таблице 1 приведены данные, полученные в результате расчета. В рамках данной статьи результаты приведены только для устьевой части каждой реки. Расчетные створы ранжированы по средней высоте водосбора.

**Таблица 1 – Результаты расчета коэффициента редукиции**

№ створа	Река	Расчетный створ	Расход 1%, м <sup>3</sup> /с	Средняя высота водосбора, м БС	M200 по карте изолиний	Погрешность в определении максимальных расходов, %	Коэффициент редукиции $n$
1	Котлама	устье	422	122	2,50	-22,09	0,9
2	Шапсуго	устье	694	218	3	2,07	0,7
3	Адерба	п. Светлый	229,86	220	3	-52,24	0,5
4	Вулан	устье	929,4	240	3	26,96	0,5
5	Нечепсухо	устье	588	241	3	-3,25	0,9
6	Пшава	устье	762	307	3	0,61	0,6
7	Туапсе	устье	2043	335	2,5	67,58	0,5
8	Хоста	устье	476,5	410	1,9	25,70	0,9
9	Аше	устье	1273	570	1,9	64,75	0,5
10	Сочи	устье	889,3	720	1,7	53,49	0,5
11	Псезукапсе	п. Татьянавка	1087,7	760	2	58,17	0,5
12	Шахе	устье	1468	854	1,8	59,22	0,5
13	Псоу	устье	540	1110	1	46,26	0,5
14	Мзымта	устье	824	1309	1	48,94	0,5

Полученные данные свидетельствуют о том, что коэффициент  $n = 0,55$ , рекомендуемый справочником, подходит не для всех рек данного района.

Так, для р. Котлама, Хоста и Нечепсухо коэффициент редукиции по расчетам составил  $n = 0,9$ , погрешность при этом – порядка 20 %.

Стоит отметить наличие в некоторых расчетных створах высокой погрешности при сопоставлении справочных и расчетных расходов. Одной из причин такого результата может быть M200, который определен по карте изолиний, составленной в конце прошлого столетия без учета катастрофических наводнений последних лет. Для повышения точности расчетных данных необходимо большее количество створов и наблюдений, что в данном случае невозможно ввиду отсутствия гидропостов.

**Выводы.** В ходе исследования было установлено, что рекомендуемые справочные коэффициенты редукиции не являются универсальными для всех рек Черноморского побережья, так как в морфологическом отношении водные объекты весьма различны. В данной работе было выполнено районирование исследуемого параметра по каждому бассейну по имеющимся архивным и современным гидрологическим данным. Полученные в результате исследования региональные коэффициенты редукиции можно использовать для повышения точности гидрологических расчетов, выполняемых для данного района.

#### Список использованных 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 общ. ред. В. Н. Щедрина. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2009. – 342 с.

2 Панов, В. Д. Реки Черноморского побережья Кавказа: гидрография и режим стока / В. Д. Панов. – Ростов н/Д.: Дон. изд. дом, 2012. – 605 с.

3 Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 9. Закавказье и Дагестан. Вып. 1. Западное Закавказье / под ред. Г. Н. Хмаладзе. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.

4 Оценка воздействия на окружающую среду по теме «Разработка проекта СКИОВО бассейнов рек Черного моря» [Электронный ресурс] / исполн.: Л. П. Ярмак, О. Н. Сулов, С. Б. Баранова, А. А. Гайдай, М. Л. Филобок. – Режим доступа: [http://kbvu-fgu.ru/\\_files/ovos/ovos\\_skiovo\\_blacksea.pdf](http://kbvu-fgu.ru/_files/ovos/ovos_skiovo_blacksea.pdf), 2020.

5 Железняков, Г. В. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока / Г. В. Железняков, Т. А. Неговская, Е. Е. Овчаров; под ред. Г. В. Железнякова. – М.: Колос, 1984. – 205 с.

УДК 626.82.002.5

**А. Е. Шепелев**

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

### **ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ**

*Целью исследования являлся вопрос автоматизации на объектах гидромелиоративных и водохозяйственных систем. В процессе работы установлены условия, при которых обеспечивается оптимальное использование водных ресурсов, разграничены операции, обеспечивающие оперативное управление объектом, разработана структурная схема системы автоматического управления, установлены и раскрыты основные особенности гидромелиоративных и водохозяйственных сооружений как объектов автоматизации, а также определена целесообразность уровня автоматизации с учетом специфики работы конкретного гидромелиоративного или водохозяйственного объекта.*

*Ключевые слова: автоматизация; управление; процесс; гидромелиоративный объект; водохозяйственный объект; сооружение; система.*

\*\*\*\*\*

**A. E. Shepelev**

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

### **ISSUES OF AUTOMATION AT HYDRO RECLAMATION AND WATERWORK FACILITIES**

*The aim of the study was the issue of automation at irrigation and waterwork objects. As a result, the conditions under which the optimal use of water resources is ensured are determined, the operations providing operative control of water works are delimited, the structural scheme of the automatic control system is developed, the main features of irrigation and water management facilities as automation objects are established and found out, and the advisability of the level of automation, taking into account the specifics of a particular irrigation and water work is determined.*

*Key words: automation; control; process; hydro reclamation facility; waterwork facility; structure; system.*

**Введение.** Гидромелиоративные объекты являются сложными водохозяйственными предприятиями [1]. Их строительство требует больших капитальных затрат [2]. Наибольший технико-экономический эффект в процессе эксплуатации объектов может быть получен лишь при таком повседневном оперативном управлении, при котором обеспечивается оптимальное использование водных ресурсов [3].

В нашей стране главным образом крупные мелиоративные системы обслуживают десятки, а иногда и сотни тысяч гектаров сельскохозяйственных угодий. Управление такими системами значительно усложняется. Большое количество регулируемых

сооружений разбросано на огромной территории, и все они – от головных узлов и водозаборных сооружений до точек выдела воды на полив и отвода избыточных вод на осушаемых массивах – должны работать четко и взаимосвязанно [4].

**Материалы и методы.** Методологическую основу исследования составили положения научных трудов и разработок отечественных авторов, посвященных вопросам автоматизации процесса управления на гидромелиоративных и водохозяйственных объектах. Исследование проводится с применением теоретического анализа научной литературы, описательного метода, методов графического представления информации, методов сопоставления, аналогии и систематизации.

**Результаты и обсуждение.** Управление каким-либо объектом обычно сводится к выполнению операций, которые можно разделить на две группы.

Первая группа – операции, обеспечивающие пуск, остановку, защиту от неполадок, безаварийность работы всех агрегатов и механизмов, входящих в состав объекта, ввод резерва и последовательность в управлении его основными и вспомогательными механизмами.

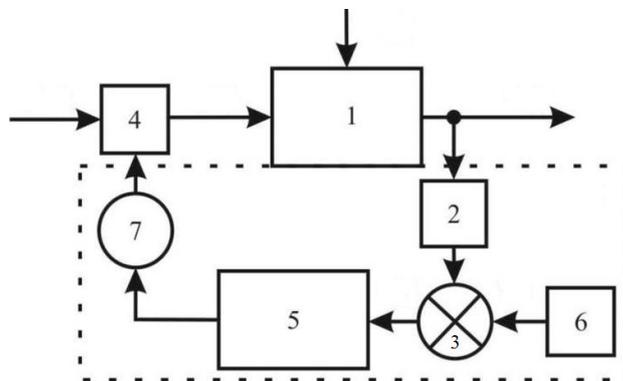
Вторая группа – операции, обеспечивающие в процессе работы поддержание требуемых значений параметров объекта или их изменение по каким-либо законам, определяющим ход технологического процесса.

Все операции по управлению объектом без участия обслуживающего персонала выполняются управляющей системой, представляющей собой комплекс приборов и устройств автоматического управления.

Примером наиболее подготовленных производственных процессов для организации автоматизированных систем управления с вычислительными информационными и управляющими машинами являются нефтеперерабатывающие и нефтехимические отрасли промышленности [5]. Эффективность при внедрении автоматизации в общем случае обеспечивается за счет сокращения рабочего персонала, увеличения производительности труда, снижения затрат и улучшения качества продукции. При этом доминирующую роль играют качественные факторы. Например, при производстве синтетического каучука общая доля затрат на рабочую силу вообще невелика и в среднем составляет 4 %; максимально возможное сокращение обслуживающего персонала может быть проведено на этапах частичной автоматизации [6].

Однако опыт показал, что полная автоматизация с введением управляющей вычислительной машины оказывается в этом случае эффективной благодаря оптимальному ведению технологического процесса [7].

Из данных рисунка 1 видно, что система автоматического управления на гидромелиоративных и водохозяйственных объектах замкнутая. Поэтому о качестве работы системы можно судить, когда исследована комплексная работа объектов автоматизации.



1 – объект управления; 2 – прибор для измерения показаний; 3 – диспетчер; 4 – устройство телемеханики; 5 – контроллер; 6 – телекоммуникационное устройство; 7 – модем

**Рисунок 1 – Структурная схема системы автоматического управления на гидромелиоративных и водохозяйственных объектах**

В связи с этим разработку системы автоматического управления начинают с изучения гидромелиоративных и водохозяйственных систем как объектов автоматизации, т. е. с изучения их характеристик, назначения, специфических особенностей, условий, в которых протекает производственный процесс, а также свойств и характеристик отдельных регулируемых узлов и сооружений систем.

Основные особенности гидромелиоративных и водохозяйственных сооружений как объектов автоматизации следующие:

- цель – перераспределение естественной влаги, чтобы создать условия для интенсивного развития сельского хозяйства;

- узлы и сооружения. Система любого типа представляет собой комплекс различных управляемых гидротехнических сооружений и гидромеханических установок, расположенных на водоводах большой протяженности, которые в общем случае могут иметь древовидную форму;

- количество объектов управления и контроля на системе велико и исчисляется сотнями;

- объекты расположены рассредоточенно, хотя возможно их группирование (головные сооружения, вододелительные узлы, плотины и др.);

- регулируемые объекты системы связаны через водную среду, благодаря чему возникает взаимное влияние режимов их работы. Например, если в нижних бьефах нескольких каналов, работа которых не зависит друг от друга, установить регуляторы расхода, они взаимодействуют через общий для них верхний бьеф; при изменении расхода в одном из каналов нарушается баланс в верхнем бьефе, что неминуемо повлияет на расходы в остальных каналах и приведет в действие все регуляторы. Поэтому в таких системах процессы регулирования различных величин в общем случае не могут рассматриваться независимо друг от друга;

- процесс транспортирования воды носит волновой характер и сопровождается большим временем запаздывания, поэтому, чтобы обеспечить измененное потребление воды без разрыва от ее подачи, необходимо иметь резервные объемы и емкости и уметь в каждый момент времени их количественно определять;

- в водоводах всегда существует прямая гидравлическая связь – происходит процесс перемещения воды от головного сооружения к нижележащим водовыпускам в виде переменных волновых расходов. Обратная связь, т. е. передача воздействия при изменении потребления воды от нижерасположенных водовыпусков к вышележащим сооружениям, имеется лишь при малых уклонах дна каналов;

- сложны и недостаточно изучены процессы неустановившегося движения в водоводах, важную роль при изучении гидромелиоративной системы как объекта автоматизации играет установление функциональных зависимостей расхода и уровня в различных створах в любой момент времени;

- системы с одного установившегося режима в другой, как правило, переводят редко: однажды установленный режим может меняться несколько раз в сутки или оставаться постоянным в течение нескольких суток;

- в большинстве случаев процессы протекают медленно и, следовательно, к устройствам управления, как правило, не предъявляются жесткие требования в отношении быстродействия;

- объекты управления расположены на открытом воздухе, в условиях повышенной температуры, влажности и запыленности. Отсюда вытекает требование высокой надежности к устройствам их управления;

- внутрихозяйственная сеть, как правило, не обладает резервными емкостями, поэтому транспортируемая и распределяемая вода у потребителей не накапливается. Во всех случаях возникновения разрыва между водоподачей и водопотреблением поданная вода идет на сброс. Поэтому устройство управления должно быть единым и обеспе-

чивать взаимоувязанный процесс транспортирования и использования воды на орошаемых землях.

Таким образом, гидромелиоративные и водохозяйственные объекты, несмотря на различие их производственных процессов, могут быть рассмотрены как объекты автоматизации с однотипными задачами.

Заранее определить эффективность в результате внедрения автоматизации очень трудно. Для каждой отрасли производства и технологического процесса внедрению полной автоматизации предшествуют этапы частичной автоматизации, продолжительные исследовательские и экспериментальные работы.

Одна из наиболее существенных задач при автоматизации гидромелиоративных систем – определение целесообразной степени автоматизации с учетом изученности и специфических особенностей технологического процесса, накопленного опыта и других факторов, обусловленных условиями эксплуатации [8].

В общем случае в зависимости от степени использования человека в процессе управления и соответственно применяемых технических средств автоматизации существуют следующие основные уровни автоматизации на гидромелиоративных и водохозяйственных объектах.

Третий уровень – местная автоматизация, при которой установки и сооружения на местах оснащаются контрольно-измерительной аппаратурой, полуавтоматическими или автоматическими исполнительными механизмами и устройствами, расположенными непосредственно у объектов управления. Устройств телемеханики и вычислительной техники нет. Все управление возлагается на местный обслуживающий персонал. Команды управления передаются по телефону.

Второй уровень – комплексная автоматизация с замкнутым процессом управления через человека (диспетчера). При втором уровне все установки и сооружения на местах автоматизированы, но в отличие от местной автоматизации они работают без постоянного обслуживающего персонала. Однако весь режим устанавливается и осуществляется диспетчером, который передает команды местным устройствам автоматики, исходя из требуемого режима работы системы в целом. Диспетчер располагает средствами контроля, позволяющими ему следить за выполнением команд, переданных устройствам автоматики, а в случае необходимости вмешиваться в их работу и вносить необходимые коррективы. Для этого этапа кроме средств местной автоматики применяются средства телеметрии, передающие на расстояние информацию в обе стороны, т. е. от диспетчера к объектам управления и обратно.

Первый уровень – комплексная автоматизация с замкнутым процессом управления через человека и с выполнением ряда телеавтоматических операций. Для этого этапа характерно применение, помимо местной автоматики и телеметрии, отдельных логических, счетно-решающих устройств и вычислительной техники, использующихся преимущественно в качестве помощника и советчика диспетчера. Большая часть информации до поступления к диспетчеру обрабатывается вычислительной техникой, а затем представляется. Это мероприятие облегчает работу диспетчера, повышает его эффективность и уменьшает вероятность ошибки при управлении.

Под автоматизацией гидромелиоративных и водохозяйственных объектов понимают оснащение их устройствами автоматического управления, позволяющими осуществлять оперативную эксплуатацию объекта или системы (частично или полностью). Однако при автоматизации конкретного сооружения или системы необходима более детальная проработка мероприятий и подходов к вопросам оснащения и уровня автоматизации объекта.

### **Выводы**

1 Гидромелиоративные объекты являются сложными водохозяйственными предприятиями, эффективная эксплуатация которых может быть лишь при таком по-

вседневном оперативном управлении, при котором обеспечивается оптимальное использование водных ресурсов.

2 Управление гидромелиоративными и водохозяйственными объектами можно разделить на две группы, а именно: операции, обеспечивающие пуск, остановку, защиту от неполадок, безаварийность работы всех агрегатов и механизмов, входящих в состав объекта, ввод резерва и последовательность в управлении его основными и вспомогательными механизмами, и операции, обеспечивающие в процессе работы поддержание требуемых значений параметров объекта или их изменение по каким-либо законам, определяющим ход технологического процесса.

3 Мелиоративные и водохозяйственные объекты, несмотря на различие их производственных процессов, могут быть рассмотрены как объекты автоматизации с однотипными задачами.

4 Одна из наиболее существенных задач при автоматизации гидромелиоративных систем – определение целесообразной степени автоматизации с учетом изученности и специфических особенностей технологического процесса, накопленного опыта и других факторов, обусловленных условиями эксплуатации.

5 Под автоматизацией гидромелиоративных и водохозяйственных объектов понимают оснащение их устройствами автоматического управления, позволяющими осуществлять оперативную эксплуатацию объекта или системы (частично или полностью). Однако при автоматизации конкретного сооружения или системы необходима более детальная проработка мероприятий и подходов к вопросам оснащения и уровня автоматизации объекта.

#### **Список использованных источников**

1 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, 2012. – 122 с.

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 Ольгаренко, Г. В. Концепция государственной программы «Восстановление и развитие мелиоративного комплекса Российской Федерации на период 2020–2030 годов» / Г. В. Ольгаренко, С. М. Васильев, Г. Т. Балакай. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2019. – 128 с.

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

5 Акишин, Д. Нефтехимическая отрасль России: стоит ли ждать перемен? [Электронный ресурс] / Д. Акишин, Е. Тыртов. – Режим доступа: [https://vygon.consulting/upload/iblock/eda/vygon\\_consulting\\_russian\\_petrochemistry\\_2017.pdf](https://vygon.consulting/upload/iblock/eda/vygon_consulting_russian_petrochemistry_2017.pdf), 2020.

6 Малышкин, А. Б. Проблемы и перспективы автоматизации технологических процессов на нефтехимических предприятиях / А. Б. Малышкин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 5(47). – С. 134–137.

7 Курнасов, Е. В. Алгоритмы анализа и контроля эффективности автоматизированных технологических процессов / Е. В. Курнасов, В. Э. Тен // Автоматизация и современные технологии. – 2014. – № 12. – С. 21–25.

8 Холопов, В. А. Классификация автоматизированных производств для определения уровня и метода их автоматизации / В. А. Холопов, И. Н. Голубцов // Ползуновский вестник. – 2012. – № 1. – С. 315–317.

УДК 631.674

**М. Н. Лытов**

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

### **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ РЕЖИМОВ ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ КАПЕЛЬНОМ СПОСОБЕ ОРОШЕНИЯ**

*Целью исследования является изучение закономерностей формирования зон увлажнения почвы при капельном орошении и связанных с этим технологических особенностей дифференцирования порогов предполивной влажности почвы в течение вегетационного периода возделываемых культур. Рабочей гипотезой исследований стало предположение, что освоение дифференцированных режимов водообеспечения сельскохозяйственных культур применительно к технологии капельного орошения может быть эффективным, но для этого необходимо соблюдение некоторых правил, связанных с особенностями распределения оросительной влаги в почве. Анализ и статистическая обработка опытных данных позволили составить наглядное представление о неравномерном распределении оросительной влаги внутри контура увлажнения. Определены закономерности трансформации зоны увлажнения почвы при разных объемах водоподачи, а также в зависимости от уровня исходной влажности почвы. Показано, что изменение геометрии контура увлажнения почвы, связанное с дифференцированием порогов предполивной влажности почвы в течение вегетационного периода, предполагает необходимость сочетанного дифференцирования также и глубины увлажняемого слоя почвы. При этом параметры дифференцирования глубины увлажняемого слоя почвы должны учитывать особенности геометрии контура увлажнения в каждом конкретном случае и ориентироваться на сохранение радиуса зоны увлажнения почвы в течение вегетационного периода.*

*Ключевые слова: капельное орошение; зона увлажнения; дифференцированные режимы водообеспечения; уровень предполивной влажности; контур влажности.*

\*\*\*\*\*

**M. N. Lytov**

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

### **FEATURES OF DIFFERENTIATED WATER SUPPLY MODES APPLICATION WITH DRIP IRRIGATION METHOD**

*The purpose of the research is to study the regularities of soil moisture zones formation during drip irrigation and the related technological features of differentiating the pre-irrigation soil moisture thresholds during the vegetation season of cultivated crops. The working hypothesis of the research was the assumption that the development of differentiated water supply regimes for agricultural crops with regard to drip irrigation technology can be effective, in case of observation some rules related to the irrigation moisture distribution in soil. Analysis and statistical processing of the experimental data made it possible to make a visual impression on the uneven distribution of irrigation moisture within the moisture contour. The regularities of the soil moisture zone transformation at different water supply volumes, as well as at the level of initial soil moisture are determined. It is shown that a change in the soil moisture contour geometry associated with the differentiation of thresholds for pre-irrigation soil moisture during the vegetation season suggests the need for both combined differentiation and the moistened soil layer depth. In such case the parameters for differentiating the depth of the moistened soil layer should take into account the features of the moisture con-*

*tour geometry in each particular case and focus on the preservation of the radius of the soil moistening zone during the vegetation season.*

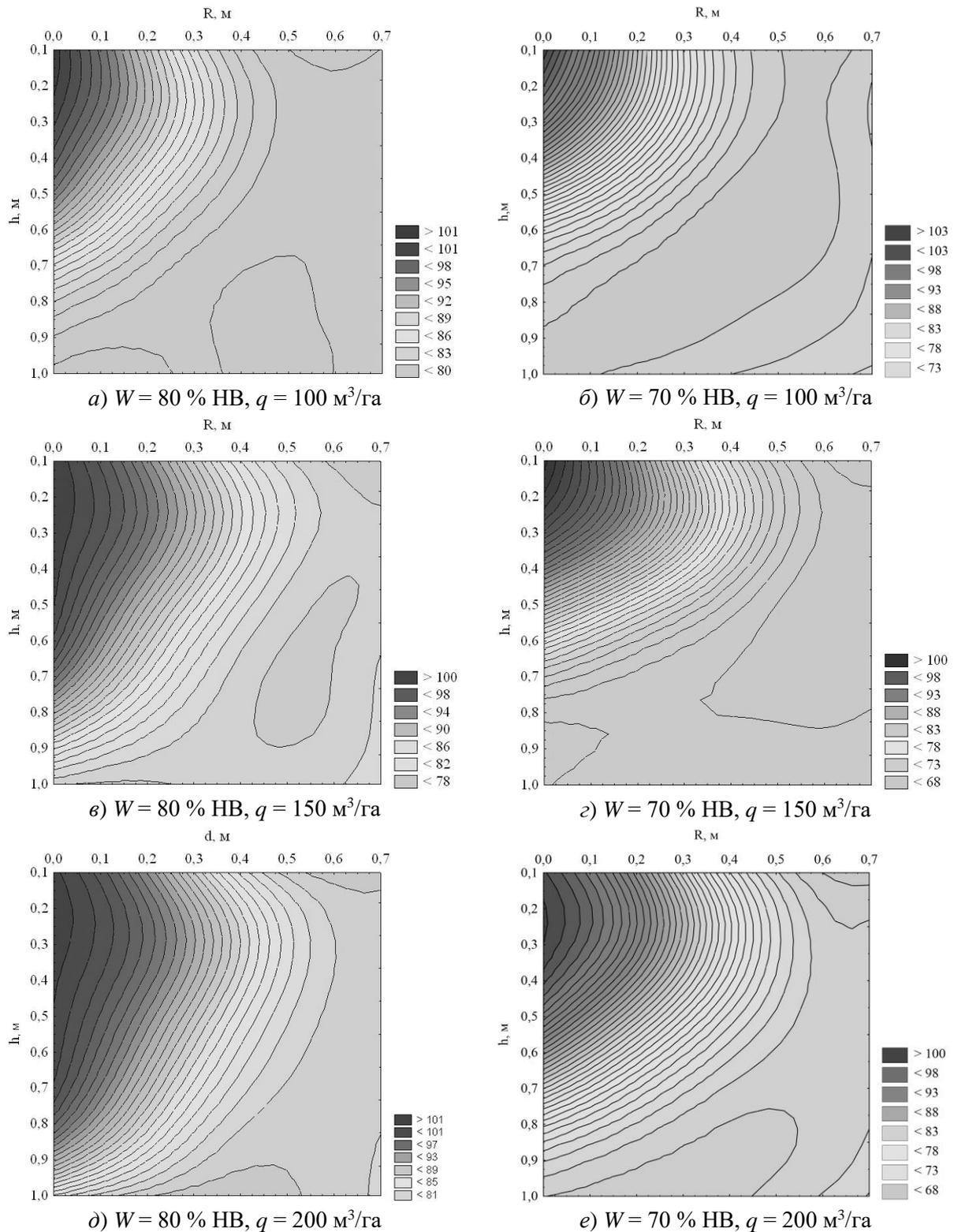
*Key words: drip irrigation; humidification zone; differentiated water supply regimes; level of pre-irrigation moisture; moisture contour.*

**Введение.** Капельный способ полива сегодня уже достаточно широко применяется в практике орошаемого земледелия, технологии эти все более становятся привычными, массовыми [1–4]. Действительно, технология базируется на относительно простых и достаточно надежных технических решениях, легко масштабируется, имеет неоспоримые преимущества в плане экономного использования водных ресурсов, практически исключает инфильтрацию оросительной влаги, не смачивает вегетативную часть растений и междурядья, что дает положительный эффект в плане сдерживания болезней и улучшения фитосанитарного состояния посевов [5–7]. Наряду с этим некоторые наработанные при других способах орошения технологические приемы оказались неэффективными и не применяются в практике капельного орошения. В ряде случаев это связано с особенностями распространения оросительной влаги в почве от точечного источника, закономерностями формирования локальных зон увлажнения. С этим, в частности, связана и проблема применения дифференцированных режимов водообеспечения при капельном способе орошения сельскохозяйственных культур. Целью исследования является изучение закономерностей формирования зон увлажнения почвы при капельном орошении и связанных с этим технологических особенностей дифференцирования порогов предполивной влажности почвы в течение вегетационного периода возделываемых культур.

**Материалы и методы.** Исследование опирается на результаты серии полевых экспериментов, реализованных при непосредственном участии автора, в ходе которых были получены опытные данные о распределении оросительной влаги, подаваемой капельным способом, в профиле почвы. Непосредственно эта публикация построена на анализе данных, полученных в рамках полевого эксперимента 2015–2018 гг., реализованного на орошаемых землях КФХ «Выборнов В. Д.» Ленинского района Волгоградской области. Почвы опытного участка светло-каштановые, среднесуглинистые, типичные для региона исследований. Плотность сложения в пахотном слое 1,19 т/м<sup>3</sup>, с увеличением глубины профиля возрастает до 1,30–1,33 т/м<sup>3</sup>. Наименьшая влагоемкость в слое 0,3 м 25,1 % от массы сухой почвы, для слоя 1,0 м несколько снижается до 24,8 %. Содержание физической глины в механическом составе почвы составляет 42,1 %. Производительность капельных водовыпусков смонтированной на участке системы орошения составляет 1,6 л/ч. Расстояние между капельницами на поливном трубопроводе составляет 0,3 м, что обеспечивает смыкание увлажняемого профиля в ряду уже при объеме водоподачи 50 м<sup>3</sup>/га. Капельные линии по площади опытного участка размещались через 1,5 м, такая схема с успехом применяется для полива большинства овощных и бахчевых культур, а также ряда пропашных сельскохозяйственных культур, таких как кукуруза или соя. Перед исследованием заблаговременно проводили выравнивающий полив напуском, рассчитанный на увлажнение метрового слоя почвы. Это позволило сформировать массив почвы с равными параметрами влажности. Капельный полив проводили при снижении влажности почвы в массиве до 80 и 70 % НВ, что позволило оценить особенности распределения оросительной влаги относительно этих условий. Для оценки влажности почвы использовали термостатно-весовой метод. Пробы почвы на влажность отбирали послойно, через 0,1 м, непосредственно по оси капельной линии, а также со смещением в поперечном сечении также через 0,1 м.

**Результаты и обсуждение.** На рисунке 1 приводятся осредненные данные о распространении почвенной влаги при капельном поливе различными поливными нормами. Графики визуализируют зоны различного влагосодержания почвы в пределах обследуемой зоны. Площадь обследуемой зоны заведомо превышает размеры зоны потенциального распространения влаги, а следовательно, дает возможность оценить гра-

ницы контура увлажнения и особенности распределения почвенной влаги в пределах этого контура.



$h$  – профиль почвы, м;  $R$  – радиус зоны мониторинга влажности почвы в поперечном сечении, м;  $W$  – исходный (предполивной) уровень влажности почвы, % HB;  $q$  – объем водоподачи,  $\text{м}^3/\text{га}$

**Рисунок 1 – Распределение влаги в зоне контура увлажнения почвы при капельном орошении (светло-каштановые среднесуглинистые почвы, производительность капельных водовыпусков 1,6 л/ч)**

Графическая интерпретация координатно проецируемых данных о влажности почвы позволяет составить наглядное представление о неравномерном распределении оросительной влаги внутри контура увлажнения. На всех приведенных рисунках можно выделить зоны, где влажность почвы после полива достигает целевого уровня наименьшей влагоемкости. Вектор от центра этих зон к периферии контура увлажнения характеризуется последовательным снижением почвенного влагосодержания, а значит, и изменением водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя почвы. Эта особенность специфична для технологий орошения с точечно-локальными источниками оросительной влаги, к которым относится и капельный способ полива. Строго говоря, именно такое, специфичное распределение влаги в границах контура увлажнения почвы при капельном орошении определяет значительную долю преимуществ этого способа полива. Действительно, корни растений с позиций биологии потребления почвенного раствора имеют относительно небольшую область оптимальных условий, когда корневая функция максимально эффективна.

Конечно, факторное пространство этих условий многогранно, включает и химию почв и почвенного раствора, и плотность сложения почвогрунта в корнеобитаемой зоне, и, собственно, тип почв, другие факторы. Но для любого типа почв со всей совокупностью агрохимических, водных и физических свойств решающее значение имеет динамика соотношения почвенного воздуха и воды. Избыток почвенной влаги предполагает сокращение объема почвенного воздуха, в результате чего формируются условия, обуславливающие кислородное голодание, снижение физиологической активности и ростовой функции корневой системы. В орошаемом земледелии такие условия формируются, например, во время полива, причем анаэробный стресс может быть достаточно продолжительным. При снижении содержания почвенной влаги условия аэрации улучшаются, однако снижается доступность почвенной влаги. Оптимальное соотношение содержания почвенной влаги и воздуха нарушается в течение каждого технологического цикла. При капельном орошении формирование водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя почвы носит особый характер. Даже в процессе полива не наблюдается сплошного насыщения почвенных пор влагой (затопления), сохраняются зоны с достаточным объемом почвенного воздуха, а водно-воздушный режим остается оптимальным. В течение межполивного периода область с оптимальным водно-воздушным режимом смещается, но всегда находится в зоне распространения корневой системы растений. Таким образом, оптимальные условия водного и воздушного питания для корней сельскохозяйственных растений сохраняются в течение всего технологического цикла, что обуславливает безусловные преимущества этого способа полива в плане физиологической активности, роста и продуктивности сельскохозяйственных культур.

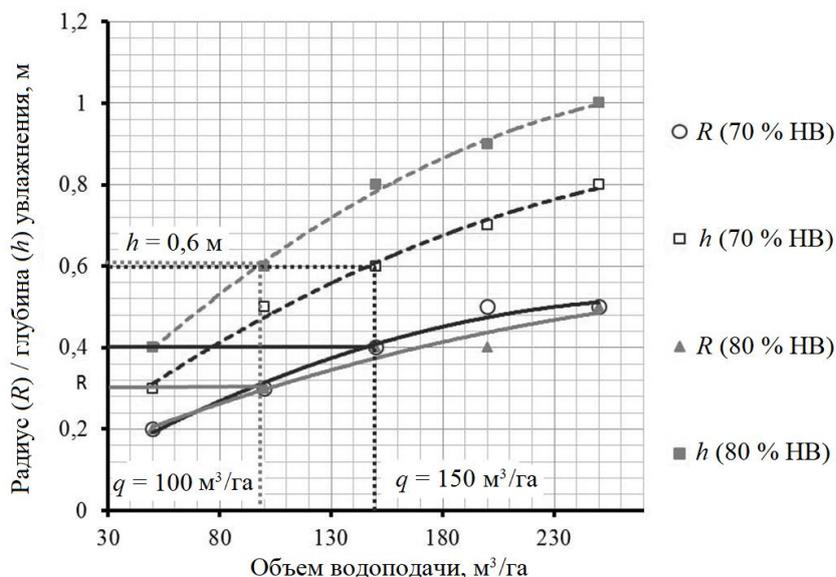
Наряду с этим важно учитывать и некоторые технологические особенности, специфика которых в значительной мере выражена при капельном орошении. В частности, особенностями распространения почвенной влаги при капельном поливе обусловлены особенности выбора архитектуры посева – взаимного размещения сельскохозяйственных растений относительно поливных трубопроводов с капельными водовыпусками. В период, когда корневая система растений еще очень слабо развита или развитие находится в стадии прорастания семени, очень важно, чтобы почвенная влага оставалась доступна в течение всего межполивного периода. При капельном орошении на периферии зоны смачивания это условие может не выполняться из-за преждевременного иссушения приповерхностных слоев почвы. Сельскохозяйственные растения при этом следует смещать ближе к капельному трубопроводу, причем конкретное параметрическое решение всегда должно приниматься с учетом водно-физических свойств почвы и особенностей, собственно, технологического процесса полива.

Еще одна важная технологическая особенность при использовании капельного способа полива связана с применением дифференцированных режимов водообеспече-

ния, когда пороги предполивного уровня влажности почвы изменяются в течение межполивного периода. Преимущество дифференцированных режимов водообеспечения в условиях орошения доказано для многих сельскохозяйственных культур. Для картофеля такой режим активизирует процесс формирования клубней, при выращивании кочанной капусты позволяет предотвратить растрескивание урожая, при капельном орошении сои предотвращает вегетативное израстание, позволяет сформировать пропорционально развитое растение с высокой потенциальной продуктивностью [7, 8].

Дифференцирование уровней водообеспечения выполняется путем смены предполивных порогов влажности почвы в течение вегетационного периода растений, как правило (хоть и не обязательно), приурочено к смене фаз роста и развития. Поливы при этом проводят раньше (если порог был повышен) или позже (если предполивной уровень влажности снизили), соответственно корректируется и норма полива. При капельном орошении в этом случае меняется еще и геометрия контура увлажнения.

Действительно, то, что геометрия контура увлажнения почвы при разной ее исходной влажности отличается, является общеизвестным фактом и наглядно прослеживается на приведенных графиках (рисунки 1, 2). На участках с более высокой исходной (предполивной) влажностью почвы при прочих равных условиях контур увлажнения имел более вытянутую в направлении вертикального профиля форму. При понижении исходной (предполивной) влажности почвы зона увлажнения, формируемая в процессе капельного полива, характеризовалась сокращением глубины промачивания и усилением (как минимум в относительных единицах) процессов горизонтального растекания влаги.



**Рисунок 2 – Кривые максимальных размеров контура увлажнения почвы ( $R$ ,  $h$ ) в зависимости от объема водоподачи при разных исходных уровнях предполивной влажности**

Что же получается на практике? Рассмотрим более детально эту ситуацию на примере капельного орошения сои с необходимостью дифференцирования предполивных уровней влажности почвы по схеме: 70 % НВ до начала фазы цветения и 80 % НВ в периоды цветения, формирования и налива бобов. Оптимальная глубина увлажнения почвы при орошении сои составляет 0,6 м. Поддержание предполивного уровня влажности почвы 70 % НВ в начальные фазы роста и развития сои обеспечивает формирование разветвленной корневой системы во всем объеме увлажняемой зоны. Ориентируя поливы на необходимость увлажнения слоя почвы 0,6 м, получаем радиус пятна увлажнения 0,4 м и необходимый объем водоподачи 150 м³/га (рисунок 2). При повышении порога предполивной влажности почвы до 80 % НВ увлажнение активного слоя

почвы 0,6 м обеспечивается уже при объеме водоподачи 100 м<sup>3</sup>/га, но радиус пятна смачивания в этом случае сокращается уже до 0,3 м. Естественно, чисто количественно эти взаимосвязи справедливы только для почв с описанными выше водно-физическими характеристиками, указанной производительности капельниц и при одинаковой агротехнике. Но качественного повторения закономерностей с высокой долей вероятности можно ожидать и для любого другого сочетания факторов, характеризующих условия среднего окружения сельскохозяйственных растений.

Получается, что при переходе на более высокий порог предполивной влажности почвы (с 70 до 80 % НВ) часть разветвленной, хорошо сформированной корневой системы сои окажется вне зоны смачивания почвы. Потенциал, заложенный ранее используемой стратегией развития растений, окажется недоиспользованным. Поэтому дифференцирование порога предполивной влажности почвы в течение вегетационного периода культуры при капельном орошении должно быть строго обосновано и производиться вкуче и одновременно с изменением активного горизонта увлажнения почвы при непосредственном учете геометрии зон увлажнения.

**Выводы.** Таким образом, значительная часть технологических особенностей возделывания сельскохозяйственных культур при поливе капельным способом определяется закономерностями формирования контура увлажнения почвы при различных средних условиях. Изменение геометрии контура увлажнения почвы, связанное с дифференцированием порогов предполивной влажности почвы в течение вегетационного периода, предполагает необходимость сочетанного дифференцирования также и глубины увлажняемого слоя почвы. Параметры дифференцирования глубины увлажняемого слоя почвы должны учитывать особенности геометрии контура увлажнения в каждом конкретном случае и ориентироваться на сохранение радиуса зоны увлажнения почвы в течение вегетационного периода. Архитектоника посева должна быть ориентирована на размещение посевного материала, проростков и в последующем корневой системы растений в зонах с благоприятным водно-воздушным режимом почвы. При этом следует учитывать неравномерное распределение оросительной влаги по контуру увлажнения и, как следствие, риски перехода периферических зон в участки с условиями дефицитного водообеспечения.

#### Список использованных источников

1 Бондаренко, А. Н. Адаптивность различных гибридов огурца при возделывании в условиях капельного орошения Астраханской области / А. Н. Бондаренко // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1(53). – С. 7–12.

2 Дустназарова, С. А. Капельное орошение в контексте водосберегающих технологий / С. А. Дустназарова // Academy. – 2020. – № 4(55). – С. 29–31.

3 Бородычев, В. В. Параметры водного режима капельного орошения при возделывании арбуза в аридных условиях / В. В. Бородычев, Э. Б. Дедова, А. А. Дедов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 1(45). – С. 218–225.

4 Курбанов, С. А. Способы орошения томатов на лугово-каштановых почвах Республики Дагестан / С. А. Курбанов, Д. С. Магомедова, А. З. Джамбулатова // Научная жизнь. – 2019. – № 2. – С. 6–13.

5 Шонтуков, Т. З. Микроирригация: виды, преимущества и дополнительные возможности / Т. З. Шонтуков, Д. А. Шонтукова // Экономика и социум. – 2019. – № 11(66). – С. 786–791.

6 Воеводина, Л. А. Тенденции развития и перспективы применения капельного орошения / Л. А. Воеводина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2012. – № 3(07). – С. 90–102. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=113&id=119>.

7 Лытов, М. Н. Агробиологические преимущества капельного орошения сои в связи со специализацией производства / М. Н. Лытов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 1(77). – С. 66–74.

8 Брель, В. К. Применение дифференцированных режимов орошения при возделывании сельскохозяйственных культур на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья / В. К. Брель, В. А. Шадских, В. О. Пешкова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 52. – С. 19–26.

УДК 631.459

**Ю. Е. Домашенко, Л. А. Митяева, Ю. Ю. Арискина, М. А. Ляшков**

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

### **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭРОДИРОВАННОГО ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ГРАНИЦАХ РАЙОНОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*На территории Ростовской области практически не осталось земель, которые не испытывали бы антропогенное воздействие, преимущественно негативного характера, эрозионному смыву подвержены северные и центральные районы области. Оценка состояния эродированного почвенного покрова показала, что в 2008 г. площадь, подверженная процессам эрозионного смыва, равнялась 3,22 млн га, к 2019 г. она составила уже 3,79 млн га, произошло увеличение на 16 %. Наибольшая площадь земель, подверженная процессам водной эрозии, отмечена в Кашарском (235,3 га), Миллеровском (184,8 га), Белокалитвинском (175,1 га) районах, которые относятся к I и III районам с учетом почвенно-эрозионного районирования Ростовской области. Сложившаяся ситуация требует срочных мер по проведению систематических мониторинговых исследований почвенного покрова каждого из районов области.*

*Ключевые слова: почвенный покров; водная эрозия; плодородие; эрозионные районы; мониторинг.*

\*\*\*\*\*

**Yu. E. Domashenko, L. A. Mityaeva, Yu. Yu. Ariskina, M. A. Lyashkov**

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

### **ASSESSMENT OF THE ERODED SOIL COVER STATE WITHIN THE BOUNDARIES OF ROSTOV REGION AREAS**

*There are practically no lands left on the territory of Rostov Region that would not experience anthropogenic impact, mainly of a negative nature, and the northern and central areas of the region are subject to erosion. Assessment of the eroded soil cover showed that in 2008 the area exposed to erosion was equal to 3.22 million ha, by 2019 it was already 3.79 million ha, increased by 16 %. The largest land area subject to water erosion was recorded in Kasharsky (235.3 ha), Millerovsky (184.8 ha), Belokalitvinsky (175.1 ha) districts, which belong to I and III districts taking into account soil and erosion zoning of Rostov region. The current situation requires urgent measures to conduct systematic monitoring studies of the soil cover of each districts of the region.*

*Key words: soil cover; water erosion; fertility; erosion areas; monitoring.*

**Введение.** Площадь сельскохозяйственных угодий, подверженная водной эрозии, составляет 2284074,07 га, или 18,92 % от общей площади исследованных земель в 2018 г. (12071513,69 га). Большая часть эродированных земель приходится на пахотные угодья – 2066022,46 га, что составляет 17,11 % от общей площади исследованных

земель, в основном они представлены слабосмытыми почвами (1732320,77 га, или 83,85 % от общей площади эродированной пашни) [1].

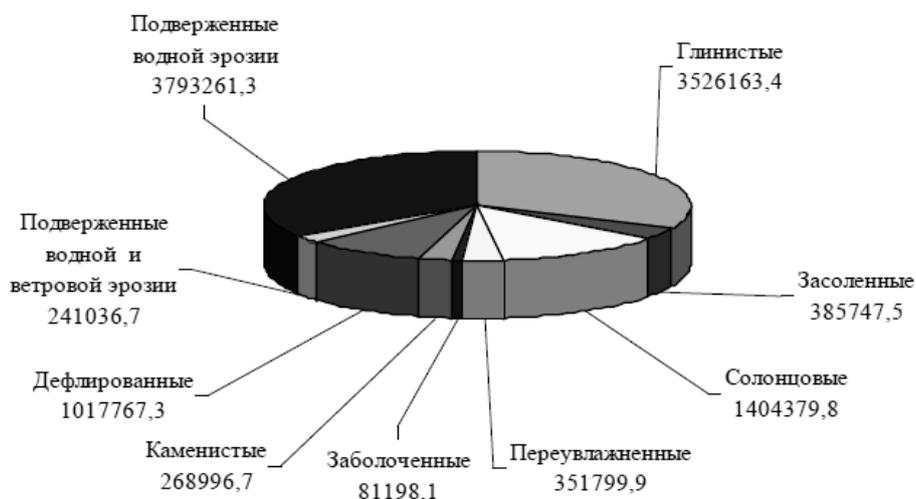
Темпы водной эрозии значительно возрастают в связи с неправильной эксплуатацией сельскохозяйственных земель, что приводит к снижению количества гумуса в почвенном покрове, ухудшению физико-химических свойств почвы, а также к уменьшению биологической активности почв. С каждым годом происходит увеличение потери плодородных почв, оно составляет, по разным данным, примерно 15 млн га/год. Эрозия увеличивает расчлененность сельскохозяйственных угодий, повреждает плодородный слой почвы, ухудшает водный режим почв и влагообеспеченность полей, все это значительно снижает урожайность сельскохозяйственных культур и способность почв сохранять питательные элементы.

В наибольшей степени процессами деградации охвачены черноземы, которые составляют более 40 % всей площади пахотных угодий страны, в прошлом – высокоплодородные почвы [2].

Цель – оценка состояния эродированного почвенного покрова в границах некоторых районов Ростовской области.

**Материалы и методы.** Использовался метод научного поиска, анализа и обобщения справочной, статистической информации по эрозионно опасным землям Ростовской области. Проанализированы научные и практические разработки российских ученых в области экологического мониторинга агроландшафтов. Применялся метод системного анализа и синтеза в процессе накопления, обобщения, наблюдения, описания, сравнения материалов из «Экологического вестника Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области» за 2008–2019 гг. по районам области.

**Результаты и их обсуждения.** По состоянию на 1 января 2019 г. земельный фонд Ростовской области составил 10096,7 тыс. га, из которых наибольшую площадь занимают земли сельскохозяйственного назначения – 8865,3 тыс. га (87,8 %). Северная часть Ростовской области представляет собой сильно расчлененную местность с широко и глубоко разработанными долинами рек, с хорошо выраженными террасами, с высокими изрезанными правыми берегами. Таким образом, в северной части Ростовской области преобладает эрозионный рельеф. В 2008 г. на сельскохозяйственных угодьях отмечено прогрессирующее распространение процессов водной эрозии на площади 3,22 млн га [3], а в 2018 г. – 3,79 млн га (рисунок 1) [4].



**Рисунок 1 – Мониторинг состояния негативных процессов в почвенном покрове Ростовской области (на 1 января 2019 г.)**

В соответствии с системой природно-сельскохозяйственного районирования земельного фонда, Ростовская область расположена в умеренном природно-сельско-

хозяйственном поясе в двух зонах: степной – обыкновенных и южных черноземов и сухостепной – темно-каштановых и каштановых почв. В общей структуре почвенного покрова преобладают черноземы, на долю которых приходится 5347,0 тыс. га (57,9 % территории области). Всего в почвенном покрове области насчитывается 22 типа и около 2000 разновидностей почв, распространение которых в пространстве свидетельствует о долготном характере смены почвенных подзона и фаций. Наиболее плодородные обыкновенные черноземы запада области сменяются в центре менее плодородными южными черноземами, а на востоке – низкопродуктивными комплексами каштановых почв с солонцами. Сплошное залегание зональных почв расчленяется интразональными почвами речных долин Дона, Северского Донца и Маныча, зональными почвами овражно-болотного комплекса и солонцами. Черноземы и каштановые почвы составляют основу пахотных земель области. Они обладают высоким плодородием [5].

На территории области практически не осталось земель, которые не испытывали бы антропогенное воздействие, преимущественно негативного характера. Претерпел значительные изменения и почвенный покров. Сократились площади наиболее ценных почв, уменьшился уровень плодородия всего почвенного покрова. Степень снижения плодородия зависит от степени смывости почвенного покрова (таблица 1).

**Таблица 1 – Степень снижения плодородия почв в Ростовской области в результате эрозии [6]**

Степень смывости	Мощность А + АВ, см	Гумус, т/га	Степень снижения плодородия
Черноземы южные			
Обычные	76	350	1,00
Слабосмытые	64	250	0,75
Среднесмытые	50	120	0,55
Сильносмытые	34	76	0,30
Черноземы обыкновенные			
Обычные	95	400	1,00
Слабосмытые	20	285	0,82
Среднесмытые	65	195	0,62
Сильносмытые	42	125	0,39

С учетом приведенных данных в «Экологическом вестнике Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2018 году» «определена степень развития эрозионных процессов: земли пойм и надпойменных террас, безопасные в эрозионном отношении, и, эрозионно-опасные; средняя и сильная степень развития водной эрозии, совместное проявление водной и ветровой эрозии в разной степени интенсивности, ветровой (дефляции)» с соответствующим выделением почвенно-эрозионных районов [4].

Выделение эрозионных районов проведено с учетом анализа почвенных, климатических, геоморфологических и ландшафтных условий развития территории. Основу показателей развития эрозионных процессов составляют следующие характеристики: удельный вес смытых и дефляционно опасных почв, преобладающие уклоны местности, развитие овражно-балочной сети, степень проявления водной и ветровой эрозии [7].

Почвенно-эрозионные районы Ростовской области:

1) земли пойм и надпойменных террас, безопасные в эрозионном отношении и эрозионно опасные, занимают 12,8 % от площади области. Данный почвенно-эрозионный район объединяет поймы рек и надпойменные террасы с аллювиальными луговыми насыщенными, аллювиально-лугово-болотными, лугово-черноземными, лугово-каштановыми, черноземно-луговыми, черноземно-влажнoluговыми почвами;

2) почвенно-эрозионный район средней интенсивности развития эрозионных

процессов выделен значительными массивами в Милютинском, Тацинском, Морозовском, Цимлянском, Константиновском районах, небольшими контурами охватывая северные части Верхнедонского и Шолоховского районов, а также Обливского и Советского районов. Площадь данного почвенно-эрозионного района составляет 3,5 % от территории области. В данном почвенно-эрозионном районе получили распространение в различной степени смытые черноземы обыкновенные, южные, каштановые, почвы овражно-балочного комплекса;

3) почвенно-эрозионный район сильной интенсивности развития эрозионных процессов охватывает практически полностью территории Верхнедонского, Шолоховского, Чертковского, Боковского, Миллеровского, Кашарского, Тарасовского, Каменского, Красносулинского, Белокалитвинского, Октябрьского, большую часть Советского, Милютинского, Тацинского, Морозовского, Константиновского, Мясниковского районов, отдельными массивами выделен в Цимлянском, Усть-Донецком, Аксайском и Неклиновском районах. Площадь данного почвенно-эрозионного района составляет 33,0 % от территории области. Отличительной особенностью района является повышение роли склонового типа местности и увеличение площади овражно-балочной сети. В данном почвенно-эрозионном районе получили распространение слабо-, средне- и сильно-носмытые черноземы обыкновенные, южные, каштановые, почвы балочных склонов;

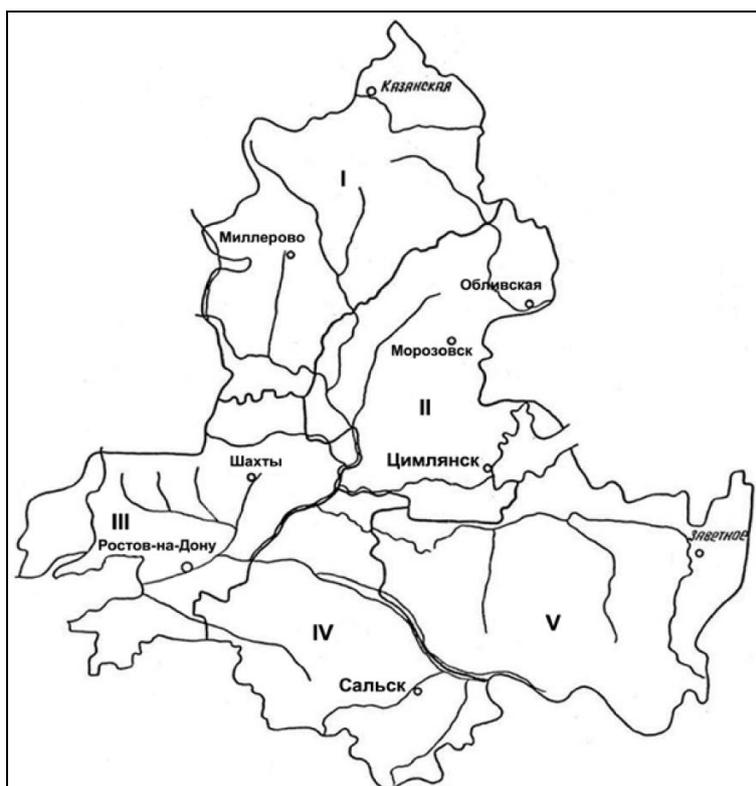
4) почвенно-эрозионный район, подверженный совместному проявлению водной и ветровой эрозии, выделен в юго-западной, центральной, юго-восточной и восточной частях области, охватывает значительные территории Обливского, Куйбышевского, Матвеево-Курганского, Неклиновского, Азовского, Кагальницкого, зерноградского, Егорлыкского, Целинского, Мартыновского, Пролетарского, Сальского, Песчанокопского, Дубовского, Орловского, Зимовниковского, Заветинского, Ремонтненского районов, большими массивами расположен в Советском, Морозовском, Цимлянском, Родионово-Несветайском, Аксайском, Багаевском, Веселовском, Семикаракорском, Волгодонском районах. Площадь данного почвенно-эрозионного района составляет 28,4 % от территории области. В данном почвенно-эрозионном районе получили распространение в различной степени смытые черноземы обыкновенные карбонатные, южные карбонатные, темно-каштановые, каштановые;

5) почвенно-эрозионный район, подверженный ветровой эрозии, расположен преимущественно в юго-восточной и восточной частях области, охватывая значительными массивами Дубовский, Заветинский, Зимовниковский, Ремонтненский, Орловский, Семикаракорский, Веселовский, Мартыновский, зерноградский, Целинский, Пролетарский, Сальский и Песчанокопский районы, отдельными массивами выделен в Волгодонском, Кагальницком, Егорлыкском и Цимлянском районах. Площадь данного почвенно-эрозионного района составляет 22,3 % от территории области. В данном почвенно-эрозионном районе получили распространение черноземы обыкновенные карбонатные, южные карбонатные, каштановые и их комплексы с солонцами, пески (рисунок 2) [7].

Основными причинами развития эрозионных процессов являются прежде всего высокая степень сельскохозяйственной освоенности земель, интенсивная обработка почв. Недостаточное внесение органических и минеральных удобрений, несоблюдение структуры посевных площадей и противоэрозионной агротехники приводят к дегумификации земель, увеличению щелочности и карбонатности почв [9].

Информация о наличии земель, подверженных водной эрозии, в Ростовской области в разрезе муниципальных образований представлена на рисунке 3 [10].

Несмотря на проведенные в Ростовской области в предыдущие годы мероприятия, направленные на предотвращение негативных процессов почвенного покрова, процессы деградации почвенного покрова продолжают развиваться и расширяться. Основным процессом деградации является эрозия почв. В основном водная эрозия почв преобладает в центральных и северных районах области.



I – зона очень сильной водной и слабой ветровой эрозии; II – зона сильной, местами умеренной ветровой и умеренной водной эрозии; III – зона сильной водной и умеренной ветровой эрозии; IV – зона умеренной, местами сильной ветровой и водной эрозии; V – зона очень сильной ветровой и слабой водной эрозии

**Рисунок 2 – Схема почвенно-эрозионного районирования Ростовской области [8]**

### **Выводы**

1 Анализ результатов проведенной оценки состояния эродированного почвенного покрова в границах некоторых районов Ростовской области показывает, что рост овражно-балочных систем продолжается и их интенсивность возросла значительно.

2 Если в 2008 г. площадь, подверженная процессам эрозионного смыва, равнялась 3,22 млн га, то в 2018 г. (по состоянию на 01.01.2019) она составила уже 3,79 млн га, произошло увеличение на 16 %.

3 Наибольшая площадь земель, подверженная процессам водной эрозии, отмечена в Кашарском (235,3 га), Миллеровском (184,8 га), Белокалитвинском (175,1 га) районах, которые относятся к I и III районам с учетом почвенно-эрозионного районирования Ростовской области.

4 Сложившаяся ситуация требует срочных мер по проведению систематических мониторинговых исследований земель, как главного средства оценки и прогнозирования изменений их состояния, для выработки решений по улучшению условий использования земель, предупреждению и устранению негативных процессов в почвах.

### **Список использованных источников**

1 Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2017 году / отв.: И. В. Лебедев [и др.]. – М.: Росинформгротех, 2019. – 328 с.

2 Агроэкология / В. А. Черников [и др.]; под ред. В. А. Черникова. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

3 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2008 году» / под общ. ред. С. Г. Курдюмова, Г. И. Скрипки, М. В. Паращенко. – Ростов н/Д., 2009. – 355 с.

4 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2018 году» / под общ. ред. М. В. Фишкина. – Ростов н/Д., 2019. – 370 с.

5 Вальков, В. Ф. Почвы Ростовской области: генезис, география и экология: монография / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников; Юж. федер. ун-т. – Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2012. – 316 с.

6 Охрана почв / В. Ф. Вальков [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 1983. – 183 с.

7 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2014 году» / под общ. ред. В. Н. Василенко, Г. А. Урбана, А. Г. Куренкова, С. В. Толчеевой, С. Ю. Покуля. – Ростов н/Д., 2015. – 379 с.

8 Безуглова, О. С. Почвы Ростовской области / О. С. Безуглова, М. М. Хырхырова. – Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2008. – 352 с.

9 Васильев, С. М. Ретроспективный анализ изменения почвенно-мелиоративных условий орошаемых почв юга Ростовской области / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 3(43). – С. 17–24.

10 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2011 году» / под общ. ред. А. А. Гребенщикова, Г. И. Скрипки, М. В. Паращенко. – Ростов н/Д., 2012. – 345 с.

УДК 626/627:519.252

**А. Н. Рыжаков**

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

### **К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ «ПАСПОРТИЗАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ»**

*В статье представлены предложения по дальнейшему развитию и совершенствованию геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений», разработка которой была произведена в рамках государственного задания в Российском научно-исследовательском институте проблем мелиорации в 2019 г. Согласно установленному порядку ведения паспортизации в результате сложившейся системы мероприятий большая часть технической информации никак не используется, хотя и является востребованной при планировании управленческих решений и реконструкции мелиоративных объектов. Сложившуюся ситуацию можно изменить, если полностью перевести составление технической документации в цифровой вид. Следующим шагом должно стать создание единого центра сбора и обобщения материалов паспортизации – данными полномочиями можно наделить уже существующее подведомственное учреждение департамента мелиорации Минсельхоза. В уполномоченную организацию должна будет стекаться вся собираемая информация, т. е. технические паспорта со всеми дополнительными сведениями (отчетами, чертежами, топографическими планами и схемами размещения). Наилучшим способом реализации ведения геоинформационной базы данных согласно предложенной схеме представляется создание ее серверной версии. Описанный выше подход позволит 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. В настоящее время развитие технологий позволяет вовлекать огромные массивы данных для выработки новых подходов к эффективному развитию как сферы услуг, так и производства. Использование всего спектра цифровых технологий, в т. ч. в мелиоративной деятельности, способно увеличить ее экономическую эффективность и дальнейшее устойчивое развитие.

*Ключевые слова:* паспортизация; мелиоративные системы; отдельно расположенные гидротехнические сооружения; геоинформационная база данных; цифровая мелиорация; геоинформационные системы; геопространственные сведения.

\*\*\*\*\*

**A. N. Ryzhakov**

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

### **ON ISSUE OF DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF GEOINFORMATION DATABASE “RECLAMATION SYSTEMS AND HYDRAULIC STRUCTURES CERTIFICATION”**

*The proposals for further development and improvement of the geo-information database “Certification of Land Reclamation Systems and Hydraulic Structures”, which was worked out in the frame of a federal assignment in Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems in 2019 are presented. According to the current procedure of carrying certification as a result of the established system of measures, the greater part of technical information is not used in any way, although it is in demand in planning management decisions related to reclamation projects reconstruction. The current situation can be changed if the preparation of the technical documentation is completely digitalized. The next step should be the creation of a unified center for collecting and summarizing certification materials – these powers can be assigned to an existing subordinate institution of the Department of Land Reclamation of the Ministry of Agriculture. All the information collected, i. e. technical passports with all additional information (reports, drawings, topographic plans and layouts) will have to go to the authorized organization. The best way to implement the geoinformation database according to the proposed scheme is to create a server version of it. The approach described above will allow a large number of users to work simultaneously with information, and the server administrator can set various access levels to exclude the confidential information transfer to a wide range of people or unlawful modification and deletion of data. Now the development of technology allows involving huge amounts of data to develop new approaches to the effective development of both the service sector and production. The use of the entire spectrum of digital technologies including land reclamation can increase its economic efficiency and further sustainable development.*

*Key words:* certification; reclamation systems; separately located hydraulic structures; geoinformation database; digital land reclamation; geographic information systems; geospatial information

В рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства РФ 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», включающий в себя сведения о ряде мелиоративных объектов различного порядка Ростовской области (Донской мелиоративный канал, Пролетарская оросительная система и Пролетарский распределитель). Цели и задачи создания ГБД, этапы создания и ее эксплуатации представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Общая структура геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений»**

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 от 22 октября 2012 г. № 559 [1]. Использование современных технологических средств в этом направлении соответствует концепции развития цифровой экономики [2] и является шагом к реализации информационной системы «Цифровая мелиорация» [3].

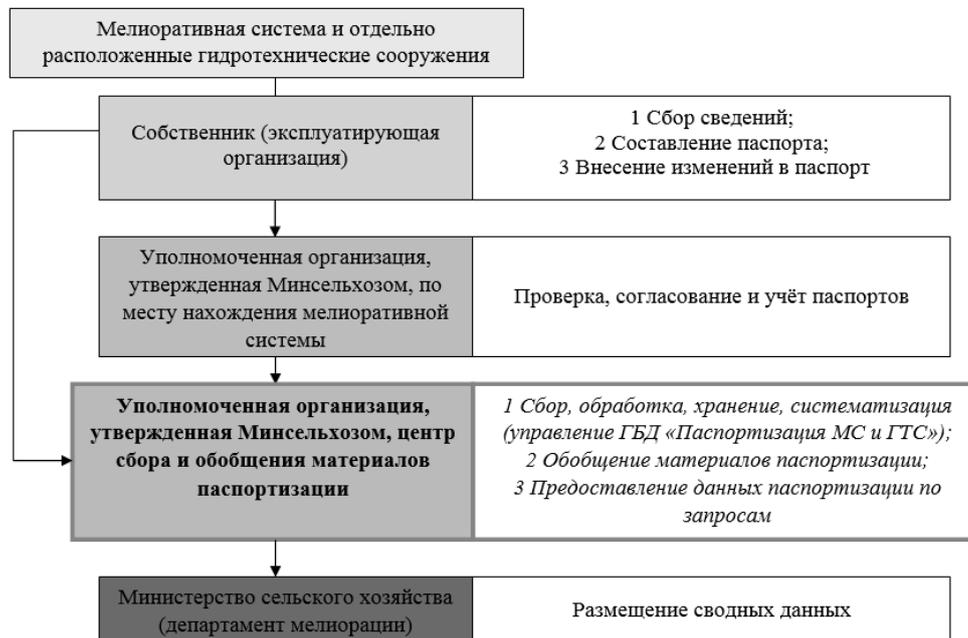
Согласно установленному порядку ведения паспортизации полученные технические паспорта хранятся у собственника и в уполномоченных организациях по месту нахождения мелиоративной системы и гидротехнического сооружения, которые осуществляют проверку, согласование и учет документации с последующим обобщением материалов паспортизации для передачи в вышестоящие организации, в т. ч. и в департамент мелиорации. В результате сложившейся системы мероприятий большая часть технической информации никак не используется, хотя и является востребованной при планировании управленческих решений и реконструкции мелиоративных объектов.

Сложившуюся ситуацию можно изменить, если полностью, как было уже сказано ранее [4–6], перевести составление технической документации в цифровой вид. Следующим шагом должно стать создание единого центра сбора и обобщения материалов паспортизации – данными полномочиями можно наделить уже существующее подведомственное учреждение департамента мелиорации Министерства сельского хозяйства. В уполномоченную организацию должна будет стекаться вся собираемая информация, т. е. технические паспорта со всеми дополнительными сведениями (отчетами, чертежами, топографическими планами и схемами размещения), согласно представленной схеме (рисунок 2).

Данный центр должен будет взять на себя мероприятия, связанные со сбором, обработкой, хранением и систематизацией поступающих в рамках паспортизации сведений по всей территории РФ. Также здесь будет производиться обобщение и анализ информации инструментами применяемых ГИС.

Непосредственное поступление сведений в уполномоченную организацию может осуществляться таким же образом, как и при формировании базы данных по веде-

нию государственного водного реестра и осуществлению мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации, т. е. в соответствии с постановлениями Правительства РФ от 10 апреля 2007 г. № 219, от 28 апреля 2007 г. № 253 и приказами МПР РФ от 30 ноября 2007 г. № 316, от 6 февраля 2008 г. № 30.



**Рисунок 2 – Схема совершенствования мероприятий по ведению паспортизации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений**

Составление и сбор сведений по паспортизации мелиоративных объектов осуществляется в основном (даже в пределах одного региона, например, Ростовской области) в разрозненных филиалах головной эксплуатирующей организации (ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз») большим числом специалистов и в рамках установленных сроков. Чтобы передать информацию от собственника мелиоративной системы или гидротехнического сооружения в формируемую ГБД, необходимо затратить огромное количество усилий и времени. Наилучшим способом реализации ведения ГБД согласно предложенной схеме представляется создание ее серверной версии.

Серверная ГБД представляет собой многопользовательскую ГБД, которая обладает возможностью работы и ведения единого банка данных в многопользовательской среде.

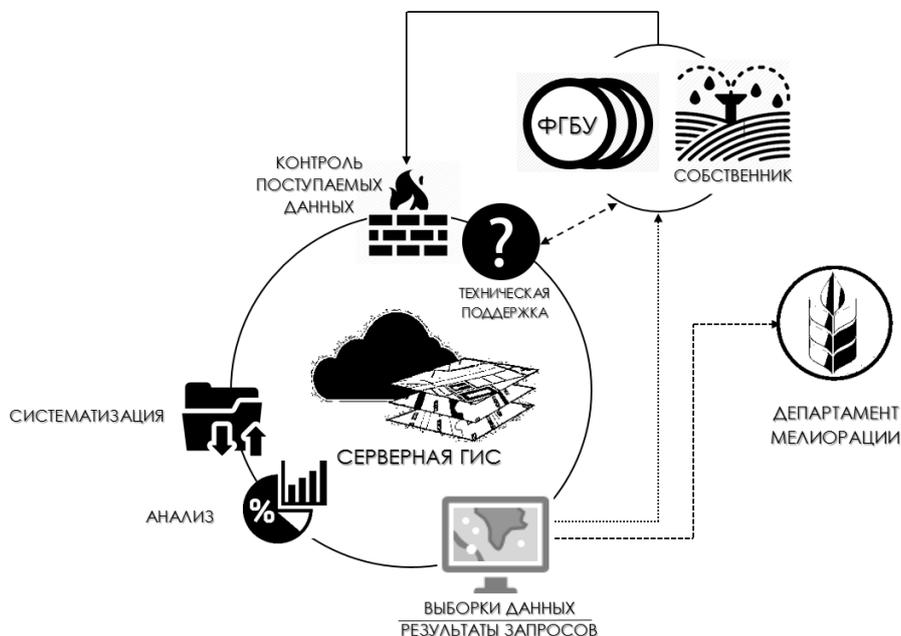
Серверное программное обеспечение позволит сделать географическую информацию доступной для большого круга пользователей как в локальной сети внутри организации, так и в сети интернет. Доступ может предоставляться посредством веб-сервисов как на настольных рабочих компьютерах и ноутбуках, так и на планшетных ПК, смартфонах и любых других подобных устройствах.

Для начала работы с серверной версией необходимо подготовить аппаратное и программное обеспечение, данные, а затем настроить веб-сервисы ГИС. После этого можно использовать различные типы приложений для доступа к сервисам.

Главной особенностью серверной ГБД является многопользовательское создание новых наборов данных, обмен этими данными между территориально распределенными пользователями и наполнение данными общей базы. Данная реализация дает возможность доступа с рабочих мест к информации на сервере и возможностям сервера посредством использования локальной сети или сети интернет.

Описанный выше подход позволит 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 появляется также возможность получения всеми заинтересованными лицами доступа к необходимой информации заданного уровня доступа (как к тому или иному техническому паспорту, так и к аналитической сводке по ряду объектов), исходя из определенного параметра выборки и примененных аналитических инструментов, что иллюстрирует рисунок 3.



**Рисунок 3 – Схема работы центра сбора и обобщения материалов паспортизации**

Таким образом, вместо оснащения огромного количества отдельных рабочих мест соответствующим программным обеспечением работа может осуществляться с помощью любого браузера интернет. Таким образом, функциональность дорогостоящих программ для работы с ГИС будет перенесена в интернет и может быть доступна круглосуточно.

Однако при создании предложенной системы проведения мероприятий по паспортизации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений необходимо решить ряд задач.

В первую очередь, необходима тщательная проработка существующей нормативной документации, в соответствии с которой проводятся мероприятия по паспортизации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений, а также внедрение современных методик цифровых технологий, в т. ч. методических указаний по применению электронных баз данных ГИС при проведении паспортизации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений, позволяющие уже на данном этапе внедрить ГБД «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» в систему мероприятий паспортизации.

Развитие и совершенствование ГБД в направлении серверной ГИС, конечно, потребует привлечения значительных инвестиций в связи с приобретением необходимого дорогостоящего аппаратного и программного обеспечения и поиском квалифицированного персонала либо обучением уже имеющихся специалистов. Помимо этого, значительным препятствием созданию сервера может стать специфика самой информации в формируемой ГБД. Ведь согласно нормативным актам Министерства экономического развития содержание в открытом доступе сведений о действующих водохранилищах, каналах, плотинах, дамбах, шлюзах (за исключением их ширины) и информации о глу-

бинах рек и водоемов, а также о рельефе дна и о береговых валах, содержащейся на крупномасштабных топографических картах и планах, ортофотопланах и на прочем картографическом материале, в графической, электронной или иной форме представления информации в государственных системах координат строго запрещено. Таким образом, внедрению серверных геоинформационных технологий должен предшествовать глубокий комплексный анализ, который должен раскрыть как возможность внедрения этих технологий на данном этапе, так и перспективу экономического эффекта.

В настоящее время паспортизация государственных мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружений проводится согласно законодательству, но, как не раз говорилось ранее, никакого экономического эффекта собираемая информация в итоге не дает. Сейчас развитие технологий позволяет вовлекать огромные массивы данных для выработки новых подходов к эффективному развитию как сферы услуг, так и производства. Использование всего спектра цифровых технологий, в т. ч. в мелиоративной деятельности, способно увеличить ее экономическую эффективность и дальнейшее устойчивое развитие.

#### Список использованных источников

1 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 Минсельхоза России от 22 октября 2012 г. № 559 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_145827](http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_145827), 2020.

2 О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027>, 2020.

3 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.

4 Рыжаков, А. Н. Анализ существующего порядка ведения паспортизации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений / А. Н. Рыжаков, Д. В. Мартынов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 2(74). – С. 38–43.

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

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

УДК 633.18

**Н. Н. Хожанов, Ж. Е. Ескермесов, Г. Н. Хожанова**

Таразский государственный университет имени М. Х. Дулати, Тараз,  
Республика Казахстан

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ РИСА В КАЗАХСТАНЕ

*Цель исследований – усовершенствование технологии орошения риса путем оптимального сочетания водного и питательного режимов. Исследования показали, что урожай риса главным образом зависит от нормы внесения питательных веществ до периода насыщения, т. е. через 60–65 дней со дня посева. Вследствие этого реко-*

мендуется первоначальную азотную подкормку проводить на 35–40-й день после посева, а вторичную – на 60–65-й день. Установлено, что при сухом посеве, т. е. при получении всходов на естественном запасе влаги, коэффициент водопотребления колеблется в пределах 140–160 м<sup>3</sup>/(га·день). В вариантах с постоянным затоплением он значительно больше и достигает 210 м<sup>3</sup>/(га·день), тем самым совершенствование способа орошения позволяет снизить на 60 м<sup>3</sup>/(га·день) среднесуточное водопотребление риса.

*Ключевые слова:* посевы посуху; посевы по затоплению; оросительная норма; подкормка; азотное удобрение; вегетационный период.

\*\*\*\*\*

**N. N. Khozhanov, Zh. E. Eskermesov, G. N. Khozhanova**

M. Kh. Dulaty Taraz State University, Taraz, Republic of Kazakhstan

### IMPROVING RICE GROWING TECHNOLOGY IN KAZAKHSTAN

*The purpose of the research is to improve the irrigation technology of rice by the optimal combination of water and nutrient regimes. The studies have shown that the rice crop depends mainly on the nutrient application rate before the saturation period, that is, 60–65 days after sowing. As a result of this, it is recommended to apply the initial nitrogen dressing on the 35–40th day after sowing, and the secondary one on the 60–65th day. It was determined that during the seeding on dry land, that is, when seedlings grow on natural soil moisture storage, the transpiration ratio ranges from 140–160 m<sup>3</sup> per (ha · day). In options with constant flooding, the transpiration ratio is much bigger and reaches 210 m<sup>3</sup>/(ha · day), thereby improving the irrigation practice reduces the daily average water consumption of rice by 60 m<sup>3</sup> per (ha · day).*

*Key words:* seeding on dry land; seeding by flooding; irrigation rate; soil dressing; nitrogen fertilizer; growth season.

**Введение.** Елбасы Н. Назарбаев в своем Послании народу Казахстана от 27 января 2012 г. «Социально-экономическая модернизация – главный вектор развития Казахстана» отметил, что аграрный сектор республики как важный сегмент обеспечения продовольственной безопасности обладает большими экспортными возможностями и высоким потенциалом для внедрения инноваций.

В Послании Президента Казахстана народу «Рост благосостояния казахстанцев: повышение доходов и качества жизни» говорится, что «нужно в полной мере реализовать потенциал агропромышленного комплекса. Основная задача – увеличить в 2,5 раза производительность труда и экспорт переработанной продукции сельского хозяйства к 2022 году» [1]. В связи с этим власти Кызылординской области намерены в течение пяти лет повысить производительность труда и увеличить экспорт сельхозпродукции в 2,5 раза.

Одной из самых перспективных отраслей сельского хозяйства, обладающих экспортным потенциалом, является рисоводство. При этом рисоводство важно и для обеспечения продовольственной безопасности, так как потребление рисовой крупы в стране относительно других видов круп составляет более 65 %. Согласно нормам, разработанным Казахской академией питания, ежегодная потребность Казахстана в рисе составляет 132,6 тыс. т/год (8,5 кг/год на одного человека). Статистика за 2018–2019 гг. показывает тенденцию роста потребления риса, а процент производства очищенного риса ежегодно снижается в соотношении с импортируемыми объемами.

Рис в Казахстане не только является пищевым продуктом, но и играет важную стратегическую роль в сохранении экологии. Значительная часть рисовых систем располагается на переувлажненных, подтопляемых и засоленных почвах, большая часть которых непригодна для богарного земледелия. Таковыми являются большие земельные массивы в низовьях р. Сырдарья, Или и Каратал. На большинстве рисовых земель

невозможно выращивание других сельскохозяйственных культур без возделывания в севообороте риса. Посевы риса в Кызылординской области даже в условиях маловодья необходимо сохранять на уровне 65,0 тыс. га в качестве мелиорирующей культуры, так как дальнейшее сокращение посевов риса может привести к катастрофическому росту засоления инженерно подготовленных земель. Прекращение возделывания риса на них незамедлительно приведет к развитию процессов вторичного засоления, заболачивания и безвозвратному их выбытию из сельскохозяйственного оборота.

Для повышения качества и достоверности научных исследований в области рисоводства и ускорения процесса создания новых сортов риса и культур рисового севооборота, разработки водо- и ресурсосберегающих технологий рисоводства необходима модернизация научно-технической инфраструктуры ТОО «КазНИИ рисоводства». Исходя из этого, перед нами ставились задачи обоснования водного и питательного режимов риса с учетом экстремальных условий возделывания риса в Приаралье.

Таким образом, цель исследований состояла в усовершенствовании технологии орошения риса путем оптимального сочетания водного и питательного режимов.

**Материалы и методы.** В статье проанализированы и использованы результаты многолетних полевых исследований, посвященных совершенствованию технологии выращивания риса в низовьях р. Амударьи и Сырдарьи, в частности, использованы научные отчеты Каракалпакского филиала Узбекского института рисоводства и ТОО «Казахский научно-исследовательский институт риса» за период 1985–2005 гг. Полевые опыты проводились согласно методике проведения полевых исследований Б. А. Доспехова (1985)<sup>1</sup>.

В полевых опытах приведены материалы по выращиванию риса посуху и затоплением. При посеве риса посуху до кущения, т. е. 55–60 дней, поливы не производились, затем постепенно подавалась оросительная вода, которая поддерживалась на уровне 8–12 см водяного столба в течение 3–5 дней с последующим наращиванием уровня водяного столба до 30–35 см с поддержанием данного слоя в течение 7–9 дней, что способствовало резкому снижению количества сорной растительности. При этом за вегетационный период потребуется до 15000 м<sup>3</sup>/га оросительной воды, тогда как при посевах по затоплению израсходуется до 35000 м<sup>3</sup>/га.

Строгое поддержание дозы внесения минеральных удобрений согласно расходу аммиачного азота по периодам развития риса позволяет обеспечить получение полноценных урожаев.

**Результаты исследований.** Структурно-системные и ретроспективные анализы результатов экспериментальных и производственных исследований, посвященных регулированию основных факторов возделывания риса на орошаемых землях и управлению ими, показали, что для повышения продуктивности рисового севооборота на базе сложившихся почвенно-мелиоративных условий необходимо улучшить водный режим возделываемых культур, включая рис [2].

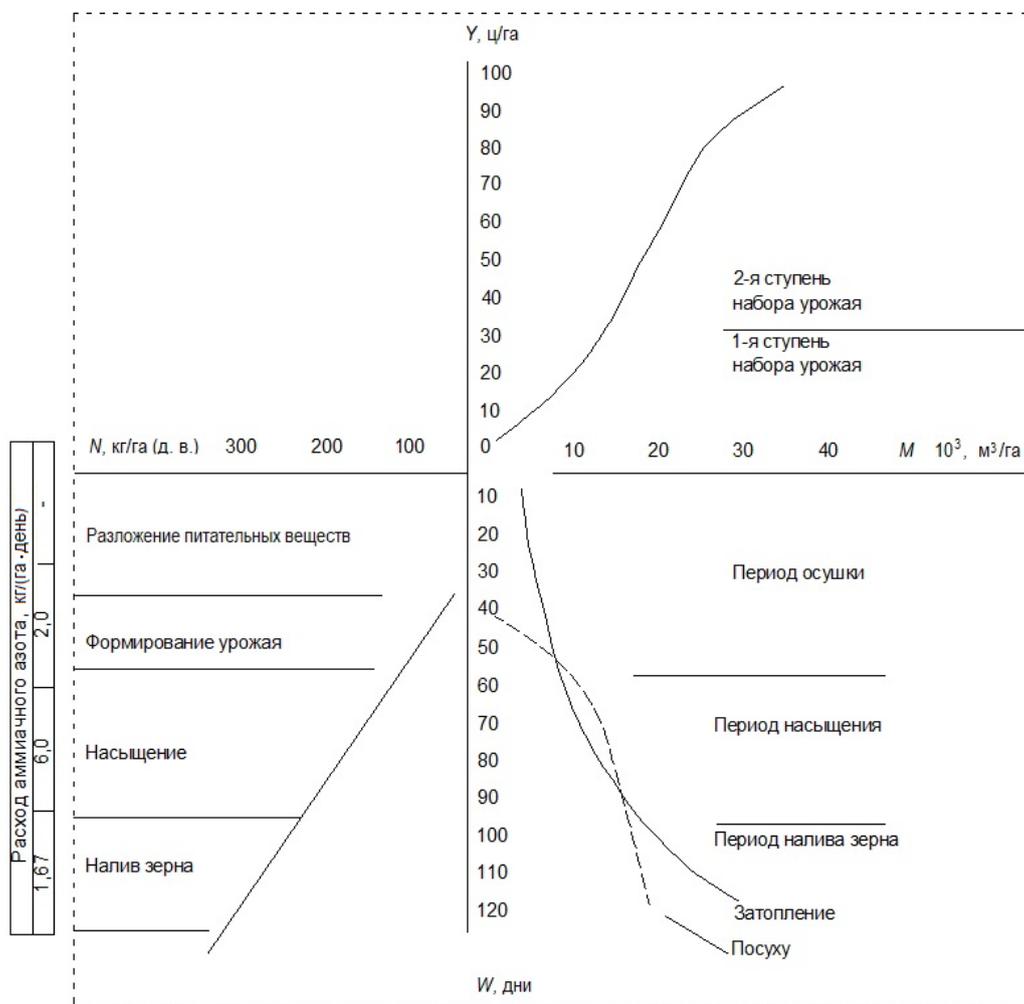
Анализ материалов многолетних исследований Всероссийского НИИ орошаемого земледелия (2001–2015 гг.), полученных в условиях Волгоградской области, позволил обогатить изучаемую проблему новыми знаниями, подтверждающими возможность возделывания риса по инновационной водосберегающей технологии орошения на оросительных системах общего назначения с включением в полевые и другие севообороты различного набора сельскохозяйственных культур [3].

В условиях оптимального сочетания водного и питательного режимов почвы продуктивность растений возрастает, так как они используют запасы влаги и питатель-

---

<sup>1</sup> Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

ных веществ в соответствии с биологическими потребностями. При орошении, благодаря улучшению водного режима почвы, создаются условия для наиболее эффективного использования удобрений. Взаимодействие этих факторов между собой благоприятно сказывается на активизации роста и развития растений. Общеизвестно, что рис – гигрофит, это определяет его природу как агрокультуры. В частности, наши результаты полевых исследований свидетельствуют, что за период вегетации по отношению к оросительной норме рис переживает три периода: осушки, насыщения и налива зерна (рисунок 1).



$W$  – вегетационный период риса, дни;  $M$  – оросительная норма риса, м<sup>3</sup>/га;  
 $Y$  – урожайность риса-сырца, ц/га;  $N$  – доза внесения азотных удобрений, кг д. в./га

**Рисунок 1 – Номограмма зависимости урожая и вегетационного периода риса от уровня азотного питания и оросительной нормы при посевах посуху и по затоплению**

В верхней части номограммы графически представлена зависимость водоподдачи при различных агротехнических сценариях: в варианте затопления и в варианте при получении всходов на естественном запасе влаги.

Максимальный забор оросительной воды до периода насыщения колеблется в пределах 12500–15000 м<sup>3</sup>/га. Это обеспечивает урожай риса до 40–42 ц/га. Дальнейшее увеличение оросительной нормы до 28000–35000 м<sup>3</sup>/га позволяет получить урожай риса до 90 ц/га и более. Отсюда следует важный вывод, что по степени накопления влаги урожайность риса меняется ступенчато. При этом можно выделить две ступени набора урожая, иллюстрированные нами (см. график в верхней части номограммы) как 1-я и 2-я ступени, по отношению к оросительной норме.

Результаты многолетних исследований можно представить в виде графоаналитических зависимостей, т. е. в виде графика (показанного в нижней части номограммы) либо в виде эмпирических выражений, например, зависимости затрат оросительной нормы, отнесенной к вегетационному периоду:

$$M = k \cdot W,$$

где  $M$  – оросительная норма риса, м<sup>3</sup>/га;

$k$  – коэффициент водопотребления, м<sup>3</sup>/(га·день);

$W$  – вегетационный период, дни.

Заслуживает внимания часть номограммы, представленная в виде функции водораспределения в вариантах посуху и при затоплении. Анализ состояния свидетельствует, что при сухом посеве, т. е. при получении всходов на естественном запасе влаги, коэффициент водопотребления колеблется в пределах 140–160 м<sup>3</sup>/(га·день). В вариантах с постоянным затоплением он значительно больше и достигает 210 м<sup>3</sup>/(га·день).

Таким образом, совершенствование способа орошения позволяет снижать на 60 м<sup>3</sup>/(га·день) среднесуточное водопотребление риса.

В процессе исследований установлено, что в повышение урожайности риса весомый вклад вносит система питания. Поэтому систематический анализ состояния перераспределения азотных форм минерального питания, как нам представляется, позволяет существенно скорректировать сроки и нормы внесения удобрений.

В производственных условиях, основываясь на ранее разработанных рекомендациях, минеральные удобрения вносят дробно: 30 % вносят перед посевом, 30 % – в период начала кущения, 40 % – в период выхода в трубку. При этом рекомендуемая доза внесения азотных удобрений колеблется в зависимости от уровня естественного плодородия и гранулометрического состава почвы в широких пределах: от 120 до 240 кг д. в./га<sup>2</sup>.

Анализ графика перераспределения удобрений (левая часть номограммы) свидетельствует, что при посевах риса за период вегетации потребность в азотных формах по фазам развития колеблется значительно: от 1,67 до 6,0 кг/(га·день).

Данное обстоятельство заставило нас провести исследование и выявить четыре критических периода, отнесенных к дозам внесения азотных удобрений:

- период разложения питательных веществ;
- период формирования урожая;
- период насыщения;
- период налива зерна.

Отсюда следует ряд положений:

- в период разложения питательных веществ, который варьирует от 35 до 40 дней, нет необходимости внесения азотных удобрений;
- в период формирования урожая, который протекает в течение 40–65 дней после посева, потребность в азотном питании составляет 2,0 кг/(га·день);
- в период насыщения (65–90 дней) расход питательных веществ должен быть увеличен до 6,0 кг/(га·день);
- в период налива зерна среднесуточный расход азотных удобрений снижается до 1,67 кг/(га·день).

Исследования показали, что урожай риса главным образом зависит от нормы внесения питательных веществ до периода насыщения, т. е. через 60–65 дней со дня посева. Вследствие этого рекомендуется первоначальную азотную подкормку проводить на 35–40-й день после посева, а вторичную – на 60–65-й день.

Численная обработка результатов исследований позволила выявить линейную зависимость затрат азотных удобрений в упомянутых вегетационных периодах, которая описывается уравнением:

---

<sup>2</sup> Урожайность различных сортов риса при дробном внесении азота в условиях ККАССР: отчет о НИР / Г. Рахимова. – 1986.

$$N = 3,25 \cdot W - 130,$$

где  $N$  – доза азотного удобрения, кг/га;

$W$  – вегетационный период, дни.

**Выводы.** Максимальный забор оросительной воды до периода насыщения колеблется в пределах 12500–15000 м<sup>3</sup>/га. Это обеспечивает урожай риса до 40–42 ц/га. Дальнейшее увеличение оросительной нормы до 28000–35000 м<sup>3</sup>/га позволяет получить урожай риса до 90 ц/га и более. Отсюда следует, что по степени накопления влаги урожайность риса меняется ступенчато и можно выделить две ступени набора урожая, иллюстрированные нами (см. график в верхней части номограммы) как 1-я и 2-я ступени, по отношению к оросительной норме.

Установлено, что при сухом посеве, т. е. при получении всходов на естественном запасе влаги, коэффициент водопотребления колеблется в пределах 140–160 м<sup>3</sup>/(га·день). В вариантах с постоянным затоплением он значительно больше и достигает 210 м<sup>3</sup>/(га·день), тем самым совершенствование способа орошения позволяет снижать на 60 м<sup>3</sup>/(га·день) среднесуточное водопотребление риса.

Анализ графика перераспределения удобрений свидетельствует о том, что за период вегетации риса потребность в азотных формах по фазам развития колеблется значительно – от 1,67 до 6,0 кг/(га·день). Урожай риса главным образом зависит от нормы внесения питательных веществ до периода насыщения, т. е. через 60–65 дней со дня посева. Вследствие этого рекомендуется первоначальную азотную подкормку проводить на 35–40-й день после посева, а вторичную – на 60–65-й день.

Таким образом, использование производственного опыта и научное совершенствование технологии возделывания риса на основе изучения закономерностей формирования водного и питательного режимов почвы позволят повысить урожайность риса и ускорить отдачу поливного гектара.

#### Список использованных источников

1 Жакибаева, М. Рис как визитная карточка [Электронный ресурс] / М. Жакибаева. – Режим доступа: <https://kursiv.kz/news/otraslevye-temy/2019-03/ris-kak-vizitnaya-kartochka>, 2020.

2 Байшекеев, А. Д. Водно-солевой баланс рисовых полей с использованием дренажно-сбросных вод для полива риса / А. Д. Байшекеев, А. Г. Рау // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 6, ч. 2. – С. 281–284. – DOI: 10.17513/mjprfi.111669.

3 Водопотребление риса и удельные затраты на формирование урожая зерна при разных способах полива / И. П. Кружилин, М. А. Ганиев, Н. В. Кузнецова, К. А. Родин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1(49). – С. 108–116.

УДК 635.64:631.544

**А. А. Бабенко, А. Н. Бабичев**

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

#### ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ТОМАТОВ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

*Целью исследований являлось изучение влияния минерального питания на урожайность томата в защищенном грунте с использованием капельного способа орошения. Опыт был проведен в 2015–2017 гг. в подсобном хозяйстве слободы Красюковской Октябрьского сельского района Ростовской области. Изучались дозы минеральных удобрений, внесенных различным способом: разовое внесение удобрений перед весенней*

культивацией, внесение удобрений по частям в виде подкормок на фоне орошения. Корневые подкормки осуществлялись с помощью капельного орошения путем фертигации. Вместе с традиционными удобрениями применялись водорастворимые удобрения марки Solar АО «ОХК «Уралхим». Было установлено, что растения томата положительно реагируют на улучшение минерального питания, так, урожайность томата возрастала по мере увеличения доз применяемых минеральных удобрений. А тщательный подбор доз минеральных удобрений с учетом их необходимости для растений в зависимости от стадии роста и развития культуры позволил увеличить урожайность еще больше. Максимальная урожайность томата гибрида Примадонна F<sub>1</sub> 15,4 кг/м<sup>2</sup> была отмечена в варианте с внесением удобрений N<sub>210</sub>P<sub>150</sub>K<sub>90</sub> дробно в виде подкормок.

*Ключевые слова:* томат; минеральное питание; капельное орошение; фертигация; урожайность; водорастворимые удобрения.

\*\*\*\*\*

**A. A. Babenko, A. N. Babichev**

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

### **FEATURES OF MINERAL NUTRITION OF TOMATOES IN PROTECTED GROUND**

*The aim of the research was to study the effect of mineral nutrition on tomato yield in greenhouses using drip irrigation technique. The experiment was conducted in 2015–2017 in the subsidiary farm of Krasnyukovska settlement Otyabrskiy rural district Rostov region. The doses of mineral fertilizers applied in various ways such as single application of fertilizers before spring cultivation, fertilizer application by parts in the form of plant nutrition against the background of irrigation are studied. Soil dressing was carried out using drip irrigation by fertigation. Together with traditional fertilizers, water-soluble fertilizers of the Solar brand of “United Chemical Company Uralchim” were used. It was found that tomato plants respond positively to improved mineral nutrition, for example, the tomato yield increased with increasing doses of applied mineral fertilizers. A careful dosing of mineral fertilizers with regard to their need for plants, depending on the crop growth and development stage, has increased the yield even more. The maximum yield of tomato hybrid Primadonna F<sub>1</sub> 15.4 kg per m<sup>2</sup> was noted in the variant with the fractional application of fertilizers N<sub>210</sub>P<sub>150</sub>K<sub>90</sub> in the form of soil dressing.*

*Key words:* tomato; mineral nutrition; drip irrigation; fertigation; yield, water soluble fertilizers.

**Введение.** В настоящее время в мировой практике рационального питания человека большое внимание уделяется овощам, богатым витаминами и другими полезными веществами. Благодаря содержанию в плодах большого количества различных витаминов, органических кислот, минеральных солей, одной из самых распространенных овощных культур в мире является томат.

Плоды томата обладают высокими вкусовыми и пищевыми качествами, что отражается на повсеместном их использовании в различном виде. Содержание большого количества полезных для человеческого организма веществ в плодах томата широко применяется в медицинских целях. Томаты обладают антибактериальными и противовоспалительными свойствами благодаря содержанию фитонцидов, полезны для пищеварительной системы, так как улучшают обмен веществ. Томаты являются хорошим диуретиком при болезнях почек и мочевого пузыря, защищают организм человека от вредного воздействия солнечной радиации. Содержащийся в плодах томата серотонин улучшает настроение, а ликопен улучшает работу мозга.

Все вышеперечисленные свойства плодов томата делают его незаменимым про-

дуктом в жизни человека. Согласно данным Института питания Академии медицинских наук России, рекомендуемая среднегодовая норма потребления томата – 35 кг [1].

Производство томатов в нашей стране в последнее время неуклонно растет, но даже возросший валовой сбор томатов покрывает потребность населения на 78 %. Основная масса (более 80 %) произведенных томатов приходится на выращивание их в открытом грунте, возделывание томата в защищенном грунте занимает чуть менее 20 % валовой продукции. Основными производителями томатов как открытого, так и защищенного грунта являются подсобные хозяйства населения [2].

Большая разница между способами выращивания связана в основном с высокими ценами на энергоносители, затратами на материалы для строительства отапливаемых помещений. Однако получение гарантированных высоких урожаев плодов томата хорошего качества, независимо от погодно-климатических условий, возможно только при выращивании его в защищенном грунте. Томат является наиболее распространенной овощной культурой защищенного грунта, на его долю приходится около 40 % всех тепличных хозяйств.

Территория Ростовской области за счет благоприятного климата является одним из основных районов возделывания овощей, однако из-за недостаточного и неустойчивого увлажнения урожайность многих сельскохозяйственных культур варьируется в больших пределах. С учетом агроклиматических условий региона, характеристик рыночных отношений, материальных и энергетических затрат получение экономически выгодных урожаев томатов возможно при наличии защищенного грунта, внесения удобрений и орошения.

Наиболее распространенным типом сооружения для выращивания томата в защищенном грунте на территории нашей области являются временно отапливаемые или необогреваемые ангарные пленочные теплицы арочного типа. Главными достоинствами их являются дешевизна строительства, возможность использования деревянных или сильно облегченных металлических каркасов и простота конструкций. В теплицах такого вида предусмотрено наличие временного нестационарного отопления для поддержания температурного режима при необходимости. Эти источники тепла работают на электричестве или жидком топливе, иногда на газе [3].

Оптимальный способ орошения при выращивании томатов в защищенном грунте – применение капельного полива. В последние годы капельное орошение является наиболее быстро развивающимся способом полива, широко применяемым в личных подсобных хозяйствах населения при выращивании овощных культур. Водными источниками при таком способе полива могут служить колодцы, скважины, реки и крупные оросительные системы [4].

Капельное орошение может применяться в районах как с влажным, так и с засушливым климатом, где экономически целесообразно его применение с учетом преимуществ и недостатков данного способа.

К преимуществам капельного орошения относятся:

- повышение урожайности культур;
- снижение поливных и оросительных норм на получение единицы продукции;
- уменьшение потерь влаги при испарении за счет уменьшения площади увлажняемой зоны;
- возможность проведения поливов независимо от погодных условий;
- упрощение планировки орошаемого участка за счет применения поливных трубопроводов с компенсирующими давление капельницами;
- применение системы капельного орошения на территориях с уровнем грунтовых вод выше, чем допустимо для других способов полива, без опасности вторичного засоления;
- возможность проведения сельскохозяйственных работ во время орошения;

- подача удобрений в корнеобитаемый слой почвы;
- исключение водной эрозии на неровных участках;
- снижение количества сорняков в междурядьях.

Основными недостатками капельного орошения являются:

- высокая стоимость комплектующих частей системы капельного орошения;
- необходимость утилизации большого количества отходов;
- засорение капельниц;
- невозможность использования в качестве противозаморозкового орошения;
- отсутствие возможности смачивания листьев сельскохозяйственных культур, которым это необходимо для хорошего роста и развития [5].

Томат относится к группе овощных растений, высокие урожаи которых можно получить только при достаточном внесении удобрений. Внесение минеральных удобрений своевременно, в соответствующих дозах положительным образом сказывается не только на продуктивности культуры, но и улучшает качество продукции.

Цель исследований – изучение влияния минерального питания томата, обеспечивающего высокую урожайность культуры, при выращивании его в защищенном грунте с применением капельного орошения.

**Материалы и методы.** Исследования проводились на территории подсобного хозяйства слободы Красюковской Октябрьского сельского района Ростовской области в 2015–2017 гг. Почва опытного участка представлена обыкновенным карбонатным черноземом среднетяжелым, легкосуглинистым. Содержание гумуса в пахотном слое почвы низкое, обеспеченность почвы азотом и фосфором низкая, калием высокая. Реакция почвенного раствора слабощелочная. Климат зоны проведения исследований континентальный, умеренно жаркий, сумма активных температур 3210–3400 °С.

В опыте изучалась продуктивность томатов районированного гибрида Примадонна F<sub>1</sub>, выращиваемых в защищенном грунте в одном месте на постоянной основе. Подготовка почвы включала в себя культивацию с заделкой растительных остатков осенью и предпосевную культивацию на глубину 20 см. Целесообразность применения удобрений определялась при различных способах внесения: без внесения удобрений, разовое внесение нормы минеральных удобрений, внесение удобрений по частям в виде подкормок. В качестве минеральных удобрений для разового внесения перед весенней культивацией использовались сульфат калия, аммиачная селитра и двойной суперфосфат. В вариантах с проведением подкормок применялись водорастворимые удобрения марки Solar АО «ОХК «Уралхим».

За время проведения опыта поддерживался уровень предполивной влажности почвы 70–80–70 % в межфазные периоды роста и развития растений томата (70 % в момент высадки рассады, 80 % в фазе начала образования плодов, 70 % в фазе технической спелости плодов). Его оптимальность была доказана в ходе трехлетних исследований сотрудниками РосНИИПМ [6].

Опыт проводился в трехкратной повторности. Применялся рассадный способ выращивания культуры. Высадка рассады осуществлялась во второй декаде апреля по однострочной схеме 70 × 35 см. В процессе роста и развития растений томата проводилось формирование кустов путем пасынкования и подвязывания их к шпалерам. Сборка урожая проводилась вручную. Для математической обработки полученных результатов использовались общепринятые методики с применением персонального компьютера [7].

**Результаты и обсуждения.** Незначительные колебания погодных условий в период вегетации растений томата за годы исследований не оказали существенного влияния на режим орошения. Так, для поддержания заданной в опыте предполивной влажности почвы 70–80–70 % в 2015 г. было проведено 98 вегетационных поливов нормой от 4,7 до 19,5 л/м<sup>2</sup>, в 2016 г. 101 вегетационный полив нормой от 4,5 до 20,0 л/м<sup>2</sup>, в 2017 г. проведено 99 поливов нормой от 4,6 до 19,7 л/м<sup>2</sup>. Общая оросительная норма за годы проведения исследований колебалась в пределах 852,8–905,3 л/м<sup>2</sup>.

Повышение урожайности томатов происходило по мере увеличения нормы внесения удобрений независимо от способа применения. Норма разово внесенных под предпосевную весеннюю культивацию удобрений  $N_{70}P_{90}K_{60}$  обеспечивала прибавку урожая  $2,44 \text{ кг/м}^2$  в среднем за годы исследований по сравнению с вариантом без внесения удобрений. При разовом внесении удобрений нормой  $N_{105}P_{135}K_{75}$  прибавка урожая составила  $4,54 \text{ кг/м}^2$ , а при норме удобрений  $N_{210}P_{150}K_{90}$  обеспечивалось повышение урожайности на  $7,3 \text{ кг/м}^2$  по сравнению с вариантом без удобрений (таблица 1).

**Таблица 1 – Урожайность томата в зависимости от количества удобрений и способа их внесения в различные годы исследований**

Вариант опыта	Год исследования			Среднее
	2015	2016	2017	
Без удобрений (контроль)	5,7	6,0	5,8	5,83
Разовое внесение				
$N_{70}P_{90}K_{60}$	8,1	8,5	8,2	8,27
$N_{105}P_{135}K_{75}$	10,1	10,7	10,3	10,37
$N_{210}P_{150}K_{90}$	12,8	13,5	13,1	13,13
Дробное внесение				
$N_{70}P_{90}K_{60}$	9,7	10,2	9,8	9,9
$N_{105}P_{135}K_{75}$	12,1	12,8	12,4	12,43
$N_{210}P_{150}K_{90}$	14,5	15,4	14,9	14,93
НСР <sub>0,5</sub>	4,19			

При формировании режима минерального питания в вариантах с использованием корневых подкормок для выращивания томата в защищенном грунте учитывались его биологические особенности и потребность в элементах в различные фазы роста и развития культуры. Подкормка томата осуществлялась путем полива капельным способом при использовании водорастворимых удобрений в поливной воде.

Первый фертигационный полив проводился с применением водорастворимых удобрений Solar Старт 11:40:11 + 2MgO + МЭ через две недели после высадки рассады в вариантах с усиленным азотным питанием с добавлением аммиачной селитры.

В фертигационных поливах до обильного цветения растений использовались водорастворимые удобрения Solar Универсал 20:20:20 + МЭ. Во время массового цветения растений томата применялся моноаммонийфосфат специальный водорастворимый  $N_{12}P_{61}$  марки Solar.

Перед созреванием плодов и до окончания вегетации растений томата проводились подкормки водорастворимыми удобрениями Solar Финал 15:7:30 + 3MgO + МЭ в вариантах с усиленным азотным питанием с добавлением аммиачной селитры.

Во всех вариантах опыта проводились неоднократные внекорневые подкормки кальциевой селитрой с десятидневными интервалами от фазы цветения до фазы созревания плодов.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что применение удобрений независимо от способа внесения оказывает влияние на повышение урожайности томата. В 2015 г. урожайность в варианте без внесения удобрений составляла  $5,7 \text{ кг/м}^2$ , разовое внесение удобрений в дозе  $N_{70}P_{90}K_{60}$  позволило получить урожайность  $8,1 \text{ кг/м}^2$ , что на  $2,4 \text{ кг/м}^2$  превышает урожайность контрольного варианта. Дальнейшее увеличение доз разово вносимых удобрений повышало урожайность по сравнению с контрольным вариантом на  $4,4\text{--}7,1 \text{ кг/м}^2$ . А внесение удобрений в виде подкормок оказывало еще большее влияние на повышение урожайности томата. Максимальная урожайность томата гибрида Примадонна F<sub>1</sub>  $14,5 \text{ кг/м}^2$  была отмечена в варианте с внесением удобрений  $N_{210}P_{150}K_{90}$  дробно в виде подкормок, что почти на  $9 \text{ кг/м}^2$  превышает

ет урожайность в контрольном варианте и на 1,7 кг/м<sup>2</sup> больше, чем в варианте с аналогичной дозой внесения удобрений разово.

В 2016 г. урожайность томатов в контрольном варианте равнялась 6,0 кг/м<sup>2</sup>. Разовое внесение удобрений перед весенней культивацией дозами N<sub>105</sub>P<sub>135</sub>K<sub>75</sub> и N<sub>210</sub>P<sub>150</sub>K<sub>90</sub> увеличивало продуктивность томатов по сравнению с контрольным вариантом на 4,7 и 7,5 кг/м<sup>2</sup> соответственно. Урожайность томатов в вариантах с внесением доз удобрений N<sub>105</sub>P<sub>135</sub>K<sub>75</sub> и N<sub>210</sub>P<sub>150</sub>K<sub>90</sub> в виде подкормок была больше на 1,5 и 1,9 кг/м<sup>2</sup>, чем в вариантах с равнозначным разовым внесением, а урожайность контрольного варианта превосходила на 6,8 и 9,4 кг/м<sup>2</sup> соответственно.

Закономерность влияния различных доз удобрений и способов их внесения на урожайность томатов была сохранена и в 2017 г. Так, максимальная урожайность томата гибрида Примадонна F<sub>1</sub> 14,9 кг/м<sup>2</sup>, полученная при внесении удобрений дозой N<sub>210</sub>P<sub>150</sub>K<sub>90</sub>, превышала вариант с внесением N<sub>210</sub>P<sub>150</sub>K<sub>90</sub> разово на 1,8 кг/м<sup>2</sup> и контрольный вариант на 9,1 кг/м<sup>2</sup>.

**Выводы.** Растения томата положительно реагируют на улучшение минерального питания, так, урожайность томата возрастала по мере увеличения доз применяемых минеральных удобрений. А тщательный подбор доз минеральных удобрений с учетом их необходимости для растений в зависимости от стадии роста и развития культуры позволил увеличить урожайность еще больше. Максимальная урожайность томата гибрида Примадонна F<sub>1</sub> 15,4 кг/м<sup>2</sup> была отмечена в варианте с внесением удобрений N<sub>210</sub>P<sub>150</sub>K<sub>90</sub> дробно в виде подкормок.

Капельный полив позволяет осуществить постепенное, своевременное, равномерное внесение удобрений и воды непосредственно в корнеобитаемую зону. Фертигация более целесообразна в различные фазы роста и развития растений томата, а также при необходимости корректировки питания растений за счет более полного и быстрого усвоения водорастворимых удобрений.

#### Список использованных источников

1 Технология выращивания томата в защищенном грунте на Среднем Урале / М. Ю. Карпухин [и др.]. – Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2016. – 24 с.

2 Перспектива развития рынка томатов в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/vegetables/perspektiva-razvitiya-rynka-tomatov-v-rossii.html>, 2018.

3 Выращивание томата в защищенном грунте в фермерских хозяйствах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [agro-sistema.ru/index.php?catid=26&id=150:vyraschivanie-tomata-v-zaschischnom-grunte&Itemid=141&option=com\\_content&view=article](http://agro-sistema.ru/index.php?catid=26&id=150:vyraschivanie-tomata-v-zaschischnom-grunte&Itemid=141&option=com_content&view=article), 2010.

4 Воеводина, Л. А. Особенности капельного орошения на черноземах Ростовской области / Л. А. Воеводина // Вестник аграрной науки Дона. – 2010. – № 4. – С. 107–111.

5 Воеводина, Л. А. Тенденции развития и перспективы применения капельного орошения / Л. А. Воеводина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2012. – № 3(07). – С. 90–102. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=113&id=119>.

6 Кулыгин, В. А. Приемы повышения эффективности использования водных ресурсов при орошении овощных культур и картофеля / В. А. Кулыгин, Г. Т. Балакай, А. Н. Бабичев // Вестник аграрной науки Дона. – 2010. – № 4. – С. 112–118.

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

УДК 626.81:351

**И. П. Абраменко**

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

Южно-Российский государственный политехнический университет имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

**Р. В. Ревунов**

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

Южно-Российский государственный политехнический университет имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

**АДМИНИСТРАТИВНО-ПРАВОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ**

*Целью исследования является обоснование административно-правовых мероприятий, направленных на повышение социо-эколого-экономической эффективности государственного управления отношениями водопользования. Авторами осуществлен анализ распределения полномочий органов государственной власти РФ, органов государственной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления в сфере водных правоотношений. Установлено, что основная часть полномочий, касающихся определения государственной водной политики, управления водными объектами, объектами водохозяйственной инфраструктуры, режимом водопользования, осуществления функций контроля и надзора и т. п., сосредоточена у государственных органов РФ. Объем полномочий органов государственной власти субъектов РФ значительно меньше по сравнению с РФ, органов местного самоуправления – еще меньше. В настоящее время подобный дисбаланс является одним из факторов ограничения социально-экономического развития. Авторы аргументируют предложение о перераспределении полномочий в сфере отношений водопользования от РФ в пользу субъектов РФ и органов местного самоуправления. В частности, речь идет о наделении муниципалитетов правом осуществления контрольно-надзорных функций, в т. ч. в отношении федеральных и региональных водных объектов, находящихся в их административных границах. Реализация данного предложения позволит значительно повысить эффективность надзора за соблюдением природоохранного законодательства в части пресечения не-санкционированных сбросов загрязненных вод в акватории водных объектов, что позволит снизить антропогенное воздействие и улучшить социо-эколого-экономическое благополучие граждан.*

*Ключевые слова: водопользование; развитие; регион; местное самоуправление; водные ресурсы; нормативно-правовые акты.*

\*\*\*\*\*

**I. P. Abramenko**

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

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

**R. V. Revunov**

South Federal University, Rostov, Russian Federation;

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

**ADMINISTRATIVE-LEGAL DIRECTIONS OF IMPROVING  
WATER MANAGEMENT SYSTEM EFFICIENCY**

*The purpose of the research is the justification of administrative and legal measures aimed at improving the socio-environmental and economic efficiency of state administration of water use relations. The distribution of powers of state authorities of the Russian Federation, state bodies of the constituent entities of the Russian Federation, local authorities in the field of water relations are analyzed. It has been determined that the main part of the powers regarding the determination of state water policy, the management of water bodies, water infrastructure facilities, water use schedule, the carrying out control and supervision functions, etc., is concentrated in the state bodies of the Russian Federation. The scope of authority of state authorities of the constituent entities of the Russian Federation is much less than that of the Russian Federation and that of local government is much less. Nowadays such an imbalance is one of the factors limiting socio-economic development. The authors argue the proposal on the redistribution of powers in the field of water use relations from the Russian Federation in favor of the constituent entities of the Russian Federation and local governments. In particular, it is said about municipalities' eligibility to exercise control and oversight functions, including federal and regional water bodies located within their administrative borders. The implementation of this proposal will significantly increase the efficiency of supervision over observance of environmental legislation in terms of suppressing unauthorized discharges of contaminated water in water body areas, which will reduce the anthropogenic impact and improve the socio-ecological and economic well-being of citizens.*

*Key words: water use; development; region; local government; water resources; legislative legal acts.*

**Введение.** На современном этапе эффективность системы государственного управления водохозяйственной деятельностью является одним из факторов, определяющих показатели социально-экономического развития на микро-, мезо- и макроэкономическом уровнях. В связи со сказанным не подлежит сомнению актуальность и своевременность научных исследований, направленных на совершенствование административно-правовых основ управления отношениями в сфере водопользования.

**Материалы и методы.** В соответствии со ст. 42 Конституции РФ, «каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением» [1]. Как отмечается в Водной стратегии РФ на период до 2020 г., «развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации является одним из ключевых факторов обеспечения экономического благополучия и социальной стабильности, национальной безопасности страны и реализации конституционных прав граждан на благоприятную окружающую среду» [2].

Согласно п. Д ст. 71 Конституции РФ, в числе предметов совместного ведения РФ и субъектов РФ находятся вопросы природопользования, охраны окружающей среды. Реализация указанной конституционной нормы нашла отражение в Водном кодексе РФ [3], установившем распределение полномочий в сфере водных правоотношений. Полномочия органов государственной власти РФ, органов государственной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления в сфере водных правоотношений представлены в таблице 1.

**Результаты и обсуждение.** Анализ информации, представленной в таблице 1, позволяет сказать следующее. Законодательными (в частности, Водным кодексом РФ) и нормативно-правовыми актами установлено разграничение полномочий в сфере водных правоотношений между федеральным, региональным и муниципальным уровнями.

Полномочия в области водных отношений реализуются органами местного самоуправления сельского поселения в случае закрепления законом субъекта РФ за сельским поселением соответствующих вопросов местного значения, а в случае отсутствия такого закрепления реализуются органами местного самоуправления муниципального района.

Таблица 1 – Полномочия органов государственной власти РФ, органов государственной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления в сфере водных правоотношений [3]

Полномочия органов государственной власти РФ	Полномочия органов государственной власти субъектов РФ	Полномочия органов местного самоуправления
<p>1) владение, пользование, распоряжение водными объектами, находящимися в федеральной собственности;</p> <p>2) разработка, утверждение и реализация схем комплексного использования и охраны водных объектов и внесение изменений в эти схемы;</p> <p>3) осуществление федерального государственного надзора в области использования и охраны водных объектов;</p> <p>4) организация и осуществление государственного мониторинга водных объектов;</p> <p>5) установление порядка ведения государственного водного реестра и его ведение;</p> <p>6) утверждение порядка подготовки и принятия решения о предоставлении водного объекта в пользование, порядка подготовки и заключения договора водопользования;</p> <p>7) определение порядка создания и осуществления деятельности бассейновых советов;</p> <p>8) гидрографическое и водохозяйственное районирование территории РФ;</p> <p>9) установление ставок платы за пользование водными объектами, находящимися в федеральной собственности, порядка расчета и взимания такой платы;</p> <p>10) установление порядка утверждения нормативов допустимого воздействия на водные объекты и целевых показателей качества воды в водных объектах, в т. ч. установление правил охраны поверхностных водных объектов и правил охраны подземных водных объектов;</p> <p>11) территориальное перераспределение стока поверхностных вод, пополнение водных ресурсов подземных водных объектов;</p>	<p>2</p> <p>1) владение, пользование, распоряжение водными объектами, находящимися в собственности субъектов РФ;</p> <p>2) установление ставок платы за пользование водными объектами, находящимися в собственности субъектов РФ, порядка расчета и взимания такой платы;</p> <p>3) участие в деятельности бассейновых советов;</p> <p>4) разработка, утверждение и реализация программ субъектов РФ по использованию и охране водных объектов или их частей, расположенных на территориях субъектов РФ;</p> <p>5) резервирование источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения;</p> <p>6) осуществление регионального государственного надзора в области использования и охраны водных объектов, за исключением водных объектов, подлежащих федеральному государственному надзору, а также за соблюдением особых условий водопользования и использования участков береговой полосы (в т. ч. участков примыкания</p>	<p>3</p> <p>1 К полномочиям органов местного самоуправления в отношении водных объектов, находящихся в собственности муниципальных образований, относятся:</p> <p>а) владение, пользование, распоряжение такими водными объектами;</p> <p>б) осуществление мер по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий;</p> <p>в) осуществление мер по охране таких водных объектов;</p> <p>г) установление ставок платы за пользование такими водными объектами, порядка расчета и взимания этой платы.</p> <p>2 К полномочиям органов местного самоуправления городского поселения в области водных отношений, кроме полномочий собственника водных объектов, предусмотренных частью 1 настоящей статьи, относятся обеспечение свободного доступа граждан к водным объектам общего пользования и их береговым полосам, расположенным на территории городского поселения, и информирование населения об ограничениях водопользования на водных объектах общего пользования, расположенных на территории городского поселения.</p> <p>3 К полномочиям органов местного самоуправления муниципального района</p>

Продолжение таблицы 1

1	2	3
<p>12) утверждение правил использования водохранилищ;</p> <p>13) установление режимов пропуска паводков, специальных попусков, наполнения и сброски (выпуска воды) водохранилищ;</p> <p>14) определение порядка осуществления федерального государственного надзора в области использования и охраны водных объектов, а также за соблюдением особых условий водопользования и использования участков береговой полосы (в т. ч. участков примыкания к гидроэнергетическим объектам) в границах охраняемых зон гидроэнергетических объектов;</p> <p>15) определение порядка резервирования источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения;</p> <p>16) установление порядка использования водных объектов для взлета, посадки воздушных судов;</p> <p>17) осуществление мер по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий в отношении водных объектов, находящихся в федеральной собственности и расположенных на территориях двух и более субъектов РФ, а также в отношении водных объектов, по которым проходит государственная граница РФ;</p> <p>18) утверждение методики исчисления вреда, причиненного водным объектам;</p> <p>19) определение критериев отнесения объектов к объектам, подлежащим федеральному государственному надзору в области использования и охраны водных объектов, регионального государственного надзора в области использования и охраны водных объектов;</p> <p>20) утверждение перечней объектов, подлежащих федеральному государственному надзору в области использования и охраны водных объектов</p>	<p>к гидроэнергетическим объектам)</p> <p>в границах охраняемых зон гидроэнергетических объектов, расположенных на водных объектах, подлежащих региональному государственному надзору за их использованием и охраной;</p> <p>7) утверждение правил пользования водными объектами для планирования на маломерных судах;</p> <p>8) утверждение правил охраны жизни людей на водных объектах;</p> <p>9) участие в организации и осуществлении государственного мониторинга водных объектов;</p> <p>10) осуществление мер по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий в отношении водных объектов, находящихся в собственности субъектов РФ;</p> <p>11) осуществление мер по охране водных объектов, находящихся в собственности субъектов РФ;</p> <p>12) утверждение перечней объектов, подлежащих региональному государственному надзору в области использования и охраны водных объектов</p>	<p>в области водных отношений, кроме полномочий собственника водных объектов, относятся установление правил использования водных объектов общего пользования, расположенных на территории муниципального района, для личных и бытовых нужд, включая обеспечение свободного доступа граждан к водным объектам общего пользования и их береговым полосам, и информирование населения на водных объектах общего пользования, расположенных на межселенных территориях в границах муниципального района.</p> <p>4 К полномочиям органов местного самоуправления городского округа в области водных отношений, кроме полномочий собственника водных объектов, относятся установление правил использования водных объектов общего пользования, расположенных на территории городского округа, для личных и бытовых нужд, включая обеспечение свободного доступа граждан к водным объектам общего пользования и их береговым полосам, и информирование населения об ограничениях водопользования на водных объектах общего пользования, расположенных на территории городского округа</p>

Основная часть полномочий, касающихся определения государственной водной политики, управления водными объектами, объектами водохозяйственной инфраструктуры, режимом водопользования, осуществлением функций контроля и надзора и т. п., сосредоточена у государственных органов РФ. Объем полномочий органов государственной власти субъектов РФ значительно меньше по сравнению с РФ, органов местного самоуправления – еще меньше. Согласно научной позиции авторов, подобный дисбаланс способствует развитию следующих негативных тенденций:

- в силу природно-климатических и географических особенностей водохозяйственная практика в РФ отличается многообразием социо-эколого-экономических атрибутов, детерминированных специфическими условиями конкретных территорий. Неадекватный учет данных факторов при принятии управленческих решений на федеральном уровне, касающихся отношений в сфере водопользования, способен ограничить социально-экономическое развитие;

- административные границы субъектов РФ зачастую не совпадают с ареалами водных объектов (особенно крупных), что усложняет межведомственное взаимодействие между органами госвласти различного уровня при осуществлении управленческих функций;

- отсутствие необходимого объема полномочий в части осуществления контрольно-надзорных функций на региональном и местном уровнях замедляет реакцию на нарушения природоохранного законодательства.

Упомянутые выше факторы административно-правового дисбаланса, по нашему мнению, способствуют регрессу качественных характеристик водоресурсных благ [4–7], провоцируют дополнительные издержки водопользователей, связанные с приготовлением воды надлежащего экологического качества.

**Выводы.** Подводя итог сказанному, отметим, что имеющийся в настоящее время дисбаланс полномочий и вследствие этого управленческо-регулятивного функционала, касающегося водохозяйственной деятельности, между уровнями государственной власти и муниципальными образованиями ограничивает социально-экономическое развитие РФ. В целях повышения эффективности использования водных ресурсов авторами предлагается осуществить перераспределение полномочий в сфере отношений водопользования от РФ в пользу субъектов РФ и органов местного самоуправления. В частности, речь идет о наделении муниципалитетов правом осуществления контрольно-надзорных функций, в т. ч. в отношении федеральных и региональных водных объектов, находящихся в их административных границах. Реализация данного предложения позволит значительно повысить эффективность надзора за соблюдением природоохранного законодательства в части пресечения несанкционированных сбросов загрязненных вод в акватории водных объектов, что позволит снизить антропогенное воздействие и улучшить социо-эколого-экономическое благополучие граждан.

#### **Список использованных источников**

1 Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://constitution.ru/>, 2020.

2 Об утверждении Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ от 27 августа 2009 г. № 1235-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2069399/>, 2020.

3 Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 № 74-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_60683/](http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/), 2020.

4 Направления интенсификации использования водных ресурсов в ареале Донского водосборного бассейна / И. П. Абраменко, Л. А. Новосельская, Р. В. Ревунов, В. Н. Чумакова // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2019. – № 4. – С. 26–33.

5 Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году». – М.: Минприроды России, Кадастр, 2019. – 844 с.

6 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2017 году» / под общ. ред. В. Г. Гончарова, М. В. Фишкина. – Ростов н/Д., 2018. – 366 с.

7 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2018 году» / под общ. ред. М. В. Фишкина. – Ростов н/Д., 2019. – 370 с.

УДК 626.882

**Г. М. Сукало**

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

**А. В. Шевченко**

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

### **ДОННЫЙ ВОДОРЫБОВЫПУСК ИЗ РЫБОВОДНОГО БАССЕЙНА**

*Цель – разработка конструктивного решения и методик расчета основных параметров донного водорыбовыпуска из рыбоводного бассейна. Применяемые конструкции донных башенных водовыпусков из рыбоводных прудов отличает конструктивная и технологическая сложность, что затрудняет их использование в рыбоводных бассейнах и требует поиска новых конструктивных решений. Базу для разработки водорыбовыпусков составляют данные обследования конструкций водовыпусков из рыбоводных прудов и известные их конструктивные решения. При разработке конструкций использованы методы поискового конструирования, а при разработке методик определения их параметров – технологии ведения гидравлических расчетов. В качестве водорыбовыпускного сооружения предложено использовать известное конструктивное решение донного трубчатого водоспуска, оборудованного рыбозаградительным устройством в виде поворачивающейся рыбозаградительной решетки, перекрывающей водорыбосборный приямок, в пределах которого устраивается входной оголовок трубы водоспуска. Предложены зависимости для определения площади сетного полотна рыбозаградительной решетки и диаметра трубы водоспуска, обеспечивающих выполнение требований к пропуску расчетных расходов воды и безопасному обитанию и перемещению культивируемых в бассейне рыб. Предложено конструктивное решение донного водорыбовыпуска и расчетные зависимости для определения параметров его основных элементов, обеспечивающих выполнение требований к функционированию водорыбовыпускных сооружений, устраиваемых в составе рыбоводных бассейнов.*

*Ключевые слова: рыбоводный бассейн; водовыпуск; водоспуск; водорыбовыпускное сооружение; рыбозаградительное устройство.*

\*\*\*\*\*

**G. M. Sukalo**

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

**A. V. Shevchenko**

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

### **BOTTOM FISH WATER OUTLET FROM FISHING RESERVOIR**

*The purpose is the development of a structural solution and methods for calculating the basic parameters of the bottom fish water outlet from the fishing reservoir. The used designs of bottom tower outlets from fishing reservoirs are distinguished by constructive and technological complexity, which complicates their use in fishing ponds and requires the search for new structural solutions. The basis for the development of fish water outlets is the survey data on the design of water outlet from fishing reservoirs and their known design solutions. The search design methods were used when developing designs, and hydraulic calculation techniques were used when developing methods for determining their parameters. The well-known structural solution of the bottom pipe outlet equipped with a fish-screen in the form of a rotatable fish-screen grate that overlaps the catchment pit, within which an inlet bulkhead of the outlet pipe is proposed as a water discharge structure. Dependencies for determining the area of the fish screen grate webbing and the diameter of the outlet pipe, providing requirements for the design water discharge pass and safe living and movement of fish cultivated in the fishing reservoirs are proposed. A structural solution of a bottom water outlet and design dependencies on determining the parameters of its main elements ensuring the requirements for the functioning of fish water outlet facilities arranged as a part of fishing reservoirs are proposed.*

*Key words: fishing reservoir; water outlet; spillway; water-fishing structure; fish screen.*

**Введение.** Современная парадигма использования водных ресурсов для орошения сельскохозяйственных угодий предусматривает соблюдение требований к охране водных биоресурсов. При создании оросительных систем с забором воды из поверхностных водных объектов обеспечиваются условия для защиты и воспроизводства ихтиофауны, для чего в составе ирригационных гидроузлов и водозаборов в оросительные системы предусматривается устройство рыбохозяйственных сооружений [1–4]. В соответствии с рекомендациями В. Н. Щедрина, В. Н. Шкуры, О. А. Баева [5], в составе ирригационных водных объектов предусматривается создание рыбоводно-мелиоративных комплексов, обеспечивающих культивирование рыб в средооткрытых рыбоводных бассейнах. Одним из важнейших конструктивных элементов рыбоводных бассейнов является водорыбовыпускное сооружение (водорыбовыпуск).

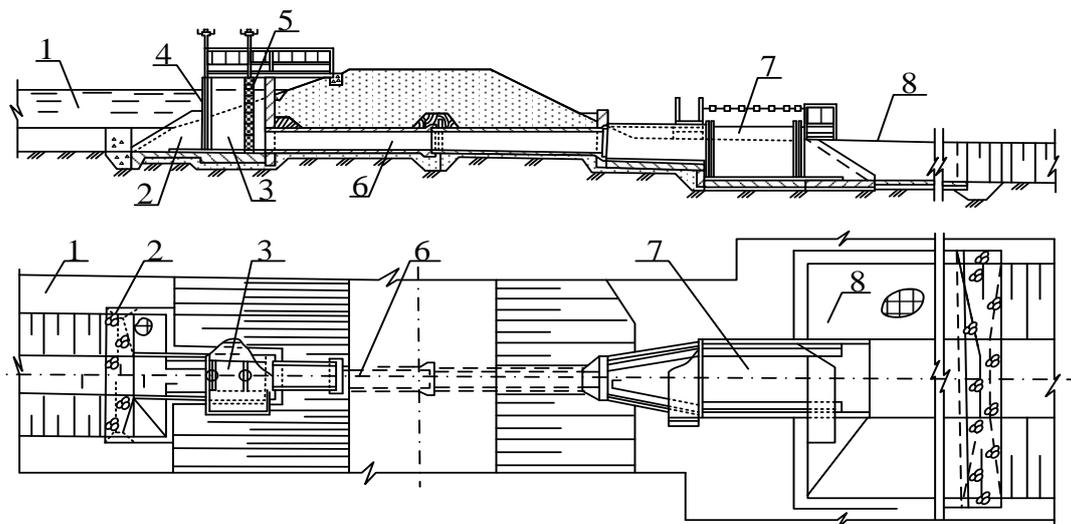
Водорыбовыпуски предназначены для сброса воды из рыбоводного водоема при обеспечении в нем необходимой проточности и водообмена или полного опорожнения рыбоводного пруда или бассейна по завершении рыбоводного процесса и выпуска выращенных рыб из рыбоводного водоема [6]. При проведении операций по пропуску воды через рыбоводные бассейны обязательными условиями их функционирования являются: предотвращение ската рыб с водным потоком при пропуске проточных расходов и на начальном этапе опорожнения рыбоводного бассейна, исключение травмирования рыб при сбросе воды, создание благоприятных условий для перемещения рыб с водным потоком при их выпуске из водоема. Водопропускные элементы сооружения должны иметь пропускную способность, обеспечивающую необходимые расходы для создания проточности и регулируемого опорожнения бассейна в определенные сроки.

В рыбоводной практике в качестве таких сооружений применяются башенные водовыпуски, пример конструктивного решения которых приведен на рисунке 1.

Несмотря на распространенность приведенной на рисунке 1 конструкции водорыбовыпуска, она не лишена недостатков в части: сложности управления сбросом воды, регулирования выпуска рыб и обеспечения безопасных условий для их нахождения у входа в сооружение при опорожении рыбоводного бассейна, что предопределяет необходимость разработки новых конструктивных решений водорыбовыпускных сооружений.

**Материалы и методы.** Эмпирическую основу для разработки конструкции водорыбовыпуска составили материалы обследования применяемых сооружений и анализа их

конструктивных решений. При разработке конструкций использованы методы поискового конструирования. При выводе расчетных зависимостей использованы методологические подходы к гидравлическим расчетам напорных водопропускных устройств.



1 – рыбоводный пруд; 2 – оголовок водорыбовыпуска; 3 – башня водорыбовыпуска; 4 – рыбозаградительная решетка; 5 – затвор водорыбовыпуска; 6 – труба водорыбовыпуска; 7 – рыбоуловитель; 8 – водоотводящий канал

**Рисунок 1 – Конструктивное решение башенного водорыбовыпуска по Типовому проекту 820-62/74 [7]**

**Результаты и обсуждение.** В гидротехнической практике наряду с башенными конструкциями водовыпусков используются донные водоспуски. Известные конструкции донных водоспусков могут быть применены в качестве водорыбовыпускных сооружений при внесении определенных конструктивных элементов и изменений в их конструктивные решения. Адаптирование трубчатых донных водоспусков к выполнению ими функций водорыбовыпусков может быть обеспечено при их дооборудовании рыбозаградительным устройством, а размеры и конструктивное решение сооружения должны соответствовать требованиям безопасности для рыб и обеспечения соответствующего рыбоводным требованиям режима сброса воды (рисунок 2).

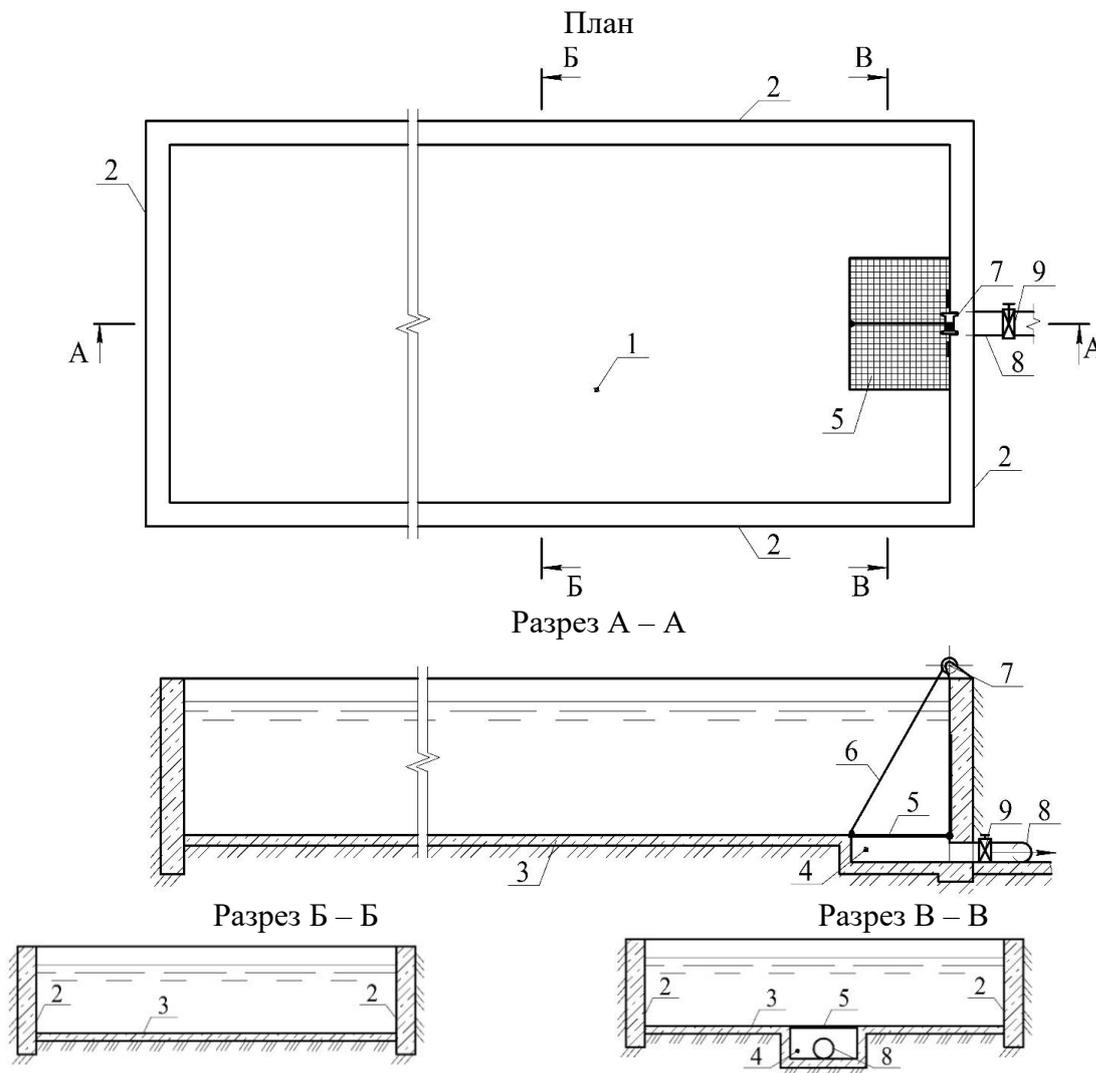
В предлагаемой конструкции отсутствует башня управления, вертикально устанавливаемая рыбозаградительная решетка, плоский и (или) шандорный(ые) затворы, заменяемые поворотной конструкцией рыбозаградительного устройства и задвижкой.

Функционирование водорыбовыпуска предусматривает два рабочих режима: 1) пропуск проточных расходов и расходов воды первоначального этапа опорожнения бассейна; 2) полное опорожнение рыбоводного бассейна с выпуском из него рыб.

При реализации первого рабочего режима рыбозаградительная решетка находится в опущенном горизонтальном положении, исключающем попадание рыб в водорыбосборный приямок. Задвижка трубы открыта на пропуск расчетного проточного или водоспускного расхода. При этом пропуск расходов, обеспечивающих проточность, осуществляется при полностью заполненном водой бассейне – при постоянном уровне воды и максимальном перепаде уровней на водоспуске. Пропуск воды при частичном опорожнении бассейна осуществляется при переменном уровне воды в нем – от уровня полного наполнения до уровня, соответствующего половине глубины акватории. В этом случае возможно регулирование сброса воды открытием задвижки на трубе водоспуска.

При втором рабочем режиме рыбозаградительная решетка поднимается в крайнее верхнее положение, что предусматривает попадание (скат) рыб в водорыбосборный приямок и последующее их перемещение с водным потоком по трубе водорыбовыпуска

в водорыбоприемник (рыбоуловитель). Режим предусматривает полное открытие задвижки на трубе водоспуска, что исключит травмирование рыб и обеспечит оперативное опорожнение рыбоводного бассейна и выпуск рыб в определенный временной период.



1 – рыбоводный бассейн; 2 – устои бассейна; 3 – днище бассейна; 4 – водорыбосборный приямок; 5 – рыбозаградительная решетка; 6 – тяговый трос лебедки; 7 – лебедка; 8 – труба водорыбовыпуска; 9 – задвижка

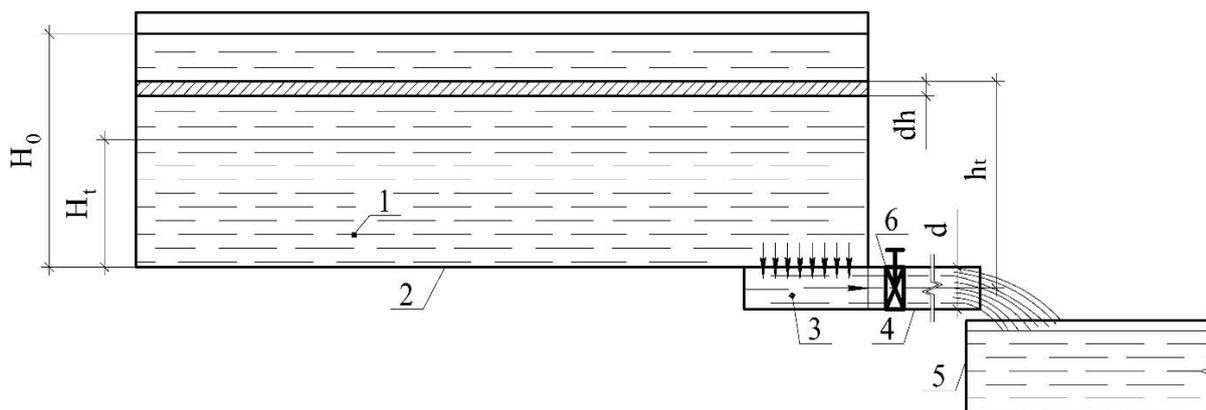
### Рисунок 2 – Конструктивная схема донного трубчатого водорыбовыпуска из рыбоводного бассейна

При конструировании водорыбоспуска решаются две основных задачи по определению размеров сетного полотна рыбозаградительной решетки и диаметра его трубы.

Размеры внутренней полости трубы донного водоспуска определяются по условию соответствия ее водопрпускной способности подлежащему пропуску сбрасываемых расходов воды при обеспечении водообмена (проточности) и при опорожнении рыбоводного бассейна. Опыт использования водорыбоспусков показывает, что лимитирующим условием для расчета размеров трубы является режим опорожнения бассейна, которое должно быть осуществлено в определенные рыбоводным обоснованием сроки.

В гидравлическом отношении процесс выпуска воды из рыбоводного бассейна через донную водовыпускную трубу соответствует режиму неустановившегося напорного движения жидкости из водоема с выпуском воды в атмосферу при переменном напоре – непрерывном во времени изменении гидравлических характеристик процесса

(напора, скорости течения и расхода). Расчетная гидравлическая схема протекания водного потока через трубчатый водорыбовыпуск проиллюстрирована рисунком 3.



- 1 – рыбоводный бассейн; 2 – днище рыбоводного бассейна; 3 – водорыбосборник (водорыбонакопительный приямок); 4 – труба донного водорыбовыпуска; 5 – водорыбоприемник (рыбоуловитель); 6 – затвор (задвижка) трубы водорыбовыпуска

**Рисунок 3 – Расчетная схема протекания водного потока из рыбоводного бассейна через трубу донного водорыбовыпуска**

В соответствии с расчетной схемой имеем: бассейн призматической формы протяженностью  $L_6$ , м, шириной  $B_6$ , м, с площадью акваториальной поверхности  $\omega_6 = L_6 \cdot B_6$ , м<sup>2</sup>; при средней глубине бассейна  $H_0$ , м, объем воды в бассейне составит:  $W_6 = \omega_6 \cdot H_0$ , м<sup>3</sup>; водорыбосборный приямок шириной  $b_{пр}$ , м, длиной  $l_{пр}$ , м, и глубиной  $h_{пр}$ , м; трубу водоспуска с внутренним диаметром  $d_{тр}$  и с площадью поперечного сечения  $\omega_{тр} = 0,785d_{тр}^2$ , м<sup>2</sup>.

Для описания процесса вытекания воды из рыбоводного бассейна через трубу, работающую в напорном режиме, принимаются: величина элементарного слоя сливающейся воды  $dh$ , м, за период времени  $dt$ , с; величина изменяющегося во времени напора  $h_t$ , м, от полной глубины в бассейне  $H_0$ , м, до текущего ее значения  $H_t$ , м, и до нуля.

Принимая расчетную зависимость для определения величины вытекающего расхода  $Q_t$ , м<sup>3</sup>/с, за временной период  $t$ , с, в виде  $Q_t = \mu \omega_6 \sqrt{2gh_t}$ , а для объема вытекающей воды в виде  $W_t = \omega_6 dh_t$ , м<sup>3</sup>, получаем дифференциальное уравнение для определения продолжительности периода  $dt$  выпуска этого объема воды из бассейна в виде:

$$dt = (\omega_6 \cdot dh_t) / (\mu \omega_{тр} \sqrt{2gh_t}). \quad (1)$$

Интегрируя дифференциальное уравнение (1) в пределах от  $H_0$ , м, до  $H_t$ , м, получаем:

$$t = \frac{2\omega_6 \cdot (\sqrt{H_0} - \sqrt{H_t})}{\mu \omega_{тр} \sqrt{2g}},$$

где  $\mu = \left(1 + \sum \xi + \frac{\lambda L_{тр}}{d_{тр}}\right)^{-0,5}$  – коэффициент расхода для донного водорыбоспуска;

$\sum \xi$  – сумма коэффициентов местного сопротивления, определяемых по рекомендациям А. Д. Альтшуля и др. [8];

$\lambda$  – коэффициент сопротивления трубопровода по длине, принимаемый по рекомендациям А. Д. Альтшуля и др. [8];

$L_{\text{тр}}$  – протяженность трубы донного водорыбовыпуска из рыбоводного бассейна, м.

При  $H_i = 0$  м, т. е. при полном опорожнении рыбоводного бассейна, получаем:

$$t = \frac{2\omega_6\sqrt{H_0}}{\mu\omega_{\text{тр}}\sqrt{2g}}.$$

Исходя из обеспечения определенного рыбоводными требованиями значения продолжительности периода выпуска рыб из рыбоводного бассейна  $t$ , с, необходимая площадь внутреннего сечения трубы донного водорыбовыпуска составит:

$$\omega_{\text{тр}} = \frac{2\omega_6\sqrt{H_0}}{\mu t\sqrt{2g}}.$$

Для трубы круглого сечения внутренний диаметр составит:  $d_{\text{тр}} = (\omega_{\text{тр}} / 0,785)^{0,5}$ , м.

При необходимости и соответствующем обосновании в составе рыбоводных бассейнов могут устраиваться одно-, двух- и трехниточные донные водорыбовыпуски.

Размеры сетного полотна рыбозаградительной решетки определяются по условию обеспечения неперевышения скорости втекания воды ( $V_{\text{вт}}$ , м/с) в водорыбосборный приемок сносящих скоростей ( $V_{\text{сн}}$ , м/с) для культивируемых рыб. При этом скважность и размеры ячеек сетного полотна увязываются с размерами культивируемых в рыбоводном бассейне рыб.

В зависимости от размера рыб сетное полотно на разных этапах их культивирования может меняться. Для принятых размеров ячеек сетного полотна необходимая его площадь  $\omega_{\text{с/п}}$ , м<sup>2</sup>, по условию  $v_{\text{вт}} = 0,75v_{\text{сн}}$ , м/с, определяется для критического случая при максимальном расходе донного водоспуска с использованием соотношения:

$$\omega_{\text{с/п}} = \frac{\mu\omega_{\text{тр}}\sqrt{2gH_0}}{0,75v_{\text{сн}} \cdot \alpha_{\text{ск}}},$$

где  $\alpha_{\text{ск}}$  – коэффициент скважности полотна рыбозаградительной решетки.

В процессе функционирования водорыбоспуска будет иметь место засорение сетного полотна взвесями различного вида и происхождения, можно использовать промывные устройства [9, 10] для его периодической очистки или его периодическую замену при подъеме рыбозаградительной решетки в крайнее верхнее положение.

### Выводы

1 Предложена конструкция донного водорыбовыпуска из рыбоводного бассейна на базе трубчатого водовыпуска, адаптированного к условиям его использования в качестве водорыбовыпускного сооружения.

2 Предложены методики определения размеров трубы и рыбозаградительного устройства донного водорыбовыпуска из рыбоводного бассейна.

### Список использованных источников

1 Шкура, В. Н. Рыбопропускные сооружения низконапорных гидроузлов / В. Н. Шкура. – Новочеркасск: НИМИ, 1979. – 99 с.

2 Пат. 1703782 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбопропускное сооружение / Шкура В. Н., Чистяков А. А., Шелестова Н. А.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 1625941; заявл. 16.01.89; опубл. 07.01.92, Бюл. № 1. – 4 с.: ил.

3 Пат. 1625941 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбопропускное сооружение / Шкура В. Н., Чистяков А. А., Шелестова Н. А.; заявитель и патентообладатель Новочеркас.

инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4486121; заявл. 23.09.88; опубл. 07.02.91, Бюл. № 5. – 2 с.: ил.

4 Пат. 1599468 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбопропускное сооружение / Шкура В. Н., Чистяков А. А., Черкасов В. А., Фоменко В. А., Анохин А. М.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4393333; заявл. 16.03.88; опубл. 15.10.90, Бюл. № 38. – 7 с.: ил.

5 Щедрин, В. Н. Рыбоводный комплекс на базе оросительного канала и малой реки / В. Н. Щедрин, В. Н. Шкура, О. А. Баев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 38–43.

6 Колганов, А. В. Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора: терминологический словарь. В 2 ч. (А – Я). Ч. 1 (А – Н) / А. В. Колганов, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 422 с.

7 Типовой проект 820-62/74. Донные водоспуски из сборного железобетона на расход 0,2–2 м<sup>3</sup>/с и напоры 2–3 м с камерой облова. – М.: Гидрорыбпроект, 1975. – 85 с.

8 Справочник по гидравлическим расчетам / А. Д. Альтшуль [и др.]; под ред. П. Г. Киселева. – Изд. 5-е. – М.: Энергия, 1974. – 312 с.

9 Пат. 1493730 СССР, МПК Е 02 В 8/08, 9/04. Устройство для промывки сетчатого полотна рыбозащитного сооружения / Герман Г. М., Шкура В. Н., Михеев П. А., Чистяков А. А., Ефремкина Л. В.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4300009; заявл. 24.08.87; опубл. 15.07.89, Бюл. № 26. – 3 с.: ил.

10 Пат. 1629384 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Устройство для промывки сетчатого полотна рыбозащитного сооружения / Герман Г. М., Чистяков А. А., Шкура В. Н., Реусов М. П., Волошков В. М.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4654844; заявл. 10.01.89; опубл. 23.02.91, Бюл. № 7. – 3 с.: ил.

УДК 626/627:519.252

**А. Н. Рыжаков, А. А. Кузьмичёв, Д. В. Мартынов**

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

### **ПОДГОТОВКА БАЗЫ ДАННЫХ «ПАСПОРТИЗАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ» ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

*В статье представлены результаты работ по подготовке функциональных элементов геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» для использования в разработке имитационной водохозяйственной модели распределения водных ресурсов. Для эффективного внедрения такой геоинформационной базы данных в структуру мероприятий по паспортизации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений, несмотря на открывающиеся возможности систематизации и анализа данных, наряду с должной проработкой и изменением нормативной базы, необходимы значительные инвестиции. Расширение функционала геоинформационной базы данных позволит увеличить область ее применения, а значит и повысить экономический эффект от ее использования. В результате работ в рамках научных исследований, посвященных анализу дефицита водных ресурсов европейской территории России, элементы геоинформационной базы данных были значительно дополнены и теперь включают сооружения как водохозяйственной системы Донского магистрального канала, так и четырех магистральных каналов – Нижне-Донского, Багаевского, Верхне-Сальского и Пролетарского. Созданные объекты геоинформационной системы являются основой для имитационной водохозяй-*

*ственной модели использования водных ресурсов Ростовской области, созданной с помощью программного обеспечения для моделирования гидрологических процессов MIKE, работающего в среде геоинформационных систем.*

*Ключевые слова: геоинформационная база данных; мелиоративные системы; цифровая мелиорация; дефицит водных ресурсов; имитационная водохозяйственная модель; моделирование гидрологических процессов.*

\*\*\*\*\*

**A. N. Ryzhakov, A. A. Kuzmichev, D. V. Martynov**

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

### **“CERTIFICATION OF RECLAMATION SYSTEMS AND HYDRAULIC STRUCTURES” DATABASE PROVISIONING FOR CREATING A WATER MANAGEMENT MODEL OF WATER RESOURCES DISTRIBUTION**

*The results of preparation of functional elements of geo-information database “Certification of Reclamation Systems and Hydraulic Structures” for using in the development of a simulation water management model for water resources distribution are presented. The significant investments for the effective implementation of such a geo-information database in the structure of measures for certification of reclamation systems and hydraulic structures, despite the opportunities for systematization and data analysis, along with proper studies and changes in the regulatory framework are required. The expansion of the functional of the geo-information database will increase the scope of its application, and therefore enhance the economic impact of its use. As a result of work, in the framework of scientific research devoted to the analysis of water resources shortage in the European territory of Russia, the elements of the geo-information database were significantly completed and now include the structures of both the water management system of the Don main canal and four main canals – the Nizhne-Donskoy and the Bagaevsky, the Verkhne-Salsky and the Proletarian ones. The created objects of the geo-information system are the basis for a simulation water management model for water resources use in Rostov Region, which are made using the software for modeling hydrological processes MIKE, operating under geo-information systems environment.*

*Key words: geographical information database; reclamation systems; digital reclamation; water scarcity; simulation water management model; hydrological process modeling.*

**Введение.** В рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства РФ 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», включающий в себя сведения о ряде мелиоративных объектов Донского магистрального канала (ДМК) и Пролетарской ветви ДМК. Целью данной работы было совершенствование способов сбора, накопления, хранения и анализа сведений о мелиоративных объектах, собираемых в ходе мероприятий по паспортизации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений, проводимых согласно Приказу Минсельхоза от 22 октября 2012 г. № 559 [1], с использованием современных технологических средств геоинформационных систем (ГИС) в соответствии с развитием направления цифровой экономики [2]. Использование современных технологических средств для создания ГБД в области сельского хозяйства и управления ими является одним из аспектов создания информационной системы «Цифровая мелиорация» [3].

Однако для эффективного внедрения данной ГБД в структуру мероприятий по паспортизации, несмотря на открывающиеся возможности систематизации и анализа данных, как уже указывалось ранее [4, 5], наряду с должной проработкой и изменением

нормативной базы необходимы значительные инвестиции. Расширение функционала ГБД позволит увеличить область ее применения, а значит и повысит экономический эффект от ее использования.

Согласно тематическому плану проведения прикладных научных исследований по государственному заданию Министерства сельского хозяйства РФ в 2020 г. специалистам ФГБНУ «РосНИИПМ» в рамках научно-исследовательской работы необходимо провести анализ дефицита водных ресурсов европейской территории России и разработать сценарные модели развития орошаемого земледелия с учетом наличия свободных водных ресурсов. Поставленные задачи можно решить с помощью моделирования сценариев развития орошаемого земледелия посредством создания имитационной водохозяйственной модели использования водных ресурсов на примере Ростовской области. Универсальной математической модели водохозяйственных систем (ВХС), которая учитывала бы все многообразие их особенностей, не существует. Поэтому для каждой конкретной ВХС разрабатывают специальную математическую модель, позволяющую выбрать ее параметры и провести анализ ее функционирования в условиях разной водности и водопотребления [6]. В настоящее время самым эффективным программным обеспечением для моделирования гидрологических процессов является программный комплекс МИКЕ, работающий в среде ГИС [7]. Таким образом, разработанную ранее ГБД «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» можно использовать в качестве исходной информации для создания имитационной модели.

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследования выбраны ВХС бассейна р. Дон с созданным в 1952 г. Цимлянским водохранилищем. ДМК начинается от НБ Цимлянского водохранилища и проходит по левобережной, второй надпойменной террасе р. Дон. Общая длина ДМК составляет 112 км. Из ДМК подается вода на орошение в четыре магистральных канала – Нижне-Донской, Багаевский, Верхне-Сальский и Пролетарский [8] (рисунок 1).

Разработка элементов ГБД для выбранных объектов исследований осуществлялась на основе созданной ГБД «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений». В качестве основных программных средств создания ГБД использовались:

- ГИС ПО ArcGIS Desktop версии 10.4.1;
- программа для работы с электронными таблицами Microsoft Office Excel.

В результате сбора и обработки информации об использовании водных ресурсов выбранных объектов исследований прототип функциональных элементов ГБД был существенно дополнен как новыми объектами (сооружениями), так и перечнем атрибутивных блоков информации.

#### **Результаты и обсуждение.**

Основными элементами разработанной ГБД являются:

- элементы векторного изображения: точка, линия, полигон;
- элементы растрового изображения (космоснимки);
- таблицы атрибутивных данных, характеризующих свойства объектов (в неразрывной связи с векторными объектами).

В структуре ГБД элементы векторной информации имеют следующий вид:

- линии. Линейными объектами в ГБД представлены каналы, трубопроводы, дренажи, коллекторы, тоннели, реки и прочие подобные объекты;
- точки или маркеры. Точечными объектами в ГБД представлены следующие гидротехнические сооружения: перегораживающие сооружения, водовыпуски, а также прочие сооружения, здания, устройства или иные объекты;
- полигоны. Полигональными объектами представлены административные границы районов и населенных пунктов, водоемы, границы хозяйств и поля.

Элементы растровой информации в ГБД представлены в виде космоснимков и топографических карт, являющихся подложками.



При формировании состава атрибутивной таблицы объектов ГБД в качестве основы использовалась структура исходных данных ГБД «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» [4]. Был расширен блок «Прочие технические характеристики» – были добавлены следующие столбцы:

- нормальная пропускная способность, м<sup>3</sup>/с;
- отметка входа водопроводящего сооружения, м, Балтийская система высот (БСВ);
- нормальный уровень воды, м, БСВ;
- максимальный уровень воды в ВБ, м, БСВ;
- максимальный уровень воды в НБ, м, БСВ.

Таким образом, ГБД, представленная на рисунке 1, имеет в своем составе следующее:

- 1) группу векторных объектов «Линии», «Точки» и «Полигоны»;
- 2) данные из открытых источников, включающие границы районов (Районы\_ОС), границы населенных пунктов (НП\_ОС), полигоны водоемов (Водоемы\_ОС) и линии водотоков (Водотоки\_ОС);
- 3) группу растровых объектов в виде космоснимков и топокарт из открытых источников, включающих космоснимки компаний «Яндекс», Google и Bing, а также топографические карты («Маршруты.ру»).

Основой водохозяйственной модели будут являться ось ДМК, включая Пролетарскую ветвь, и точки водовыделов (рисунок 2). В созданной ГБД приведено 85 линейных сооружений и 79 водопропускных сооружений. В составе ДМК включено 53 линейных сооружения, в т. ч. четыре участка ДМК, три тоннеля, 38 отводящих каналов, одна дренажная сеть, семь магистральных каналов, а также 39 водопропускных сооружений, в т. ч. восемь головных сооружений, два портала тоннелей, одно рыбозащитное сооружение, три катастрофических сброса, 23 водовыпуска, одно перегораживающее сооружение и один дюкер через р. Сал. В составе Пролетарской оросительной сети – 32 линейных сооружения, в т. ч. один начальный участок Пролетарской ветви ДМК, два распределительных канала, 24 отводящих канала, два катастрофических сброса и три ливнепровода; 40 водопропускных сооружений, в т. ч. 34 водовыпуска, два катастрофических сброса, один выпуск на водоснабжение, два перегораживающих сооружения и один быстроток.

Непосредственной основой для имитационной водохозяйственной модели является пространственная информация объектов ДМК (местоположение и конфигурация), а также следующая атрибутивная информация блока «Характеристика мелиоративной системы или гидротехнического сооружения», включающая в себя уточненные гидрологические и гидрогеологические параметры: способ водоподачи (отведения), протяженность (км), диаметр (м), количество (шт.), максимальный расход (м<sup>3</sup>/с), материал, нормальная пропускная способность (м<sup>3</sup>/с), отметка входа водопроводящего сооружения (м, БСВ), нормальный уровень воды (м, БСВ), максимальный уровень воды в ВБ (м, БСВ), максимальный уровень воды в НБ (м, БСВ).

**Выводы.** Разработанные на данном этапе научно-исследовательской работы функциональные элементы геоинформационной базы данных являются исходной информацией для дальнейшего моделирования. Следующим этапом научно-исследовательской работы будет разработка имитационной водохозяйственной модели, на основе которой будет выполнен анализ основных характеристик элементов водного баланса объектов исследований. Сценарные модели развития орошаемого земледелия на примере Ростовской области разрабатываются с целью оценки количества свободных водных ресурсов при различных условиях водности водных объектов и определения потребности в водных ресурсах для увеличения площади мелиорируемых земель в перспективе.



Рисунок 2 – Основные группы объектов геопространственной базы данных

**Список использованных источников**

1 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 Минсельхоза России от 22 октября 2012 г. № 559 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_145827](http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_145827), 2020.

2 О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/bank/43027>, 2020.

3 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.

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

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

6 Моделирование процессов функционирования водохозяйственных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru-ecology.info/post/103683003020021/>, 2020.

7 Официальный сайт производителя программных комплексов MIKE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mikepoweredbydhi.com/>, 2020.

8 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.

## МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

---

---

УДК 626.82:626.86.004

**А. Л. Кожанов**

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

### **К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА НАКОПИТЕЛЕЙ ДРЕНАЖНОГО СТОКА НА ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

*Целью исследований являлся обзор существующих методов определения объема накопителей дренажного стока на осушительно-увлажнительных системах для дальнейшего совершенствования методики расчета при проектировании накопителей в составе данных систем. Возможность использования дренажного стока для увлажнения осушенных земель зависит от качества воды, в которой должны отсутствовать токсичные соли и агрохимикаты. Такими качествами может обладать сток, который сформировался при откачке подземных вод вертикальным дренажем, но все равно в таких водах могут присутствовать пестициды, попадающие из грунта вместе с инфильтрационными водами. Сток, получаемый с применением горизонтального дренажа, устроенного на засоленных почвах, имеет высокую минерализацию, и его необходимо либо очищать от солей, либо разбавлять слабоминерализованной водой из дополнительных водоисточников и только после этого использовать при увлажнении осушенных земель. Поэтому при определении объемов накопителей необходимо учитывать данный объем воды. В составляющие полного объема накопителей дренажного стока включаются объем водоподачи для увлажнения сельскохозяйственных культур, потери на фильтрацию и испарение, мертвый объем, объем, необходимый для пропитки ложа накопителя, потери на различные просачивания через затворы, в определенных случаях необходимо предусматривать резерв для пожаротушения и др., а также объем санитарных попусков.*

*Ключевые слова:* осушительно-увлажнительная система; накопитель; дренажный сток; оросительная вода; метод.

\*\*\*\*\*

**A. L. Kozhanov**

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

### **ON ISSUE OF DETERMINING STORAGE CAPACITY OF DRAINAGE FLOW ON DRAINAGE-IRRIGATION SYSTEMS**

*The aim of the research was to review the existing methods for determining the storage capacity of drainage flow in drainage and irrigation systems for further improvement of the calculation method for designing storage as part of these systems. The possibility of using drainage flow to moisten the reclaimed lands depends on the quality of water without toxic salts and agrochemicals. Such qualities may be possessed by the runoff formed during the pumping of groundwater by vertical drainage, there can be pesticides entering the flow from soil along with infiltration waters. The flow obtained using horizontal drainage on saline soils has a high salinity and must be either cleaned of salts or diluted with low-mineralized water from additional water sources and only then used for moistening the drained lands. Therefore, it is necessary to take into account this water volume while determining the storage ca-*

*capacity. The components of the total drainage flow storage capacity include the water supply capacity for humidifying agricultural crops, filtration and evaporation losses, dead storage capacity, the volume necessary for wetting the storage bed, losses due to various seepage through the gates, in certain cases it is necessary to provide reserve for fire fighting, etc., as well as the regulating releases capacity.*

*Key words: drainage and irrigation system; storage pond; drainage flow; irrigation water; method.*

**Введение.** В последнее время одной из первостепенных проблем мелиорации становится осушение земель, но все чаще из-за изменения климата требуется и увлажнение осушенных земель. В связи с этим необходимо восстанавливать и строить современные осушительно-увлажнительные системы [1–5].

Осушительные мелиорации как в России, так и в бывших советских республиках существуют уже более 100 лет, еще с осушения Полесья, Мещерской низменности, Барабинской низменности Западной Сибири генералом И. И. Жилинским. За этот период было достигнуто значительное понижение УГВ, что в свою очередь привело к негативным последствиям. В последнее время на большинстве осушительно-увлажнительных систем в засушливые периоды при регулировании увлажнения за счет шлюзования и поднятия УГВ не достигается нужных уровней из-за недостатка грунтовой воды, при этом весь весенний сток сбрасывается в водоприемники. Также проведенный анализ действующих в настоящее время осушительно-увлажнительных систем в РФ показал, что при осушении в большинстве случаев дренажный сток бесполезно отводится в водоприемники, такие как реки, озера, балки и др. [6].

Все это говорит о необходимости более рационального использования и распределения водных ресурсов на осушительно-увлажнительных системах с разработкой новых конструктивных решений таких систем, повторно использующих накапливаемый дренажный сток в засушливые летние периоды для увлажнения осушенного участка (так называемые водооборотные системы). В их составе обязательно должны присутствовать накопители дренажного стока в виде прудов-накопителей, каналов-накопителей, водохранилищ, водоемов сезонного или многолетнего регулирования.

Определение геометрических параметров (размеров) таких накопителей дренажного стока является одной из задач при проектировании водооборотных осушительно-увлажнительных систем. Геометрические параметры и количество накопителей зависят не только от объема дренажного стока, но и от других факторов, например оросительной нормы, необходимости дополнительного разбавления дренажного стока, резерва для пожаротушения и др. Для этого необходима методика расчета объема накопителей дренажного стока, которая бы учитывала все возможные факторы. Проведенный поиск не выявил наличия такой методики. Это обстоятельство и определило цель работы, заключающуюся в обзоре существующих методик определения объема накопителей дренажного стока, предложенных различными авторами. Дальнейшее обобщение позволит разработать единую методику определения объема накопителей дренажного стока на осушительно-увлажнительных системах, учитывающую по возможности все факторы.

**Материалы и методы.** В ходе проведения научного обзора в области определения объема накопителей дренажного стока использовались аналитический, логический, системный и сравнительный методы научного исследования. Базу научного исследования составили научные работы таких ученых, как А. И. Голованов, Л. В. Кирейчева, И. В. Глазунова, Б. С. Маслов, Е. П. Панов, Е. И. Кормыш, И. В. Минаев, В. Ф. Шебеко, Ц. Н. Шкиннис, В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, П. И. Пыленок, О. Г. Савичев, В. В. Крамаренко, С. Ю. Краснощеков, Н. Г. Наливайко и др.

**Результаты и обсуждение.** А. И. Голованов в своих работах высказывал мнение, что использование дренажного стока для увлажнения осушенных земель зависит от качества воды. Дренажный сток накапливать и повторно использовать для увлажне-

ния можно, но только при отсутствии в стоке токсичных солей и агрохимикатов [7–10]. Так, по его мнению, данными качествами обладает сток, который формировался при откачке подземных вод вертикальным дренажем и обладает удобрительной ценностью, но все равно в таких водах могли присутствовать пестициды, попадающие из грунта вместе с инфильтрационными водами. Сток, получаемый с применением горизонтального дренажа, устроенного на засоленных почвах, имеет высокую минерализацию, и его необходимо либо очищать от солей, либо разбавлять слабоминерализованной водой из дополнительных водоисточников и только после этого использовать при увлажнении осушенных земель.

Такого же мнения придерживаются Л. В. Кирейчива и И. В. Глазунова [11], которые в своей работе отмечали, что в замкнутых водооборотных системах одними из важных элементов являются узлы по обессоливанию и очистке дренажного стока, а также накопители стока, которые могут быть реализованы емкостями или различными бассейнами регулирования. В зависимости от объема дренажного стока и его минерализации, от которой зависит необходимый дополнительный объем слабоминерализованной воды для разбавления, по их мнению, на водооборотных системах проектируются либо небольшие накопительные емкости, либо бассейны регулирования (сезонного, многолетнего). Данные мероприятия, по их высказываниям, улучшают водный режим осушаемого массива, экологическую обстановку и сохраняют водные ресурсы.

Отношение объема слабоминерализованной воды из водоисточника к дренажной (Д) для разбавления рассчитывается по следующей зависимости:

$$D = \frac{C_{др} - C_3}{C_3 - C_{пр}},$$

где  $C_{др}$  – минерализация воды дренажного стока, г/л;

$C_3$  – минерализация воды, необходимая для увлажнения вследствие разбавления, г/л;

$C_{пр}$  – минерализация воды водоисточника для разбавления, г/л.

Для слабоминерализованной воды дренажного стока (менее 3 г/л) одним из способов очистки является применение природных или модифицированных сорбентов. При минерализации дренажного стока более 3 г/л в накопителях необходимо создавать технологические узлы по очистке и кондиционированию воды и только после этого их можно повторно использовать для увлажнения осушенных земель [12].

В связи с тем, что при испарении повышается минерализация стока, а также для снижения объема накопителей и уменьшения фильтрации накопители желательнее проектировать закрытыми с применением защитных противofильтрационных покрытий. Накопитель необходимо также проектировать двухсекционным, с переливной перегородкой, реализованной в виде съемных модулей из сорбентов по габионному типу, либо с засыпкой гранулированным сорбентом [13].

Полный объем накопителя дренажного стока включает в себя полезный объем плюс объем, необходимый для предотвращения эвтрофирования накопителя при зарастании водной растительностью, также он должен учитывать объем слабоминерализованной воды, необходимый для добавления, в т. ч. И мертвый объем.

Согласно взглядам В. Н. Щедрина и др. для расчета емкости аккумулирующего накопителя дренажного стока, необходимого для увлажнения, следует по гидромодулю установить суточную норму водоподачи [13, 14] на площадь увлажнения  $Q$ , м<sup>3</sup>, которая рассчитывается по зависимости:

$$Q = 3,6 \cdot q \cdot t \cdot S,$$

где  $q$  – ордината расчетного гидромодуля, л/(с·га);

$t$  – продолжительность водоподачи, ч;

$S$  – площадь увлажнения нетто, га.

Рабочую емкость накопителя  $W_p$ ,  $m^3$ , находят по следующей зависимости:

$$W_p = Q \cdot t_0,$$

где  $t_0$  – необходимое количество запасо-дней воды, сут.

Объем воды, применяемый для увлажнения осушенного массива, или так называемый полезный объем воды,  $W_{п}$ ,  $m^3$ , находят по зависимости:

$$W_{п} = W_p - (E + f),$$

где  $E$  – испарение с поверхности накопителя,  $m^3$ ;

$f$  – потери на фильтрацию в накопителе,  $m^3$ .

Для приближенных расчетов можно воспользоваться формулой:

$$W_{п} = W_p \cdot \eta,$$

где  $\eta$  – коэффициент полезного действия накопителя.

Мертвый объем  $W_{мо}$ ,  $m^3$ , определяется в зависимости от срока заиления, при самотечной подаче воды на увлажнение – в зависимости от соблюдения командования и санитарно-гигиенических требований по формуле:

$$W_{мо} = \frac{V_c \cdot \rho}{1000 \cdot \gamma} \cdot T,$$

где  $V_c$  – среднегодовой объем дренажного стока,  $m^3$ ;

$\rho$  – мутность воды,  $кг/м^3$ ;

$\gamma$  – объемная масса наносов,  $т/м^3$ ;

$T$  – заданный срок службы, лет.

Полный объем накопителя  $W$ ,  $m^3$ , определяется по зависимости:

$$W = W_p + W_{мо}.$$

В случае большого объема накопителя принимают решение об устройстве нескольких накопителей, при этом общий объем распределяют на их количество, можно использовать технические решения по расположению данных накопителей [15, 16].

По высказываниям таких ученых, как Б. С. Маслов, Е. П. Панов, Е. И. Кормыш, А. И. Голованов, И. В. Минаев, В. Ф. Шебеко, Ц. Н. Шкиннис и др. [17], при определении объема накопителей (водохранилищ) на осушительно-увлажнительных системах в расчетах используется дренажный сток лишь в границах одного гидрологического года, так называемое сезонное регулирование. При этом водопотребление надлежит назначать так, чтобы оно не превышало объем дренажного стока самого маловодного года или хотя бы стока расчетного года, другими словами, годового стока 95% и 75% обеспеченности.

Согласно мнению вышеприведенных ученых при проведении водохозяйственных расчетов определяют:

- расчетный годовой график притока (при наличии длительного периода наблюдений используется метод реальных лет, а при его отсутствии – метод аналогии с использованием материалов коротких наблюдений);

- объем воды, необходимый для проведения пропитки ложа накопителя в период его наполнения,  $W_1$  (тыс.  $m^3$ );

- объем водопотребления, необходимый для увлажнения, по месяцам  $R$  (тыс.  $m^3$ );

- объем воды, необходимый для восполнения оттока воды из накопителя на испарение  $E$ , фильтрацию и просачивание через затворы водосбросного сооружения,  $U$  (тыс.  $m^3$ );

- объем воды, необходимый для санитарных попусков (устанавливается не ниже минимальных среднемесячных расходов маловодного года с повторяемостью один раз в 20 лет или в объеме 75% годового стока 95% обеспеченности) [18–20].

Представленные выше данные и их распределение в течение расчетного года по месяцам позволяют определить полезный объем накопителя дренажного стока. В этом случае может быть два варианта водохозяйственных расчетов:

- прямая задача, заключающаяся в обосновании объемов дренажной воды, необходимой для водопотребления, с фиксированной отметкой НПУ;
- обратная задача, заключающаяся в определении полезного объема по известным кривым притока и потребления.

По первому варианту рассчитывают уровень мертвого объема с определением значения мертвого объема и только после этого рассчитывают полезный объем накопителя дренажного стока до НПУ. Отметку НПУ принимают в соответствии с топографической характеристикой территории, зонами мелководья и подтопления, а также наличием населенных пунктов. Величину мертвого объема  $W_{\text{мо}}$  определяют с помощью расчетов на заиливание, с учетом санитарно-технических требований и из других водохозяйственных соображений [14, 17, 18].

За начало расчетного года принимается момент начала половодья, точнее сказать, момент, когда приток начинает превышать потребление. Далее вычисляют объем стока и потребления по интервалам (месяцам), вычитанием рассчитывают объем избытка или недостатка за месяц, далее суммированием определяют объемы за целый период.

По второму варианту расчета полезный объем накопителя дренажного стока устанавливается наличием суммарных кривых притока и потребления [14, 18].

На осушительно-увлажнительных системах с применением технологии гидро-мелиоративной рециркуляции, по высказываниям П. И. Пыленка [21, 22], когда предусматривается неоднократное применение дренажного стока с целью увлажнения осушенных земель, необходимо также задействовать дренажный сток для предупреждения пожаров на торфяниках. Все это говорит о том, что при определении объемов накопителей дренажного стока не лишним будет предусмотреть резерв объема накопителя для пожаротушения в составе современных осушительно-увлажнительных систем.

**Выводы.** Проведенный анализ показал, что дренажный сток зачастую может иметь высокую минерализацию, в связи с чем необходима его очистка либо разбавление слабоминерализованной водой, объем которой необходимо учитывать при расчете объема накопителя дренажного стока. Также в составляющие полного объема накопителей дренажного стока включаются объем водоподачи для увлажнения сельскохозяйственных культур, потери на фильтрацию и испарение, мертвый объем, объем, необходимый для пропитки ложа накопителя, потери на различные просачивания через затворы, в определенных случаях необходимо предусматривать резерв для пожаротушения, а также объем санитарных попусков и др.

#### Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Моделирование процесса проектирования элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима / С. М. Васильев, А. Л. Кожанов // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(01). – С. 113–128. – Режим доступа: [http://rosniipm-sm1.ru/dl\\_files/udb\\_files/udb4-rec16-field12.pdf](http://rosniipm-sm1.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec16-field12.pdf).

2 Кожанов, А. Л. Анализ конструкций мелиоративных систем двустороннего действия и основные пути совершенствования / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2(70). – С. 91–98.

3 Биленко, В. А. Автоматизация регулирования уровня грунтовых вод на осушительно-увлажнительных системах средствами гидроавтоматики / В. А. Биленко, А. С. Штучкина // Мелиорация и водное хозяйство XXI века. Наука и образование. Ч. 2. Рациональное использование и охрана водных ресурсов. Проблемы сельского строительства и обустройства территорий. Инновационные технологии образования: материалы меж-

дунар. науч.-практ. конф., посвящ. 170-летию Белорус. Гос. с.-х. акад., г. Горки, 3–4 июня 2010 г. – Горки, 2010.

4 Кожанов, А. Л. Моделирование процесса компоновки функциональных модулей осушительной системы двустороннего действия / А. Л. Кожанов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 4(72). – С. 24–31.

5 Пыленок, П. И. Оценка площади увлажнения осушаемых земель дренажным стоком / П. И. Пыленок, И. В. Сидоров, А. М. Гавриков // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф. – М.: ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2009. – Т. 2. – С. 147–151.

6 Безднина, С. Я. Технологическая схема замкнутых систем водопользования в мелиорации / С. Я. Безднина, Е. В. Овчинникова // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования: материалы юбилейн. Междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения). – М.: ВНИИА, 2007. – Т. 2. – С. 93–98.

7 Мелиорация земель: учебник / А. И. Голованов [и др.]; под ред. А. И. Голованова. – М.: Колос, 2011. – 824 с.

8 Мелиорация земель: учебник / А. И. Голованов [и др.]; под ред. А. И. Голованова. – 2-е изд. – СПб.: Лань, 2015. – 816 с.

9 Мелиоративное земледелие / А. И. Голованов [и др.]; под ред. А. И. Голованова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 328 с.

10 Яценко, К. В. Использование дренажного стока для целей орошения на осушительно-увлажнительной системе / К. В. Яценко, Х. И. Килиди // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам X Всерос. конф. молодых ученых, посвящ. 120-летию И. С. Косенко. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – С. 1026–1207.

11 Кирейчева, Л. В. Методика расчета прудов-накопителей дренажного стока для локальных участков орошения / Л. В. Кирейчева, И. В. Глазунова // Природообустройство. – М.: МСХА им. К. А. Тимирязева, 2012. – № 5. – С. 30–34.

12 Кирейчева, Л. В. Перспективы развития дренажа в Поволжье / Л. В. Кирейчева // Мелиорация и водное хозяйство. – 1992. – № 3–4. – С. 33–37.

13 Методические указания по совершенствованию технологий орошения и повышению эффективности использования местного стока для орошения земель сельскохозяйственного назначения / В. Н. Щедрин, Ю. Ф. Снопич, Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев, А. С. Капустян, Л. М. Докучаева, А. С. Штанько, А. Л. Кожанов, А. А. Кузьмищев. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – 147 с.

14 Технология периодического орошения сельскохозяйственных культур / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, С. М. Васильев, Г. А. Сенчуков, А. Л. Кожанов, Т. П. Андреева, Н. И. Балакай, А. Н. Бабичев, С. А. Селицкий, Р. Е. Юркова, Л. И. Юрина, Л. А. Митяева, Е. А. Бабичева, В. М. Волошков, В. А. Назаренко; под общ. ред. В. Н. Щедрина. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 29 с.

15 Пат. 2324332 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> А 01 G 25/00. Оросительная система / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Бородычев В. В., Салдаев А. М., Кожанов А. Л.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2006134366/12; заявл. 27.09.06; опубл. 20.05.08, Бюл. № 14. – 3 с.

16 Пат. 2353088 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> А 01 G 25/00. Оросительная система с использованием прудов-накопителей / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Швайко Г. Н., Кожанов А. Л.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2007124078/12; заявл. 26.06.07; опубл. 27.04.09, Бюл. № 12. – 3 с.

17 Мелиорация и водное хозяйство. Осушение: справочник / Б. С. Маслов [и др.]; под ред. Б. С. Маслова. – М.: Ассоциация Экоуст, 2001. – 606 с.

18 Осушительные системы двустороннего действия: науч. обзор / С. М. Васильев, В. Н. Щедрин, А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин, В. В. Слабунов, А. С. Штанько, С. Л. Жук; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2018. – 117 с. – Деп. В ВИНТИ 06.08.18, № 90-В2018.

19 Савичев, О. Г. Регулирование речного стока: учеб. пособие / О. Г. Савичев, С. Ю. Краснощеков, Н. Г. Наливайко. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 114 с.

20 Савичев, О. Г. Расчет водохранилища: водохозяйственное обоснование и определение параметров / О. Г. Савичев, В. В. Крамаренко. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 81 с.

21 Пыленок, П. И. Основы гидромелиоративного рециклинга / П. И. Пыленок // Мелиорация и водное хозяйство. – 2019. – № 5. – С. 57–61.

22 Пыленок, П. И. Теоретические основы и эффективность гидромелиоративного рециклинга / П. И. Пыленок // Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации: материалы междунар. науч.-практ. конф., 24–25 окт. 2018 г. – М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2019. – С. 267–275.

УДК 635.655

**С. А. Селицкий, Г. Т. Балакай**

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

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОИ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Целью исследований являлось изучение влияния росторегулирующих препаратов на продуктивность сои и совершенствование агроприемов возделывания сои в Ростовской области. Исследования проводились на лугово-черноземных, тяжелосуглинистых по гранулометрическому составу почвах. В посевах использовался сорт сои СК Оптима. Посев проводился широкорядным способом при норме высева 500 тыс. шт./га семян, предварительно обработанных инокулянтom Нитрофорс Ж. Эксперимент закладывался в четырехкратной повторности с рендомизированным расположением делянок. В опыте изучалось влияние обработок семян и внекорневых обработок в течение вегетации в фазах бутонизации и налива бобов на рост, развитие и урожайность сои. Опыт включал следующие варианты предпосевной обработки семян и внекорневой обработки растений стимуляторами роста: Форма № 1, Кора Р7, Микромак А и Микромак Б. В результате исследований установлено, что наибольшие высота растений (113,5 см), величина сухой массы растений (10,93 т/га), площадь листовой поверхности (63,44 тыс. м<sup>2</sup>/га) получены в варианте с применением Микромак А + Микромак Б при обработке семян и внекорневых обработках в фазах бутонизации и налива бобов. Наибольшая урожайность получена в варианте со стимулятором роста Кора Р7 – 4,2 т/га. Оценка влияния стимуляторов роста на урожайность позволила сделать вывод, что используемые стимуляторы положительно повлияли на продукционный процесс сои.*

*Ключевые слова: соя; стимулятор роста; высота растений; обработка семян; внекорневая обработка; урожайность.*

\*\*\*\*\*

**S. A. Selitskiy, G. T. Balakay**

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

### **GROWTH STIMULANTS APPLICATION IN SOY GROWING IN ROSTOV REGION**

*The aim of the research was to study the impact of growth-regulating agents on soybean productivity and improving agricultural practices of soybean cultivation in Rostov region. The studies were carried out on meadow-chernozemic, heavy loamy soils by granulo-metric texture. The soybean variety SK Optima was used in sowing. The sowing was carried out in a wide-row method with a seeding rate of 500 thousand pcs per ha of seed, pre-treated*

*with Nitrofor J inoculant. The experiment was laid in four repetitions with a randomized arrangement of plots. In the experiment, the effect of seed and foliar treatments during the growing season in the phases of budding and bean filling on the growth, development and yield of soybean was studied. The experience included the following options for pre-sowing seed and foliar treatment of plants with growth stimulants: Form no. 1, Cora P7, Mikromak A and Mikromak B. As a result of studies, it was found that the highest plant height (113.5 cm), dry weight plants value (10.93 t per ha), leaf area duration (63.44 thousand m<sup>2</sup> per ha) were obtained in the variant of application of Mikromak A + Mikromak B for seed and foliar treatments in the phases of budding and bean filling. The highest yield was obtained in the variant with growth stimulator Cora P7 – 4.2 t per ha. Assessment of the impact of growth stimulants on yield allowed us to conclude that the stimulants used influenced the soybean production process positively.*

*Key words: soybeans; growth stimulant; plant height; seed treatment; foliar treatment; yield.*

**Введение.** Уникальность биохимических свойств сои хорошо всем известна. Содержание жира и высококачественного белка делает эту культуру одной из самых востребованных среди полевых культур. Потребность в зерне этой культуры и в продуктах его переработки испытывает ряд областей, производящих как продукты питания для людей, так и высокоэнергетические корма для сельскохозяйственных животных, и ряд других отраслей промышленности [1].

Производство соевых бобов в основном сосредоточено в Северной и Южной Америке, эти регионы являются основными поставщиками зерна, масла и жмыха на рынке. В последние годы наметился рост объема производства сои и в России, который в 2018 г. составил 4 млн т с перспективой увеличения до 8 млн т за пять лет [2, 3]. Ареал возделывания сои значительно расширился за счет возделывания в Центрально-Черноземной зоне и продвижения на север. Возделывание сои в столь широких географических границах требует разработки технологий, включающих технологические процессы, направленные на достижение потенциальной продуктивности культуры, адаптированные к природно-климатическим условиям местности, на основе современных достижений в области селекции, применения экологически безопасных биопрепаратов, росторегулирующих препаратов и микроэлементов, которые позволяют сократить количество вносимых дорогостоящих минеральных удобрений, повысить устойчивость к водным, температурным и другим стрессовым условиям [4–7].

Исходя из вышесказанного, целью исследований являлось изучение влияния росторегулирующих препаратов на продуктивность сои и совершенствование агроприемов возделывания сои в Ростовской области.

**Материал и методы.** В 2019 г. опыты проводились в ОАО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области на лугово-черноземных, тяжелосуглинистых по гранулометрическому составу почвах. Анализировался слой 0–40 см. Анализ агрохимических свойств почвы опытного участка показал, что степень обеспеченности основными элементами минерального питания характеризуется очень высоким содержанием нитратного азота (27,8 мг/кг), средним содержанием фосфора (15,8 мг/кг) и очень высоким содержанием калия (482 мг/кг) в слое 0–40 см. Содержание гумуса оценивается как низкое – 3,03 % [8].

Содержание подвижных микроэлементов в почве представлено в таблице 1.

**Таблица 1 – Содержание подвижных микроэлементов, 2019 г.**

Слой почвы, см	В мг/кг			
	Zn	Cu	Mn	B
1	2	3	4	5
0–20	0,87	1,01	0,45	2,11
20–40	0,66	1,14	0,32	1,94

## Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
40–60	0,45	1,08	0,17	2,66
60–80	0,36	0,64	0,77	2,41
80–100	0,27	0,13	–	2,88

Содержание подвижных форм цинка в слое 0–20 см характеризуется средней обеспеченностью и низкой при увеличении глубины. Обеспеченность медью и марганцем низкая по всему профилю. Достаточно высокое содержание в почве бора.

В посевах использовался сорт сои СК Оптима. Посев проводился широкорядным способом при норме высева 500 тыс. шт./га семян, предварительно обработанных инокулянтом Нитрофорс Ж. Эксперимент закладывался в четырехкратной повторности с рендомизированным расположением делянок.

Схема опыта по изучению влияния обработок семян и внекорневых обработок по вегетации в фазах бутонизации и налива бобов на рост, развитие и урожайность сои представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Варианты обработки сои стимуляторами роста

1 Контроль	Без стимуляторов роста
2 Форма № 1	Обработка семян
	Обработка семян + внекорневая обработка
3 Кора Р7	Обработка семян
	Обработка семян + внекорневая обработка
4 Микромак А	Обработка семян
	Обработка семян + внекорневая обработка
5 Микромак Б	Обработка семян
	Обработка семян + внекорневая обработка
6 Микромак А + Микромак Б	Обработка семян
	Обработка семян + внекорневая обработка

Форма № 1 представляет собой концентрат, который получен из соединений, образующихся в изолированных от воздуха средах в результате биохимических процессов в естественных природных условиях из отмерших растительных и животных организмов. Расход для зерновых культур – 0,5 л/т, для пропашных – 1 л/т.

Стимулятор роста Кора Р7 способствует (при прорастании) поступлению фосфора в растение, ускоряя развитие корневой системы. Дозировка при обработке семян зерновых и пропашных культур составляет 1 л/т.

В варианте 4 применен регулятор роста Микромак А следующего состава (%): Cu – 3,6; Zn – 3,3; Mg – 1,4; Ni – 0,017; Li – 0,054; Co – 0,23; Fe – 0,45; Mn – 0,32.

Микромак Б (вариант 5) состоит (%): из В – 0,38; Мо – 0,58; V – 0,08; Cr – 0,09; Se – 0,008; S – 11,2; P – 0,9; K – 7,0.

Вегетационный период развития сои в 2019 г. характеризовался отличительными метеорологическими условиями. Количество выпавших осадков за расчетный период (май – сентябрь) составило 58 % от нормы. В июне, августе и сентябре количество осадков зафиксировано на 43, 38 и 26 мм меньше среднегодовых значений. Температурный режим был близок к среднегодовым значениям. Сумма температур воздуха выше 10 °С за расчетный период вегетации сои составила 3480,9 °С. Наиболее жарким был июнь.

Исследования и обработка данных проводились с помощью общепризнанных методик проведения полевых опытов [9, 10].

**Результаты и обсуждение.** Применение стимуляторов роста в виде обработки семян перед посевом и внекорневой обработки по фазам вегетации оказало влияние на рост и развитие сои и формирование ее урожайности.

Показатели изменения высоты растений по фазам развития в зависимости от применения стимуляторов роста представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Высота растений сои в зависимости от обработки семян стимуляторами по фазам развития**

В см

Вариант		Фаза развития		
		Ветвление	Цветение	Налив бобов
1 Контроль	без стимуляторов	19,7	64,0	110,5
2 Форма № 1	обработка семян	20,8	67,2	112,9
	обработка семян + внекорневая обработка	20,8	67,8	114,1
3 Кора Р7	обработка семян	20,7	66,6	113,3
	обработка семян + внекорневая обработка	20,7	67,2	114,8
4 Микромак А	обработка семян	20,3	65,9	111,1
	обработка семян + внекорневая обработка	20,3	66,5	112,8
5 Микромак Б	обработка семян	20,2	65,3	110,9
	обработка семян + внекорневая обработка	20,2	65,9	112,1
6 Микромак А + Микромак Б	обработка семян	20,9	67,2	112,9
	обработка семян + внекорневая обработка	20,9	68,5	113,5

Анализируя данные таблицы 3, можно отметить, что комплексное применение стимуляторов роста, включающее предпосевную обработку семян и внекорневую обработку, обеспечило увеличение высоты растений на 1–2 % по сравнению с вариантом, в котором проводилась только обработка семян. Максимальная высота сои наблюдалась в фазе налива бобов при комплексном применении стимуляторов Форма № 1 и Кора Р7 (114,1 и 114,8 см соответственно).

Применение регуляторов роста способствовало более активному накоплению надземной сухой биомассы в течение вегетации сои, что отражено в таблице 4.

**Таблица 4 – Динамика накопления сухой надземной биомассы растениями сои по фазам развития в зависимости от обработки стимуляторами**

В т/га

Вариант		Фаза развития		
		Ветвление	Цветение	Налив бобов
1		2	3	4
1 Контроль	без стимуляторов	1,98	5,97	9,43
2 Форма № 1	обработка семян	2,10	6,33	9,70
	обработка семян + внекорневая обработка	2,10	6,45	10,4
3 Кора Р7	обработка семян	2,08	6,27	9,66
	обработка семян + внекорневая обработка	2,08	6,39	10,18
4 Микромак А	обработка семян	2,06	6,21	9,71
	обработка семян + внекорневая обработка	2,06	6,33	10,09
5 Микромак Б	обработка семян	2,05	6,15	9,83
	обработка семян + внекорневая обработка	2,05	6,23	10,0

## Продолжение таблицы 4

	1	2	3	4
6 Микромак А + Микромак Б	обработка семян	2,12	6,43	9,86
	обработка семян + внекорневая обработка	2,12	6,95	10,93

В фазе ветвления сои величина сухой биомассы варьировала по вариантам опыта от 2,05 до 2,12 т/га, прибавка от контроля составила от 0,07 до 0,14 т/га.

В фазе налива бобов прибавка от действия стимуляторов составила от 0,27 до 1,5 т/га. Внекорневые обработки положительно повлияли на накопление сухой биомассы сои, прибавки от этого приема составили от 0,17 до 1,07 т/га по вариантам опыта.

Наблюдения за изменением площади листовой поверхности сои в связи с проведением предпосевной обработки семян и внекорневого опрыскивания стимуляторами роста показали, что более активно площадь листьев увеличивалась от фазы цветения до налива бобов.

Динамика нарастания площади листовой поверхности сои аналогична динамике накопления сухой надземной массы (таблица 5).

**Таблица 5 – Динамика нарастания площади листовой поверхности сои по фазам развития в зависимости от обработки стимуляторами**

В тыс. м<sup>2</sup>/га

Вариант	Вариант	Фаза развития		
		Ветвление	Цветение	Налив бобов
1 Контроль	без стимуляторов	15,90	26,10	58,20
2 Форма № 1	обработка семян	16,70	27,67	61,70
	обработка семян + внекорневая обработка	16,70	28,19	62,86
3 Кора Р7	обработка семян	16,54	27,41	61,10
	обработка семян + внекорневая обработка	16,54	27,93	62,27
4 Микромак А	обработка семян	16,38	27,14	60,53
	обработка семян + внекорневая обработка	16,22	27,67	61,70
5 Микромак Б	обработка семян	16,22	26,88	59,95
	обработка семян + внекорневая обработка	16,22	27,41	61,11
6 Микромак А + Микромак Б	обработка семян	16,85	27,93	62,27
	обработка семян + внекорневая обработка	16,85	28,45	63,44

В вариантах Микромак А + Микромак Б и Форма № 1 была сформирована наибольшая площадь листьев при внекорневой обработке и обработке семян регуляторами роста в фазе налива бобов (63,44 и 62,86 тыс. м<sup>2</sup>/га соответственно).

Применение стимуляторов роста положительно отразилось на формировании зерна как при предпосевной обработке семян, так и при совместном их применении, включая внекорневые обработки в фазе бутонизации и начала налива бобов. Наибольшее влияние на урожайность сои оказали стимуляторы Кора Р7 и Форма № 1, урожайность в этих вариантах составила 4,20 и 4,10 т/га соответственно (таблица 6).

Прибавка урожая от применения стимуляторов во всех вариантах составила 0,09–0,65 т/га, или 2,35–16,93 %. Следует отметить и положительное влияние на урожайность совместного применения стимуляторов Микромак А + Микромак Б. Большая урожайность в данном варианте наблюдалась при обработке семян + внекорневой об-

работке (4,05 т/га). Двукратная внекорневая обработка растений сои в период вегетации обеспечила прибавку урожая 0,14–0,36 т/га, или 3,79–9,38 %, по сравнению с вариантами только обработки семян.

**Таблица 6 – Урожайность сои в зависимости от обработки стимуляторами роста**

Вариант		Урожайность, т/га	Прибавка урожайности от стимулятора		Прибавка урожайности от внекорневой обработки	
			т/га	%	т/га	%
1	Контроль	без стимуляторов роста	3,55	0	0	0
2	Форма № 1	обработка семян	3,78	0,23	6,48	0
		обработка семян + внекорневая обработка	4,10	0,55	14,55	0,32
3	Кора Р7	обработка семян	3,84	0,29	7,07	0
		обработка семян + внекорневая обработка	4,20	0,65	16,93	0,36
4	Микромак А	обработка семян	3,69	0,14	3,33	0
		обработка семян + внекорневая обработка	3,83	0,28	7,59	0,14
5	Микромак Б	обработка семян	3,64	0,09	2,35	0
		обработка семян + внекорневая обработка	3,79	0,24	6,59	0,15
6	Микромак А + Микромак Б	обработка семян	3,87	0,32	8,44	0
		обработка семян + внекорневая обработка	4,05	0,50	12,92	0,18
НСР <sub>05</sub> , т/га		обработка семян	0,03	–	–	–
		обработка семян + внекорневая обработка	0,3	–	–	–

**Выводы.** Полевой опыт по изучению влияния стимуляторов роста на развитие сои показал преимущество комплексного применения стимуляторов роста при обработке семян и внекорневой обработке во всех вариантах в размере 2–3 %. Совместное применение Микромак А + Микромак Б обеспечило в большей степени развитие вегетативных органов в фазе налива бобов, а стимуляторы Форма № 1 и Кора Р7 лучше способствовали формированию генеративных органов. С применением стимуляторов Кора Р7, Форма № 1 и совместным применением Микромак А + Микромак Б урожайность зерна сои составила соответственно 4,20; 4,10 и 4,05 т/га.

#### Список использованных источников

1 Применение современных стимуляторов роста при возделывании зернобобовых культур: гороха, нута, сои / В. Г. Васин, А. В. Васин, О. В. Вершинина, Р. Н. Саниев, А. В. Новиков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 2(2). – С. 339–350.

2 Акулов, А. С. Изучение эффективности применения стимулятора роста Альфафастим и органоминерального микроудобрения Полидон Био при возделывании сои / А. С. Акулов, А. Г. Васильчиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2(30). – С. 72–77.

3 Пути усовершенствования элементов технологии возделывания сои / Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, С. А. Селицкий // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 4(36). – С. 100–120. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=638>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-100-120.

4 Саниев, Р. Н. Продуктивность и кормовые достоинства сои при применении стимуляторов роста / Р. Н. Саниев, В. А. Васин, А. В. Васин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2(42). – С. 86–91.

5 Программирование технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Северного Кавказа: монография / Н. А. Кан [и др.]. – Ростов н/Д.: Рост. кн. изд-во, 1985. – 120 с.

6 Хохоева, Н. Т. Влияние биопрепаратов и регуляторов роста на продуктивность посевов сои / Н. Т. Хохоева // Научная жизнь. – 2015. – № 2. – С. 32–37.

7 Балакай, Г. Т. Урожайность сортов сои при поливе дождеванием и системами капельного орошения в условиях Ростовской области / Г. Т. Балакай, С. А. Селицкий // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(35). – С. 80–97. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=620>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-80-97.

8 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.

9 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 315 с.

10 Кирюшин, Б. Д. Основы научных исследований в агрономии / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. – М.: КолосС, 2009. – 398 с.

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 631.6/504.54

**Ю. Н. Дуброва, Д. М. Лейко, А. А. Боровиков**

Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия, Горки, Республика Беларусь

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

*Целью исследований является изучение влияния возникающих проблем, связанных с изменением климатических условий, на сельскохозяйственное производство Республики Беларусь. В 2019 г. средняя годовая температура воздуха превысила на 2,1 °С климатическую норму и оказалась самой высокой по данным наблюдений начиная с 1881 г. Увеличение теплообеспеченности способствует расширению структуры растениеводства, но при дальнейшем росте показателя сельскохозяйственные производители в южных регионах Беларуси все чаще сталкиваются с засухами. Эффективность применения мероприятий мелиоративного характера в засушливые годы на не резистивных к засухам и засушливым явлениям дерново-подзолистых автоморфных песчаных и супесчаных почвах резко возрастает. Получение урожая на орошаемых землях может быть в 2–5 раз выше, чем на обычных, эффективность использования природных и материально-технических ресурсов увеличивается в 2–3 раза. Однако орошаемые сельскохозяйственные земли в Беларуси составляют не более 0,1 % от площади всех мелиорированных угодий.*

*Ключевые слова: агроклиматическая область; мелиорированные земли; площадь орошаемых земель; дождевальная техника; ландшафт.*

\*\*\*\*\*

**Yu. N. Dubrova, D. M. Leiko, A. A. Borovikov**

Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus

### **USE OF NATURAL LANDSCAPES IN AGRICULTURAL PRODUCTION UNDER CLIMATE CHANGE**

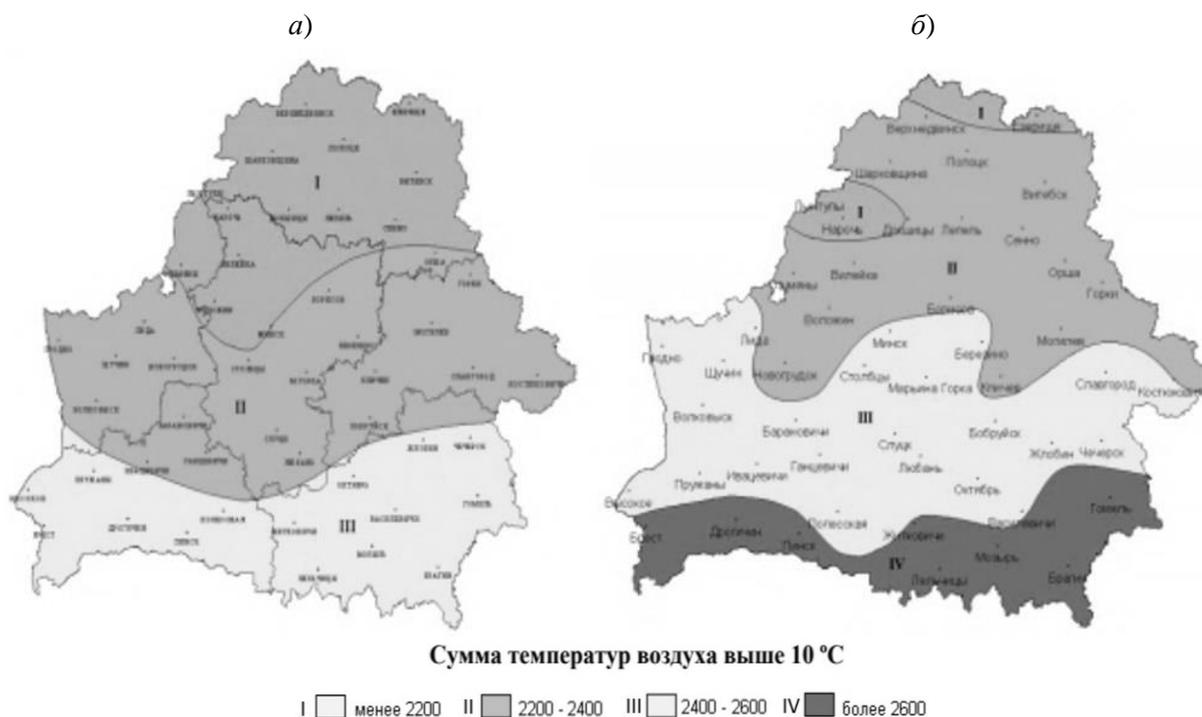
*The aim of the research is to study the impact of emerging problems associated with climatic conditions changes on the agricultural production of the Republic of Belarus. In 2019 the average annual air temperature exceeded the climatic norm by 2.1 °C and turned out to be the highest according to observations since 1881. An increase in heat supply contributes to the expansion of the crop production structure, but with a further indicator increase the agricultural producers in the southern Belarus regions are increasingly facing droughts. The efficiency of reclamation measures in dry years on sod-podzolic automorphic sandy and sandy loam soils which are non-resistive to droughts and arid phenomena increases dramatically. Harvesting on irrigated lands can be 2–5 times higher than on ordinary ones, the efficiency of using natural and material and technical resources increases by 2–3 times. However, irrigated agricultural land in Belarus does not exceed 0.1 % of the total area of reclaimed land.*

*Key words: agroclimatic region; reclaimed land; irrigated land area; sprinkling equipment; landscapes.*

По данным белорусских метеорологов, климатические условия существенно меняются, и тенденции этих изменений сохранятся на ближайшую перспективу. Так,

в 2019 г. средняя годовая температура воздуха составила +8,8 °С, что на 2,1 °С выше климатической нормы, и оказалась самой высокой по данным наблюдений начиная с 1881 г. Изменению подвержена зимняя температура, увеличивается испаряемость при уменьшении атмосферных осадков за теплый период года, все чаще проявляют себя засухи. Перечисленные изменения климата оказывают существенные воздействия не только на аграрный бизнес, активируя адаптацию сельскохозяйственного производства, но и на социально-экономическую деятельность регионов.

В результате потепления произошло изменение границ климатических поясов. В 70-х гг. XX в. начала применяться система зонирования территории Беларуси, в которой использованы суммы температур выше 10 °С в течение года для выделения агроклиматических областей (рисунок 1). В исследовании, проведенном В. И. Мельником, сделан вывод, что границы всех зон (Северная, Центральная и Южная) смещены на север, дополнительно выделена четвертая агроклиматическая область, не проявлявшаяся в Беларуси ранее [1].



**Рисунок 1 – Перемещение агроклиматических зон:  
I – Северная; II – Центральная; III – Южная; IV – Новая (а – границы агроклиматических областей по А. Х. Шкляру (1973 г.); б – границы агроклиматических областей за период потепления 1989–2015 гг.)**

Возникает необходимость корректировки границ агроклиматических областей, так как данные о распределении сумм температур последних лет отличаются от результатов исследований В. И. Мельника. Большое увеличение сумм температур отмечено на западе Беларуси, в восточной части Полесья.

Различные части Республики Беларусь отличаются по условиям сельскохозяйственного производства, эти различия базируются на использовании разных почв. Особенности в условиях Республики Беларусь имеют системы земледелия на легких, связных и торфяных почвах.

Северная агроклиматическая область занимает крайние север и юго-запад Витебской, северо-запад Минской областей, где сформированы хорошо увлажненные и переувлажненные почвы.

Особенностями Центральной агроклиматической зоны являются умеренная зима, теплый вегетационный период, умеренное увлажнение.

Мягкая зима, теплый и продолжительный вегетационный период, неустойчивое увлажнение являются отличительными признаками Южной агроклиматической зоны.

Новая климатическая территория характеризуется коротким и теплым зимним периодом, продолжительным вегетационным сроком, неустойчивым увлажнением. Новая агроклиматическая область за период потепления увеличила свои границы и занимает южную часть Полесья. В административном отношении это южные районы Брестской и Гомельской областей [2].

Изменения климата, влияя на ход сельскохозяйственного производства, будут иметь как положительный, так и отрицательный эффект. Увеличение теплообеспеченности способствует расширению структуры растениеводства, но при дальнейшем росте показателя сельскохозяйственные производители в южных регионах Беларуси все чаще будут сталкиваться с засухами (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Воздействия климата на сельскохозяйственное производство**

По данным метеорологических наблюдений, в первой и второй декадах июня 2019 г. из-за дефицита осадков практически на всей территории Беларуси наблюдалось уменьшение влагозапасов в почве. Площади с недостатком почвенной влаги в юго-восточной части, на востоке и западе страны расширились.

За последние годы температура почвы на глубине залегания корневого узла озимых зерновых в основном находится в положительном диапазоне. При таких агрометеорологических условиях растения утрачивают резистентность. А в случае понижения почвенной температуры возможно наступление гибели растений. В этом проявлении потепление климата имеет отрицательное влияние на сельскохозяйственное производство.

Отрицательные последствия связаны с частыми засухами, повышением вероятности других неблагоприятных погодных условий, которые затрудняют получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Эффективность применения мероприятий мелиоративного характера в засушливые годы на не резистивных к засухам и засушливым явлениям дерново-подзолистых автоморфных песчаных и супесчаных почвах резко возрастает. Очевидна необходимость расширения оросительной сети, реконструкции и модернизации ее инфраструктуры. Аналогично потребуются модернизация систем отведения избытка вод для предотвращения учащающихся паводков и наводнений и снижения ущерба от них.

Получение урожая на орошаемых землях может быть в 2–5 раз выше, чем на обычных, эффективность использования природных и материально-технических ресурсов

увеличивается в 2–3 раза. Кроме того, орошение способствует накоплению в почве гумуса, что поддерживает плодородие земель в долгосрочной перспективе.

Очевидна эффективность применения орошения при строгом соблюдении технологической дисциплины производства растениеводческой продукции. В хозяйствах, где учитываются эти особенности орошения, получают в среднем урожайность капусты поздней 50–60 т/га, моркови – 38–42 т/га, яблоневого сада – 38–42 т/га [3]. Выращивание овощных культур на орошаемых землях при соблюдении рекомендуемой системы земледелия позволяет в северной зоне республики дополнительно получить: капусты поздней до 10 т/га, капусты ранней – 6 т/га, картофеля позднего – 4,5 т/га, картофеля раннего – 3 т/га, свеклы столовой – 8 т/га, моркови – 8 т/га, в южной зоне – соответственно 14; 8; 6; 5; 10; 10 т/га.

Хорошим резервом для увеличения сельскохозяйственной продукции ученые Института мелиорации НАН Республики Беларусь считают увлажненные, обогащенные гумусом мелиорированные земли, которые необходимо перевести под травяные корма (последние, по оценкам экспертов, составляют до 60 % в себестоимости молока и мяса). В травостое наблюдается более 20 видов многолетних трав, половина из которых – бобовые, могут использоваться для целей пастбищного луговодства, 30 % из них созданы НПЦ по земледелию НАН.

Для формирования укосов многолетних трав на корма ученые рекомендуют организовать орошение пастбищных травостоев, максимально задействовать ирригационные системы на поливе овощных и кормовых культур. В среднем для территории Беларуси прибавка урожая сеяных трав от орошения составляет 2,5 т/га сухого вещества. При наличии системы капельного полива рекомендуется подавать к растениям комплексные жидкие удобрения с микроэлементами вместе с поливной водой.

Однако орошаемые сельскохозяйственные земли в Беларуси составляют не более 0,1 % от площади всех мелиорированных угодий. Согласно данным таблицы 1, площадь орошаемых земель за период с 2013 по 2019 г. кардинально не изменилась, несмотря на потепление климата и появление Новой агроклиматической области.

**Таблица 1 – Наличие мелиорированных сельскохозяйственных угодий**

В тыс. га

Площадь мелиорированных земель	Год						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Общая площадь мелиорированных сельскохозяйственных земель	2944,9	2940,5	2910,1	2908,1	2904,7	2902,0	2895,9
из них осушаемые	2914,4	2910,9	2880,4	2877,9	2874,4	2871,7	2865,6
орошаемые	30,5	29,6	29,7	30,2	30,3	30,3	30,3

Площади орошаемых земель на территории Беларуси в 2019 году составили 30,3 тыс. га, при этом все орошаемые земли относятся к сельскохозяйственным (таблица 1). Наибольшие площади орошаемых земель приходятся на Могилевскую область (52,4 % всех орошаемых земель), наименьшие – на Гродненскую и Минскую, соответственно 5,4 и 6,4 %. В отношении к общей площади сельскохозяйственных угодий в этих областях описываемые земли занимают менее 1 % от всей площади административного региона [3].

Значительная часть орошаемых площадей приходится на Белорусское Полесье – регион с благоприятными условиями для ведения сельского хозяйства (плодородные почвы, наличие водных ресурсов, теплый климат), однако все чаще подвергающийся засухам. В этом регионе возникают риски для ведения сельского хозяйства, а расширение ирригации может быть одним из благоприятных условий для будущего развития региона.

Одним из сдерживающих факторов развития интенсивных технологий в расте-

ниеводстве является отсутствие в республике прогрессивной автоматизированной ирригационной техники, что, в свою очередь, ведет к значительному недобору ожидаемого урожая. На сегодняшний день большая часть дождевальной техники в Беларуси произведена в 70–90-х гг. прошлого столетия и считается морально и технологически устаревшей. Она не может применяться из соображений экологической безопасности, больших энергетических и экономических затрат при использовании для орошения [4].

Основные причины, по которым орошение не получило широкого распространения в сельскохозяйственном производстве, не только в устаревшем оборудовании, но и в сложном финансовом положении большинства производителей сельскохозяйственной продукции. Хозяйства не в состоянии не только обновить технику и агрегаты, но и отремонтировать имеющиеся оросительные системы и дождевальные машины. Медленное распространение оросительных мелиораций связано с необходимостью высоких капитальных затрат, на которые способно только государство. До сих пор имущественные активы государства в общем объеме мелиоративных систем и гидротехнических сооружений составляют 60 % и более.

Существует разрыв в производственном направлении и научно обоснованном применении оросительных мелиораций. Не все руководители сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности имеют возможность переустройства для использования современных способов орошения, полагая, что культуры в достаточной степени обеспечены влагой, несмотря на значительное потепление климата.

Основная тенденция при разработке и внедрении наиболее эффективных технологий и технических средств – создание автоматизированных производительных технических средств для ирригации при минимизации материально-технических, трудовых ресурсов и максимизации критериев безопасности, значительной экономической отдаче и быстрой окупаемости затрат на их введение.

Белорусскими учеными разработаны и запущены в серийное производство современные передвижные дождевальные машины барабанного типа, которые предназначены для орошения агроценозов с овощными, кормовыми, техническими культурами и посевами многолетних трав. Производительность полива передвижных дождевальных машин ПДМ-2500 и ПДМ-3000 находится в прямой зависимости от интенсивности дождя и составляет от 0,2 до 2 га/ч. Машина по климатическому исполнению предназначена для эксплуатации в районах с умеренным климатом на открытом воздухе. Данная машина агрегируется с тракторами класса не ниже, чем 1,4 (МТЗ-80/82). Существенным недостатком данных машин является большая стоимость.

Использование данных машин предполагает наличие гарантированных источников воды, а при их отсутствии необходимо разрабатывать технические решения, позволяющие организовать такой источник.

С целью аккумуляции весенних вод на юге Гомельской и Брестской областей построены водохранилища, заполняемые водой весенних паводков. В течение вегетационного периода вода из прудов использовалась для целей орошения, подавалась в каналы осушительно-увлажнительных систем для поднятия уровня грунтовых вод. На сегодняшний момент аккумуляция воды в подобных прудах, а также модернизация мелиоративных систем и сооружений по ряду причин (высокая стоимость электроэнергии, энергоемкое и устаревшее оборудование) не осуществляется [5].

В изменяющихся погодных условиях требуется оперативно адаптировать биологические требования растений к почвенно-гидрологическим условиям и состоянию почвенного покрова с целью создания благоприятного водного режима. В Постановлении Совета министров Республики Беларусь от 10 июля 2009 г. № 920 отдельное внимание отводится регулированию водного режима почв путем закрытия или открытия затворов подпорных сооружений. Данная рабочая операция является действенным механизмом для создания благоприятного водного режима. Вместе с тем остается про-

блемой практическая реализация данного мероприятия [6]. Далеко не все хозяйственники используют маневрирование затворами гидротехнических сооружений. Как показывает практика эксплуатации мелиоративных систем, часть шлюзов и затворов находятся в неудовлетворительном состоянии.

Принципиально важно обозначить, что бесконтрольное и чрезмерное орошение может быть источником деградации почв, засоления почв. В долгосрочном периоде это не только снижает урожайность, но и истощает почвы, которые становятся непригодными для ведения хозяйственной деятельности. В связи с этим необходимо следить за количеством используемой воды в сельскохозяйственном производстве и проводить регулярный мониторинг минерализации и общего химического состава почв.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что главные направления использования природных ландшафтов в изменяющихся климатических условиях должны трансформироваться в сторону расширения площадей орошаемого земледелия, в т. ч. орошения пастбищ. Данные меры будут способны создать источники гарантированного производства кормовых, овощных и других сельскохозяйственных культур, увеличить выход продукции с единицы площади, снизить ее себестоимость. Следует уделить внимание разработке и использованию технологий, поддерживающих почвенный потенциал и благоприятно влияющих на влагозадержание, созданию автоматизированных средств орошения и удобрения сельскохозяйственных культур.

#### Список использованных источников

1 Мельник, В. И. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность основных сельскохозяйственных культур Беларуси: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23 / Мельник Виктор Иванович. – Минск, 2004. – 21 с.

2 Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата в рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь [Электронный ресурс] / В. Мельник, В. Яцухно, Н. Денисов, Л. Николаева, М. Фалолеева. – Режим доступа: <http://min-priroda.gov.by/uploads/files/Agroklimaticheskoe-zonirovanie-Respubliki-Belarus.pdf>, 2020.

3 Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / редкол.: И. В. Медведева, И. С. Кангро, Ж. Н. Василевская, Е. И. Кухаревич, О. А. Довнар, Е. М. Палковская, И. А. Мазайская, Т. В. Лапковская, З. В. Якубовская; Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2018. – 313 с.

4 Направления развития дождевальной техники / Д. С. Шахрай, А. Н. Басаревский, А. М. Кравцов, С. С. Попко // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сб. науч. ст. междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 22–24 нояб. 2017 г. – Минск: БГАТУ, 2017. – С. 146–149.

5 Маркина, Т. Погода диктует условия [Электронный ресурс] / Т. Маркина. – Режим доступа: [https://7dnevy.by/ru/issues?art\\_id=7038](https://7dnevy.by/ru/issues?art_id=7038), 2020.

6 О некоторых вопросах эксплуатации (обслуживания) и ведения государственного учета мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений: Постановление Совета министров Республики Беларусь от 10 июля 2009 г. № 920 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/documents/melio/def85ed33082dd37.html>, 2020.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

---

---

УДК 626.8

**М. Р. Барамыков**

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

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЦИФРОВИЗАЦИИ В РАБОТЕ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

*В статье описывается возможность использования методов цифровизации в управлении гидромелиоративными системами со значительным износом для увеличения их срока службы. Описание подобных методов преследовало цель указать на достаточность их применения для решения поставленной задачи. Приводится сравнительный анализ исходных ресурсов и возможностей с требуемыми результатами. Показана гибкость методов цифровизации в расширении технического оснащения, что создает большой диапазон финансовых, аналитических и управленческих возможностей. Описываются положительные и отрицательные качества таких методов на примере использования соответствующего программного обеспечения. Применение подобных методов может быть хорошим решением для увеличения срока службы гидромелиоративных систем.*

*Ключевые слова: гидромелиоративные системы; гидротехнические сооружения; износ; цифровизация; программный комплекс; мониторинг; управление.*

\*\*\*\*\*

**M. R. Baramykov**

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

### APPLICATION OF DIGITALIZATION METHODS IN HYDRO-RECLAMATION SYSTEMS OPERATION UNDER OPERATIONAL EFFICIENCY DECLINE CONDITIONS

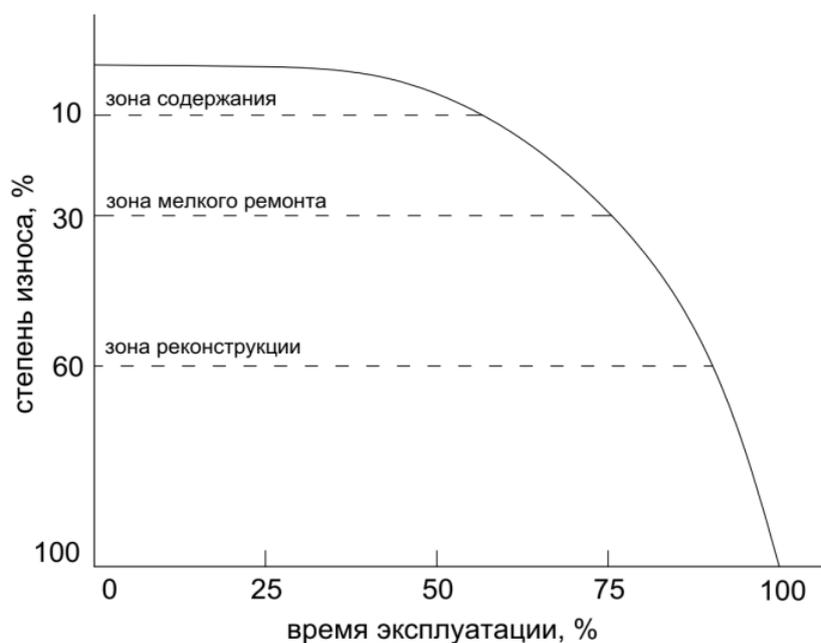
*The possibility of using digitalization methods in management of hydro-reclamation systems with significant wear to increase their service life is described. The description of such methods was aimed at indicating their application sufficiency to solve the task. A comparative analysis of the initial resources and capabilities with the required results is given. The flexibility of digitalization methods in expanding technical equipment which creates a broad range of financial, analytical and managerial capabilities is shown. The positive and negative qualities of such methods are described by the example of appropriate software application. The application of such methods can be a good solution for increasing the hydro-reclamation systems service life.*

*Key words: hydro-reclamation systems; hydraulic structures; wear; digitalization; software system; monitoring; control.*

**Введение.** Подавляющее число гидротехнических сооружений, в т. ч. в составе гидромелиоративных систем, были возведены до 1991 г. Необходимые ремонтные работы в дальнейший период не проводились из-за сложного экономического состояния в стране и отсутствия должной системы надзора. В итоге современное состояние боль-

шинства гидротехнических сооружений достигло износа более 60 % от проектного. В связи с этим эффективность таких оросительных систем значительно снижена. Коэффициент полезного действия находится на уровне 0,65 на 40 % общей площади орошения, 0,65–0,80 на 26 % площади, более 0,8 на 9 % общей площади орошения [1]. Подобное состояние гидротехнических сооружений в оросительных и дренажных системах приводит к существенным потерям воды, которые составляют 25–60 % от величины забора на орошение.

Отсутствие должного обслуживания и своевременного проведения необходимых ремонтных работ на протяжении десятков лет привело к тому, что для исправления сложившейся ситуации необходимы значительные материальные затраты. Несмотря на то, что стоимость капитального ремонта не должна превышать 50 % балансовой стоимости ремонтируемого объекта [1], по всей видимости, собственники этих систем и сооружений не обладают такими финансовыми возможностями. Также сомнение вызывает проведение качественных обследований для определения технического состояния сооружений гидромелиоративных систем, количество которых исчисляется тысячами. Вероятно, степень износа определяется по срокам эксплуатации и норме амортизационных отчислений. Реальное состояние таких систем может существенно отличаться от вычисленного. Ввиду отсутствия материальной и технической возможности проведения комплексных обследований можно применить методы из теории надежности. На рисунке 1 приведена кривая износа железобетонных строений, соответствующая функции отказа из теории надежности [2].



**Рисунок 1 – Кривая износа**

По кривой износа можно сделать вывод, что вычитание амортизационных отчислений, которые выглядели бы на графике в виде прямой, не вполне точно отражало бы степень износа гидротехнических сооружений гидромелиоративной системы. Например, при эксплуатации системы на протяжении 50 % расчетного времени прямая «амортизации» показала бы состояние сооружений, соответствующее зоне реконструкции, а по кривой износа их состояние соответствовало бы зоне содержания или мелкого ремонта. В то же время за зоной реконструкции увеличение степени износа происходило бы значительно интенсивнее. Очевидность проведения ремонтных работ при достижении времени эксплуатации 70 % от проектного срока службы для его увеличения наталкивается на отсутствие достаточных материальных ресурсов. В связи с этим воз-

никает потребность в решении следующей задачи – поиск альтернативных способов максимального продления срока службы без проведения ремонтных работ. При этом такие способы должны требовать меньших финансовых затрат.

**Методы.** Развитие гидромелиоративных систем в будущем предполагает широкое использование методов цифровизации и автоматизации процессов мониторинга и управления. Оснащение новых гидромелиоративных систем программными и приборными комплексами позволит увеличить эффективность управления подобными системами, как следствие, повысить рациональное использование природных ресурсов и снизить экологическую нагрузку через повышение безопасности эксплуатации. Подобные методы можно было бы использовать в управлении гидромелиоративными системами со значительным сроком службы и пониженной эффективностью, тем более что это является требованием к эксплуатирующей организации [3]. При этом затраты на внедрение таких методов должны быть меньше, чем проведение ремонтных работ. Методы цифровизации можно условно разделить на три группы, отличающиеся по финансовым затратам, оперативности и эффективности:

- программные;
- программные + приборы мониторинга;
- программные + приборы мониторинга + средства управления.

Описание методов цифровизации в решении поставленной задачи можно рассмотреть на примере первой группы – программных методов. Необходимо определить способы достижения поставленной цели (максимизация сроков эксплуатации) и возможности используемого метода для ее достижения.

Основной целью эксплуатации оросительных систем является подача воды на поля в определенное время и в необходимом объеме, т. е. обеспечение нормы орошения. Достижение указанной цели выполняется путем решения задач по эффективному забору, транспортировке и распределению водного ресурса [3]. Одним из решений может быть снижение нагрузки на оросительную систему, т. е. уменьшение пропускаемых расходов воды. Однако следует учесть требования нормативных документов по пропусканию расходов в пределах незаиляющих и неразмывающих скоростей, а также то, что минимальный расход воды в магистральных каналах, их ветвях и распределителях всех порядков не должен быть менее 40 % максимального расхода [4]. Конструкции каналов имеют различные формы поперечных сечений – трапецеидальное, прямоугольное, параболическое, круговое (сегментное), полигональное [5]. Каналам с различными сечениями соответствуют свои напорно-расходные зависимости, поэтому одинаковому значению расхода будет соответствовать разное значение напора.

Для понимания фактического состояния системы и правильной «настройки» программного обеспечения требуется проведение изыскательских работ (в минимальном объеме – геодезических). Необходимо наметить контрольные точки для измерения фактической формы сечения каналов, высотных отметок для определения уклонов и отметок свободной поверхности потока. Полученные данные можно использовать в том числе для сравнения с проектными данными и определения степени деградации системы. Периодическое выполнение подобных изысканий позволит более точно определять программному комплексу состояние гидромелиоративной системы.

**Результаты.** Достоинством программного комплекса является объединение:

- вычислительной мощности компьютеров;
- систем хранения, обработки и анализа входящих данных;
- моделей орошения и управления гидромелиоративной системой.

Вычислительные мощности могут быть подобраны под конкретные задачи и увеличены в случае необходимости. Системы хранения и анализа позволяют учитывать не только современное состояние системы, но и развитие этого состояния с учетом предыдущего периода. Модели орошения позволяют учитывать биологические особен-

ности выращиваемых культур, особенности климатических условий, почвенного покрова. Модели управления гидромелиоративной системой позволяют обеспечить более точное управление забором, транспортировкой и распределением водного ресурса с учетом дополнительных условий и требований. Учет максимально возможных характеристик обеспечивает гибкость программному комплексу для выработки наиболее эффективного решения.

Независимость положения центра управления данным комплексом от расположения гидромелиоративной системы создает преимущество перед комплексами, которые используют оборудование для мониторинга и управления. Один подобный комплекс может работать на несколько гидромелиоративных систем. Перенастройка комплекса на управление другой гидромелиоративной системой требует меньших финансовых и временных затрат. В совокупности со значительно меньшими затратами на обеспечение энергией и обслуживание, а также обеспечение системами связи и мониторинга собственного состояния это делает подобный комплекс очень привлекательным для использования, в отличие от комплексов двух других групп. Программный комплекс может быть использован для выработки рекомендаций по оптимальному ремонту гидромелиоративной системы с минимальными затратами, но значительным повышением эффективности ее работы. Слабость данной системы в отличие от тех, которые используют приборы для постоянного мониторинга и средства управления оборудованием, заключается в меньшей оперативности и, соответственно, меньшей точности. Конечно, такие методы не могут быть полностью автоматизированы и требуют работы специалистов непосредственно на гидромелиоративной системе.

**Выводы.** С одной стороны, кажется очевидным, что комплексы второй и третьей группы должны использоваться на наиболее деградированных гидромелиоративных системах, так как их высокая точность и оперативность может повысить эффективность работы и увеличить срок службы гидромелиоративных систем. Также для более деградированных гидромелиоративных систем стоимость ремонтных работ выше и затраты на цифровизацию могут быть соизмеримы с ней. В то же время программные комплексы лучше использовать на более новых системах, так как управление с меньшей точностью все равно даст положительный эффект, а затраты на такой комплекс меньше и могут быть соизмеримы с затратами на обслуживание и профилактику.

С другой стороны, если посмотреть на кривую износа (рисунок 1), то можно прийти к выводу, что большие затраты в области за зоной реконструкции нецелесообразны, так как деградация системы будет происходить более интенсивно, а срок службы удастся продлить ненадолго. В то же время использование цифровизации по второй и третьей группе в области содержания или мелкого ремонта позволит значительно увеличить срок службы, что обосновывает вложение финансовых ресурсов в большем объеме, так как есть время для их окупаемости.

Для достижения указанной цели вначале требуется проанализировать существующее и используемое программное обеспечение, а возможно, разработать подобный комплекс исходя из конкретных требований для решения поставленных задач. Данная работа могла бы быть совмещена с разработкой и утверждением технических норм для использования подобных комплексов.

#### **Список использованных источников**

1 Современное состояние и пути повышения надежности и экологической безопасности эксплуатации мелиоративных систем: информ. сб. / подгот. Н. Г. Зубковой. – М.: Мелиоводинформ, 2013. – 89 с.

2 Методика расчетного прогнозирования срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов: утв. 18 апреля 2001 г. распоряжением № 79-р Министерства транспорта РФ. – М., 2002. – 140 с.

3 ГОСТ Р 58376-2019. Мелиоративные системы и гидротехнические сооружения. Эксплуатация. Общие требования. – Введ. 2019-03-15. – М.: Стандартинформ, 2019. – 37 с.

4 Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85: СП 100.13330.2016: утв. М-вом стр-ва и жилищ.-коммун. хоз-ва Рос. Федерации 16.12.16: введ. в действие с 17.06.17. – М.: Минстрой России, 2016. – 222 с.

5 ГОСТ Р 58331.1-2018. Системы и сооружения. Мелиоративные каналы оросительные. Поперечные сечения. – Введ. 2019-07-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 10 с.

## НАУКА – ПРАКТИКЕ

---

---

УДК 626.82

**А. И. Тищенко**

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

### **РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ РАБОТЫ РЕГУЛИРУЮЩЕГО СООРУЖЕНИЯ ТЕРСКО-КУМСКОГО КАНАЛА НА ОСНОВЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Цель работы – выработка на основе гидравлических исследований рекомендаций по улучшению работы регулирующего сооружения на 116-м километре Терско-Кумского канала, увеличению срока службы в эксплуатации, уменьшению затрат на строительство нового сооружения, на текущие и капитальные ремонты, а также расходов на его обслуживание. В процессе гидравлических исследований были выполнены две задачи – изучение скоростной структуры потока в живом сечении и подбор высокоэффективного гасителя избыточной энергии потока. В процессе исследований сооружения были проведены тщательные измерения его геометрических характеристик, в нижнем бьефе сооружения (в его отводящем русле) были намечены семь створов, в которых производилось измерение скоростей потока на намеченных вертикалях пятиточечным способом. Обработка материалов натурных исследований производилась в камеральных условиях. Результаты исследований воплощены в виде графического материала. В качестве рекомендаций Управлению Терско-Кумского канала предложен высокоэффективный гаситель избыточной кинетической энергии потока с указанием места его установки.*

*Ключевые слова: канал; скорость; поток; сечение; сооружение; энергия; гаситель; створ.*

\*\*\*\*\*

**А. И. Тищенко**

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

### **DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE CONTROL STRUCTURE OPERATION OF THE TERSKO-KUMSKY CANAL ON THE BASIS OF HYDRAULICS RESEARCH**

*The purpose of the paper is the development of recommendations for improving the operation of the control structure at the 116th kilometer of the Tersko-Kumsky Canal, increasing its service life, decreasing expenses for a new structure construction, repair and overhaul, as well as expenses for its service on the basis of hydraulic research. In the process of hydraulic research, two tasks were performed – the study of the velocity flow structure in a canal cross section and the selection of a highly efficient excess energy flow dissipator. During the structure study, careful measurements of its geometrical characteristics were carried out; in the downstream structure (in its discharge channel) seven gauge sections were outlined, where the flow velocities were measured on the designated verticals by a five-point method. The processing of field surveys was office compiled. The research results are embodied in the form of graphical material. As recommendations to the Administration of the Tersko-Kumsky Canal, a highly effective excess kinetic energy flow dissipator with an indication of the place of its installation is proposed.*

*Key words: canal; velocity; flow; section; structure; energy; dissipator; gauge section.*

**Введение.** Долговечность работы гидротехнического сооружения зависит от его состояния при действии на него гидродинамических нагрузок, которые возникают при прохождении потока воды через сооружение, ледовых нагрузок в весенний период, плывущих веток и др.

Для выработки рекомендаций по улучшению работы сооружения, повышению его надежности [1–6] необходимо иметь сведения о гидравлической структуре водного потока, которые могут быть получены только в результате проведения натурного эксперимента. При проведении гидравлических исследований необходимо было решить две задачи:

- исследование кинематических характеристик потока;
- исследование различных конструкций гасителей избыточной энергии потока и воздействия их на величину гашения избыточной кинетической энергии, которая влияет на размеры воронки размыва в нижнем бьефе сооружения.

Первая задача, подлежащая рассмотрению, заключается в определении скоростной структуры потока в плоскости живого сечения. Практическая ценность научных работ при решении первой задачи состоит в том, что выясняются законы распределения скоростей в водобойной части сооружения, на рисберме и в отводящем русле в зависимости от конструкции, элементов сооружения, искусственной шероховатости и др.

Выполнение второй задачи включает в себя решение следующих вопросов:

- подбор конструкции эффективного гасителя избыточной энергии потока;
- установление оптимальных размеров гасителя энергии и защитного крепления русла (рисбермы и каменной наброски);
- выяснение характера взаимодействия потока и размываемого русла водотока как при гладком водобое, так и при оснащенных гасителями энергии.

**Материал и методы.** Перегораживающее сооружение на 116-м километре Терско-Кумского канала состоит из двух пролетов, оснащенных сегментными затворами. Согласно проекту ширина каждого пролета в свету составляет 6 м. Десятикратные измерения сооружения с помощью стальной десятиметровой рулетки показали, что фактическая ширина каждого пролета отличается от проектной. Ширина левого пролета (по ходу течения потока) составила 5,84 м, правого пролета – 5,97 м, т. е. пролеты зажужены в сумме на 19 см.

Рисберма в нижнем бьефе сооружения на протяжении 66 м покрыта железобетонными плитами. Выполненное из каменной наброски гибкое крепление имеет длину 36 м. За креплением земляное русло находится в удовлетворительном состоянии. На правом берегу сразу за каменной наброской отмечено зарастание откоса камышом на участке протяженностью более 300 м. При этом сам берег обрывистый.

На выходе из водобойной части за перегораживающим сооружением поток имеет явно выраженный бурный режим течения, и далее за водобойной частью такой режим наблюдается на протяжении 30–40 м.

В связи с этим первый створ наблюдения был назначен в середине крепления из железобетонных плит (40 м от конца водобойной части), где скорости потока были менее опасны для проведения гидрометрических работ с лодки. Второй створ был назначен в конце жесткого крепления из железобетонных плит, третий створ закрепили кольями в конце гибкого крепления из каменной наброски. Еще четыре створа расположили через каждые 30 м, начиная от конца гибкого крепления. Таким образом, для того, чтобы установить скоростную структуру на разных глубинах по ширине потока и по длине отводящего русла, в нижнем бьефе сооружения было намечено семь створов.

В каждом створе были намечены положения вертикалей (через 2 м) для измерения скоростей потока на них пятиточечным способом (в пяти точках вертикали: поверхность, 0,2 *h*, 0,6 *h*, 0,8 *h*, дно).

**Результаты и обсуждение.** В период исследований (измерения поля скоростей)

через сооружение пропускался расход  $58,9 \text{ м}^3/\text{с}$ . За данным сооружением визуально были отмечены две поверхностные динамические струи: у левого и правого откосов отводящего канала. Эти две струи прослеживаются вплоть до постоянного гидрометрического створа. Правда, максимумы скоростей при средних расходах не превышают  $1,2 \text{ м/с}$ , что способствует буйному произрастанию камыша на откосах за пределами крепления.

Однако при пропуске через сооружение максимальных расходов  $150 \text{ м}^3/\text{с}$  скорости потока в указанных областях достигают  $1,6\text{--}1,8 \text{ м/с}$ , они способствуют образованию деформаций земляного русла.

По материалам, полученным в процессе исследований, в каждом створе были построены эпюры скоростей и изотахи (линии равных скоростей) [7], по которым определялся характер очертания эпюр и изотак и место расположения ядра (динамической оси) течения. Вместе с этим были изображены в каждом створе плановые эпюры скоростей, которые характеризуют положение динамической оси потока по длине отводящего русла.

*Плановые эпюры скоростей по ширине потока на глубине 0,6 h.* На этой глубине в створах 1 и 2 обнаруживается две динамической оси течения: у левого берега ( $v = 0,78 \text{ м/с}$ ) и у правого берега ( $v = 0,86 \text{ м/с}$ ). В створе 3 ядра течения обнаруживаются уже слабее. В створе 4 они проявляются еще слабее. В створе 5 течения распространяются уже на всю центральную часть ширины потока. Анализируя плановые эпюры скоростей на глубине  $0,6 h$  на участках 1–5, можно заметить некоторую закономерность. Если в створах 1 и 2 максимум скоростей ( $0,86 \text{ м/с}$ ) зафиксировали у правого берега, то в створе 5 этот максимум переместился уже к левому берегу (со скоростью  $0,77 \text{ м/с}$ ).

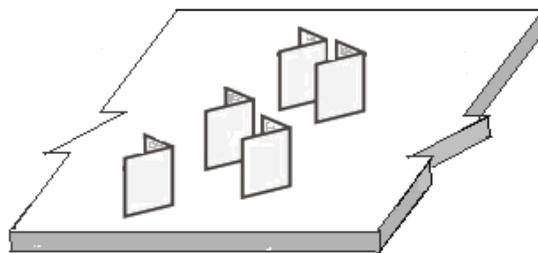
*Плановые эпюры скоростей на глубине 0,8 h.* Здесь ярко выраженный максимум скоростей просматривается лишь в створах 1 и 2 у правого берега. В створах 3 и 4 максимум также отмечен у правобережья. В створе 5 максимальные скорости зафиксированы уже в центральной части потока.

*Плановые эпюры скоростей по ширине потока у дна канала.* В створах 1 и 2 наблюдаются вообще незначительные скорости (до  $0,35 \text{ м/с}$ ). В створе 3 скорости несколько увеличиваются до  $0,50 \text{ м/с}$  в центральной части потока. В створе 4 абсолютное значение наибольших скоростей еще более возрастает до  $0,59 \text{ м/с}$ . В створе 5 скорости снова снижаются. В центре они падают до  $0,14\text{--}0,26 \text{ м/с}$ . В створах 6 и 7 распределение придонных скоростей почти одинаковое по смоченному периметру, они находятся в пределах  $0,16\text{--}0,18 \text{ м/с}$ .

Правый откос имеет обрывистый характер, приобретенный в процессе пропуска максимальных расходов воды. Максимальная высота обрыва (за гибким креплением) достигла  $5 \text{ м}$  (результат волновых воздействий от колебания уровня воды в канале). Длина обрывистого берега достигла  $300 \text{ м}$ . Службой эксплуатации Терско-Кумского канала производилось закрепление берега с помощью плетня, но результат оказался отрицательным и малоэффективным [8], так как за один сезон это ограждение разрушилось, остались только столбики. Для повышения эффективности обслуживания сооружений магистральных каналов следует воспользоваться рекомендациями, представленными в работе С. М. Васильева и др. [8].

Исследования показали, что обрушение откосов происходит тогда, когда уровень воды в канале поднимается до  $4 \text{ м}$ , а скорости достигают величины  $1,5 \text{ м/с}$ . Необходимо предусмотреть меры во избежание концентрации течений у откосов каналов.

Во избежание дальнейшего разрушения откосов канала нами разработана новая конструкция гасителя избыточной энергии потока, которая представляет собой гаситель в виде шашек V-образной формы (рисунок 1). Размещение шашек на водобое выполняется в шахматном порядке с направлением угла между гранями по течению (как показано на рисунке 1).



**Рисунок 1 – Гаситель избыточной энергии потока из шашек V-образной формы**

### **Выводы**

1 В процессе исследований было установлено, что в нижнем бьефе сооружения в пределах жесткого и гибкого креплений образуются две динамические оси потока со скоростями, превышающими допускаемые неразмывающие скорости для грунта, слагающего ложе канала, в результате чего образовались размывы откосов канала.

2 Исследования показали, что обрушение откосов происходит тогда, когда уровень воды в канале поднимается до 4 м, а скорости достигают величины 1,5 м/с. Необходимо предусмотреть меры во избежание концентрации течений у откосов каналов.

3 Для повышения эффективности обслуживания сооружений магистральных каналов следует воспользоваться рекомендациями, представленными в работе С. М. Васильева и др. [8].

4 Во избежание дальнейшего разрушения откосов канала нами рекомендован гаситель избыточной энергии потока в виде шашек V-образной формы в плане, которые способствуют равномерному распределению скоростей по живому сечению канала.

### **Список использованных источников**

1 Мелиоративные системы и сооружения: СП 100.13330.2016: утв. М-вом стр-ва и жилищ.-комму. хоз-ва Рос. Федерации 16.12.16: введ. в действие с 17.06.17. – М.: Минстройжилкомхоз РФ, 2017. – 126 с.

2 Щедрин, В. Н. О проблемах безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного назначения / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко // Гидротехническое строительство. – 2011. – № 5. – С. 33–38.

3 Щедрин, В. Н. Вопросы обеспечения безопасности гидротехнических сооружений для целей мелиорации / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко // Вестник аграрной науки Дона. – 2010. – № 4. – С. 97–102.

4 Panov, S. I. Scientific aspects of hydraulic engineering in the Extreme North / S. I. Panov, N. F. Krivonogova // Power Technology and Engineering. – 2012. – Vol. 45. – P. 1–5.

5 Leschenko, S. V. Vertical hydrodynamic loads on the elements of hydrotechnical constructions / S. V. Leschenko, K. N. Makarov // European Researcher. – 2013. – № 5-1(48). – P. 1189–1193.

6 Тищенко, А. И. Обеспечение надежной работы сбросных гидротехнических сооружений / А. И. Тищенко // Техносферная безопасность, надежность, качество, энергоснабжение: материалы 14-й Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д.: РГСУ, 2012. – Вып. 14, т. 3. – С. 156–161.

7 Зуйков, А. Л. Гидравлика. Напорные и открытые потоки. Гидравлика сооружений / А. Л. Зуйков. – Т. 2. – М.: ЭБС АСВ, 2015. – 424 с.

8 Эффективное техническое обслуживание сопрягающих сооружений магистральных каналов: науч. обзор / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко, Ю. Ф. Снопич, П. В. Калинин, Н. А. Антонова, М. А. Ляшков; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 45 с. – Деп. в ВИНТИ 01.09.14, № 242-В2014.