

ISSN 2313-2248

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал

Выпуск № 3(83)/2021

Новочеркасск

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

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

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

Выпуск № 3(83)/2021

Июль – сентябрь 2021 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор – доктор сельскохозяйственных наук А. Н. Бабичев

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

Ответственный секретарь – Л. И. Юрина

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

Технический редактор, выпускающий – Е. А. Бабичева

Литературный редактор – А. И. Литовченко

Переводчик – В. В. Кульгавюк

Адрес редакции и издателя:

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

Тел.: (8635) 26-65-00

<http://www.rosniipm.ru/journal/ppez>
e-mail: transfer-rosniipm@yandex.ru

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

Подписано в печать 17.09.2021. Формат 60×84/8.
Усл. печ. л. 9,89. Тираж 500 экз. Заказ № 37

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

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

ISSN 2313-2248



9 772313 224008

Дата выхода в свет 15.10.2021
Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации»

Кочнева А. Е., Малышева Н. Н. Анализ использования земельных и водных ресурсов на мелиоративных системах Краснодарского края	4
Шкура В. Н., Шевченко А. В. Водовпуски в рыбоводные водоемы, оборудованные сорозооадерживающими устройствами	10
Пономаренко Т. С., Бреева А. В. Расчет количественных характеристик твердого стока Чограйского водохранилища	16
Сарахатунова Ю. Я. Требования систем капельного орошения к поливной воде	22
Шкура В. Н., Куприянов А. А. Двухниточный поливной модуль для капельного орошения древесно-плодовых насаждений	28
Воеводин О. В., Кириленко А. А. Блочно-модульный принцип построения в контексте актуальности воспроизводства парка мелиоративных насосных станций	35
Талалаева В. Ф. Применение фибробетона для ремонта конструкций гидромелиоративных сооружений	41
Гостищев В. Д., Мартынов Д. В. Изменение батиграфических характеристик Чограйского водохранилища	47
Ольгаренко В. Иг. Урожайность картофеля весеннего срока посадки в условиях дефицита водных ресурсов на юге России	53
Шкура В. Н., Шевченко А. В. Фильтрующие водозаборы из водоемов для приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов	58

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Кожанов А. Л. Оценка возможности повторного использования водных ресурсов осушительных систем в регионах Нечерноземной зоны Российской Федерации	65
---	----

НАУКА – ПРАКТИКЕ

Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Химическая мелиорация на мелиорированных землях России	73
Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Технология культурооборота огурца в пленочных теплицах	79

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации»

УДК 631.671.1:633.18

Анализ использования земельных и водных ресурсов на мелиоративных системах Краснодарского края

Анна Евгеньевна Кочнева, Надежда Николаевна Малышева

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

Аннотация. Целью данных исследований являлось изучение аспектов рационального использования водных и земельных ресурсов при производстве риса и сопутствующих культур в Краснодарском крае. На основе анализа материалов проведенных работ и материалов изысканий прошлых лет проведена оценка использования орошаемых земель в Краснодарском крае. Установлено, что величина допустимых лимитов забора из поверхностных водных объектов изменяется в зависимости от водообеспеченности года и эти изменения могут быть весьма значительными. Показано, что ежегодно полив сельхозкультур в структуре орошаемых земель государственных мелиоративных систем осуществляется в среднем на площади около 153,0 тыс. га, в т. ч. риса – на 125,0 тыс. га, с общим объемом водоподачи 2479,0 млн м³. Выявлено, что максимальное значение водоподачи на орошение наблюдалось в 2016 г. и составило 2778 млн м³ на площадь 156,5 тыс. га. Установлено, что 2020 г. был маловодным, суммарный забор воды из всех источников орошения составил 3311 млн м³, это ниже средних значений за период 2016–2020 гг. на 430 млн м³. В результате проведенных исследований установлено, что при увеличении посевных площадей сельхозкультур в регионе, выращиваемых на орошении, следует предусматривать водообеспеченность года, а также учитывать возможный дефицит водных ресурсов.

Ключевые слова: водопользование, водохозяйственная обстановка, орошаемые земли, водопотребление, рисовые системы, оросительная норма, объем водоподачи, водные ресурсы

Analysis of land and water use in reclamation systems of Krasnodar territory

Anna E. Kochneva, Nadezhda N. Malysheva

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

Abstract. The purpose of these studies was to study the aspects of land and water sustainable use in the production of rice and companion crops in Krasnodar Territory. Based on the analysis of the work carried out and survey data of the past years, an assessment of the irrigated lands use in Krasnodar Territory was carried out. It has been determined that the value of permissible intake limits from surface water bodies changes depending on the yearly water availability and these changes can be very significant. It is shown that annually irrigation of crops in the structure of irrigated lands of state reclamation systems is carried out on average on an area of about 153.0 thousand hectares, including rice – on 125.0 thousand hectares, with a total water supply of 2479.0 mln m³. It was revealed that the maximum water supply for irrigation was observed in 2016 and amounted to 2778 million m³ for an area of 156.5 thousand

hectares. It was found that 2020 was dry, the total water intake from all irrigation sources amounted to 3311 million m³, which is lower than the average values for the period 2016–2020 by 430 million m³. As a result of the studies, it was found that with an increase of cultivated land after irrigated in the region, it is necessary to provide for the yearly water supply, as well as to take into account the possible water scarcity.

Keywords: water use, water industry situation, irrigated lands, water consumption, rice systems, irrigation rate, water supply capacity, water resources

Введение. Водохозяйственно-мелиоративный комплекс Краснодарского края представлен 16 государственными мелиоративными системами, в т. ч. 12 рисовыми оросительными системами; Федоровским и Тиховским гидроузлами с пропускной способностью 1500 м³/с каждый; двумя водохранилищами (Крюковское и Варнавинское) общей емкостью 373 млн м³.

Водопотребление, которое оказывает влияние на количественное и качественное состояние водных ресурсов, играет важную роль в развитии сельского хозяйства. Эффективно эксплуатируется Кубанским бассейновым водным управлением Краснодарское водохранилище, которое является основным источником орошения и выполняет еще ряд функций: защита от наводнений, пропуск паводка с расходами до 1200 м³/с; орошение 215 тыс. га рисовых систем; хозяйственно-бытовое и питьевое водоснабжение; обеспечение рыбозаводов и нужд рыбного хозяйства [1].

В Краснодарском крае площадь мелиорированных земель составляет 410,9 тыс. га, в т. ч. орошаемых – 386,4 тыс. га. Ежегодно на ирригированных площадях Краснодарского края выращиваются овощные, зерновые и плодовые культуры на площади около 180 тыс. га, из них около 130 тыс. га отведено под рис.

Подача водных ресурсов на большую часть мелиоративных систем (рисовые оросительные системы) осуществляется путем пуща воды из Краснодарского водохранилища. Надежная работа его сооружений, достоверный и своевременный прогноз приточности по бассейну являются важным условием эффективного управления водными ресурсами. В этой связи цель исследовательской работы – анализ земле- и водопользования на мелиоративных системах Краснодарского края [2, 3].

Использовались методы анализа и синтеза.

Результаты и обсуждение. На фоне общего роста посевных площадей и сборов риса в Краснодарском крае приоритетным становится решение проблемы дефицита водных ресурсов. Анализ основных производственных показателей свидетельствует, что ежегодно полив на орошаемых землях осуществляется на площади порядка 153,0 тыс. га с общим объемом водоподдачи 2556,0 млн м³ (рисунок 1) [4, 5].



Рисунок 1 – Площадь полива орошаемых земель и объем водоподдачи на орошение

В результате проведенных исследований выявлено, что полив сельхозкультур в структуре орошаемых земель государственных мелиоративных систем в 2020 г. осуществлялся на площади 154,9 тыс. га, это меньше на 1,2 тыс. га, чем в 2019 г. Площадь зерновых культур составила 135,3 тыс. га, из которых рис – 126,5 тыс. га, овощей и бахчевых – 12,3 тыс. га, многолетних насаждений – 0,75 тыс. га, прочих поливов – 6,5 тыс. га (таблица 1).

Таблица 1 – Площадь полива сельскохозяйственных культур на государственных мелиоративных системах в 2020 г.

Всего сельхозугодий	Зерновые культуры		Овощи	Кормовые культуры	Многолетние насаждения	Прочие поливы
	всего	в т. ч. рис				
154946,7	135304,1	126558,1	12303,3	80	755,9	6503,4

Исследования показывают, что объем поданной воды для нужд сельскохозяйственного производства составил 2303 млн м³ с учетом объема повторных вод, это меньше на 436 млн м³, чем в 2019 г. Выявлено, что удельный объем водоподачи составил 14,86 тыс. м³/га, это меньше показателей 2019 г. на 2,68 тыс. м³/га (рисунок 2).



Рисунок 2 – Удельный объем водоподачи для нужд сельскохозяйственного производства

Отрасль рисоводства – один из основных водопотребителей в структуре орошаемых площадей. Рис по своей природе является гигрофитом и требует постоянного наличия слоя воды на поле в течение периода вегетации. В этой связи в орошаемом земледелии региона рисоводство имеет приоритетное значение [6, 7].

Согласно данным, приведенным на рисунке 3, в 2020 г. площадь полива риса составила 126,6 тыс. га, что больше на 1,6 тыс. га показателей 2019 г., с объемом водоподачи 2231 млн м³, что меньше на 401,0 млн м³, чем в предыдущем году. Это связано с маловодьем, гидрологическим режимом р. Кубани и сложной водохозяйственной обстановкой на Краснодарском водохранилище в период вегетации риса.

Оросительная норма риса в 2020 г. достигла 17,63 тыс. м³/га, что меньше средних многолетних показателей за последние 5 лет (2016–2020 гг.) на 1,86 тыс. м³/га и показателей за 2019 г. на 3,43 тыс. м³/га (рисунок 4).

Анализ данных, приведенных на рисунке 5, показывает, что площадь полива нерисовых культур в среднем за последние 5 лет с 2016 по 2020 г. составила 15,4 тыс. га с максимальным значением в 2018 г. 19,3 тыс. га и минимальным в 2016 г. 10,9 тыс. га [4]. Выявлено, что объем водоподачи в среднем за указанный период составил 57,8 тыс. м³ с максимальным значением в 2018 г. 71,62 тыс. м³, минимальным в 2017 г. 38,97 тыс. м³. В 2020 г. площадь полива нерисовых культур составила 18,7 тыс. га, объем водоподачи – 68,25 тыс. м³ при средней оросительной норме по всем культурам 3,65 тыс. м³.



Рисунок 3 – Площадь полива и объем водоподачи на посеvy риса, 2016–2020 гг.



Рисунок 4 – Оросительная норма риса

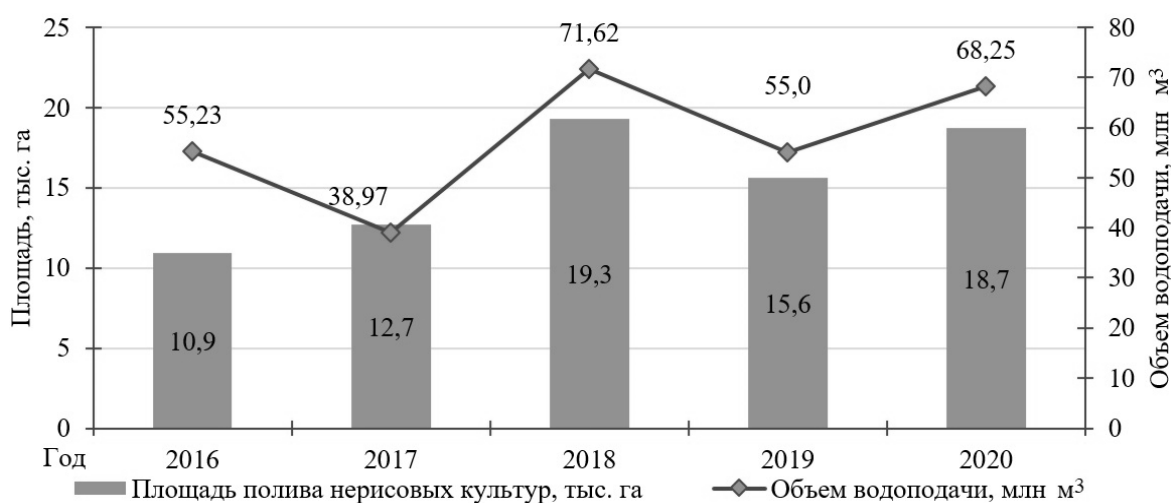


Рисунок 5 – Площадь и объем полива нерисовых культур (овощных, кормовых, технических, плодовых насаждений)

Данные, приведенные в таблице 2, показывают, что в целом за период вегетации в 2020 г. суммарный забор воды из всех источников на все нужды составил 3311 млн м³, это меньше на 731 млн м³ по сравнению с 2019 г. и на 430 млн м³ по сравнению со средним значением за последние 5 лет (2016–2020 гг.).

Таблица 2 – Показатели водопользования по государственным мелиоративным системам федеральной собственности в Краснодарском крае для нужд сельхозпроизводства

Показатель	Год					Среднее за 2016–2020 гг.	+/- к 2019 г.
	2016	2017	2018	2019	2020		
Суммарный забор воды из всех источников на все нужды	3956	3559	3835	4042	3311	3740,6	-731
Водозабор из бассейна Кубани	3234	2925	3198	3375	2430	3032,4	-945
Дренажно-сбросные воды по замыкающим створам	3387	3181	2870	3128	1961	2905,4	-1167
Объем забора повторно используемой воды	722	633	642	670	879	709	+209
Баланс забор/сброс	-153	-256	+328	+247	+469	+63,8	-

Водозабор из бассейна р. Кубани также в 2020 г. сократился и составил 2430 млн м³, что на 945 млн м³ меньше показателей 2019 г. Кроме того, исследования показали, что объем дренажно-сбросных вод также был снижен из-за маловодья и составил 1961 млн м³, это меньше значений 2019 г. на 1167 млн м³ и на 944 млн м³ ниже средних показателей за 2016–2020 гг.

Таким образом, можно считать, что динамика водозабора из бассейна р. Кубани и объема наполнения Краснодарского водохранилища в 2020 г. отрицательна, это в дальнейшем требует корректировки посевных площадей как риса, так и других сельскохозяйственных культур.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что при увеличении посевных площадей сельхозкультур в регионе, выращиваемых на орошении, следует учитывать водообеспеченность года, а также возможный дефицит водных ресурсов. Кроме того, требуется дополнительная проработка вопросов, связанных с режимом орошения риса, способами полива сельхозкультур, которые бы способствовали экономии водных ресурсов. В настоящее время рациональное водопользование выступает одним из наиболее перспективных направлений в агропромышленном комплексе Краснодарского края, поскольку обеспечивает увеличение объемов производства продукции растениеводства, способствует эффективному использованию земель сельскохозяйственного назначения и развитию мелиорации в регионе [8–10].

Список источников

1. Justification of elements of rice cultivation technology / N. Malysheva, A. Khadzhide, E. Kuznetsov, N. Sharaby, A. Koltsov // E3S Web of Conferences. XIII International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020”. 2020. Vol. 175. 01006. 7 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017501006>.

2. Studying soil-reclamation state of rice agricultural landscapes / N. Malysheva, S. Kizinek, A. Khadzhide, L. Kravchenko, V. Chegge, D. Sarkisian, S. Saakian // E3S Web of Conferences. Innovative Technologies in Science and Education (ITSE-2020). 2020. Vol. 210. 04006. 9 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021004006>.

3. Нормативы водопотребности риса в различных агроклиматических зонах России / С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, С. Н. Якуба, Н. Н. Малышева, С. В. Кизинёк. Новочеркасск, 2020. 202 с.

4. Годовые технические отчеты ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» за 2009–2018 гг. // Архив ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз».

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

6. Балакай Г. Т., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Временные нормативы водопотребления риса и водоотведения с рисовых оросительных систем в различных агроклиматических зонах России. Новочеркасск, 2019. 122 с.

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

8. Рекомендации по водопотреблению риса и сопутствующих культур в рисовых севооборотах юга России / Р. С. Масный, С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, С. Н. Якуба, Н. Н. Малышева, С. В. Кизинёк, Т. С. Пономаренко. Новочеркасск, 2021. 61 с.

9. Малышева Н. Н., Карадаян Л. И. Экологическая реабилитация режима орошения риса в условиях маловодья // Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности: материалы VII Междунар. науч. конф. Волгоград, 2021. С. 72–75.

10. Малышева Н. Н., Кизинёк С. В. Экономические аспекты производства риса на мелиоративных системах Краснодарского края // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 1(37). С. 200–216. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1041> (дата обращения: 01.08.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-1-200-216.

Информация об авторах

А. Е. Кочнева – студент, магистр;

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

Information about the authors

A. E. Kochneva – Student, Magister;

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

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.08.2021; одобрена после рецензирования 10.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was submitted 19.08.2021; approved after reviewing 10.09.2021; accepted for publication 17.09.2021.

УДК 626.88

Водовпуски в рыбоводные водоемы, оборудованные сорозооудерживающими устройствами

Виктор Николаевич Шкура, Алексей Викторович Шевченко

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

Аннотация. Цель – разработка конструктивного решения трубчатого водовпуска в рыбоводный водоем, предотвращающего попадание в пруд или бассейн загрязнителей и вредных видов гидробионтов. Обязательным требованием для эффективного функционирования рыбоводных водоемов, в которых выращивается рыбопосадочный материал травоядных видов рыб, является предотвращение попадания в их акваториальное пространство вредоносных гидробионтов, сорных и хищных видов рыб. Основу для разработки составили данные обследования действующих водовпусков и результаты анализа рекомендуемых конструкций трубчатых водовпусков, оборудованных сорозооудерживающими устройствами. При разработке конструкции водовпуска использовались технологии поискового конструирования. Применение сорозооудерживающих лотков, оборудованных мелкоячеистой тканью, или рукавов из микроячеистых фильтрующих материалов характеризуется трудоемкостью их обслуживания и низким уровнем надежности. Установленные в процессе обследования действующих рыбоводных объектов недостатки предложено устранить в разработанной конструкции трубчатого водовпуска, оборудованного контейнерными двухситовыми сорозооудерживателями. Разработанная конструкция трубчатого водовпуска позволяет повысить надежность его функционирования (отлова вредоносного засорителя), улучшить условия труда рыбоводов при его эксплуатации. Конструкция рекомендована к внедрению в проект Бессергеевского рыбоводного комплекса.

Ключевые слова: рыбоводство, рыбоводные водоемы, рыбоводные пруды, рыбоводные бассейны, водовпускные сооружения, сорозооудерживающие устройства

Water inlets into fish-breeding reservoirs equipped with debris and zoo retention devices

Viktor N. Shkura, Alexey V. Shevchenko

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

Abstract. The purpose of the article is to develop a structural solution for a conduit water inlet into a fish-breeding reservoir that prevents pollutants and harmful species of aquatic organisms from entering the pond or pool. A prerequisite for the effective functioning of fish-breeding reservoirs where fish stock of herbivorous fish species is grown, is to prevent harmful aquatic organisms, weed and predatory fish species from entering their aquatorial space. The basis for the development was formed by the survey data of the existing water inlets and the results of the analysis of the recommended design of conduit water inlets equipped with debris retention devices. When developing the water inlet design, search design technologies were used. The use of debris fumes equipped with fine-mesh fabric or hoses made of microcellular filter materials is characterized by labor-intensive maintenance and a low level of reliability. It was proposed to eliminate the shortcomings identified in the process of examining the existing fish-breeding facilities in the developed design of the conduit water inlet equipped with container two-hose debris and zoo retaining devices. The developed design of the conduit water inlet makes it possible to increase the reliability of its functioning (catching harmful

weed), to improve the working conditions of fish farmers during its operation. The design is recommended for implementation in the Bessergenevsky fish-breeding complex project.

Keywords: fish farming, fish-breeding reservoirs, fish-breeding ponds, fish-breeding basins, water inlets, debris and zoo retention devices

Введение. Обязательным требованием к системам водного питания рыбоводных комплексов, в которых выращивается рыбопосадочный материал, является предотвращение попадания в рыбоводные водоемы (пруды или бассейны) вредоносных гидробионтов, включая сорные и хищные виды рыб [1, 2]. В большинстве обследованных действующих в Ростовской области систем водного питания прудовых рыбоводных комплексов применяются водозаборы, не исключющие подачу в трубопроводную систему мелкого мусора и обитающих в водном источнике мелкоразмерных гидробионтов. В таких системах выпуск воды с мини-загрязнителями (минерального, органического и биогенного происхождения) осуществляется через трубчатые водовпуски, оборудуемые устройством для улавливания сора и нежелательных (вредоносных и хищных) видов гидробионтов («сорозооуловителем») и аэрирующим воду устройством (аэратором).

В качестве сорозооулавливающего устройства («сорозооуловителя») чаще всего используется прикрепляемый к трубе водовпуска лоток с мелкоперфорированным днищем и стенками или закрепляемый на трубе водовпуска сорозооулавливающий рукав. Судя по данным М. В. Нестерова, И. В. Моружи, Ю. А. Привезенцева, А. С. Срибного и др. [3–6], лотковый сорозооуловитель рекомендуется устраивать из каркаса с размерами: глубина 0,5 м, ширина равна диаметру трубы водовпуска или превышает его, длина $(3,5 \pm 0,5)$ м. Каркас обтягивается мелкоячеистой металлической сеткой (с размером ячеек 0,5 мм) или стандартной капроновой делью от № 7 до № 12 (в зависимости от заданных рыбоводно-мелиоративным обоснованием размеров, подлежащих отлову засорителей). Рукавный сорозооуловитель представляет собой закрепляемый на торцевом участке трубы водовпуска гибкий рукав из мелкоячеистого капронового сита № 7–12 длиной от 2,0–2,5 до 3,0 м $\pm 0,5$ м с диаметром, соответствующим диаметру трубы водовпуска. Один из концов рукава закрепляется на трубе, а другой размещается на откосе или в акватории бассейна. При использовании указанных видов сорозооуловителей предусматривается их 3–4-кратная замена в сутки. Накапливаемые в сорозооуловителях сор и вредоносные гидробионты периодически вытряхиваются в сорозоо-накопительные емкости и впоследствии утилизируются.

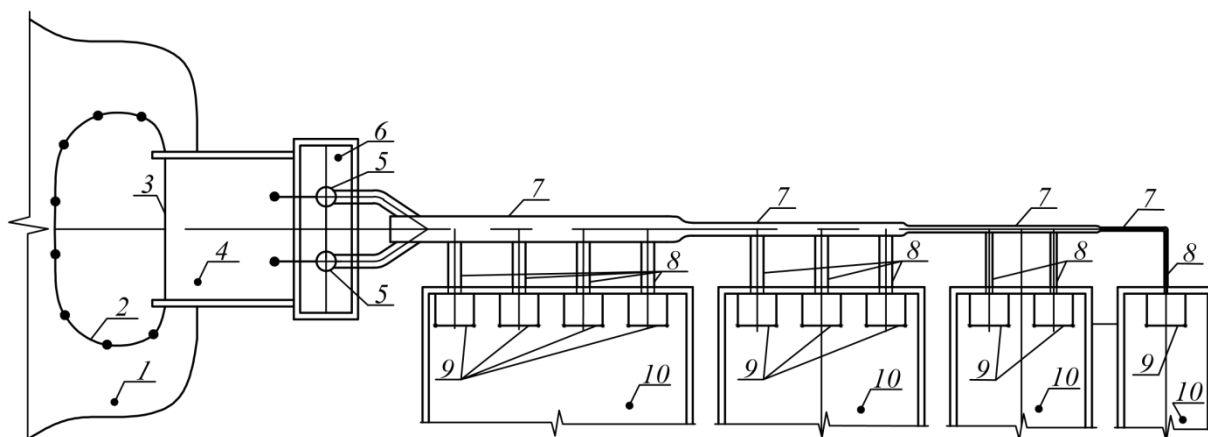
Отметим, что эксплуатация указанных видов концевых сорозооуловителей характеризуется трудоемкостью и значительным количеством ручного труда с привлечением трех-четырех работников при осуществлении операций по их замене. Определенные проблемы представляют утилизация засорителей и гибель улавливаемых мелкоразмерных как вредоносных, так и ценных в промысловом отношении гидробионтов.

Все вышеуказанные факты свидетельствуют о необходимости разработки рациональных и эффективных конструктивных решений устройств для предотвращения попадания в рыбоводные водоемы (пруды, бассейны) сора и вредоносных для культивируемых рыб гидробионтов, что и является целью настоящего исследования.

Материалы и методы. Эмпирическая основа настоящей публикации – данные натурных обследований строящихся и действующих прудовых рыбоводных комплексов прудового и бассейнового типов по культивированию промысловых видов рыб. При разработке конструкции водовпускного сооружения с возможностью отлова сора и вредоносных для рыб живых организмов учтены рекомендации практикующих специалистов в области рыбоводства и рыбохозяйственной гидротехники, а также технологии поискового конструирования и приемы создания новой техники.

Результаты и обсуждение. Учитывая существующую востребованность систем водного питания, основанных на применении трубчатых водовпусков, оборудованных сорозооуловителями, разработали усовершенствованную конструкцию водовпуска в ры-

быводный водоем. Пример такой конструкции водовпусков в системе водного питания рыбоводных водоемов (бассейнов) проиллюстрирован на рисунке 1.



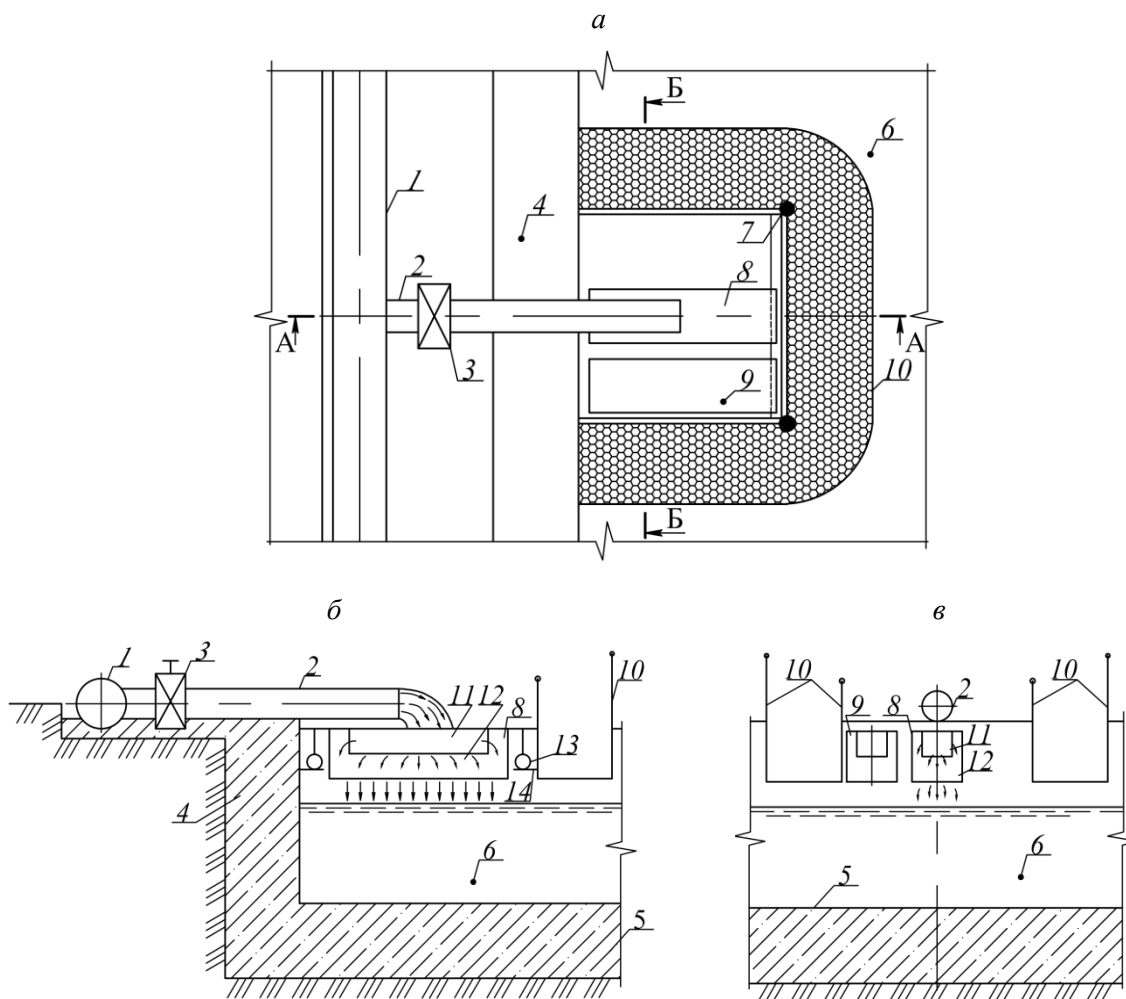
- 1 – водохранилище; 2 – электрозащитная система ПИРС;
 3 – сорозаградительная решетка; 4 – аванкамера (водоприемник); 5 – насосы;
 6 – насосная станция; 7 – напорный водоподающий трубопровод системы
 водного питания рыбоводно-мелиоративного комплекса; 8 – водовпуски;
 9 – сорозоуловители; 10 – рыбоводные бассейны комплекса

Рисунок 1 – Компонентно-конструктивная схема системы водного питания рыбоводно-мелиоративного комплекса на основе трубчатых водовпусков, обустроенных концевыми сорозоуловителями

В приведенной на рисунке 1 компонентно-конструктивной схеме системы водного питания рыбоводно-мелиоративного комплекса с забором воды из водохранилища 1 предусматривается устройство и использование электрозащитной системы 2. Для предотвращения попадания в аванкамеру водозабора 4 на входе в нее устанавливается сорозаградительная решетка 3. Вода из аванкамеры 4 посредством насосного оборудования 5 насосной станции 6 подается в напорный трубопровод 7 системы водного питания рыбоводно-мелиоративного комплекса. Питание водой рыбоводных объектов осуществляется через водовпускные трубопроводы (водовпуски 8). В зависимости от размеров рыбоводных бассейнов предусматривается различное количество трубчатых водовпусков, оборудованных концевыми сорозоулавливающими устройствами. Конструктивное решение водовпускного сооружения (трубчатого водовпуска), оборудованного сорозоулавливающим устройством, приведено на рисунке 2.

Водовпускная труба – водоотвод 2 в рыбоводный бассейн 6 в рассматриваемой системе водного питания (водоснабжения) питается из напорного водоподводящего трубопровода 1 и оборудована задвижкой 3. Водовпускная труба 2 укладывается на бетонную (забассейновую) отмостку и поперечный ограждающий устой 4 рыбоводного бассейна, а ее торцевая часть выдвигается в акваторию бассейна и размещается над его днищем 5. На участке выхода трубы водовпуска 2 устраивается сорозооудерживающее устройство, включающее опоры 7 и размещенные на его каркасной конструкции сорозоулавливающие основной 8 и резервные 9 контейнеры. Обслуживание (установка и замена) сорозоулавливающих контейнеров 8 и 9 осуществляется с размещенного по периметру устройства служебного мостика 10. В контейнерах 8 каркасной конструкции предусматривается размещение двух секций контейнера 11 и 12. Контейнеры перемещаются на колесных опорах 13 по направляющим полкам 14. Секция контейнера 11 представляет собой каркас, обтянутый мини-перфорированным полотном (сеткой) с ячейкой размером (диаметром) 3–5 мм, и предназначена для задержания относительно крупноразмерного засорителя с размером, превышающим 3–5 мм. Секция контейнера с микроперфорационным покрытием 12 сорозоулавливающего контейнера 8 больших

размеров, нежели секция контейнера 11, обтягивается мельничным газом с размером ячеей 1,0–1,5 мм, что позволяет задерживать микрозагрязнители с геометрическими размерами от 1 до 3 мм.



a – план; *б* – продольный разрез А – А; *в* – поперечный разрез Б – Б;

- 1 – напорный трубопровод системы водного питания рыбоводного комплекса;
 2 – водоотвод в рыбоводный бассейн; 3 – задвижка; 4 – ограждающий устой бассейна;
 5 – днище бассейна; 6 – рыбоводный бассейн; 7 – опоры сорозоулавливающего устройства; 8 – сорозоулавливающий контейнер в рабочем положении; 9 – резервный сорозоулавливающий контейнер; 10 – служебный мостик с ограждением;
 11 – секция контейнера с мини-перфорационным покрытием; 12 – секция контейнера с микроперфорационным покрытием; 13 – катковые опоры сорозоулавливающего контейнера; 14 – направляющие полки

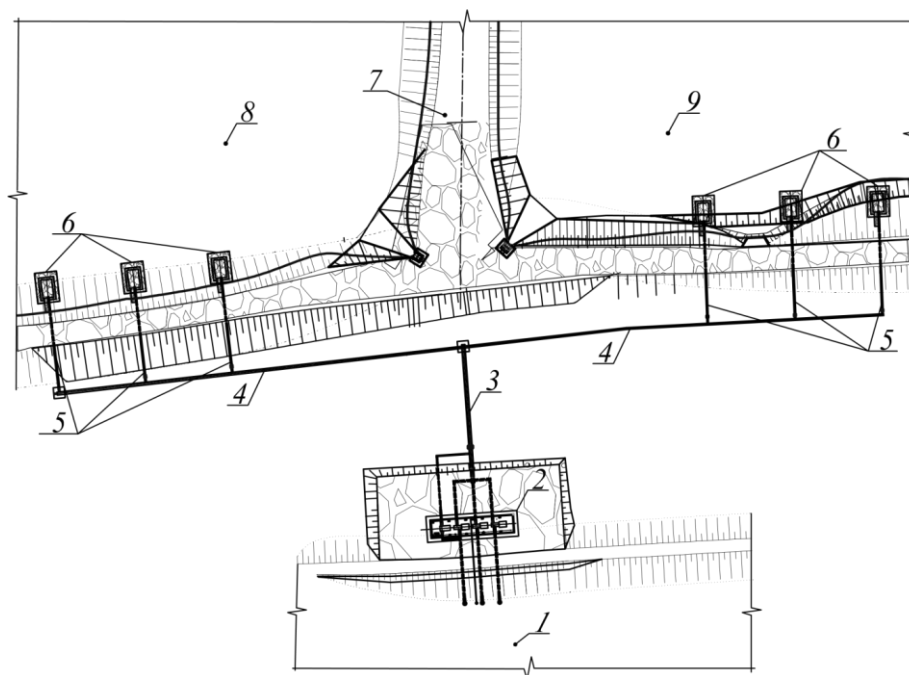
Рисунок 2 – Конструктивная схема трубчатого водовпуска в рыбоводный бассейн

Применение двухситовых сорозооудерживающих контейнеров позволит сократить частоту замены микропористых сит секции контейнера 12, облегчает труд рабочих по замене контейнеров, позволяет уменьшить количество обслуживающего систему водного питания персонала, снизить трудозатраты на ее эксплуатацию на 700 человеко-смен.

При профильтровывании (процеживании) воды через перфорацию мельничного газа, представляющего собой ситовую ткань, для задерживания попадающих в акваториальное пространство рыбоводного водоема сорных гидробионтов водные массы дробятся на мелкие капли, ниспадающие на водную поверхность акватории бассейна. В процессе свободного падения капель воды она естественно аэрируется – насыщается кислородом воздуха. При эксплуатации по мере засорения микропористых элементов

сорозооулавливающего устройства (сорозооуловителя) осуществляется выемка засорителя, очистка или замена микропористого покрытия.

Предложенная конструкция трубчатого водовпуска реализована в проекте реконструкции Бессергеновского рыбоводного комплекса [7]. План объектов системы водного питания (на базе трубчатых водовпусков) проиллюстрирован рисунком 3.



1 – водоисточник; 2 – насосная станция; 3 – напорный трубопровод; 4 – прудовые распределительные трубопроводы; 5 – водоотводы; 6 – трубчатые водовпуски; 7 – разделительная дамба; 8, 9 – рыбоводные пруды

Рисунок 3 – План системы водного питания Бессергеновского рыбоводного комплекса с трубчатыми водовпусками

Система водного питания (водоснабжения) каждого из рыбоводных прудов Бессергеновского рыбоводного комплекса предусматривает использование трех трубчатых водовпусков, рассчитанных на расход $0,333 \text{ м}^3/\text{с}$ каждый.

Во внедряемой в нагульно-выростной рыбоводный комплекс конструкции закрепление сорозооулавливающего устройства осуществляется на четырех опорах, что связано с наличием откоса оградительной дамбы, а прикрепление сорозооулавливающих контейнеров осуществлено без использования катковых опор (на полозьях).

Выводы

1 Разработана конструкция водовпускного сооружения в рыбоводные водоемы, оборудованного сорозооулавливающим устройством, предотвращающим попадание в рыбоводные водоемы вредоносных для культивируемых рыб организмов, и обеспечивающего удобную для специалистов ее эксплуатацию и обслуживание.

2 Наряду с высокой надежностью функционирования предложенной конструкции сорозооулавливающего устройства (исключающей ее повреждение при перемещениях и в процессе сорозоозадержания) она обеспечивает естественное аэрирование (аэрацию) воды в процессе падения капель в слое атмосферного воздуха.

Список источников

1. Щедрин В. Н., Шкура В. Н., Баев О. А. Рыбоводный комплекс на базе оросительного канала и малой реки // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 4. С. 38–43.
2. Конструктивные схемы и методики гидравлического расчета элементов ры-

быводных комплексов на базе оросительно-обводнительных каналов / В. Н. Шкура, О. А. Баев, А. Ю. Гарбуз, Ю. М. Косиченко. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2018. 43 с.

3. Нестеров М. В., Нестерова И. М. Гидротехнические сооружения и рыбоводные пруды: учеб. пособие. Минск: Новое знание; М.: ИНФА-М, 2012. 686 с.

4. Морузи И. В., Моисеев Н. Н., Пищенко З. А. Рыбоводство: учебник. М.: Колос, 2010. 360 с.

5. Привезенцев Ю. А. Выращивание рыб в малых водоемах. М.: Колос, 2000. 128 с.

6. Создание интенсивной технологии производства продукции аквакультуры: метод. рекомендации / А. С. Срибный, М. Е. Пономарева, С. П. Складаров, А. А. Покотило. Ставрополь: АГРУС, 2017. 118 с.

7. Шкура Вл. Н., Шевченко А. В. Двухпрудовой нагульно-выростной рыбоводный комплекс // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2020. № 4(07). С. 83–99. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=90> (дата обращения: 11.06.2021). DOI: 10.31774/2658-7890-2020-4-83-99.

Информация об авторах

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

А. В. Шевченко – младший научный сотрудник.

Information about the authors

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

A. V. Shevchenko – Junior Researcher.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 17.06.2021; одобрена после рецензирования 25.08.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was submitted 17.06.2021; approved after reviewing 25.08.2021; accepted for publication 17.09.2021.

УДК 627.157

Расчет количественных характеристик твердого стока Чограйского водохранилища

Таисия Сергеевна Пономаренко, Анна Викторовна Бреева

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

Аннотация. Целью данной статьи являлось установление расходов и объемов наносов, поступающих в Чограйское водохранилище, с учетом обеспеченности водных источников, а также расчет срока его заиления. В данной статье использован справочный и литературный материал, проанализированы существующие методики, приведен расчет количественных показателей взвешенных наносов с использованием актуальных справочных данных эксплуатационной организации по водопользованию р. Терек и Кума, фактических данных о батиграфии Чограйского водохранилища. Для учета объемов всех наносов данные расчеты выполнялись как для р. Терек (гп. Моздок) и Кума (гп. Буденновск), так и для водотоков, которые непосредственно впадают в Чограйское водохранилище, а именно р. Рагули, Голубь и Чограй. Приведенные в статье количественные характеристики стока и взвешенных наносов рассчитывались как для среднегодовых условий, так и при различной вероятности превышения стока. В результате установлено, что максимальный объем наносов, поступающий в водохранилище, за год составляет 271 тыс. т. Из общего объема наносов 63 % приходит из р. Терек, 34 % из р. Кумы и всего 3 % с водосбора р. Рагули, Чограй и Голубь. Установлено, что мертвый объем Чограйского водохранилища уменьшился на 27 % относительно проектного. Исходя из полученных данных, вычислен срок заиления Чограйского водохранилища, который составил 134 года.

Ключевые слова: водохранилище, твердый сток, годовой сток наносов, мутность, процентная обеспеченность

Calculation of the quantitative characteristics of solid runoff of Chograi reservoir

Taisiya S. Ponomarenko, Anna V. Breeva

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

Abstract. The purpose of this article was to determine the costs and volumes of sediments entering the Chograi reservoir, taking into account the availability of water sources, as well as to calculate the period of its siltation. Reference and literary material is used, the existing methods are analyzed, the calculation of the quantitative indicators of suspended sediment is given, using the actual reference data of the operating organization for water use of the rivers Terek and Kuma and factual data on bathymetry of the Chograi reservoir. To take into account the volumes of all sediments, these calculations were made both as for the rivers Terek (town of Mozdok) and Kuma (town of Budennovsk), and for watercourses that flow into the Chograi reservoir directly, namely the rivers Raguli, Dove and Chograi. The quantitative characteristics of runoff and suspended sediment presented in the article were calculated both for average annual conditions and at different probabilities of exceeding the runoff. As a result, it was found that the maximum volume of sediment entering the reservoir per year is 271 thousand tons. Of the total volume of sediment, 63 % comes from the river Terek, 34 % of the river Kuma and only 3 % from the catchment of the river Raguli, Chograi and Golub'. It was found that the dead volume of the Chograi reservoir decreased by 27 % regard-

ing the design one. Based on the data obtained, the period of siltation of the Chograi reservoir was calculated, which was 134 years.

Keywords: reservoir, solid runoff, annual sediment runoff, turbidity, percentage availability

Введение. Разнообразие климатических условий, обуславливающее неравномерный характер распределения атмосферных осадков и температуры воздуха на территории и в течение года, почвенно-растительного покрова и его состояния в разные сезоны года и особенно водного режима, определяет различие водно-эрозионной деятельности потоков на водосборах и режимов мутности воды и стока речных наносов. Основными причинами водной эрозии являются интенсивные ливни, особенности рельефа и литологии пород, характер почв и растительности, а также хозяйственная деятельность человека.

Осадки ливневого характера даже в засушливых степных районах оказывают сильное воздействие на почвенный покров, смывая плодородный слой и образуя на поверхности почвы промоины, рытвины и овраги. Водная эрозия в значительной мере связана с рельефом, и в частности с таким его показателем, как уклон местности.

Начало систематического изучения речных наносов относится к концу XIX столетия и связано с развитием гидротехнического строительства, речного судоходства и ирригации. Начало формирования науки о наносах следует отнести к периоду формирования гидрологии как самостоятельной научной дисциплины. Изучением речных наносов занимались А. В. Караушев [1–3], М. Я. Прыткова [4], Г. В. Лопатин [5], В. Г. Глушков [6], Е. С. Семенова [7], Г. И. Шамов [8], В. Ф. Пушкарев [9], Н. А. Михайлова [10], А. Ф. Кудряшов, Н. С. Знаменская [11], Н. И. Алексеевский [12].

Материалы наблюдений за стоком наносов рек показывают, что его величина не остается постоянной за многолетний период и колеблется в различных пределах для разных рек. Изменения годового стока наносов связаны в основном с колебаниями водности реки, которая определяет интенсивность процессов водной эрозии на водосборе и в руслах рек, а также с метеорологическими условиями в предшествующий данному году период, определяющими подготовленность почв к смыву и нарушающими тесноту связи годового стока воды и наносов. Наличие на водосборе продуктов эрозии, денудации и выветривания, накоплению которых способствуют годы с малым поверхностным стоком, обеспечивает формирование большого стока наносов в годы со средним и даже малым поверхностным стоком воды. Наоборот, после лет с повышенным поверхностным стоком воды, когда был произведен существенный смыв подготовленного рыхлого материала, в последующие годы, независимо от их водности, сток наносов будет меньше в связи с отсутствием на водосборе продуктов смыва.

Следует отметить, что часть наносов, поступающих в реки, как взвешенных, так и влекомых, задерживается существующими подпорными гидротехническими сооружениями, вследствие их накопления может привести к выходу из строя сооружений.

Поэтому возникает необходимость оценки количественных показателей твердого стока с учетом обеспеченности водотоков [1].

В данном исследовании представлены результаты расчетов твердого стока, поступающего в Чограйское водохранилище, с учетом особенностей его наполнения.

Основной гарантированный источник водоподачи в Чограйское водохранилище – воды бассейнов Терека и Кумы, поступающие по Терско-Кумскому и Кумо-Маньчскому каналам (рисунок 1). Горные условия обуславливают высокую интенсивность эрозионных процессов в бассейне р. Терек. Годовой ход мутности, как и распределение стока взвешенных наносов, меняется по длине реки вместе с изменением режима стока воды. В горной части бассейна максимум мутности наблюдается в августе, после формирования наибольших расходов воды. Это обусловлено поступлением в реки взвешенных частиц в период наиболее интенсивного таяния ледников. По мере уве-

личения объемов смыва с поверхности бассейна разница во времени между прохождением наибольших расходов воды и мутности по длине рек сокращается. В нижнем течении Терека наибольшая мутность наступает уже раньше прохождения наибольших расходов воды. В целом внутригодовое распределение стока взвешенных наносов идентично внутригодовому распределению расходов воды. В половодье расходы взвешенных наносов значительно возрастают, а в межень они существенно уменьшаются.



Рисунок 1 – Схема расположения исследуемых водотоков

Как известно, основной объем стока поступает в водохранилище в период половодья и паводка, когда показатели мутности воды имеют высокие значения. На протяжении 52 лет многолетнее аккумулятивное накопление в Чограйском водохранилище паводковых вод, несущих большое количество взвешенных частиц, негативно повлияло на его технические характеристики, в частности привело к уменьшению полезного объема. В связи с этим возникает необходимость выполнения расчетов количественных показателей твердого стока за многолетний период и исследований, посвященных определению батиграфической характеристики данного водного объекта.

Цель исследования – установление расходов и объемов наносов, поступающих в Чограйское водохранилище, с учетом обеспеченности водоисточников.

Материалы и методы. Сток наносов или твердых частиц, как известно, состоит из донных наносов, передвигающихся влечением или скачкообразно, взвешенных и растворенных. Из трех перечисленных составных частей речных наносов наблюдения почти исключительно производятся лишь над взвешенными наносами, составляющими основную часть переносимого реками твердого материала. Соотношение взвешенных и влекомых наносов зависит от мутности воды, при меньшей мутности относительное количество влекомых наносов увеличивается. Кроме того, количество влекомых наносов зависит от крупности донных отложений: при более мелких донных отложениях количество влекомых наносов увеличивается.

Существующие методики расчета твердого стока основаны на использовании

данных о мутности расчетной реки или реки-аналога [13–15]. Расчеты количественных показателей твердого стока, аккумулированного в Чограйском водохранилище за многолетний период, и его внутригодового распределения выполнены по методике с использованием актуальных справочных данных о мутности р. Терек и Кума и фактических данных о батиграфии исследуемого водного объекта. Методика предполагает наличие данных о среднемноголетнем расходе воды по водным объектам. Эти параметры были рассчитаны по стандартным методикам согласно СП 33-101-2003.

Как было сказано выше, основные водоисточники Чограйского водохранилища – р. Терек и Кума, воды которых характеризуются различной мутностью. Согласно карте Шамова, мутность р. Кумы колеблется в диапазоне от 150 до 500 г/м³, р. Терек от 500 до 1000 г/м³. Но стоит отметить, что, согласно справочным данным [16], средне-многолетняя величина модуля стока наносов р. Терек в г. Моздоке составляет 391 т/км², средняя мутность – 1161 г/м³.

Воды р. Кумы также отличаются повышенным содержанием взвешенных частиц. Среднегодовая мутность воды у г. Зеленокумска и Буденновска равна 0,15 и 0,63 кг/м³ соответственно. В период половодья и паводков она возрастает до 5–6 кг/м³ [17].

Помимо данных водных объектов на водосборе водохранилища имеется три реки, которые также вносят свой вклад в формирование донных отложений.

Поэтому для учета объемов всех наносов расчет выполнен по пяти водным объектам: Терек (Моздок), Кума (Буденновск), Рагули, Чограй, Голубь.

Результаты и обсуждения. В результате расчета были получены количественные характеристики расходов и объемов наносов по пяти водным объектам (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели среднемноголетнего стока наносов исследуемых рек

Водный объект	Водосборная площадь, км ²	Среднегодовой расход воды, м ³ /с	Среднегодовая мутность, г/м ³	Расход наносов, кг/с	Модуль годового стока наносов, т/км ²	Сток наносов, т
р. Рагули	1035	0,20	500	0,08	2,48	2570
р. Голубь	449	0,07	500	0,04	2,43	1089
р. Чограй	1535	0,25	500	0,12	2,52	3868
р. Кума (Буденновск)	22000	15,5	630	10	8,17	179707
р. Терек (Моздок)	19300	224	1161	260	248	4786010

По р. Терек и Кума представлены данные о естественном стоке и для вычисления доли, которая поступает в водохранилище, использованы данные эксплуатационной организации по водопользованию. Установлено, что максимальный объем воды, поступающий в водохранилище из р. Терек и Кума, за год составляет 291 млн м³. Опираясь на эти данные, выполнили расчет среднегодового расхода воды по Кумо-Маньчскому каналу, который составил 16 м³/с при проектной мощности 60 м³/с. Конструкция данного канала предполагает смешивание вод этих двух рек, поэтому считаем, что доля каждой составляет 50 %. В результате установлено, что расход наносов по р. Куме составил 5 кг/с, по р. Терек – 9 кг/с, объем соответственно 92,8 и 170,9 тыс. т.

Суммарный годовой объем наносов, поступающих в водохранилище, составил 271,2 тыс. т. Из общего объема наносов 63 % приходит из р. Терек, 34 % из р. Кумы и всего лишь 3 % с водосбора р. Рагули, Чограй и Голубь. Такое соотношение объясняется более высокой мутностью воды р. Терек.

Как известно, количество наносов зависит от водности года, поэтому в таблице 2 приведены результаты расчетов на различную обеспеченность.

Таблица 2 – Показатели годового стока наносов с различной вероятностью превышения

Водный объект	C_V	C_S	Обеспеченность P , %			
			10	25	50	75
			В т/год			
р. Рагули	1,6	$2C_V$	6939	3238,2	912,4	154,2
р. Голубь			2940	1372	386,6	65,3
р. Чограй			10443,8	4873,8	1373,2	232,1
р. Кума			250430,7	116867,7	32927	5565,1
р. Терек			461508,1	215370,4	60679,8	10255,7
Итого			732261,6	341722,1	96279,0	16272,4

По данным измерения специалистов РосНИИПМ, выполненного в 2021 г., мертвый объем Чограйского водохранилища уменьшился на 27 % относительно проектных данных.

Продолжительность заиления водохранилища до отметки мертвого объема называют сроком заиления. В качестве основной характеристики срока заиления водохранилища принимают показатель условной заиляемости [18]:

$$t_y = \frac{W_{MO}}{W_H},$$

где W_{MO} – мертвый объем водохранилища, м³;

W_H – среднемноголетний объем наносов, поступающих в водохранилище, м³/год.

Исходя из полученных данных, вычислен срок заиления Чограйского водохранилища, который составил 134 года.

Выводы. В результате исследования установлено, что объем наносов, поступающий в водохранилище из р. Терек, практически в 2 раза превышает аналогичную величину по р. Куме (170,9 и 92,8 тыс. т соответственно). При этом объем наносов с водосборной территории незначителен и суммарно составляет 7,5 тыс. т.

По результатам полевых исследований установлено, что за текущий срок службы водохранилища (порядка 52 лет) его мертвый объем уменьшился на 27 % относительно проектных данных. Таким образом, срок заиления Чограйского водохранилища, по результатам расчета, более 100 лет.

Список источников

1. Караушев А. В. Режим, теория и методы измерения наносов (редактирование). Л.: Тр. ГГИ, 1964. Вып. 124. 144 с.
2. Караушев А. В. Практические рекомендации по расчету заиления водохранилищ. Л.: Изд. ГГИ, 1966. 96 с.
3. Караушев А. В. Теория и метод расчета заиления малых водохранилищ и прудов. Л.: Тр. ГГИ, 1966. Вып. 132. 14 с.
4. Прыткова М. Я. Географические закономерности осадконакопления в малых водохранилищах. Л.: Наука, 1986. 86 с.
5. Лопатин Г. В. Наносы рек (образование и перенос). М.: Географгиз, 1952. 367 с.
6. Глушков В. Г. Методы изучения наносов // Труды II Всесоюзного гидрологического съезда 20–27 мая 1928 г. Л., 1930. Ч. 3. 236 с.
7. Семенова Е. С. Суточный ход мутности рек и вопросы учета стока наносов. Л.: Тр. ГГИ, 1964. Вып. 3.
8. Шамов Г. И. Сток наносов рек СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1956. 254 с.
9. Пушкарев В. Ф. Движение влекомых наносов // Труды ГГИ. Л., 1948. С. 93–110.

-
10. Михайлова Н. А. Перенос твердых частиц турбулентными потоками воды. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 234 с.
11. Знаменская Н. С. Грядовое движение наносов. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 188 с.
12. Алексеевский Н. И. Формирование и движение речных наносов. М.: МГУ, 1998. 202 с.
13. Шмакова М. В., Кондратьев С. А. Оценка заиления водохранилищ по данным о годовом твердом стоке притоков (на примере Сестрорецкого Разлива) // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2014. № 34. С. 134–141.
14. Указания по расчету стока наносов: ВСН 01-73: утв. Главгидрометслужбой при Совете СССР, Минэнерго СССР, Минводхозом СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 29 с.
15. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 8. Северный Кавказ / под ред. В. В. Куприянова. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 448 с.
16. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Терек (российская часть бассейна) [Электронный ресурс]. URL: http://zkbvu.ru/documents/skiovo_terek_ru.php (дата обращения: 12.05.2021).
17. Кума // Вода России [Электронный ресурс]. URL: https://water-rf.ru/Водные_объекты/1143/Кума (дата обращения: 12.05.2021).
18. Воскресенский К. П. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на малых реках, ручьях и временных водотоках (методические основы и практика). Л.: Гидрометеиздат, 1956. 467 с.
-

Информация об авторах

Т. С. Пономаренко – научный сотрудник;

А. В. Бреева – младший научный сотрудник.

Information about the authors

T. S. Ponomarenko – Researcher;

A. V. Breeva – Junior Researcher.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.08.2021; одобрена после рецензирования 25.08.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was submitted 19.08.2021; approved after reviewing 25.08.2021; accepted for publication 17.09.2021.

УДК 631.674.6

Требования систем капельного орошения к поливной воде

Юлия Ярославовна Сарахатунова

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

Аннотация. Целью исследования является обобщение требований к поливной воде для систем капельного орошения, рассмотрение способов предотвращения попадания загрязняющих веществ в систему капельного орошения и в ее отдельные элементы. В работе рассмотрены механические, химические и биологические загрязнители по степени допустимости их использования в системах капельного орошения. В результате исследований установлено, что нормируемые химические и физические показатели в системах капельного орошения в среднем в 2 раза выше, чем в системах искусственного дождевания.

Ключевые слова: капельное орошение, поливная вода, взвешенные вещества, критерии оценки, показатели пригодности

Drip irrigation system requirements for irrigation water

Yulia Ya. Sarakhatunova

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

Abstract. The aim of the study is to summarize the requirements for irrigation water for drip irrigation systems, to consider ways to prevent the ingress of pollutants into the drip irrigation system and its individual elements. The mechanical, chemical and biological pollutants were considered according to the degree of admissibility of their use in drip irrigation systems. As a result of the research, it was found that the standardized chemical and physical indicators in drip irrigation systems are on average 2 times higher than in artificial sprinkling systems.

Keywords: drip irrigation, irrigation water, suspended solids, assessment criteria, salt index

Введение. Капельное орошение широко используется на юге России. В условиях засушливого климата и недостаточного количества осадков в течение вегетационного периода в Ростовской области капельное орошение получило широкое распространение. Основными преимуществами капельного орошения являются: локальность полива, отсутствие возможности разнесения вирусов от зараженных растений и плодов к здоровым растениям и плодам, ресурсосбережение и простота использования. Если говорить о недостатках, то это, во-первых, высокая стоимость системы капельного орошения, а во-вторых, высокие требования к качеству воды, используемой для полива и промывки.

Данное исследование проводится с целью совершенствования водозаборно-очистного сооружения в системах капельного орошения. Вследствие этого в качестве основного аспекта исследования можно выделить содержание в поливной воде взвешенных веществ и их фракций.

Вода для нужд орошения должна удовлетворять *общим* требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 17.1.2.03-90 [1], а также *индивидуальным* требованиям систем капельного орошения. В работе рассматривается влияние свойств воды из поверхностного источника на систему капельниц, их возможное механическое и химическое загрязнение, что в результате приводит к загрязнению каналов капельных микро-водовыпусков и выходу их из строя.

Воду принято оценивать по степени ее жесткости (мг-экв/дм³): очень мягкая – до 1,5; мягкая – 1,5–3,0; средней жесткости – 3,0–6,0; жесткая – 6,0–10,0; очень жесткая – 10,0 и более. Использование воды с высоким содержанием микроэлементов («жесткой воды»), таких как Ca²⁺ и Mg²⁺, способствует засорению эмиттера в системах капельного орошения. Между равномерностью полива, сроком службы эмиттера и содержанием в поливной воде двухзарядных катионов Ca²⁺ и Mg²⁺ есть корреляция.

Механическое засорение системы капельного орошения происходит вследствие закупоривания эмиттеров капельниц и поливных лент наносами, глиной, песком и другим фракционным загрязнителем. Для предотвращения засорения элементов системы капельного орошения механическим загрязнителем используется блок механической очистки, в работе в качестве блока механической очистки предлагается водозаборно-очистное сооружение с фильтрующими кассетами или панелями.

Понимание механизма засорения эмиттера систем капельного орошения при использовании поверхностных источников воды имеет решающее значение для обеспечения эффективной и надежной работы системы в целом. В связи с этим целью исследования является обобщение требований к поливной воде для систем капельного орошения и рассмотрение способов предотвращения попадания загрязняющих веществ в систему капельного орошения и в ее отдельные элементы.

Материалы и методы. В работе применялись теоретические методы исследования: анализ, сравнение и дедукция. В процессе исследования были рассмотрены требования к поливной воде, используемой в системах капельного орошения. В результате обобщены основные требования к содержанию в поливной воде механических, химических и биологических загрязнителей.

Результаты и обсуждение. Большинство поверхностных вод в Южном федеральном округе по химическому составу являются довольно жесткими. Кроме этого, поверхностные водоисточники характеризуются наличием взвешенных частиц различных фракций. Эти две проблемы классифицируются соответственно как опасность химического и механического засорения. Третьей опасностью является биологическое засорение, которое может быть вызвано развитием водорослей или бактерий.

Отечественными учеными было установлено [2, 3], что допустимая крупность взвесей, поступающих в капельную оросительную систему, зависит от диаметра поливных трубок и конструкций капельных микроводовыпусков. Размер задерживаемых фильтрующим сооружением частиц должен превышать 0,1 размера минимального прохода в эмиттере во избежание засорения [3]. Допустимые параметры содержания бактериального и химического загрязнителя для систем капельного орошения приведены в таблице 1 [4]. Допустимые значения концентрации и размеров взвешенных частиц, содержащихся в поливной воде систем капельного орошения, приведены в таблице 2 [4].

Таблица 1 – Показатели пригодности поливной воды для использования капельных систем

Показатель	Степень пригодности воды		
	пригодна	условно пригодна	непригодна
Общая минерализация, мг/л	< 500	500–2000	> 2000
Показатель рН	6–7	7–8	> 8
Содержание марганца, мг/л	< 0,1	0,1–1,5	> 1,5
Содержание железа, мг/л	< 0,2	0,2–1,5	> 1,5
Содержание сероводорода, мг/л	< 0,2	0,2–2,0	> 2,0
Количество бактерий, ед./л	< 10·10 ⁶	10·10 ⁶ –50·10 ⁶	> 50·10 ⁶

Таблица 2 – Допустимые значения концентрации и размеров взвешенных частиц, содержащихся в поливной воде систем капельного орошения

Размер проходных отверстий, мм	Допустимое значение концентрации взвешенных частиц в воде и их размеры			
	Минеральные частицы		Гидробионты	
	концентрация, мг/л	размер частиц, мкм	концентрация, мг/л	размер частиц, мкм
< 1	30–50	< 50	5	< 50
1–2	50–100	< 70	10	< 100
> 2	100–300	< 100	15	< 150

Китайскими учеными [5], проводившими эксперименты с капельным орошением, было доказано, что микроэлементы Ca^{2+} и Mg^{2+} , являющиеся катионами, связываются с органическими веществами, анионами и микроорганизмами, образуя неорганические соли, которые в свою очередь отвечают за минерализацию воды, быстро оседают и вступают в реакцию с металлами и пластмассами. Вследствие этого образуются осадки, закупоривающие эмиттер капельниц, такие как кварц, силикат, карбонат, хлорит, арагонит, доломит, кальцит, мусковит и др.

В системах капельного орошения можно использовать переходные, или, как их еще называют, солончатые воды, но стоит учитывать, что воды должны иметь минерализацию не более 1–3 г/л, т. е. должны являться слабосолончатыми. В таблице 3 представлены показатели оценки пригодности воды для систем капельного орошения по мнению Л. А. Воеводиной [6–8].

Таблица 3 – Показатели оценки пригодности воды для систем капельного орошения

Компонент, содержащийся в воде	Степень сложности проблемы		
	незначительная	средняя	высокая
Влияние на засорение капельниц			
Физическое засорение			
Взвешенные вещества, мг/л	< 50	50–100	> 100
Химическое засорение			
рН	< 7	7–8	> 8
Железо (Fe), мг/л	< 0,1	0,1–1,5	> 1,5
Марганец (Mn), мг/л	< 0,1	0,1–1,5	> 1,5
Сероводород (H_2S), мг/л	< 0,2	0,2–2,0	> 2,0
Минерализация, мг/л	< 500	500–2000	> 2000
Биологическое засорение			
Количество бактерий, шт./л	< 10000	10000–50000	> 50000
Влияние на урожайность культуры			
Электропроводность (EC), мСм/см	< 0,75	0,75–3,0	> 3,0
Нитраты, мг/л	< 5	5–30	> 30
Токсичность отдельных ионов			
Бор, мг/л	< 0,7	0,7–3,0	> 3,0
Хлорид, мг/л	< 4	4–10	> 10,0
Хлорид, мг-экв/л	< 142	142–355	> 355
Натрий (SAR)	< 3,0	3–9	> 9

Если водозабор для нужд капельного орошения осуществляется из источника воды, загрязненного наносами более допустимых пределов, то требуется установка усиленного блока механической очистки в системе капельного орошения или оптими-

зорованного водозаборно-очистного сооружения. На данный момент не установлено нормативно-технической документации, регулирующей требования к поливной воде для систем капельного орошения, поэтому все рекомендации принимались исходя из ГОСТ 17.1.2.03-90 [1] и конструктивных параметров систем капельного орошения, а именно лент, капельниц и их отверстий. Показатели оценки пригодности воды для систем капельного орошения приведены в таблице 4 [6].

Таблица 4 – Требования к качеству оросительной воды капельниц различных конструкций

Наименование капельницы и организации-разработчика	Истечение воды	Размер наименьших водопропускных отверстий, мм	Требования к качеству			Источник информации
			Допустимое содержание взвеси, мг/л	Допустимые размеры частиц взвеси, мм	Допустимое содержание гидробитонов, мг/л	
«Молдавия-1», «Молдавия-1А», ВНИИМиТП	Непрерывная подача воды, саморегулирующаяся, очищается вручную	1,0	30	0,05–0,20	–	233
«Таврия», УкрНИИИМ, «Узгипровхоз-2»	Капельно-струйное непрерывное истечение, поплавковая, очищается вручную	1,5	300	0,2	10	233
«Коломна-1», ВНПО «Радуга»	Выплеск воды за короткий промежуток времени, импульсная	2,5	500	1,0	10	233
«Украина-1», Укргипровхоз	Непрерывная подача воды каплями, самопромывающаяся	3,0	300	0,8–1,0	10	233
К-316, УкрНИИОС	То же	1,5	300	0,25	10	64
КСС-2, НГМА	Непрерывного действия саморегулирующаяся и самопромывающаяся	2,0	300	0,30	10	354
Капельный шланг с капельницами-кнопками, Италия, Израиль	Непрерывная подача воды, компенсированные и некомпенсированные по давлению	1,0	35	0,03	4	214
Капельный шланг со встроенными капельницами, Италия, Израиль, Германия	То же	0,5	30	0,02	3	214

Учеными из Китая и США был предложен механизм прерывистого колебания давления воды для предотвращения образования загрязняющих веществ в эмиттере [9]. Применение периодических колебаний давления воды считается эффективным способом преодоления засорения эмиттера при использовании источника воды с высоким содержанием наносов. Учеными были проведены эксперименты, в результате которых

было установлено, что периодические колебания давления воды напрямую изменяли распределение скорости потока, вследствие этого помогали избежать усиленного засорения эмиттера. Периодически колеблющееся рабочее давление тем эффективнее помогало снизить содержание веществ, закупоривающих эмиттер капельниц, чем более применялось. Режим с изменяющимся в течение 4 ч рабочим давлением снизил содержание закупоривающих эмиттер веществ на 26 %. Количество частиц глины и порошка уменьшилось на 56 и 34 % соответственно. При этом содержание кварца, силиката, кальция, магния и карбоната в закупоривающих веществах уменьшилось на 36, 35 и 11 % соответственно. Также учеными из Испании [10], проводившими динамическое моделирование фертигации в агрегатах капельных систем, была установлена зависимость между засорением капельных эмиттеров и равномерным распределением давления, что подтверждает эффективность механизма прерывистого колебания рабочего давления для предотвращения засорения эмиттеров капельного орошения.

Китайские ученые из Пекина, а также американские ученые из Висконсина предложили метод ускоренного тестирования на месте (ISA – in-situ accelerated) [11] для изучения поведения засорения эмиттера в системах капельного орошения с использованием некачественных источников орошения. Учеными были проведены эксперименты с нормальным прерывистым методом (NI – method and the normal intermittent) и методом ISA. Результаты исследований показали, что метод ISA может точно и очень эффективно наглядно представить поведение эмиттера при засорении. Особенно точным будет результат при установлении корреляции между методами NI и ISA, который можно использовать для калибровки.

Выводы. В ходе исследований были рассмотрены существующие общие требования к поливной воде для оросительных систем в целом и частные требования для систем капельного орошения. Выявлены требования к поливной воде по содержанию в ней загрязнителей различных типов. Проведено аналитическое сравнение общих требований к поливной воде и требований к воде для систем капельного орошения.

Установлено, что в оросительной воде в целом допускается содержание растворимых солей до 0,10 %, т. е. 1 г/л, в то время как требования к поливной воде для нужд капельного орошения выше в 2 раза, т. е. допускается содержание растворимых солей до 0,05 % (или 0,5 г/л), если говорить об эмиттере с диаметром отверстия меньше 1 мм, а именно такой эмиттер преимущественно используется для полива. Допустимое содержание взвешенных веществ в поливной воде в среднем 1–2 г/л, это зависит от системы и способа орошения, для капельных систем этот показатель в норме не превышает 0,5–1,0 г/л. Требования почти по всем химическим и физическим показателям, которые нормируются по ГОСТ 17.1.2.03-90 «Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения» для нужд орошения, в системах капельного орошения завышены (в среднем) в 2 раза. Из этого можно вывести коэффициент, исходя из зависимостей нормы содержания растворимых солей 1 г/л : 0,5 г/л и взвешенных веществ 1 г/л : 0,5 г/л. Коэффициент будет равен 2. Можно сделать вывод, что нормируемые химические и физические показатели в системах капельного орошения в среднем в 2 раза выше, чем в системах искусственного дождевания.

Список источников

1. ГОСТ 17.1.2.03-90. Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения. Введ. 1991-07-01. М.: Изд-во стандартов, 2001. 8 с.
2. Штанько А. С., Шкура В. Н. Водозаборное сооружение из канала для капельных оросительных систем // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 3(75). С. 9–15.
3. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие. М., 2017. 200 с.

-
4. Васильев С. М., Шкура В. Н., Штанько А. С. Капельные оросительные системы: учеб. пособие. М., 2019. 179 с.
5. Dynamic effects of chemical precipitates on drip irrigation system clogging using water with high sediment and salt loads / Y. Li, J. Pan, X. Chen, S. Xue, J. Feng, T. Muhammad, B. Zhou // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 213. P. 833–842. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.11.021>.
6. Воеводина Л. А. Оценка качества воды для систем капельного орошения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2009. Вып. 42. С. 174–179.
7. Воеводина Л. А. Влияние капельного орошения водой неблагоприятного химического состава на гумусное состояние обыкновенных черноземов // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. 2013. № 1(09). С. 1–12. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=619> (дата обращения: 20.08.2021).
8. Воеводина Л. А. Влияние капельного орошения донской водой на физико-химические свойства черноземов обыкновенных // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. 2011. № 2(2). 8 с. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=439> (дата обращения: 20.08.2021).
9. The mechanism of intermittent fluctuations of water pressure on the formation of pollutants in the emitter in the drip irrigation system using water with a high sediment content / Q. Li, P. Song, B. Zhou, Y. Xiao, T. Muhammad, Z. Liu, H. Zhou, Y. Li // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 215. P. 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.01.010>.
10. Dynamic fertigation modeling tool for drip irrigation units / R. Gonzalez Perea, M. A. Moreno, J. F. Ortega, A. del Castillo, R. Ballesteros // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2020. Vol. 173. P. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105434>.
11. Accelerated experimental test method at the site of clogging of the emitter of drip irrigation with poor-quality water / X. Han, Y. Li, B. Zhou, Z. Liu, J. Feng, Y. Xiao // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 212. P. 136–154. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.024>.
-

Информация об авторе

Ю. Я. Саракхатунова – аспирант.

Information about the author

Yu. Ya. Sarakhatunova – Postgraduate Student.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.08.2021; одобрена после рецензирования 01.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was submitted 19.08.2021; approved after reviewing 01.09.2021; accepted for publication 17.09.2021.

УДК 631.674.6:634

Двухниточный поливной модуль для капельного орошения древесно-плодовых насаждений

Виктор Николаевич Шкура, Андрей Александрович Куприянов

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

Аннотация. Цель исследования – разработать конструктивную схему двухниточного поливного модуля для капельного орошения древесно-плодовых культур с рядовым их размещением в промышленных садах. Эмпирическую базу разработки составили данные исследований и обследований однониточных поливных модулей, используемых при капельном орошении садов. Результирующим показателем качества капельного полива древесных плодовых культур является формирование в пределах области водно-минерального питания многолетних растений зон увлажнения почвенного пространства соответствующей площади и расположения. Для предотвращения деградиационных процессов в почве, проявляемых при продолжительном ее переувлажнении в очаге контура, необходимо обеспечить периодическое изменение точек капания. Указанные требования выполняются двухниточным капельным поливным модулем в предложенном его конструктивном исполнении. Предложенное компоновочно-конструктивное решение капельного поливного модуля включает две нитки поливных трубопроводов, размещаемых вдоль ряда древесных культур над поверхностью земли на опорах, предусматривающих перемещение капельных поливных линий в междювном пространстве.

Ключевые слова: капельное орошение, орошаемые сады, капельные линии, садовое насаждение, поливные трубопроводы, контуры увлажнения почвы

Double-line irrigation module for drip irrigation of tree-fruit plantations

Viktor N. Shkura, Andrey A. Kupriyanov

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

Abstract. The purpose of the study is to develop a constructive scheme for a double-line irrigation module for drip irrigation of tree-fruit crops with their row placement in commercial gardens. The empirical basis for the development was the data of studies and surveys of single-line irrigation modules used for drip irrigation of gardens. The resulting indicator of drip irrigation quality of woody fruit trees is the formation within the area of water-mineral nutrition of perennial plants of moisture zones of the soil space of the corresponding area and location. To prevent degradation processes in soil, manifested during its prolonged overmoistening in the contour focus, it is necessary to ensure a periodic change in dripping points. These requirements are met by a double-line drip irrigation module in its proposed design. The proposed layout-design solution of drip irrigation module includes two lines of irrigation pipelines placed along a row of tree crops above the earth's surface on supports providing for the movement of drip irrigation lines in the inter-row space.

Keywords: drip irrigation, irrigated gardens, drip lines, garden plantation, irrigation pipelines, soil moisture contours

Введение. Современное плодоводство, реализуемое во влагодефицитных природно-климатических условиях, предусматривает создание и использование капельно орошаемых садовых насаждений. Устраиваемые в промышленных садах системы капельного орошения обеспечивают полив и фертигацию возделываемых древесно-

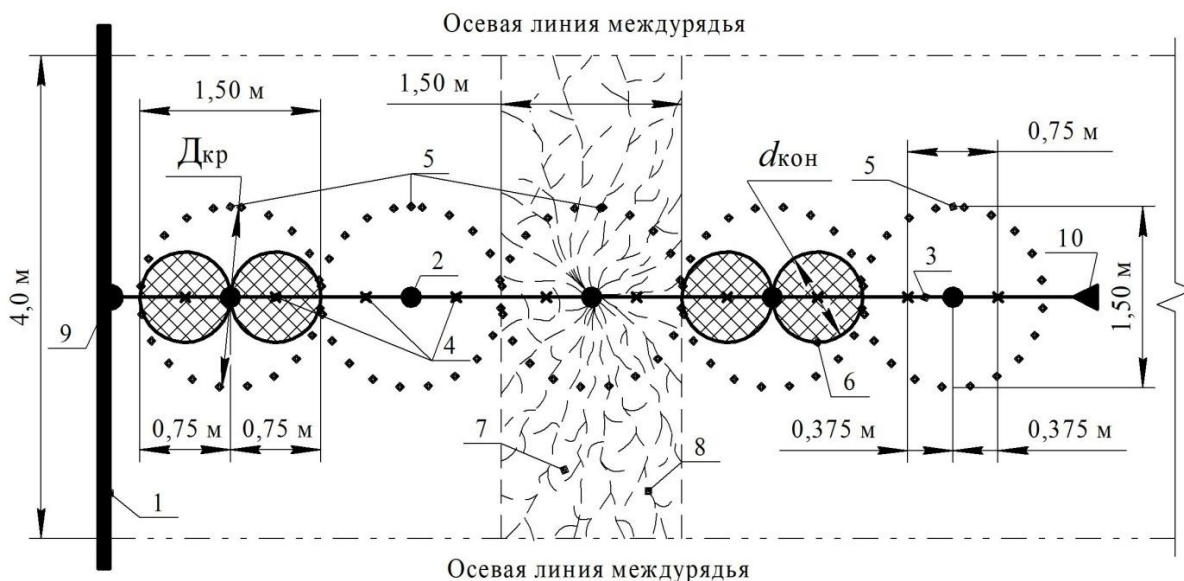
плодовых культур, что позволяет создавать благоприятные условия для роста, развития и плодоношения растений. Результаты исследований и разработок капельных оросительных систем, устраиваемых в садовых насаждениях, показавшие их приемлемость и эффективность, освещены в публикациях М. С. Григорова, В. Н. Шкуры и др. [1, 2]. И при этом накопленный опыт проектирования и эксплуатации капельно орошаемых садов свидетельствует о недостаточности разработанности конструктивных решений их поливных сетей и элементов.

Совокупность поливных трубопроводов и питающихся из них микроводовыпусков составляет поливной модуль, обеспечивающий капельный полив ряда древесно-плодовых растений, культивируемых в садовых насаждениях. Капельный поливной модуль должен формировать в пределах области питания каждого многолетнего плодового растения определенную зону увлажнения почвенного пространства необходимой площади. При этом расположение зоны капельного увлажнения почвы должно соответствовать расположению основной массы корней корневых систем древесно-плодовых культур [3]. Для исключения деградации почвенного покрова в увлажняемых и особенно в переувлажняемых частях контуров влажности, формирующихся при капельном поливе в почвенной толще, конструкция поливного модуля должна предусматривать возможность перемещения поливного трубопровода в междурядовом пространстве. И при этом конструктивное решение модуля должно учитывать возможные изменения размеров и расположения зон основной массы корней растения в процессе их роста и развития. И, кроме этого, конструкция поливного модуля должна обеспечивать условия для защиты поливного трубопровода от повреждений, а капельниц от засорения. Конструктивное решение модуля не должно вносить препятствий для ведения уходовых работ и должно соответствовать требованиям осмотра и контроля, быть экономичным и ремонтпригодным.

Материалы и методы. Основу для разработки конструкции двухниточного поливного модуля составили: предложения по устройству и результаты анализа увлажнительных эффектов, обеспечиваемых одностичным его конструктивным исполнением; авторские зависимости для расчета диаметров локальных контуров влажности, формирующихся в подкапельном почвенном пространстве при капельном поливе.

Результаты и обсуждение. В качестве наиболее простого в компоновочно-конструктивном отношении аналога разрабатываемого конструктивного решения двухниточного поливного модуля для капельного орошения садовых культур может быть рассмотрен одностичный поливной модуль, схема которого проиллюстрирована на рисунке 1.

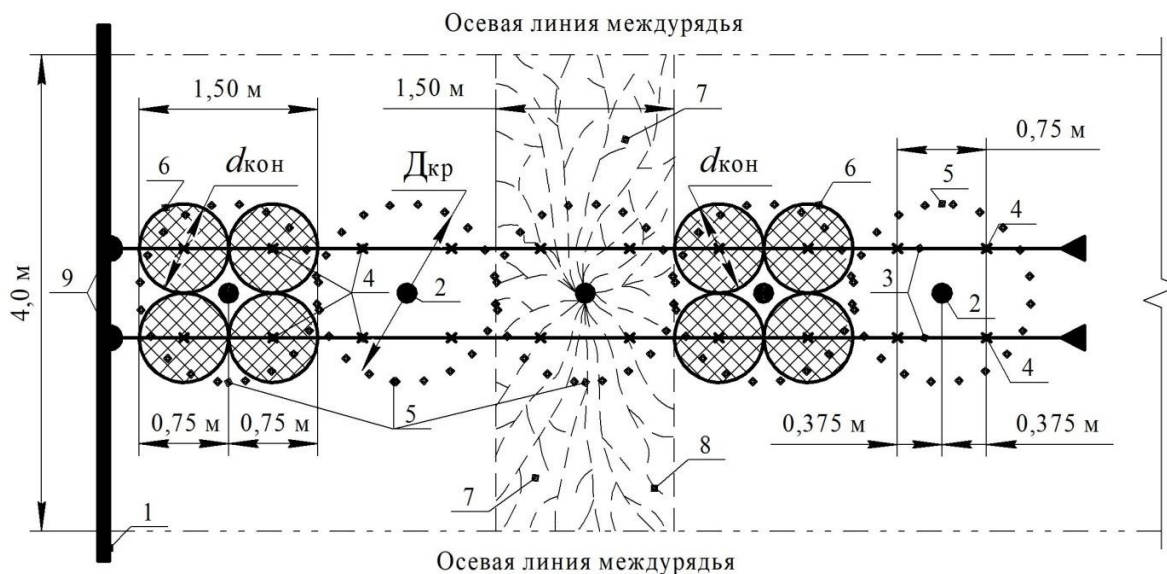
Приведенная на рисунке 1 схема капельного поливного модуля разработана для обеспечения капельного полива древесно-плодовых растений рядового размещения в садовом насаждении по схеме посадки $B_{м/р} \times L_p = 4,0 \times 1,5$ м, где $B_{м/р}$ – ширина междурядья, а L_p – расстояние между растениями в ряду. В соответствии со схемой размещения культур площадь их питания составляет $\omega_{пит} = 4,0 \times 1,5 = 6,0$ м². Для полива растений вдоль оси их ряда прокладывается по поверхности или провешивается на шпалерной проволоке один поливной трубопровод с устроенными в нем капельницами с шагом, равным 0,75 м. При принятом расположении и конструктивном исполнении поливной линии на каждое растение приходится два капельных микроводовыпуска, формирующих два локальных контура влажности почвы диаметром $d_{кон} = 0,75$ м (в тяжелосуглинистом черноземе при глубине контура, составляющей 0,8 м) с увлажняемой площадью $\omega_{увл} = 0,956$ м², составляющей 15,9 % от площади питания растения, что не соответствует рекомендациям Г. В. Ольгаренко, Б. Г. Штепы и др. [4–6].



1 – оросительный трубопровод; 2 – штамб дерева; 3 – поливной трубопровод (поливная линия); 4 – капельница; 5 – очертание кроны дерева; 6 – очертание контура влажности; 7 – зона питания растения; 8 – корневая система растения; 9 – регулятор

Рисунок 1 – Схема однониточного поливного модуля

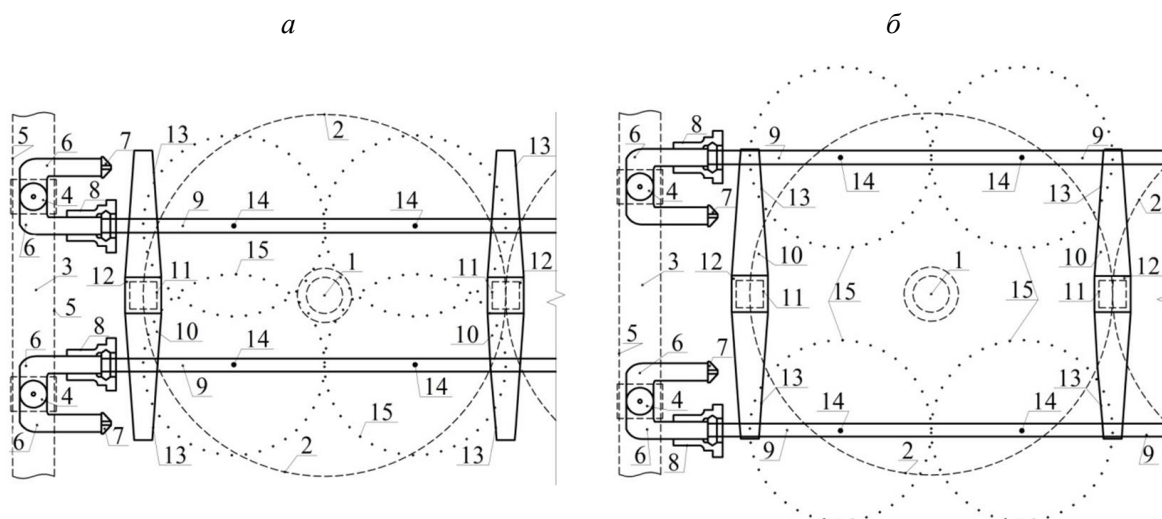
Необходимая площадь увлажнения может быть обеспечена при устройстве двух поливных трубопроводов для полива одного ряда древесно-плодовых растений по схеме, приведенной на рисунке 2.



Обозначения идентичны рисунку 1

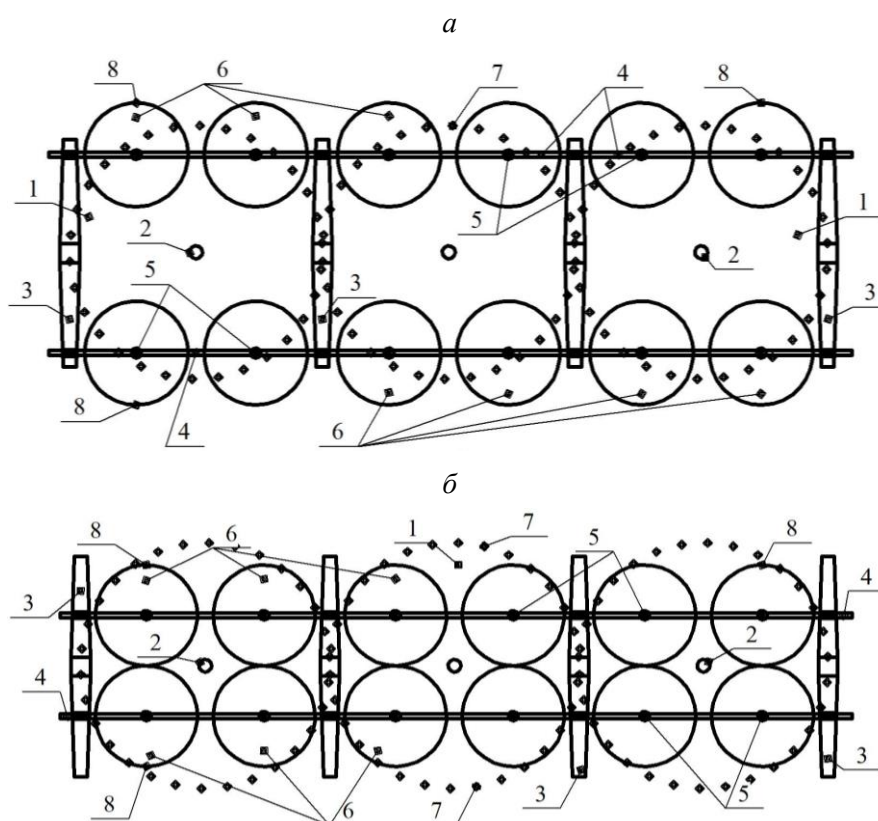
Рисунок 2 – Схема двухниточного поливного модуля

В соответствии со схемой на рисунке 2 в пределах подкоронового пространства каждого растения формируются четыре локальных контура капельного увлажнения почвы общей площадью $\omega_{увл} = 1,91 \text{ м}^2$, или 31,9 %, что соответствует необходимому соотношению $\omega_{увл} / \omega_{пит}$ по рекомендациям Г. В. Ольгаренко, Б. Г. Штепы и др. [4–6]. Указанное обстоятельство обосновывает необходимость и целесообразность устройства в древесно-плодовых садах двухниточного поливного модуля, конструктивное исполнение которого проиллюстрировано рисунками 3–5.



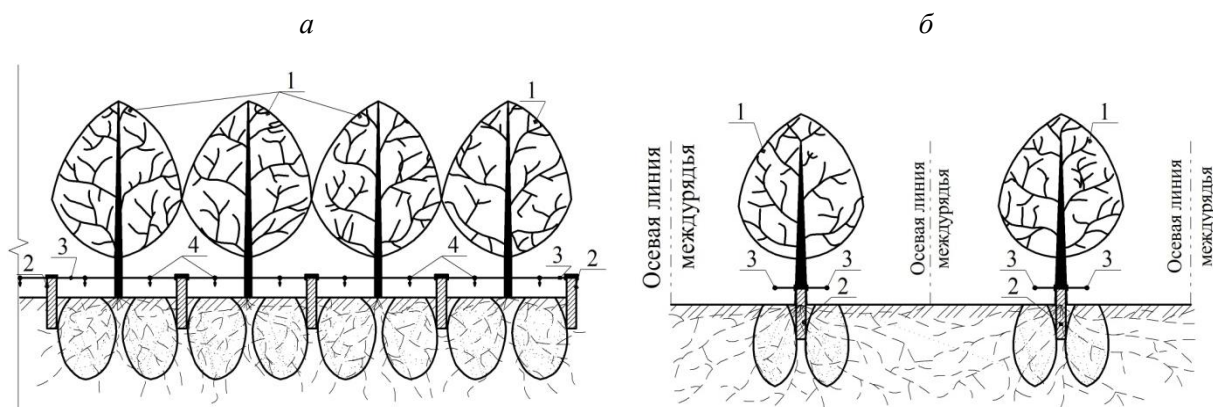
1 – древесно-плодовое растение; 2 – крона дерева; 3 – заглубленный оросительный трубопровод; 4 – гидрант; 5 – выходной оголовок; 6 – водоотводы; 7 – заглушка; 8 – соединитель; 9 – поливной трубопровод; 10 – устройство системы опорных конструкций; 11 – опорный столб; 12 – колпак; 13 – несущая полка; 14 – капельницы; 15 – устройство системы опорных конструкций

Рисунок 3 – Конструктивная схема головного участка поливного модуля в плане при ближнем (а) и дальнем (б) расположении поливного трубопровода



а – схема поливного модуля с дальним от растения расположением поливных линий;
 б – схема поливного модуля с близким к растению расположением поливных линий;
 1 – кроны растений; 2 – штамбы растений; 3 – опоры поливных модулей; 4 – поливные трубопроводы; 5 – капельницы; 6 – контуры капельного увлажнения почвы;
 7 – очертание кроны; 8 – очертание контуров

Рисунок 4 – Плановые схемы рабочей части двухниточных поливных модулей

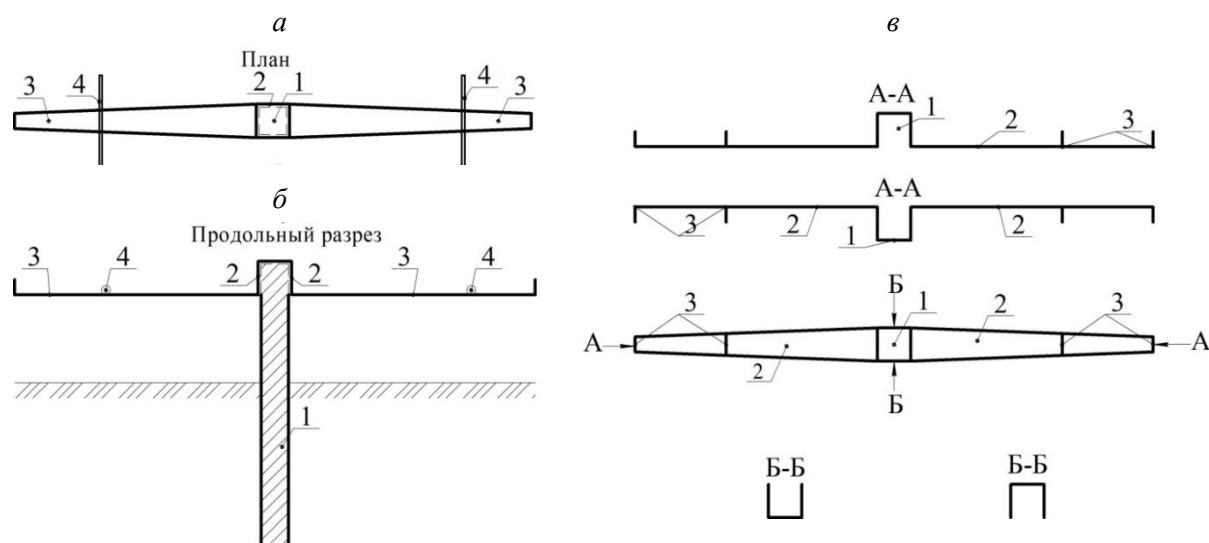


а – продольный разрез по капельной линии; *б* – поперечный разрез по насаждению с рядовым расположением плодовых деревьев; 1 – древесно-плодовое растение; 2 – опора капельных линий; 3 – капельные линии; 4 – капельницы

Рисунок 5 – Продольный и поперечный разрез по капельным модулям

Предложенное и проиллюстрированное на рисунках 3–5 компоновочно-конструктивное решение двухниточного поливного модуля для капельного полива древесно-плодовых культур функционирует нижеследующим образом.

Модуль в узле подключения к стояку оросительного трубопровода физически прикрепляется к торцу оросительного гидранта посредством соединяющего их устройства. В соединительном устройстве предусматривается два трубчатых ответвления для подсоединения к ним поливных линий. Параметры ответвлений предусматривают два варианта (ближнего и дальнего относительно штамба растения) размещения поливных трубопроводов. При выбранном положении поливной линии осуществляется ее подключение (присоединение и закрепление) к соответствующему патрубку ответвления. При этом неработающий трубчатый патрубок закрывается заглушкой. По завершении полива поливная линия (поливной трубопровод) перемещается по несущей полке опоры в другое положение с осуществлением вышеуказанных операций по подключению к другому патрубку-ответвлению. Поливные линии размещаются на системе опорных элементов поливного модуля, конструкция которых приведена на рисунке 6.



а – план; *б* – продольный разрез; *в* – характерные фигуры по несущей полке; 1 – опорный столб; 2 – купол несущей полки; 3 – несущая полка; 4 – поливной трубопровод

Рисунок 6 – Конструкция опорного элемента поливного модуля

Предлагаемое конструктивное решение капельного поливного модуля рекомендуется к применению (использованию) в капельно орошаемых древесно-плодовых садах с культивированием многолетних растений без применения шпалер с относительно развитой естественной, но улучшаемой обрезкой кроной (преимущественно округлой формы) и рядовой посадкой культур по схемам их расположения в насаждении $3,75...4,25 \times 1,5...2,0$ м. Компонувочно-конструктивное решение капельного поливного модуля позволяет доводить необходимую площадь увлажнения многолетних древесных культур до нормативных уровней при выращивании древесно-плодовых растений в зонах с повышенным и высоким уровнем дефицита естественной увлажненности территории и на землях с невысоким уровнем природного плодородия, с почвенным покровом среднего и легкого гранулометрического состава.

Конструкция модуля предусматривает увеличение капитальных затрат на устройство дополнительной поливной линии и опорных элементов поливного модуля, что компенсируется получаемыми положительными эффектами от ее использования.

Предложенное конструктивное решение опорного элемента и его конструктивное исполнение позволяет получить нижеследующие положительные эффекты.

1 Размещение капельных поливных трубопроводов над поверхностью земли повышает их защищенность от механических повреждений и засорений, улучшает условия осмотра, ремонта и контроля качества их функционирования.

2 Устройство возвышается над поверхностью земли на расстоянии, не превышающем радиус кроны, с расположением поливных трубопроводов на консолях опор, а размещение опорных частей (столбов) по оси ряда не создает препятствий для механизированного ведения уходных и уборочных работ.

3 Наличие полок в опорной конструкции позволяет изменять положение поливных линий (трубопроводов). При этом могут учитываться возрастные особенности в изменении параметров корневых систем растений. И, кроме этого, создаются условия и возможности для изменения положения точек капания и расположения контуров капельного увлажнения почвы. Это позволяет исключить формирование длительно переувлажняемых зон и развитие деградационных процессов в почвенном покрове.

4 Конструкция предложенного двухниточного поливного модуля для капельного орошения садов имеет перспективы для ее дальнейшего совершенствования.

Выводы

1 Предложено компоновочно-конструктивное решение двухниточного поливного модуля для капельного орошения древесно-плодовых растений, культивируемых в промышленных садах по индустриальным технологиям ведения уходных работ.

2 Конструкция позволяет обеспечивать качественный капельный полив древесно-плодовых культур с формированием заданных по агробиологическим показателям площадей и глубин зон увлажнения почвы при соответствии ее техническим, хозяйственно-экономическим условиям и экологическим требованиям.

Список источников

1. Современные перспективные водосберегающие способы полива в Нижнем Поволжье: монография / М. С. Григоров, А. С. Овчинников, Е. П. Боровой, А. Д. Ахмедов. Волгоград: Волгоградская ГСХА, 2010. 244 с.

2. Шкура В. Н., Обумахов Д. Л., Рыжаков А. Н. Капельное орошение яблони / под ред. В. Н. Шкуры. Новочеркасск: Лик, 2014. 310 с.

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

4. Капельное орошение: пособие к СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения»: утв. Союзводпроектотом 11.04.86 [Электронный ресурс]. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

5. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справочник / Г. В. Ольгаренко [и др.]; под общ. ред. Г. В. Ольгаренко; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации. М.: Росинформагротех, 2015. 263 с.

6. Штепа Б. Г., Носенко В. Ф., Винникова Н. В. Механизация полива. М.: Агропромиздат, 1990. 303 с.

Информация об авторах

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

А. А. Куприянов – младший научный сотрудник.

Information about the authors

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

A. A. Kupriyanov – Junior Researcher.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.08.2021; одобрена после рецензирования 27.08.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was submitted 19.08.2021; approved after reviewing 27.08.2021; accepted for publication 17.09.2021.

УДК 631.624

**Блочно-модульный принцип построения в контексте актуальности
воспроизводства парка мелиоративных насосных станций**

Олег Владимирович Воеводин, Андрей Андреевич Кириленко

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

Аннотация. Целью настоящей работы является привязка блочно-модульного принципа к конструктивной составляющей мелиоративной насосной станции и установление на этой основе технических особенностей ее эксплуатации. С начала 2000-х до 2021 г. количество насосных станций на федеральных и региональных мелиоративных системах стремительно сокращается. В разрезе оросительных систем следует отметить, что количественная сторона соотношения эксплуатируемой дождевальной техники и парка насосных станций не отвечает современным потребностям. Указанные обстоятельства определяют необходимость разработки насосной станции, не только отвечающей прямой потребности в орошении, но и закрывающей вопросы технической актуальности. Современная практика и специфика применения насосных станций оправдывают использование нескольких унифицированных блоков (насосных установок) в различных схемах подключения, что дает возможность расширения функционального потенциала по сравнению со стационарными насосными станциями. При этом технические характеристики блочно-модульной насосной станции такого класса способны обеспечить номинальную работу низконапорной дождевальной техники. Для этого необходимо предусмотреть конструктивный состав с параметрами напора от 60 до 170 м вод. ст. и расхода 3000 м³/ч (для работы от двух до четырех насосных установок).

Ключевые слова: насосная станция, блок, модуль, напор, расход, дождевальная техника

**Modular-assembly principle of constructing reclamation
pumping stations park in context of relevance of its reproduction**

Oleg V. Voyevodin, Andrey A. Kirilenko

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

Abstract. The purpose of this paper is to link the modular-assembly principle to the structural constituent of the reclamation pumping station and to determine the technical features of its operation on this basis. From the early 2000s to 2021, the number of pumping stations in federal and regional reclamation systems has been rapidly decreasing. It should be noted in the context of irrigation systems, that the quantitative aspect of the operated sprinkling machinery and the pumping stations park ratio does not meet modern needs. These circumstances determine the need to develop a pumping station that not only meets the direct need for irrigation, but also covers the issues of technical relevance. Modern practice and specificity of pumping stations use justify the use of several unified units (pumping stations) in various connection schemes, which makes it possible to expand the functional potential in comparison with stationary pumping stations. At the same time, the technical characteristics of a modular-assembly pumping station of this class are capable of ensuring the nominal operation of low-pressure sprinkling machinery. For this, it is necessary to provide for a structural composition with head parameters from 60 to 170 m of water column and a flow rate of 3000 m³/h (for operation from two to four pump units).

Keywords: pumping station, block, module, head, flow rate, sprinkling machinery

Введение. Современный уровень развития мелиорации характеризуется усиленным поиском нового в теории и практике разработки инженерных сооружений [1, 2]. Дальнейшее совершенствование и модернизация народно-хозяйственных систем требуют принятия решений, которые обеспечат их устойчивое функционирование наряду с устранением вопросов неопределенности эксплуатации сложных технологических комплексов, к числу которых относится мелиоративная система. Необходимость в принятии регулирующих решений, отвечающих современным потребностям в области мелиорации земель, подкреплена, помимо прочего, сокращением гарантированного производства сельскохозяйственной продукции и снижением эксплуатируемого количества элементов гидромелиоративных систем [3, 4].

В соответствии с данными мелиоративного кадастра Минсельхоза России в общей структуре фонда гидротехнических сооружений прослеживается некоторая динамика, что связано с периодическими изменениями площади фактически используемых в сельскохозяйственном производстве земель и совокупным уровнем технической обеспеченности. Об этом могут свидетельствовать политические и социально-экономические изменения периода 1980–1990 гг., которые привели к преобразованию форм хозяйствования агропромышленного комплекса [5, 6]. В настоящий момент федеральную и региональную собственность составляют только крупные гидротехнические сооружения, элементы систем и магистральные каналы, а прочие мелиоративные системы, включая земли, расположенные в зоне их влияния, находятся на балансе отдельных сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Какаясь вопроса дифференциальной оценки составляющих внутривладельческой мелиоративной сети, необходимо отметить, что по состоянию на 2005 г. общая численность насосных станций на мелиоративных системах составляла 8659 шт., из них в составе госсистем всего 2079 шт. Однако актуальность такова, что количество насосных станций, находящихся в федеральной и региональной собственности, форсированно снижается вместе со значительным ростом морального и материального износа.

Указанные обстоятельства определяют необходимость разработки насосной станции, не только отвечающей прямой потребности в орошении, но и закрывающей вопросы технической актуальности. В настоящее время в практике промышленного и аграрного применения насосных станций большое распространение получили станции, построенные по блочно-модульному принципу: универсальность и «мобильность» таких установок позволяет в кратчайшие сроки и без дополнительных затрат решать задачу обеспеченности конкретных условий (местности) и адаптации к нуждам отдельной системы. В соответствии с этим целью настоящей работы является привязка блочно-модульного принципа к конструктивной составляющей мелиоративной насосной станции и установление на этой основе технических особенностей ее эксплуатации.

Результаты и обсуждение. По данным мелиоративного кадастра, в 2005 г. в России количество дождевальных машин составляло: «Кубань» – 188 шт., «Фрегат» – 8317 шт., «Днепр» – 559 шт., «Волжанка» – 3527 шт., ДДА-100МА – 2823 шт. и прочие – 5157 шт. Общее количество дождевальных машин в 2005 г. составляло 20571 шт.

На данный момент ситуация с количеством дождевальных машин отечественного производства значительно изменилась: общее количество машин составляет 6393 шт., из них 80 % советского наследия работают за пределами нормативного срока эксплуатации, при этом в исправном состоянии из числа широкозахватных дождевальных машин находится момент времени не более 50 % [7–10]. Парк дождевальных машин «Фрегат» насчитывает 2966 шт., это около 50 % от общего количества машин отечественного производства; число импортных машин с каждым годом растет и на настоя-

щий момент составляет 2414 шт., из них 839 ед. относится к широкозахватным дождевальным машинам кругового действия. В итоге можно утверждать, что сейчас в России насчитывается около 2300 работоспособных широкозахватных дождевальных машин кругового действия.

В 2005 г. было в наличии 8876 широкозахватных дождевальных машин («Фрегат» + «Днепр»), разница в парках машин между тем временем и современными условиями составляет около 6500 шт. В Советском Союзе широкозахватные дождевальные машины кругового действия обслуживали площади от 80 до 120 га (на одну машину в среднем 100 га), по сравнению с 2005 г. площади, орошаемые дождеванием с применением машин кругового действия, сократились на 650 тыс. га.

Согласно СНиП 2.06.03-85 [11], для работы дождевальных машин кругового действия, обслуживаемых одной насосной станцией подкачки, площадь орошения должна составлять от 800 до 1200 га. Придерживаясь нормативных требований СНиП 2.06.03-85, можно с достаточной долей точности говорить, что для восстановления орошения на площади 650 тыс. га понадобится около 800 насосных станций производительностью 3000 м³/ч. Этот же СНиП относит такие насосные станции к малым. Согласно СП 100.13330.2016 [12], при подаче воды менее 1 м³/с число насосных агрегатов насосной станции следует принимать от 2 до 4 шт.

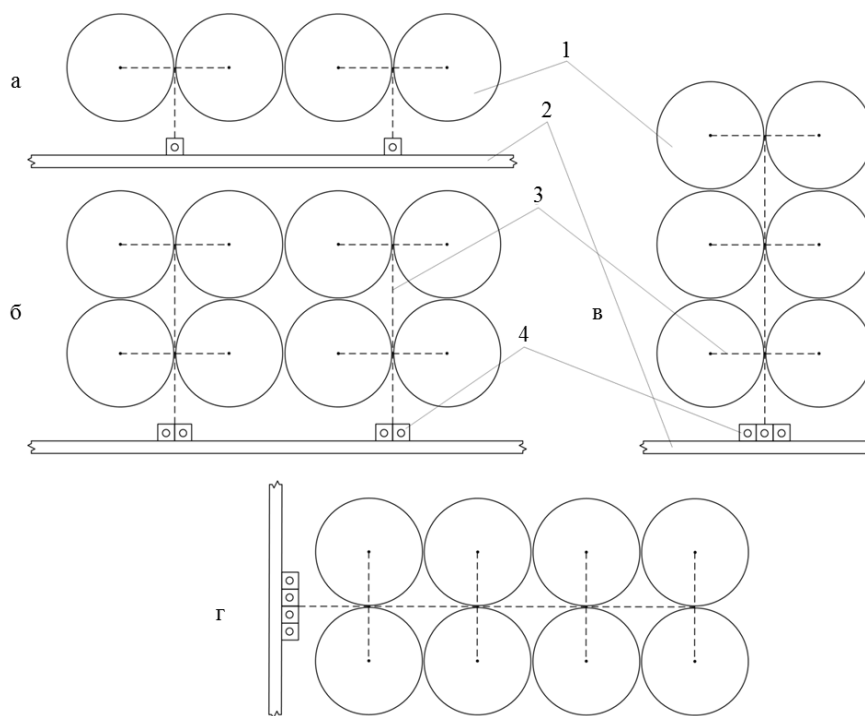
Тенденции снижения напоров на дождевальных машинах без потери качества дождя, появившиеся в 90-х гг. прошлого века, нашли свое практическое применение, что в результате снизило необходимый напор для работы широкозахватных дождевальных машин кругового действия до 25–40 м вод. ст. По сравнению с использованием в системе ранее производимых аналогов дождевальных машин («Фрегат») необходимый напор на насосной станции снизился на 40–45 м вод. ст.

Реестр типовых проектов подкачивающих насосных станций 1975–1990 гг. [13] показал, что наиболее распространенным является конструктивное решение с параметрами напора от 59,5 до 115 м вод. ст. Если рассматривать современных производителей насосных станций, наибольший интерес представляют проекты с напором от 100 до 170 м вод. ст.

С учетом вышесказанного можно предполагать, что наиболее востребованными у сельхозтоваропроизводителей будут насосные станции с создаваемым напором 60–170 м вод. ст.

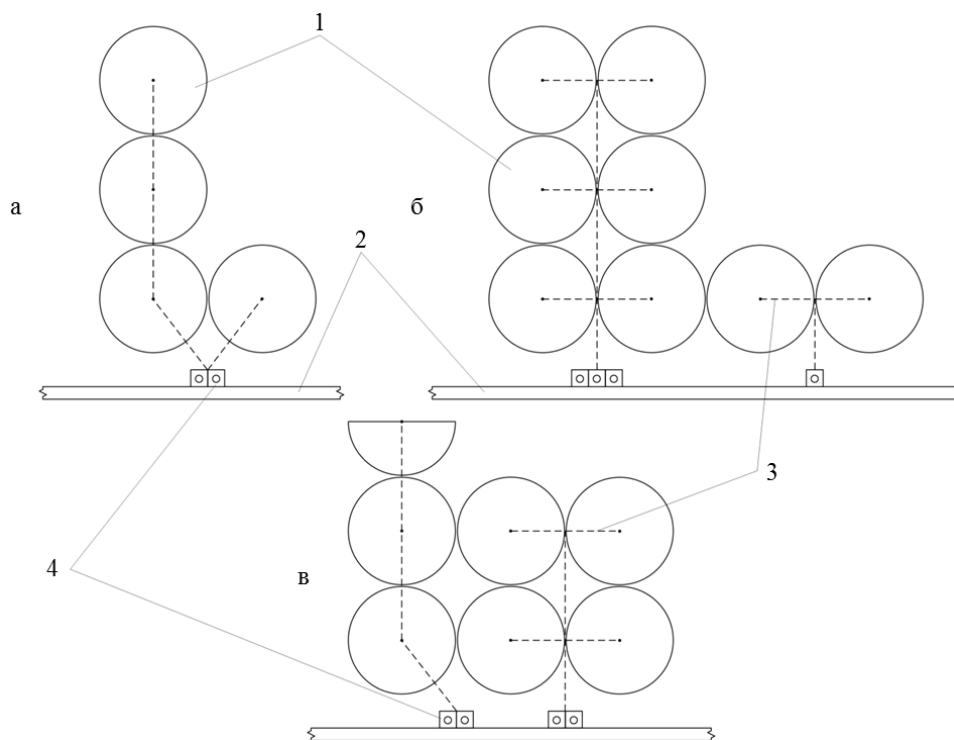
Расчет необходимого напора, создаваемого насосной станцией, подразумевает учет геодезического напора, потерь напора по длине трубопровода, местных потерь на фитингах (разветвления, повороты, переходы и т. п.) и необходимого напора для работы дождевальной машины. Если отталкиваться от этого, возможны различные варианты компоновки блочно-модульной станции и поливной техники: один блок – две дождевальные машины (рисунок 1а), два блока – четыре дождевальные машины (рисунок 1б), три блока – шесть дождевальных машин (рисунок 1в), четыре блока – восемь дождевальных машин (рисунок 1г) и т. п. Помимо прочего, особенности трубопроводной системы дождевальной техники предусматривают следующие виды соединения с насосной станцией: прямое (рисунок 2а), параллельное (рисунок 2б) и комбинированное (рисунок 2в).

На рисунке 3 представлено более подробное описание принципиальной схемы расположения всасывающих и напорных трубопроводов насосной станции на оросительных каналах: сольное расположение насосной станции в виде одного блока (рисунок 3а) и групповое – несколько блоков, объединенных в один комплекс (рисунок 3б).



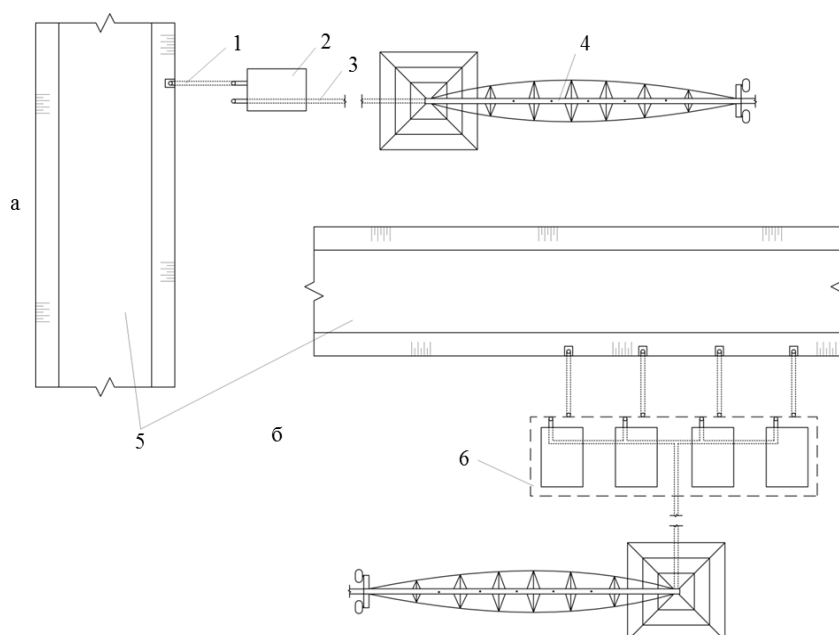
a – один блок – две дождевальные машины; *б* – два блока – четыре дождевальные машины; *в* – три блока – шесть дождевальных машин; *г* – четыре блока – восемь дождевальных машин; 1 – дождевальная машина; 2 – оросительный канал; 3 – трубопровод; 4 – насосная станция (блок)

Рисунок 1 – Совместная работа насосной станции и дождевальной техники по принципу «блок – дождевальная машина»



a – прямое соединение; *б* – параллельное соединение; *в* – комбинированное соединение (прямое и параллельное); 1 – дождевальная машина; 2 – оросительный канал; 3 – трубопровод; 4 – насосная станция (блок)

Рисунок 2 – Совместная работа насосной станции и дождевальной техники по принципу соединения трубопроводных деталей



a – блок насосной станции; *б* – группа блоков насосных станций; 1 – всасывающий трубопровод; 2 – насосная станция (блок); 3 – напорный трубопровод; 4 – дождевальная машина; 5 – оросительный канал; 6 – блочно-модульная насосная станция

Рисунок 3 – Расположение всасывающих и напорных трубопроводов насосной станции на облицованных оросительных каналах

Выводы. В современных условиях, если рассматривать общую структуру мелиоративного фонда гидротехнических сооружений Минсельхоза России, имеется необходимость в принятии регулирующих решений о количественном соотношении насосных станций и дождевальных машин: требуется воспроизводство насосных станций до 800 ед. в разрезе функциональной, актуальной с точки зрения технической составляющей работы низконапорной дождевальной техники.

Напорные и расходные характеристики блочно-модульной насосной станции необходимо обеспечивать в пределах 60–170 м вод. ст. и 3000 м³/ч соответственно. При этом конструктивный состав следует приводить к нескольким (от 2 до 4 шт.) унифицированным блокам (насосным установкам), которые могут оперативно использоваться в различных вариациях (схемах подключения), наряду с этим повышая надежность эксплуатации по сравнению со стационарными насосными станциями.

Известные разработки насосных станций предлагают большое количество конструктивных решений, однако при этом имеются затруднения в компоновке блоков конструктивных элементов и сохранении необходимых напорных характеристик при условии обеспечения мобильности установки. В этой связи необходимы дальнейшие исследования, направленные на совершенствование технических решений насосных станций путем уменьшения габаритов, обеспечения высокой скорости монтажа (демонтажа) и расширения функциональных возможностей мобильности за счет монтирования насоса с приводом на передвижном шасси с рамой или путем обеспечения транспортабельности.

Список источников

1. Панов А. А. Проблемы инновационного развития АПК региона // Научно-методический электронный журнал «Концепт» [Электронный ресурс]. 2016. Т. 15. С. 71–75. URL: <https://e-koncept.ru/2016/86914.htm> (дата обращения: 01.03.2021).

2. Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 28–30 янв. 2014 г. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2014. Т. 3. 488 с.

3. Эпштейн Д. Б. О некоторых соотношениях, характеризующих аграрную политику России // Аграрная политика современной России: научно-методологические аспекты и стратегия реализации: материалы XX Междунар. науч.-практ. конф. / ФГБНУ «ВИАПИ им. А. А. Никонова». М.: Энцикл. рос. деревень, 2015. С. 16–19.

4. Сапожникова Е. С. Современные аспекты диагностики ключевых угроз устойчивого развития регионов России на основе риск-ориентированного подхода // Актуальные вопросы современной науки и образования: материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф. / Кир. фил. МФЮА. Киров: МФЮА, 2018. С. 792–797.

5. Дашков Л. П., Сорокина И. Э. Кооперативные формы хозяйствования в институциональных преобразованиях агропромышленного комплекса России // Экономические системы. 2017. Т. 10, № 3(38). С. 36–38.

6. Никифоров П. В., Николаева Л. В. Факторы и проблемы оценки эффективного управления отраслями в АПК // Наука, бизнес, власть – триада регионального развития: сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 146–151.

7. Ольгаренко Г. В., Турапин С. С. Перспективы импортозамещения и разработки технических средств орошения для программы развития мелиорации в Российской Федерации // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 2. С. 35–39.

8. Прогноз развития рынка оросительной техники и разработки новых технических средств полива в Российской Федерации: отчет о НИР / ФГБНУ ВНИИ «Радуга»; рук.: Ольгаренко Г. В. Коломна, 2016. 95 с. Исполн.: Ольгаренко Г. В., Турапин С. С., Ольгаренко Д. Г.

9. Ольгаренко Г. В. Реализация программы импортозамещения в области производства техники полива в Российской Федерации // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 1. С. 44–47.

10. Выполнение опытно-конструкторских работ по разработке дождевальной техники нового поколения: отчет об ОКР / ФГБНУ ВНИИ «Радуга»; рук.: Ольгаренко Г. В. Коломна, 2018. 651 с. Исполн.: Турапин С. С. [и др.]. Рег. № НИОКРПР АААА-А-18-118072590012-6.

11. Мелиоративные системы и сооружения: СНиП 2.06.03-85 [Электронный ресурс]: утв. Госстроем СССР 17.12.85; введ. в действие с 01.07.86. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

12. Мелиоративные системы и сооружения: СП 100.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85 [Электронный ресурс]: утв. М-вом стр-ва и жилищ.-комму. хоз-ва Рос. Федерации 16.12.16; введ. в действие с 17.06.17. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

13. Реестр проектов насосных станций [Электронный ресурс]. URL: http://www.rosniipm.ru/DOC/2021/Projects_database/Registers/Register_Pump_stations.pdf (дата обращения: 01.03.2021).

Информация об авторах

О. В. Воеводин – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;

А. А. Кириленко – младший научный сотрудник.

Information about the authors

O. V. Voyevodin – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;

A. A. Kirilenko – Junior Researcher.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.08.2021; одобрена после рецензирования 25.08.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was submitted 19.08.2021; approved after reviewing 25.08.2021; accepted for publication 17.09.2021.

УДК 626.823.914

Применение фибробетона для ремонта конструкций гидромелиоративных сооружений

Виктория Федоровна Талалаева

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

Аннотация. Целью исследований являлся анализ альтернативных строительных материалов, применимых для заделки повреждений бетонных и железобетонных облицовок, в т. ч. деформационных швов. В статье представлены физико-механические свойства фибробетона, а также рассмотрены виды его наполнителей (волокон). Большинство каналов гидромелиоративного назначения, выполненных в бетонной и железобетонной облицовках, построены более 45–50 лет назад. За годы эксплуатации на таких сооружениях наблюдаются разрушения и деформации облицовок в виде трещин, сколов, выбоин, нарушений стыковых соединений и деформационных швов. Поврежденные покрытия требуют ремонта для предотвращения фильтрационных потерь и дальнейшего разрушения. Применение фибробетона для заделки повреждений бетонных покрытий является эффективной альтернативой применяемому в настоящее время традиционному цементному раствору. В зависимости от вида вносимого волокна можно получить фибробетон с необходимыми для конкретного объекта характеристиками. Фибробетон отличается своими прочностными свойствами, водонепроницаемостью, устойчивостью к перепадам температур, долговечностью и другими физико-механическими характеристиками. Помимо этого, фибробетон отличается экологичностью и невысокой стоимостью (в зависимости от вида волокон), чем и обусловлена возможность его применения на объектах гидромелиоративного назначения.

Ключевые слова: фибробетон, фиброволокно, противофильтрационное мероприятие, повреждение облицовки, защитное покрытие, оросительный канал

The fiber reinforced concrete application for irrigation and drainage facility structures repair

Victoria F. Talalaeva

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

Abstract. The purpose of the research was to analyze the alternative construction materials applicable for sealing damage to concrete and reinforced concrete linings, including strain joints. The physical and mechanical properties of fiber reinforced concrete are presented and the types of its fillers (fibers) are considered. Most of the irrigation and drainage canals constructed in concrete and reinforced concrete linings were built more than 45–50 years ago. Over the years of such structures operation, the linings destruction and deformation in the form of cracks, fractures, potholes, violations of butt joints and expansion joints are observed. The damaged coatings require repair to prevent filtration losses and further deterioration. The fiber reinforced concrete application for repairing concrete pavements damage is an effective alternative to the currently used traditional cement mortar. Depending on the type of introduced fiber, it is possible to obtain fiber reinforced concrete with the characteristics required for a particular object. Fiber reinforced concrete is distinguished by its strength properties, water resistance, temperature extremes resistance, durability and other physical and mechanical characteristics. In addition, fiber-concrete is environment friendly and low cost (depending on the type of fiber), that's why it can be used at irrigation and drainage facilities.

Keywords: fiber reinforced concrete, fiber, anti-seepage measure, lining damage, protective coating, irrigation canal

Введение. Одним из крупнейших потребителей пресной воды в мире является орошаемое земледелие, которое в большинстве случаев размещается в зонах с ее острым дефицитом. Для орошения в мире и у нас в России в основном (на 95 %) используются воды поверхностного стока, зарегулированного в реках системами водохранилищ, с последующей транспортировкой воды к орошаемым массивам системой открытых каналов разного уровня (магистральные, межхозяйственные, внутрхозяйственные и т. д.).

Потери из открытой проводящей сети не только приводят к потерям пресной воды, но и существенно ухудшают мелиоративную обстановку орошаемых и прилегающих к ним территорий, требующих дополнительных затрат на устройство дренажа и других мероприятий, предупреждающих вывод мелиорированных земель из сельскохозяйственного оборота [1].

Борьба с фильтрационными потерями из транспортирующей оросительной сети путем устройства противофильтрационных облицовок ведется во всех странах мира. В России в 70–80-х гг. прошлого столетия для более эффективной борьбы с фильтрационными потерями воды на каналах интенсивно начали применять в практике строительства оросительных систем различные типы простых и сложных (комбинированных) противофильтрационных покрытий. Защитные покрытия стали выполнять с учетом климатических, грунтовых и гидрогеологических условий. Вопросами противофильтрационной защиты оросительных каналов занимались многие ученые: С. Ф. Аверьянов, А. Г. Алимов, Ю. М. Косиченко, О. А. Баев, Ф. К. Абдразаков, А. В. Ищенко, В. А. Белов и др. [2–5].

Применение бетонных и железобетонных плит нашло широкое применение в гидромелиоративной практике в качестве облицовок оросительных, обводнительных, водопроводящих и других каналов. Для предотвращения потерь воды на фильтрацию из оросительных каналов чаще всего устраивают бетонные защитные покрытия. Как показала практика строительства, долговечность гидротехнического бетона составляет порядка 50 лет. Бетон – доступный строительный материал, но главный его недостаток – подверженность растрескиванию и разрушению в результате температурных воздействий. Поэтому целью данной работы являлся анализ альтернативных строительных материалов, применимых для заделки повреждений бетонных и железобетонных облицовок, в т. ч. деформационных швов.

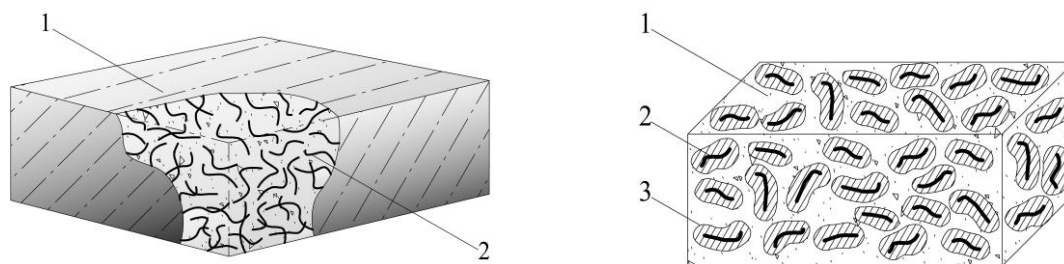
Материалы и методы. Фибробетон представляет собой высокотехнологичный композитный строительный материал, армированный различными волокнами. В конце XIX в. ученый А. Берард запатентовал фибробетон как строительный материал. Он представил добавку, вносимую в бетон, состоящую из смеси различных материалов [6].

В 1907 г. В. П. Некрасов впервые представил фибробетон. В его статьях были приведены исследования, посвященные производству композитного материала, армированного металлическими отрезками. Фибробетон в России впервые применили при строительстве аэродрома в 1978 г., но в то время материал не получил широкого распространения в связи с недоработанной технологией его изготовления и применения [7].

Фибробетон имеет цементно-бетонную матрицу, которая выполняет армирующие функции. Материал является экологичным и в зависимости от вида вносимого волокна обладает невысокой стоимостью. На рисунке 1 представлена структура фибробетона [8].

Изготавливается фибробетон в зависимости от его назначения. Для изготовления крупных бетонных конструкций, направляемых на строительную площадку в готовом виде, фибробетон производят в промышленных масштабах, вносят волокна непосредственно на объекте. В этом случае волокна наиболее равномерно распределяются по

всей площади изделия, что оказывает значительное влияние на плотность и дальнейшее сопротивление внешним механическим воздействиям. Если необходимо небольшое количество материала, волокна добавляют к бетонной смеси в бетономешалке. На крупном объекте строительства перед заливкой бетона волокна вносят в миксер бетоновоза.



1 – матрица бетона; 2 – фиброволокно;
3 – зона контактного взаимодействия армирующих волокон с бетоном



Рисунок 1 – Структурная схема композитного фибробетона

Направления использования фибробетона достаточно разнообразны, материал нашел применение в таких сферах, как:





- возведение фундаментов, тоннелей, мостовых покрытий;
- монолитное строительство, каркасы конструкций;
- строительство гидротехнических сооружений: дамб, резервуаров, накопителей, берегозащитных конструкций, водоотводных шахт;
- отделка фасадов, декоративные элементы;
- строительство дорожных покрытий, тротуаров, бордюров и др.

Физико-механические свойства материала, такие как прочность, плотность, водопоглощение, морозостойкость, долговечность и др., зависят от состава добавляемого армирующего волокна (или фибры). Такие волокна могут быть металлического, органического или минерального происхождения. Виды волокон (фибр), а также их описание представлены в таблице 1 [9–11].

Таблица 1 – Виды фиброволокон и их описание

Материал волокна (фибры)	Описание и преимущества	Недостатки
1	2	3
<p>Стальная фибра</p> 	<p>Прямые или волновые проволочные отрезки с загнутыми концами (длина 10–50 мм). Самый распространенный материал, применяется, когда на бетонные конструкции в процессе эксплуатации действуют нагрузки на разрыв и растяжение</p>	<p>Отсутствие адгезии, большой вес, неустойчивость к агрессивным средам</p>
<p>Базальтовая фибра</p> 	<p>Искусственное минеральное неорганическое волокно, получаемое из расплавленного в специальных печах минерала вулканического происхождения – базальта. Используется для повышения прочности к механическим воздействиям, а также устойчивости к деформациям и трещинообразованию. Материал не токсичен, устойчив к коррозии и воздействию агрессивных сред</p>	<p>–</p>

Продолжение таблицы 1

1	2	3
<p>Стекловолокно</p> 	<p>Неорганические стеклянные нити, получаемые посредством вытягивания на специальных установках расплавленной стеклянной массы из стеклоплавильных сосудов с высокопрочными формами. Такое волокно улучшает пластичность бетона, прочность на растяжение, уменьшает трещинообразование бетона</p>	<p>Неустойчиво к щелочам</p>
<p>Углеродная фибра</p> 	<p>Рубленые отрезки углеродных нитей, производимые из углерода путем термической обработки сырья при высоких температурах. Такие волокна увеличивают устойчивость к ударам, прочность на сжатие и растяжение, стойкость к истиранию. Помимо этого, отличаются стойкостью к коррозии и воздействию агрессивных сред</p>	<p>Высокая стоимость</p>
<p>Полипропиленовая фибра</p> 	<p>Отдельный вид синтетических волокон диаметром 0,02–0,038 мм, получаемых из полипропиленовой пленки посредством резки и скручивания. Раскрываются в бетонном растворе и создают сетчатую структуру. Применение таких волокон снижает вес бетонной конструкции, повышает стойкость к нагрузкам на растяжение, изменению температуры и агрессивным веществам, а также препятствует образованию трещин в бетоне</p>	<p>–</p>
<p>Целлюлозные волокна</p> 	<p>Натуральный материал, состоящий из тонких полимерных нитей. Использование целлюлозных волокон позволит уменьшить усадку и трещины при высыхании бетонной смеси. Материал придает бетону свойства, позволяющие не стекать с вертикальной поверхности, а также обладает хорошей адгезией</p>	<p>–</p>

Для композитных материалов со стальной или базальтовой фиброй характерны очень хорошие показатели прочности и упругости. Полипропиленовые волокна отличаются низким коэффициентом упругости, фибробетоны на их основе характеризуются повышенной деформативностью.

A. Zia, M. Ali [11] изучили целесообразность использования армированного полипропиленовым волокном бетона в облицовках каналов. С этой целью был проведен анализ влияния полипропиленовых волокон на усадку и трещиностойкость бетона. Свойства бетона, армированного полипропиленовым волокном, были сопоставлены со свойствами стандартного простого бетона. Авторами было отмечено, что включение полипропиленовых волокон в бетон повысило его прочность на разрыв и осевое растяжение, прочность, морозостойкость и водонепроницаемость. Добавление полипропиленовых волокон эффективно предотвращало и подавляло образование трещин в бетоне. Однако при добавлении волокон и минеральных добавок появляются определенные

проблемы, связанные с перемешиванием, поскольку волокна имеют тенденцию к образованию шариков, а способность к обработке имеет тенденцию к уменьшению во время смешивания.

Как показал имеющийся опыт в отечественном и зарубежном строительстве [7, 12], фибробетон является универсальным композитным строительным материалом с широкой областью применения. Бетон, армированный волокном, не требует сложной технологии изготовления и при этом приобретает набор положительных физико-механических свойств, позволяющих конкурировать с традиционным бетоном.

Результаты и обсуждение. К наиболее распространенным видам волокон относятся металлическая, полипропиленовая, стеклянная, базальтовая, углеродная и целлюлозная фибра. При изготовлении фибробетона большое значение имеет выбор волокна. Основные характеристики некоторых типов волокон представлены в таблице 2 [13].

Таблица 2 – Физико-механические характеристики волокна

Параметр	Состав волокна			
	Сталь	Полипропилен	Стекло	Базальт
Длина, мм	30–50	6–18	4,5–18	3,2–15,7
Диаметр, мкм	250–1200	10–25	13–15	13–17
Плотность, г/см ³	7,8	0,91	2,6	2,6
Коррозионная стойкость	низкая	высокая	высокая	высокая
Прочность при растяжении, МПа	600–1500	150–600	1500–3500	3500
Модуль упругости, ГПа	190	35	75	> 75
Коэффициент удлинения, %	3–4	20–150	4–5	2–3,5

Фибробетон обладает повышенной прочностью, трещиностойкостью и долговечностью, что позволяет считать его альтернативой традиционному бетону. При многократном температурном воздействии, когда вода проникает в трещины бетонных облицовок, а затем замерзает, происходит расширение пустот, что приводит к дальнейшему растрескиванию и увеличению разрушений. Помимо этого, при попадании в подплитное пространство через дефекты облицовок вода вымывает подстилающие грунты, что способствует разрушению бетонных покрытий. Также температурным воздействиям подвержены и деформационные швы. Такие процессы негативно отражаются на долговечности всего защитного покрытия.

Применение фибробетона для герметизации трещин, деформационных стыков и швов бетонных облицовок позволит продлить срок эксплуатации бетонных облицовок за счет армирования цементно-песчаного раствора фиброволокном. Помимо этого, значительно улучшатся важнейшие эксплуатационные характеристики бетонных покрытий: прочность, сопротивление при изгибе и растяжении, водонепроницаемость, трещиностойкость, устойчивость к внешним воздействиям.

Выводы

1 Армирование бетона волокнами повышает его эксплуатационную прочность, а также улучшает физико-механические параметры. В связи с широкими возможностями использования фибробетон применим при ремонте облицовок гидромелиоративных каналов, поскольку он обладает повышенной прочностью, долговечностью и другими свойствами, позволяющими конкурировать с традиционным бетоном.

2 Для ремонта повреждений облицовок каналов обычно используют традиционный бетон, который подвержен растрескиванию и деформациям, а также характеризуется высокой водонепроницаемостью. Использование композитных фибробетонов позволит продлить срок службы гидромелиоративных сооружений. При этом за счет добавления различных волокон повышаются физико-механические свойства бетона.

Список источников

1. Косиченко Ю. М., Баев О. А., Ищенко А. В. Современные методы борьбы с фильтрацией на оросительных системах // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. 2014. № 3. С. 30–43. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_91_kosichenko.pdf_55f9154bc5.pdf (дата обращения: 01.08.2021).
2. Косиченко Ю. М., Угроватова Е. Г., Баев О. А. Обоснование расчетных зависимостей фильтрационных сопротивлений конструкций облицовок каналов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2015. Т. 278. С. 35–46.
3. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Исключение непроизводительных потерь водных ресурсов из оросительной сети за счет использования инновационных облицовочных материалов // Аграрный научный журнал. 2019. № 12. С. 35–38.
4. Баев О. А. Применение планирования эксперимента для изучения водопроницаемости экрана из геомембраны // Природообустройство. 2014. № 3. С. 46–51.
5. Сильченко В. Ф. Исследования в области противофильтрационной защиты каналов, водоемов и накопителей // Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции. 2019. С. 79–82.
6. Ключев С. В. Фибробетон и изделия на его основе // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 3-1(34). С. 70–73.
7. Актуальность применения фибробетона в современном строительстве / В. Н. Моргун, Л. В. Моргун, В. В. Нагорский, А. Ю. Богатина // Технологии бетонов. 2021. № 3(176). С. 27–31.
8. Шишканова В. Н., Прокофьева Ю. А. Свойства и особенности фибробетонов // Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2015. № 2. С. 45–51.
9. Мартынов В. А. Анализ свойств фибробетонов с различными типами заполнителей // Фундаментальные и прикладные научные исследования: инноватика в современном мире: сб. ст. по материалам II Междунар. науч.-практ. конф. 2020. С. 30–35.
10. Steel and basalt fiber comparison in the flexural strength of conventional concrete / M. M. G. Saad, S. A. A. S. Almsajdi, H. Nankya, B. M. H. Abdulwahed // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2021. № 2-1(53). P. 69–73. DOI: 10.24412/2500-1000-2021-2-1-69-73.
11. Zia A., Ali M. Behavior of fiber reinforced concrete for controlling the rate of cracking in canal-lining // Construction and Building Materials. 2017. № 155. P. 726–739. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.08.078.
12. Иньшина Я. Г., Уланов А. О. Применение фибробетона с использованием фибры различного вида в строительстве // Студенческий вестник. 2021. № 3–4(148). С. 89–91.
13. Ключев С. В. Экспериментальные исследования фибробетонных конструкций // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2011. № 4. С. 71–74.

Информация об авторе

В. Ф. Талалаева – младший научный сотрудник.

Information about the author

V. F. Talalaeva – Junior Researcher.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.08.2021; одобрена после рецензирования 25.08.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was submitted 19.08.2021; approved after reviewing 25.08.2021; accepted for publication 17.09.2021.

УДК 627.81

Изменение батиграфических характеристик Чограйского водохранилища

Вячеслав Дмитриевич Гостищев, Дмитрий Викторович Мартынов

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

Аннотация. Целью исследований являлось уточнение актуальных батиграфических характеристик Чограйского водохранилища по прошествии 52 лет его эксплуатации. Методика производства гидрографических работ с использованием геодезических спутниковых систем позиционирования включала геодезическую привязку объекта исследований к Балтийской системе высот, измерение отметок дна производилось с использованием эхолота Garmin GPS-MAP 421s DF. В результате камеральных работ были построены горизонталы по ложу водохранилища с высотой сечения рельефа через 1 м, которые в программном обеспечении MapInfo трансформировались в полигоны для послойного определения площади их поверхности. Рассчитан текущий процент заиления, который составил при уровне воды 20,84 м в июле 2021 г. 18 %. Сделаны выводы о необходимости учета текущих характеристик службой эксплуатации водохранилища при обеспечении бесперебойной работы Черноземельской оросительно-обводнительной системы, так как величина полезного объема снизилась до 541,2 млн м³.

Ключевые слова: водохранилище, полезный объем, заиление, твердый сток, батиграфические характеристики

Change of the Chograi reservoir bathygraphic characteristics

Vyacheslav D. Gostishchev, Dmitry V. Martynov

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

Abstract. The purpose of the research was to clarify the actual bathygraphic characteristics of the Chograi reservoir after 52 years of its operation. The hydrographic survey method using geodetic satellite positioning systems included geodetic connection of the research object to the Baltic system of heights; the bottom elevations were measured using a Garmin GPS-MAP 421s DF echo sounder. As a result of the office work, the contours were built along the reservoir bed with a contour interval of 1 m, which were transformed into polygons for the layer-by-layer determination of their surface area in the MapInfo software. The current percentage of siltation was calculated, which was 18 % at a water level of 20.84 m in July 2021. Conclusions were made about the need to take into account the current characteristics of the reservoir operation service while ensuring the uninterrupted operation of the Chernozemelskaya irrigation and watering system, since the value of the useful capacity decreased to 541.2 million cubic meters.

Keywords: reservoir, useful capacity, siltation, solid runoff, bathygraphic characteristics

Введение. Республика Калмыкия входит в состав Южного федерального округа и является частью Поволжского экономического района, располагается на крайнем юго-востоке европейской части России.

Климат республики переходный от умеренного к резко континентальному – лето очень жаркое и сухое. Значительный объем пресных вод сосредоточен в Чограйском водохранилище [1, 2].

Чограйское водохранилище расположено на юге европейской части России, на границе Ставропольского края и Республики Калмыкия. Водоохранилище решает

комплексные вопросы обводнения территорий Республики Калмыкия и развития орошаемого земледелия. Основной водной артерией, служащей для целей орошения и обводнения Республики Калмыкия, является Черноземельская оросительно-обводнительная система.

Водохранилище было построено и передано в эксплуатацию в 1969 г. За 4 года водохранилище было наполнено. Проектный нормальный подпорный уровень (НПУ) водохранилища составлял 24,2 м, при этом уровне общий объем водохранилища составлял 710 млн м³, полезный объем – 660 млн м³, площадь зеркала – 193 км², длина водохранилища составляла 48,8 км, максимальная ширина – до 9 км, средняя глубина – 3,6 м [3].

В настоящее время в связи с увеличением орошаемых площадей и необходимостью осуществления подпиток природных водоемов с целью экологической реабилитации появилась потребность в выработке рекомендаций по наполнению Чограйского водохранилища. С этой целью в рамках выполнения научно-исследовательской работы по заданию Депземмелиорации одной из задач было уточнение батиграфических характеристик Чограйского водохранилища по прошествии 52 лет его эксплуатации.

Материалы и методы. Инженерно-гидрометрические исследования проводились в июле 2021 г. Для измерительных работ использовались геодезические спутниковые системы позиционирования. Программа полевых работ включала геодезическую привязку объекта исследований к Балтийской системе высот. Для этого производились калибровочные измерения на пунктах государственной геодезической сети. Пункты были заранее намечены по топографической карте из числа расположенных по периметру водохранилища.

Измерение отметок дна производилось с использованием эхолота Garmin GPS-MAP 421s DF. Перед началом измерений показания эхолота несколько раз сверялись со значениями глубин, измеренных поверенной нивелирной рейкой. В процессе измерений показания глубин вносились в контроллер геодезического спутникового оборудования Leica GS-18 как эквивалентные значения высоты вехи. Такая технология производства работ позволила накапливать массивы единообразных значений отметок в Балтийской системе высот.

Для оптимизации гидрометрических работ в навигационном планшете были намечены галсы в количестве 25 шт. Длина наибольшего галса, намеченного вдоль дамбы плотины, составила 5,7 км. Крайний галс располагался на удалении 32,5 км от дамбы плотины, его фактическая длина составила 1,3 км. За трехдневный период работ было пройдено 102 км по маршруту намеченных галсов. Общее количество промеров по дну водохранилища составило 865. В период проведения гидрометрических работ уровень воды (УВ) в водохранилище находился на отметке 20,84 м.

Результаты и обсуждение. По итогам камеральных работ в программном обеспечении MapInfo на картографическую подложку в виде космоснимка были выгружены точки с их высотными характеристиками. В результате интерполирования были построены горизонталы по ложу водохранилища с высотой сечения рельефа через 1 м (рисунок 1).

Построенные горизонталы в программном обеспечении MapInfo трансформировались в полигоны для послойного определения площади их поверхности. Все результаты заносились в таблицу 1 (столбец 5). Объем рассчитывался послойно как произведение полусуммы площадей граничных слоев и высоты слоя (таблица 1, столбец 7). Путем послойного суммирования были рассчитаны объемы водохранилища при наполнении (таблица 1, столбец 8) до отметки УВ в водохранилище на момент съемки, соответствующей значению 20,84 м в Балтийской системе высот.



Рисунок 1 – Карта-схема Чограйского водохранилища

Для определения планово-высотных характеристик водохранилища за границами акватории вплоть до отметок, соответствующих форсированному значению подпорного уровня ($\text{ФПУ} = 25,3 \text{ м}$), производилась наземная съемка вдоль уклона местности. Однако временные рамки не позволили набрать репрезентативное количество данных для корректного интерполирования горизонталей на этих отметках. В связи с этим были использованы дополнительные данные из открытых источников мелкомасштабных топографических карт. В таблице 1 эти характеристики приведены в строках 7–9 и соответствуют отметкам 24–26 м.

Таким образом, для анализа изменения батиграфических характеристик Чограйского водохранилища за 52-летний период эксплуатации начиная с 1969 г. (таблица 1, столбец 9) были вычислены уменьшения объемных характеристик (таблица 1, столбцы 10, 11).

При отметке, соответствующей мертвому объему ($\text{УМО} = 18 \text{ м}$), эта величина уменьшения составила 13423972 м^3 , или в процентах от проектного объема 50000000 м^3 25 %.

При отметке наполнения, соответствующей УВ на момент съемки ($\text{УВ} = 20,84 \text{ м}$), величина уменьшения составила 44731989 м^3 , или в процентах от проектного объема 203268012 м^3 18 %.

При более высоких отметках наполнения расчеты выполнены преимущественно по материалам съемок прошлых лет и для анализа изменений не использовались. Для визуализации табличных значений были построены графики зависимостей объема и площади зеркала водохранилища от уровня его наполнения (рисунки 2, 3).

Основными источниками заиления являются взвешенные и влекомые наносы р. Терек, поступающие по сети Терско-Кумского и Кумо-Манычского каналов. В водохранилище впадают р. Голубь, Рагули, Чограй, Восточный Маныч. Кроме того, твердый сток регулярно поступает с водосборной площади.

Таблица 1 – Расчет батиграфических характеристик Чограйского водохранилища

Характеристика	№ строки	Отметка H , м	Глубина, м	Слой h , м	Площадь S		Объем, м ³ (2021 г.)		Объем, м ³ (1969 г.)	Заиление за 1969–2021 гг.	
					м ²	га	в слое h	при глубине		м ³	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		15,5			0	0,00		0			
	1	16	0,5	0,50	31126	3,11	7782	7782			
	2	17	1,5	1,00	19523701	1952,37	9777414	9785195			
УМО	3	18	2,5	1,00	34057966	3405,80	26790834	36576029	50000000	13423972	27
	4	19	3,5	1,00	46880000	4688,00	40468983	77045012	95000000	17954989	19
	5	20	4,5	1,00	69360000	6936,00	58120000	135165012	180000000	44834989	25
УВ	6	20,84	5,3	0,84	92790000	9279,00	68103000	203268012	248000000	44731989	18
07.07.2021	7*	24	8,5	3,16	182714816	18271,48	435297609	638565621	670000000	31434379	5
	8*	25	9,5	1,00	204940000	20494,00	193827408	832393029	870000000	37606971	4
	9*	26	10,5	1,00	227690000	22769,00	216315000	1048708029	1100000000	51291971	5

*В нижней части таблицы приведены данные, полученные с использованием картографических материалов прошлых лет.

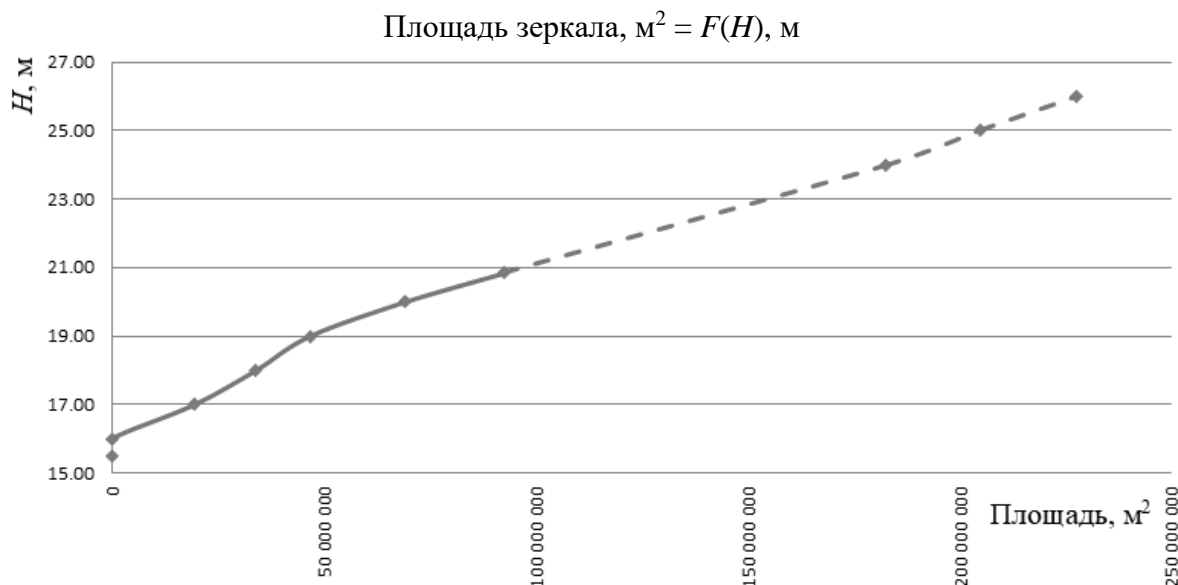


Рисунок 2 – Кривая зависимости площади зеркала водохранилища от отметки горизонта воды: — по материалам гидрографических измерений 07.07.2021 (до отметки УВ = 20,84 м); - - по данным топографических карт

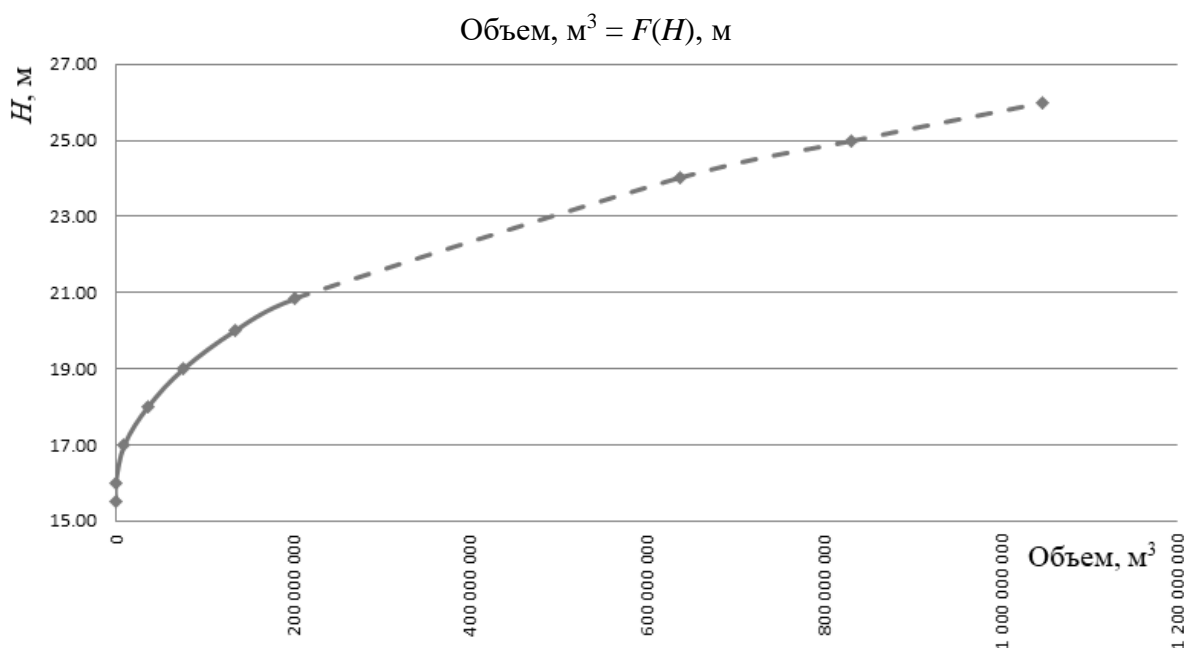


Рисунок 3 – Кривая зависимости объема наполнения водохранилища от отметки горизонта воды: — по материалам гидрографических измерений 07.07.2021 (до отметки УВ = 20,84 м); - - по данным топографических карт

Ориентируясь на вычисленный процент заиления при максимальном наполнении водохранилища на период проведения гидрометрических работ, можно подсчитать текущую характеристику полезного объема, заключенного между НПУ ($H = 24,2$ м, $W = 710$ млн m^3) и УМО ($H = 18,0$ м, $W = 50$ млн m^3): $660 \text{ млн } m^3 \cdot (100-18)/100 = 541,2 \text{ млн } m^3$. Таким образом, объем уменьшился на $118,8 \text{ млн } m^3$ за 52 года эксплуатации, что составляет около $2,3 \text{ млн } m^3/\text{год}$.

Выводы. Уточненные характеристики Чограйского водохранилища за 52-летний период эксплуатации позволили оценить текущую степень заиления, которая составила 18 %, и уточнить полезный объем водохранилища, который снизился на $118,8 \text{ млн } m^3$ и

составил 541,2 млн м³. Актуальные характеристики позволят службе эксплуатации скорректировать графики оперативного водопользования при наполнении водохранилища и подаче воды в Черноземельскую оросительно-обводнительную систему.

Список источников

1. Чограйское водохранилище [Электронный ресурс]. URL: https://water-fg.ru/Водные_объекты/1302/Чограйское_водохранилище (дата обращения: 25.08.2021).

2. Чограйское водохранилище [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Чограйское_водохранилище (дата обращения: 25.08.2021).

3. Курбанова З. А., Тагирова А. Х. Характеристика уровня режима Чограйского водохранилища с учетом его заиленности // Техносферная безопасность. Современные реалии: сб. материалов I Всерос. науч.-практ. конф., г. Махачкала, 21–22 нояб. 2019 г. Махачкала: Дагест. гос. техн. ун-т, 2020. С. 63–68.

Информация об авторах

В. Д. Гостищев – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Д. В. Мартынов – младший научный сотрудник.

Information about the authors

V. D. Gostishchev – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;

D. V. Martynov – Junior Researcher.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.08.2021; одобрена после рецензирования 27.08.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was submitted 19.08.2021; approved after reviewing 27.08.2021; accepted for publication 17.09.2021.

УДК 633.491:631.67

**Урожайность картофеля весеннего срока посадки
в условиях дефицита водных ресурсов на юге России****Владимир Игоревич Ольгаренко**Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

Аннотация. Целью работы являлось определение эффективности возделывания картофеля весеннего срока посадки в условиях дефицита водных ресурсов на юге России. Значительной проблемой в планировании и организации орошаемого земледелия является разработка и обоснование режимов орошения сельскохозяйственных культур. Рассматривается двухфакторный полевой опыт: «Изучить влияние прецизионного орошения при различной обеспеченности минеральными удобрениями на продуктивность картофеля весенней посадки». Установлены следующие технические характеристики: урожайность, суммарное водопотребление, оросительная норма и коэффициенты водного баланса и эвапотранспирации по вариантам опыта; эмпирическая зависимость урожайности от эвапотранспирации и суммарной дозы минеральных удобрений. Проведенный анализ результатов полевых исследований позволил сделать вывод, что коэффициенты эвапотранспирации (K_{ET}) и водного баланса (K_M), определяющие дефицит естественного увлажнения на единицу произведенной продукции, составили 10,0–15,8 и 4,4–7,1; 14,5–24,3; 10,4–17,3 и 4,8–8,3 мм/т соответственно для условий прецизионного орошения, без орошения и при технологии, рекомендованной зональными системами земледелия.

Ключевые слова: эвапотранспирация, точное земледелие, картофель весеннего срока посадки, урожайность, минеральные удобрения, юг России

**Spring planting potato yield in the context
of water scarcity in the south of Russia****Vladimir Ig. Olgarenko**Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

Abstract. The purpose of the work was to determine the efficiency of potato cultivation for the spring planting period under conditions of water scarcity in the south of Russia. A significant problem in planning and organizing the irrigated agriculture is the development and substantiation of irrigation regimes for agricultural crops. A two-factor field experiment is considered: “To study the precision irrigation impact with different mineral fertilizers supply on the spring planting potatoes productivity”. The following technical specifications have been determined: yield, total water consumption, irrigation rate and water balance coefficients and evapotranspiration according to the variants of the experiment; the yield empirical dependence on evapotranspiration and the total dose of mineral fertilizers. The analysis of field studies allowed to conclude that the coefficients of evapotranspiration (K_{ET}) and water balance (K_M), determining the deficit of natural moisture per unit of manufactured products, were 10.0–15.8 and 4.4–7.1; 14.5–24.3; 10.4–17.3 and 4.8–8.3 mm/t, respectively, for conditions of precision irrigation, without irrigation and according to technology recommended by zonal farming systems.

Keywords: evapotranspiration, precision farming, spring planting potatoes, yield, mineral fertilizers, southern Russia

Введение. Значительной проблемой в планировании и организации орошаемого земледелия является разработка и обоснование режимов орошения сельскохозяйственных культур. Это обусловлено прежде всего влиянием целого комплекса различных почвенно-климатических, агрофизических и других факторов воздействия среды на продуктивность культурного растения в частности или орошаемого агроландшафта в целом [1–4].

Необходимо отметить общую тенденцию к усложнению систем и моделей в мелиоративной науке в настоящее время. Это обуславливается неизбежной потребностью в серьезной аргументации рассматриваемых природно-антропогенных связей, увеличении количества соответствующих рабочих характеристик вместе с определением четкой их иерархии, что в итоге позволит не только обеспечить планирование текущих технологических процессов и оперативное управление ими, но и учесть принцип многозадачности в орошаемом земледелии [5–9].

Анализ данных показывает, что в условиях применения технологии прецизионного орошения особенно необходимо учитывать недостатки базового подхода к расчету поливной нормы и срока проведения поливов, т. е. эксплуатационного режима орошения, с использованием приближенных физических единиц гидрометеорологического состояния агроландшафта, без учета конкретного состояния рассматриваемого орошаемого поля и планирования урожайности. Необходимо иметь не только фактические гидрометеорологические характеристики, но и региональные математические модели для определения технических характеристик эксплуатационных режимов орошения, что потенциально способно изменить подход к эксплуатации оросительных систем в целом [10–14].

Материалы и методы. Опытный участок расположен в п. Ясном Багаевского района Ростовской области (Бирючукская ОСОС – филиал ФГБНУ ФНЦО). Почвенный покров представлен черноземом обыкновенным среднесиловым на лессовидном суглинке. Схема опыта «Изучить влияние прецизионного орошения при различной обеспеченности минеральными удобрениями на продуктивность картофеля весенней посадки». Опыт двухфакторный. Фактор А (технологии орошения): 1) без орошения; 2) рекомендованная зональными системами земледелия (ЗСЗ) [15]; 3) прецизионная технология. Фактор Б (минеральное питание): 1) без удобрений; 2) дозы минеральных удобрений, рекомендованные ЗСЗ; 3) дифференцированные дозы удобрений.

Результаты и обсуждение. Результаты опыта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность и показатели водного баланса посадок картофеля в зависимости от режима орошения и доз удобрений

Вариант опыта	Эвапотранспирация E_T , мм	Урожайность $У$, т/га	В т. ч. оросительная норма $М$, мм	Коэффициент дефицита водного баланса K_M , мм/т	Коэффициент водопотребления K_{E_T} , мм/т
1	2	3	4	5	6
Без орошения					
Без удобрений	296,6	12,2	–	–	24,3
$N_{160}P_{180}K_{160}$ (рекомендованная ЗСЗ)	334,3	21,4	–	–	15,6
$N_{160}P_{175}K_{150}$ (прецизионное внесение)	320,7	22,1	–	–	14,5
80 % наименьшей влагоемкости в слое 0,6 м (рекомендованный ЗСЗ)					
Без удобрений	436,5	25,2	210,0	8,3	17,3
$N_{160}P_{180}K_{160}$ (рекомендованная ЗСЗ) (контроль)	462,4	41,4	210,0	5,1	11,2
$N_{160}P_{175}K_{150}$ (прецизионное внесение)	456,2	43,7	210,0	4,8	10,4

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Прецизионное орошение					
Без удобрений	444,5	28,1	201,2	7,1	15,8
N ₁₆₀ P ₁₈₀ K ₁₆₀ (рекомендованная ЗСЗ)	459,5	41,7	201,2	4,8	11,0
N ₁₆₀ P ₁₇₅ K ₁₅₀ (прецизионное внесение)	452,5	45,2	201,2	4,4	10,0

В результате проведенных исследований установлены эмпирические зависимости динамики урожайности картофеля от суммы внесения доз минеральных удобрений и эвапотранспирации при прецизионном орошении (рисунок 1), описываемые уравнением поверхности:

$$Y = -885,15 - 0,04 \cdot \sum \text{NPK} + 4,46 \cdot ET - 1 \cdot 10^{-4} \cdot (\sum \text{NPK})^2 + 4 \cdot 10^4 \cdot ET \cdot \sum \text{NPK} - 0,05 \cdot ET^2,$$

где Y – урожайность, т/га;

$\sum \text{NPK}$ – суммарная доза удобрений, кг д. в./га;

ET – эвапотранспирация, мм.

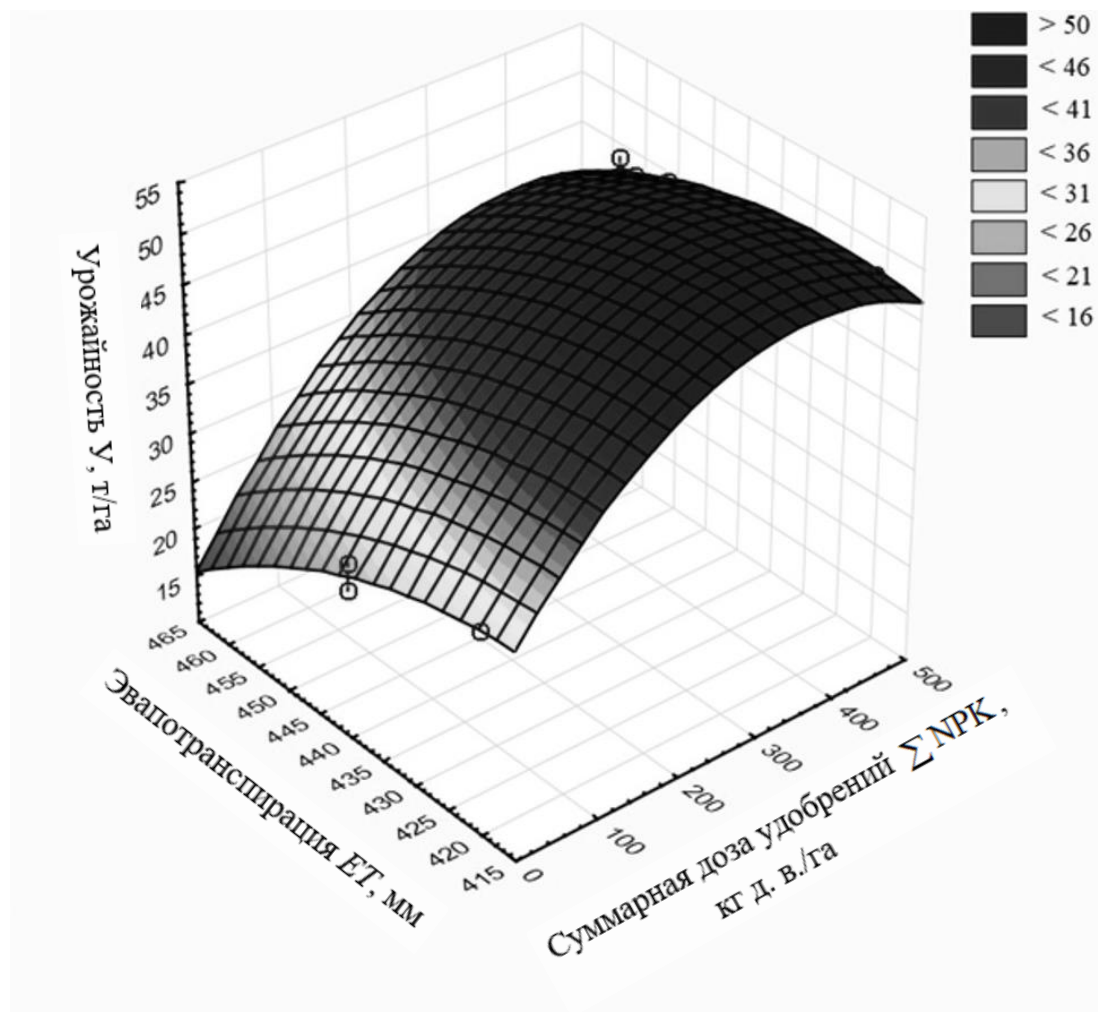


Рисунок 1 – Динамика урожайности картофеля при прецизионном орошении в зависимости от эвапотранспирации картофеля и суммы внесения доз минеральных удобрений

Эвапотранспирация ET картофеля весеннего срока посадки при технологии, рекомендованной ЗСЗ, варьировалась от 444,5 до 452,5 мм, без использования орошения от 299,6 до 334,3 мм, при технологии, рекомендованной ЗСЗ, от 436,5 до 456,2 мм соответственно по вариантам опыта. Оросительная норма M – 201 и 210 мм при прецизионном орошении и для технологии, рекомендованной ЗСЗ, соответственно.

Выводы. Проведенный анализ результатов полевых исследований позволил сделать вывод, что коэффициенты эвапотранспирации (K_{ET}) и водного баланса (K_M), определяющие дефицит естественного увлажнения на единицу произведенной продукции, составили 10,0–15,8 и 4,4–7,1; 14,5–24,3; 10,4–17,3 и 4,8–8,3 мм/т соответственно для условий прецизионного орошения, без орошения и при технологии, рекомендованной ЗСЗ.

Список источников

1. Васильев С. М., Домашенко Ю. Е. Регулирование управленческих процессов в структурированных проблемных ситуациях АПК // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 12–13.

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

3. Лихацевич А. П. Использование обобщенной математической модели для анализа результатов многофакторных агрономических опытов // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 1. С. 19–23.

4. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Техничко-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения // Научная жизнь. 2019. Т. 14, № 10(98). С. 1484–1495. DOI: 10.35679/1991-9476-2019-14-10-1484-1495.

5. Васильев С. М., Ольгаренко В. Иг., Ольгаренко И. В. Теоретическое обоснование и расчет биоклиматических коэффициентов на примере возделывания картофеля летнего срока посадки // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2017. № 4(28). С. 37–49. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=506&id=509> (дата обращения: 01.08.2021).

6. Ольгаренко И. В. Информационные технологии планирования водопользования и оперативного управления водораспределением на оросительных системах: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02. Саратов, 2013. 46 с.

7. Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В. Техничко-экономические показатели эффективности водопользования на оросительных системах // Природообустройство. 2009. № 4. С. 102–107.

8. Ольгаренко В. Иг. Управление орошением картофеля летнего срока посадки на пойменных землях Нижнего Дона: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02. Саратов, 2016. 20 с.

9. Обоснование эффективности планирования технологических процессов водопользования и оперативное управление водораспределением на базе использования метода Монте-Карло / В. И. Ольгаренко, И. Ф. Юрченко, И. В. Ольгаренко, Г. Г. Костюнин, М. С. Эфендиев, В. Иг. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 1(29). С. 49–66. URL: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec530-field6.pdf (дата обращения: 01.08.2021).

10. Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В., Ольгаренко В. Иг. Оценка эффективности использования отечественной дождевальной техники // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2015. № 1. С. 8–14.

11. Ольгаренко В. Иг. Нормирование режимов орошения картофеля в условиях поймы Нижнего Дона // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения:

материалы междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения), 29–30 марта 2016 г. М.: Изд-во ВНИИА, 2016. Т. 1. С. 362–366.

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

13. Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В., Ольгаренко В. Иг. Методология организации экологического мониторинга мелиоративных систем // *Модели и технологии природообустройства (региональный аспект)*. 2015. Т. 1. С. 15–19.

14. Нормирование водопотребления сельскохозяйственных культур с учетом изменчивости гидрометеорологических условий / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. Иг. Ольгаренко, А. А. Панкарикова, М. С. Эфендиев, Г. Г. Костюнин // *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]*. 2018. № 2(30). С. 22–40. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=927> (дата обращения: 01.08.2021).

15. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы / С. С. Авдеенко [и др.]; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. Ростов н/Д., 2013. 375 с.

Информация об авторе

В. Иг. Ольгаренко – старший научный сотрудник, кандидат технических наук.

Information about the author

V. Ig. Olgarenko – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.08.2021; одобрена после рецензирования 03.09.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was submitted 19.08.2021; approved after reviewing 03.09.2021; accepted for publication 17.09.2021.

УДК 626.88

Фильтрующие водозаборы из водоемов для приводохранищных рыбоводно-мелиоративных комплексов

Виктор Николаевич Шкура, Алексей Викторович Шевченко

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

Аннотация. Цель исследования – обоснование применения и разработка компоновочно-конструктивных решений фильтрующих водозаборов, обеспечивающих забор воды из водоемов, ее очистку от загрязнителей минерального, органического и биологического происхождения для ее использования в рыбоводных бассейнах рыбопитомников. Фильтрующие водозаборы из водоемов рыбохозяйственного назначения обеспечивают защиту водоприемных камер насосных станций от засорения плавником, топляком и водорослями, предупреждают попадание в них гидробионтов, характеризуются простотой и компоновочно-конструктивной гибкостью, адаптивностью к морфометрическим и гидрологическим условиям водоисточников и высокими технико-экономическими показателями, что предопределяет целесообразность их использования в системах водного питания приводохранищных рыбоводно-мелиоративных комплексов. Основу исследования составили данные обследований систем водного питания рыбоводных комплексов и известные разработки фильтрующих водозаборов, используемых в гидротехнической практике, но не нашедших широкого применения в рыбохозяйственной гидротехнике. При разработке компоновочно-конструктивных решений фильтрующе-очистных сооружений использованы методы научного анализа и поискового конструирования. Определяющим конструктивным компонентом фильтрующих водозаборов являются их водоприемники, предусматривающие использование фильтрующих элементов, обеспечивающих изъятие воды из водоема и выполняющих рыбозащитную функцию, очищающих воду от взвесей и исключающих попадание в систему водоснабжения вредоносной водной фауны. В качестве фильтрующих элементов водозаборов рассмотрены дамбы и фильтрующие панели. Разработаны компоновочно-конструктивные решения водоприемников насосных станций для забора воды из водоемов, включающих фильтрующие дамбы из каменно-гравийно-галечниковых материалов и фильтрующие панели, устанавливаемые в головной части их аванкамер.

Ключевые слова: фильтрующий водозабор, фильтрующий водоприемник, фильтрующая дамба, фильтрующие панели, фильтрующие кассеты, водоснабжение прудов

Filter water intakes from water bodies for fish breeding and reclamation complexes at reservoirs

Viktor N. Shkura, Alexey V. Shevchenko

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

Abstract. The purpose of the study is to substantiate the use and development of layout and design solutions for filter water intakes that ensure the water diversion from reservoirs, its purification from of mineral, organic and biological pollutants for using in fish-breeding basins of fish nurseries. Filter water intakes from water bodies for fishery purposes provide protection of the water intake chambers of pumping stations from clogging with fins, snags and algae; prevent the ingress of aquatic organisms into them; they are characterized by simplicity and structural flexibility, adaptability to the morphometric and hydrological conditions of water sources and high technical-economic indicators, that predetermines the feasibility of their

use in water supply systems in fish-breeding and reclamation complexes located at reservoirs. The research was based on survey data of water supply systems of fish-breeding complexes and well-known developments of filtering water intakes used in hydraulic engineering, but not widely used in fishery hydraulic engineering. Methods of scientific analysis and exploratory design were used in developing layout and design solutions for filter water purification facilities. The defining structural component of filtering water intakes are their water inlets, which provide for the use of filter elements that ensure the withdrawal of water from the reservoir and perform a fish-protective function, purify water from suspended matter and exclude harmful aquatic fauna from entering the water supply system. Dams and filtering panels are considered as filter elements of water intakes. The layout and design solutions have been developed for water inlets of pumping stations for water intake from reservoirs, including filter dams made of stone-gravel-pebble materials and filter panels installed in the head part of their front chambers.

Keywords: filtering water intake, filtering water headwork, filter dam, filter panels, filter cassettes, pond water supply

Введение. Все возрастающий дефицит водных ресурсов (при возрастающей потребности в них) предопределяет необходимость повышения комплексности и эффективности использования водных объектов [1]. Одним из направлений достижения указанной целевой установки при соблюдении все ужесточающихся экологических требований и ограничений является создание приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов [2]. Обязательный компонент таких комплексов – водозаборные сооружения, обеспечивающие водой системы водного питания рыбоводных водоемов (прудов и (или) бассейнов). Достаточно жесткие требования, предъявляемые к качеству воды, подаваемой в рыбоводные бассейны по выращиванию рыбопосадочного материала (от личинок до сеголеток), потенциально могут быть обеспечены при соответствующем компоновочно-конструктивном решении узла водозаборных сооружений. Определенные перспективы имеют фильтрующие водозаборы, обеспечивающие выполнение требований рыбоводно-биологических обоснований функционирования рыбоводных объектов, а также соблюдение условий по обеспечению их экологичности и экономичности. Судя по данным Ю. И. Вдовина, М. Г. Журбы, В. Н. Шкуры, В. Н. Щедрина и др. [3–8], различные виды таких водозаборов нашли широкое применение в водоснабжении коммунальных и промышленных объектов.

Фильтрующие водозаборы обеспечивают защиту обитающих в поверхностных водных объектах (прудах и водохранилищах) рыб и других гидробионтов от попадания в водоприемники, исключая их травмирование и гибель. В этом отношении водозаборы, оборудованные фильтрующими водоприемниками, являются эффективными рыбозащитными сооружениями. Одновременно фильтрующие элементы таких водозаборов исключают попадание в системы водного питания рыбопитомников вредоносных гидробионтов, включая сорные и хищные их виды. Водозаборные узлы сооружений характеризуются конструктивной гибкостью и адаптивностью к широкому спектру морфометрических, гидрологических, геологических и других условий водоемов.

Несмотря на определенные достоинства фильтрующих водозаборов («водозаборно-очистных» сооружений), они практически не применяются в рыбохозяйственной гидротехнике, и в частности в системах водного питания рыбопитомников. Указанное обстоятельство объясняется дефицитом научного обоснования и инженерных разработок в этой области рыбоводно-мелиоративной деятельности. На устранение указанного дефицита информации и разработок направлено настоящее исследование.

Материалы и методы. Эмпирическую основу для анализа и обобщения составили материалы обследования действующих водозаборов и водовпускных сооружений, используемых на рыбоводных предприятиях Ростовской области. Теоретическую базу для компоновочно-конструктивных разработок составили известные рекомендации

по проектированию водозаборных сооружений, при реализации их использовались методы поискового конструирования и приемы создания новой техники.

Результаты и обсуждение. Материалы обследования водозаборов и систем водообеспечения рыбоводных комплексов в Семикаракорском, Багаевском и Азовском районах Ростовской области позволяют отметить нижеследующее.

1 На водозаборах действующих рыбоводных хозяйств, обеспечивающих забор воды из поверхностных водотоков (водоисточников), в качестве рыбозащитных сооружений и устройств преимущественно используются сетчатые и электрические рыбозаградители и рыбозащитные оголовки, не исключающие попадание в водоприемники мелких (сорных) особей гидробионтов, обитающих в водных объектах.

2 Отлов вредоносных гидробионтов, включая личинок и мальков сорных и хищных рыб, на части рыбоводных объектов осуществляется с использованием сорозоулавливающих устройств, закрепляемых на торцах труб-водовпусков.

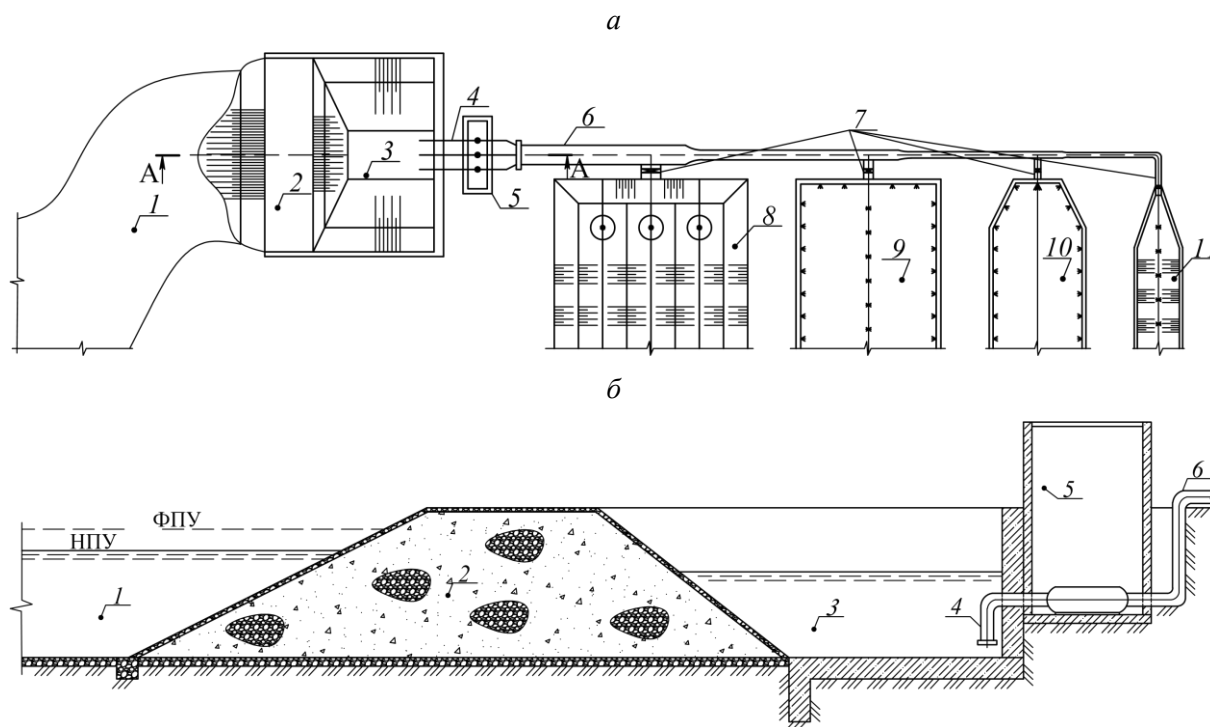
Применение указанных технологических и технических средств рыбозащиты не исключает попадание в рыбоводные объекты нежелательных (преимущественно ихтиофагов) видов флоры и фауны, что подтверждается их отловом в рыбоводных прудах при их опорожнении по завершении рыбоводческого процесса. Использование сорозоулавливающих устройств трудоемко и не всегда эффективно.

Высокая трудоемкость и затратность использования трубчатых водовпускных сооружений, оборудованных сорозооудерживающими устройствами, приводит к отказу от их использования, несмотря на условия культивирования рыбопосадочного материала, связанные с биологическим засорением рыбоводных бассейнов.

Установленные недостатки используемых водозаборных и очистных сооружений и анализ известных разработок показали необходимость их совершенствования и разработки новых компоновочно-конструктивных решений водозаборно-очистных сооружений на основе использования в них фильтрующих водоприемников.

Наиболее простым техническим решением фильтрующего водозабора является водозабор с водоприемником, устроенным в виде дамбы, образующей являющийся аванкамерой насосной станции затон. Компоновочно-конструктивное решение подсистемы общего назначения на базе фильтрующей дамбы приведено на рисунке 1.

Водозаборная часть системы водного питания комплекса устраивается в существующем или устроенном микрозаливе (затоне) водохранилища. Сопряжение водозабора с акваторией водоема 1 осуществляется посредством фильтрующей дамбы 2. Водоприемная дамба выполняется из разноразмерного каменно-гравийно-галечникового материала. Состав материала тела дамбы определяется условиями водоема. Размеры дамбы определяются фильтрационным расчетом исходя из условий обеспечения расчетного расхода воды, профильтровывающегося через нее, и не превышения скорости втекания в контактирующую с акваторией поверхность верхового откоса $Q_{вх} \leq 0,05 \text{ м/с}$. При указанной скорости втекания обитающие в водоеме гидробионты воспринимают дамбу как естественную твердую преграду, имеют возможность пребывания в преддамбовой зоне или свободного выхода из нее. Профильтровывавшаяся через дамбу вода через поверхность низового откоса поступает в водосборник – аванкамеру насосной станции. Конструктивное решение аванкамеры и ее размеры определяются условиями водосбора. При ее проектировании могут рассматриваться камеры призматической и непризматической формы, трапецидального или прямоугольного поперечного сечения. Днище и периметр камеры закрепляются сборным или монолитным бетоном. Накапливаемая в аванкамере 3 вода через всасывающие трубопроводы 4 насосной станцией 5 подается в трубопровод 6, а из него поступает в водовпускные трубопроводы 7 рыбоводных водоемов – зимовального бассейна 8, сеголеточного 9, малькового 10 и личиночного 11 бассейнов.



a – план системы водного питания; *б* – продольный разрез по водозаборно-очистному сооружению (фильтрующему водозабору); 1 – залив водохранилища; 2 – фильтрующая дамба; 3 – аванкамера (водосборный бассейн); 4 – всасывающие трубопроводы; 5 – насосная станция; 6 – напорный трубопровод; 7 – водовпускные трубопроводы в рыбоводные водоемы; 8 – зимовально-выростной бассейн; 9 – сезонно-выростной бассейн; 10 – мальковый бассейн; 11 – личиночно-мальковый бассейн

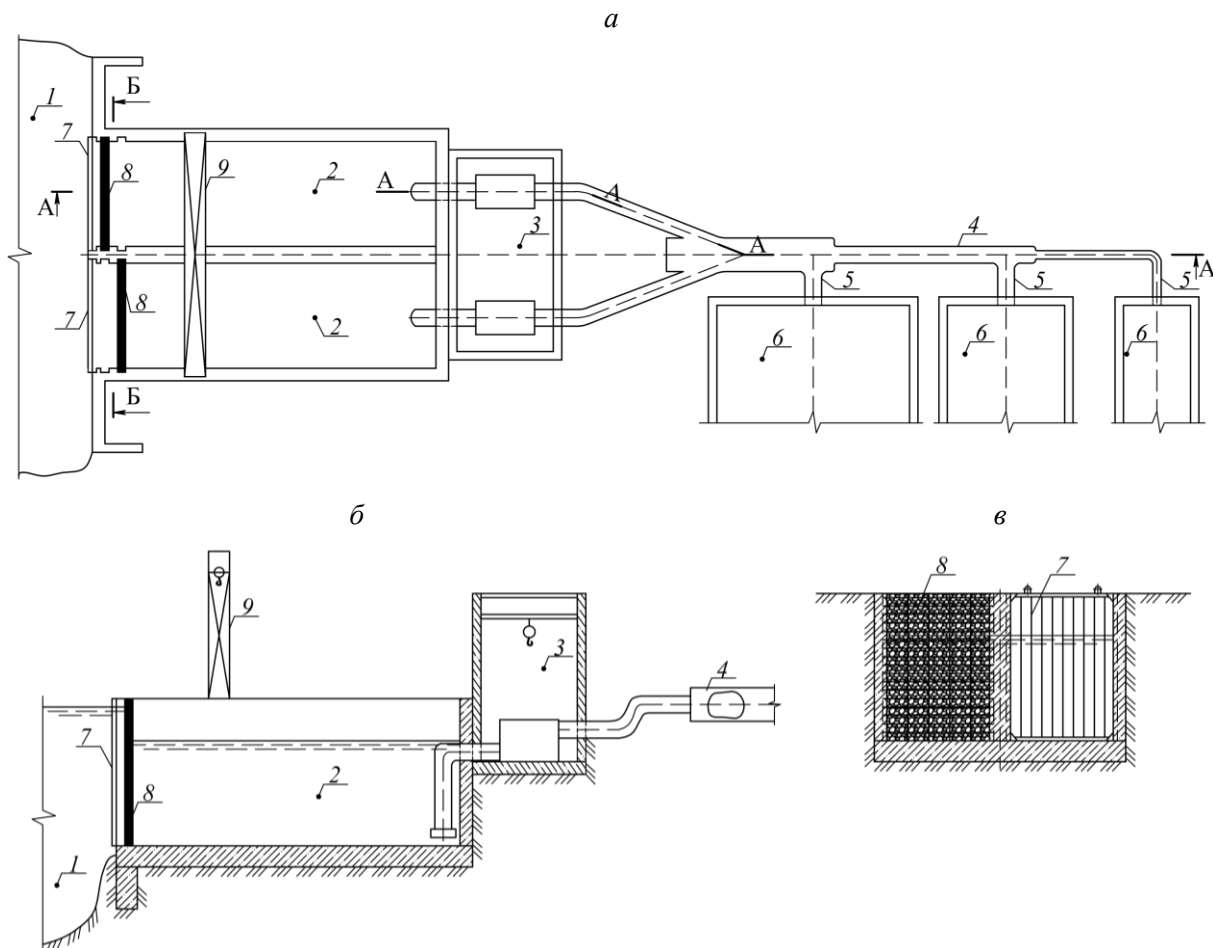
Рисунок 1 – Схема компоновочно-конструктивного решения системы водного питания приточного водохранилищного рыбоводно-мелиоративного комплекса

Указанное техническое решение приемлемо, но характеризуется неустроенностью в части качества фильтра и возможного загрязнения нежелательными видами гидробионтов и водорослями аванкамеры насосной станции. Устранение указанного недостатка обеспечивается в компоновочно-конструктивном решении фильтрующего водозабора с береговым расположением фильтрующего водоприемника (рисунок 2).

В приведенной на рисунке 2 компоновочно-конструктивной схеме фильтрация изымаемой из водохранилища 1 воды осуществляется фильтрующими панелями 8, устанавливаемыми в головной части водоприемника (аванкамеры насосной станции). В состав предлагаемой подсистемы общего назначения системы водного питания приточного водохранилищного рыбоводно-мелиоративного комплекса включают нижеследующие основные объекты, сооружения и элементы, обеспечивающие ее функционирование.

Аванкамера 2 размещается на берегу водоема и выполняется двухкамерной. Головная часть аванкамеры 2 конструктивно (физически) и гидравлически сопрягается с акваториальным пространством водохранилища 1. Каждая из камер (секций) аванкамеры имеет призматическую форму (вытянутую в направлении от водоема к береговой его зоне) с прямоугольным поперечным сечением. Внутреннее пространство аванкамеры образуется вертикальными (прямоугольными, разделительными и нижнеторцевым поперечным) устоями, которые вкупе с днищем образуют доковую конструкцию. В секциях аванкамеры 2 осуществляется накопление поступающей в нее воды, изымаемой насосными агрегатами насосной станции 3. Количество насосов и их производительность определяется расходом воды, подаваемой в рыбоводные бассейны 6 напорным трубопроводом 4 через бассейновые водовыпуски-водовпуски 5. Для предупре-

ждения поступления в аванкамеру 2 плавающего крупноразмерного мусора (плавника, топляка и др.) на входе в секции предусматривается установка сорозаградительной (противосорной) решетки 7. За крупноячеистой (грубой) решеткой 7 в пазах вдольберегового и промежуточного устоев (быков) устанавливаются съемные (заменяемые) фильтрующие панели 8. Установка (опускание) и изъятие (выемка) фильтрующих панелей 8 осуществляется с использованием кранового оборудования 9.



a – план системы водного питания общего назначения; *б* – продольный разрез А – А; *в* – поперечное сечение Б – Б; 1 – участок акватории водохранилища; 2 – аванкамера; 3 – насосная станция; 4 – напорный водовод; 5 – водовыпуски-водовпуски; 6 – рыбоводные бассейны; 7 – сорозаградительная решетка; 8 – фильтрующие панели; 9 – мостовой кран

Рисунок 2 – Схема системы водного питания приводохранилищного рыбоводно-мелиоративного комплекса с фильтрующим водозабором на основе фильтрующих кассет

В зависимости от расходов водоподачи забор воды из водохранилища может осуществляться как из одной (поочередно), так и из двух (одновременно) работающих секций аванкамеры 2. Для оперативной замены фильтрующих панелей 8 в секциях аванкамеры (в головной части их участков) предусматривается два ряда пазовых отверстий. Замена фильтрующих панелей осуществляется по мере снижения их пропускной способности. При этом может прекращаться забор воды из одной секции аванкамеры или предусматривается уменьшение отбора воды. До выемки засорившейся панели осуществляется установка новой панели в свободные пазовые отверстия. По завершении такелажных работ осуществляется выемка закоматированной панели и процесс

изъятия и подачи воды в систему водного питания (водоснабжения) рыбоводно-мелиоративного комплекса осуществляется в нормативном режиме.

Рассмотренное компоновочно-конструктивное решение водозабора с фильтрующими панелями обеспечивает выполнение функций по отбору, очистке и подаче воды в рыбоводно-мелиоративный комплекс. Определенными недостатками конструкции головной части аванкамеры являются: необходимость использования не менее четырех фильтрующих панелей; наличие межпанельного пространства, где при замене панелей могут скапливаться засорители, потенциально попадающие в аванкамеру водозабора.

Отмеченные недостатки конструкции не являются значимыми, что позволяет рекомендовать ее к использованию в рыбоводческой практике.

Выводы

1 В ходе научных исследований проведен анализ и дана оценка применения фильтрующих водозаборных сооружений на техногенных и природных объектах ведения рыбоводческой деятельности, обоснована необходимость их применения в качестве устройств для очистки подаваемой в рыбоводные водоемы воды от сорных и хищных особей гидробионтов, а также сора различного генезиса.

2 Предложено два компоновочно-конструктивных решения водозаборного узла сооружений системы водного питания приводохранилищного рыбоводно-мелиоративного комплекса на базе фильтрующей дамбы и водозаборного сооружения со съемными кассетами в качестве фильтрующего (обеспечивающего первичную очистку и пропуск поступающих в него водных масс) элемента.

Список источников

1. ВК РФ Статья 42. Основные требования к использованию водных объектов // «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 02.07.2021) [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/d0edd4ccaf2a6bb372eee9c634126341d7d10fe3/ (дата обращения: 16.05.2021).

2. Шкура Вл. Н., Шевченко А. В. Обоснование и основные положения создания и использования приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2019. № 3(03). С. 27–45. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=36> (дата обращения: 16.05.2021). DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-27-45.

3. Водозаборы из поверхностных источников: состояние, проблемы, тенденции совершенствования / Ю. И. Вдовин, И. А. Лушкин, Р. К. Халиков, Е. Д. Хецуриани // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. № 2. С. 55–61.

4. Водозаборно-очистные сооружения и устройства / М. Г. Журба, Ю. И. Вдовин, Ж. М. Говорова, И. А. Лушкин. М.: Астрель, 2003. 569 с.

5. Фильтрующие рыбозащитные сооружения и устройства коммунальных и промышленных водозаборов / Ю. И. Вдовин, А. В. Анисимов, В. И. Симакин, М. Я. Кордон. Пенза; Ухта: МНИЦ ПГСХА, 2002. 197 с.

6. Рыбозащита на водозаборах коммунального водоснабжения / Ю. И. Вдовин, И. А. Лушкин, С. Ш. Сайридинов, Д. А. Стрелков // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2010. № 2. С. 67–71.

7. Шкура В. Н., Штанько А. С. Обоснование целесообразности использования и конструктивные схемы водозаборно-очистных сооружений в капельных системах орошения // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2021. Т. 3, № 1. С. 22–35. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=99> (дата обращения: 16.05.2021). DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-1-22-35.

8. Пат. 2606282 Российская Федерация, МПК⁶ E 02 В 9/04, E 02 В 13/00. Водозаборный узел оросительной системы / Щедрин В. Н., Шкура В. Н., Штанько А. С.;

заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2015132308; заявл. 03.08.15; опубл. 10.01.17, Бюл. № 1. 9 с.

Информация об авторах

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

А. В. Шевченко – младший научный сотрудник.

Information about the authors

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

A. V. Shevchenko – Junior Researcher.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 17.06.2021; одобрена после рецензирования 26.08.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was submitted 17.06.2021; approved after reviewing 26.08.2021; accepted for publication 17.09.2021.

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 626.824

Оценка возможности повторного использования водных ресурсов осушительных систем в регионах Нечерноземной зоны Российской Федерации

Антон Леонидович Кожанов

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

Аннотация. Целью исследований являлось установление и анализ данных об объеме и минерализации дренажного стока с осушительных систем в регионах Нечерноземной зоны РФ для определения возможности повторного использования в различных целях с созданием современных инженерных осушительно-увлажнительных систем. Для обработки данных об объеме дренажного стока и площадях использовался программный продукт Microsoft Excel. Для анализа полученных данных и графического материала использовались общенаучные методы. Проведенный анализ показал, что на 100 % территорий, обслуживаемых осушительными системами в Воронежской и Тульской областях, нет возможности проводить увлажнение аккумулированным дренажным стоком всех площадей осушительных систем, возможно проводить увлажнение в Воронежской области только 0,5–5,5 % площади при минерализации 1,1–1,5 г/л, а в Тульской – от 12 до 29 %. В Новгородской и Ленинградской областях имеется возможность проводить увлажнение аккумулированным в регулирующих емкостях дренажным стоком в полном объеме всех обслуживаемых площадей, при этом минерализация в Новгородской области находится в пределах 1–2 г/л, можно также дополнительно аккумулировать сток для его дальнейшего применения в целях рыборазведения и пожаротушения.

Ключевые слова: осушительно-увлажнительная система, осушение, увлажнение, дренажный сток, объем стока, водные ресурсы

Capability assessment of reusing water resources of drainage systems in the Non-Black Earth zone regions of the Russian Federation

Anton L. Kozhanov

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

Abstract. The purpose of the research was to determine and analyze data on the volume and salinity of drainage flow from drainage systems in the regions of the Non-Black Earth zone of the Russian Federation to determine the possibility of its reusing for various purposes with the creation of modern engineering complex irrigation systems. To process the data on the drainage flow and areas, the Microsoft Excel software product was used. General scientific methods were used to analyze the obtained data and graphic material. The analysis showed that on 100 % of the territories served by drainage systems in Voronezh and Tula regions, it is not possible to moisten all areas, only 0.5–5.5 % areas in Voronezh with a mineralization of 1.1–1.5 g/l, of the drainage systems with the accumulated drainage flow, it is possible to moisten from 12 to 29 % in Tula region. In Novgorod and Leningrad regions, it is possible to carry out humidification with the drainage accumulated in the control tanks in full volume of all serviced areas, while mineralization in Novgorod region is within 1–2 g/l, it is

also possible to additionally accumulate flow for its further use for fish farming and fire extinguishing purposes.

Keywords: complex irrigation system, drainage, humidification, drainage flow, runoff volume, water resources

Введение. Нечерноземная зона РФ характеризуется гумидным климатом, когда наблюдается избыточное увлажнение. Но в настоящее время, когда необходимо выращивать более влаголюбивые культуры, в т. ч. овощи, в данных регионах страны наблюдаются засушливые недели, а то и месяцы в вегетационный период, когда необходимо увлажнение, которое имеет неоспоримое значение для получения высоких урожаев. В свою очередь в период весеннего паводка дренажный сток осушительных систем (ОС) данной зоны в большинстве случаев бессмысленно отводится в водоприемники, находящиеся за пределами осушенной территории. Все это говорит о том, что следует отводимый дренажный сток аккумулировать в различных регулирующих емкостях для повторного перераспределения на мелиорируемые поля в периоды наибольшей засухи [1–5] с созданием современных осушительно-увлажнительных систем [6]. Для оценки возможности повторного использования дренажного стока с созданием современных инженерных осушительно-увлажнительных систем для увлажнения (с применением преимущественно дождевания), а также аккумулирования избыточных объемов дренажного стока в дополнительных регулирующих емкостях либо прудах, используемых в дальнейшем для пожаротушения и рыборазведения, с устройством дополнительных сооружений необходимо провести анализ объемов дренажного стока регионов Нечерноземной зоны РФ и возможности его дальнейшего использования для различных целей.

В связи с этим целью исследований являлось установление и анализ данных об объеме и минерализации дренажного стока с осушительных систем в регионах Нечерноземной зоны РФ для определения возможности повторного использования в различных целях с созданием современных инженерных осушительно-увлажнительных систем.

Материалы и методы. Информационную основу научных исследований составили материалы, полученные от ФГБУ «Управление «Воронежмелиоводхоз», «Управление «Ленмелиоводхоз», «Управление «Новгородмелиоводхоз», «Управление «Туламелиоводхоз», в разрезе отводимого объема дренажного стока с ОС и его минерализации. Для обработки данных об объеме дренажного стока и площадях использовался программный продукт Microsoft Excel. Для анализа полученных данных и графического материала использовались общенаучные методы.

Результаты и обсуждение. Для сбора данных об объеме и минерализации дренажного стока с ОС за последние 5 лет по регионам Нечерноземной зоны РФ был сделан запрос в такие регионы, как Белгородская, Брянская, Владимирская, Вологодская, Воронежская, Ивановская, Курская, Липецкая, Ленинградская, Нижегородская, Новгородская, Рязанская области и др. Были получены данные из четырех регионов, которые приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Усредненные данные о дренажном стоке с осушительных систем, имеющих на балансе федеральных государственных бюджетных учреждений, по регионам Нечерноземной зоны России

Наименование мелиоративной системы	Площадь осушения, га	Объем стока, тыс. м ³	Минерализация, г/л
1	2	3	4
ФГБУ «Управление «Воронежмелиоводхоз»			
Подгоренская ОС	270	30	1,1–1,5
Ольховатская ОС	680	38	1,1–1,5
Богучарская ОС	296	35	1,1–1,5

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
ОС «Сухая Россошь»	2140	25	1,1–1,5
Кантемировская ОС	814	28	1,1–1,5
ФГБУ «Управление «Новгородмелиоводхоз»			
Мелиоративная ОС «Поозерье» Новгородского района	649	4475,8	1,0–2,0
ФГБУ «Управление «Туламелиоводхоз»			
Межхозяйственный осушительный канал вблизи н. п. Бабошино Дубенского района	256	62	–
Осушительный канал в районе д. Болото Суворовского района	317	45	–
МХС осушения вблизи н. п. Настасьино Киреевского района	75	15	–
ОС в районе н. п. Никольское Ясногорского района	4	1,5	–

Таблица 2 – Данные о дренажном и поверхностном стоке с осушительных систем Ленинградской области

Район	Количество мелиоративных систем, шт.	Общая площадь осушения, га	Средний объем стока, тыс. м ³	Возможная площадь увлажнения, га
Гатчинский	151	24268	89180,45	81073,14
Волховский	148	33895	124946,27	113587,52
Кингисеппский	104	22087	69829,08	63480,98
Тихвинский	51	14217	55269,00	50244,55
Волосовский	62	8420	31954,88	29049,89
Тосненский	133	25850	101666,78	92424,35
Лодейнопольский	60	16718	65550,93	59591,76
Приозерский	132	25537	95205,65	86550,59
Бокситогорский	94	18610	71022,00	64565,45
Кировский	82	17221	48267,12	43879,20
Ломоносовский	91	17090	64516,70	58651,55
Лужский	202	38173	139713,50	127012,27
Подпорожский	18	3626	45410,57	41282,33
Сланцевский	62	12106	63373,02	57611,83
Выборгский	239	33104	123803,68	112548,80
Всеволожский	121	22671	79660,27	72418,42
Киришский	85	17500	64816,27	58923,88

Обработав полученные данные об объеме дренажного стока с ОС за 2015–2019 гг. по ФГБУ «Управление «Воронежмелиоводхоз» (таблица 1, рисунок 1), видим, что по всем представленным ОС объем стока по годам не изменяется и составляет от 25 до 38 тыс. м³ при площадях осушения от 270 до 2140 га. Сравнив данные об объеме стока и площадях осушения, можно сделать вывод, что объема дренажного стока в любой из представленных год недостаточно для увлажнения площадей ОС, это также не позволит накопить излишки в регулирующих емкостях для рыборазведения и пожаротушения.

На рисунке 2 приведены фактические площади осушения по системам ФГБУ «Управление «Воронежмелиоводхоз» и возможные средние расчетные площади увлаж-

нения за 2015–2019 гг. при оросительной норме 2000 м³/га. Анализ полученных данных показал, что возможные площади увлажнения по каждой системе могут быть не более 10 % (0,5–5,5 %) их обслуживаемой площади. В связи с этим для увлажнения площадей представленных ОС потребуется дополнительный забор воды из водоисточника. Минерализация дренажного стока находится в пределах 1,1–1,5 г/л, что говорит о возможности повторного использования дренажного стока для увлажнения осушенной территории. Согласно С. Я. Бездниной [7], данная минерализация подходит для увлажнения большинства почв от тяжелых слабоводопроницаемых до легких песчаных и супесчаных хорошо дренируемых почв.

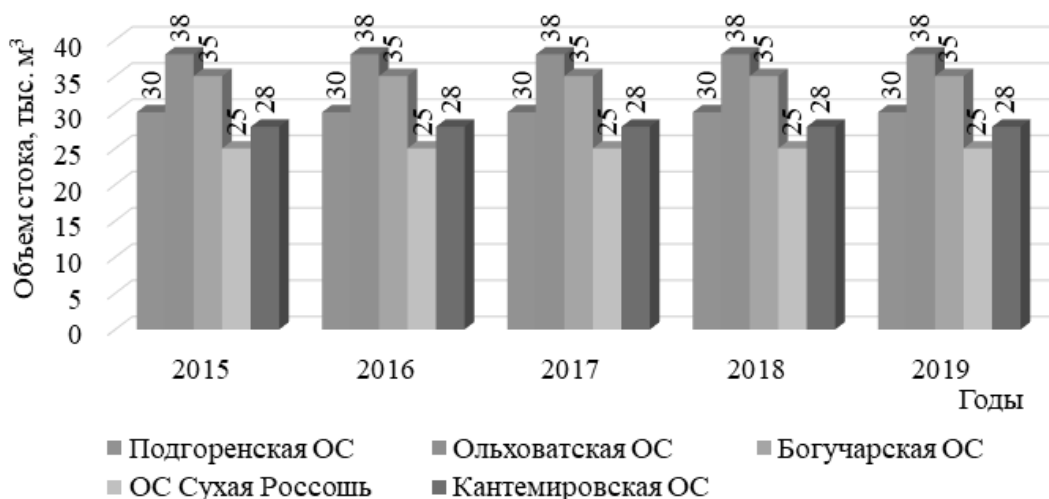


Рисунок 1 – Объем дренажного стока по осушительным системам ФГБУ «Управление «Воронежмелиоводхоз»

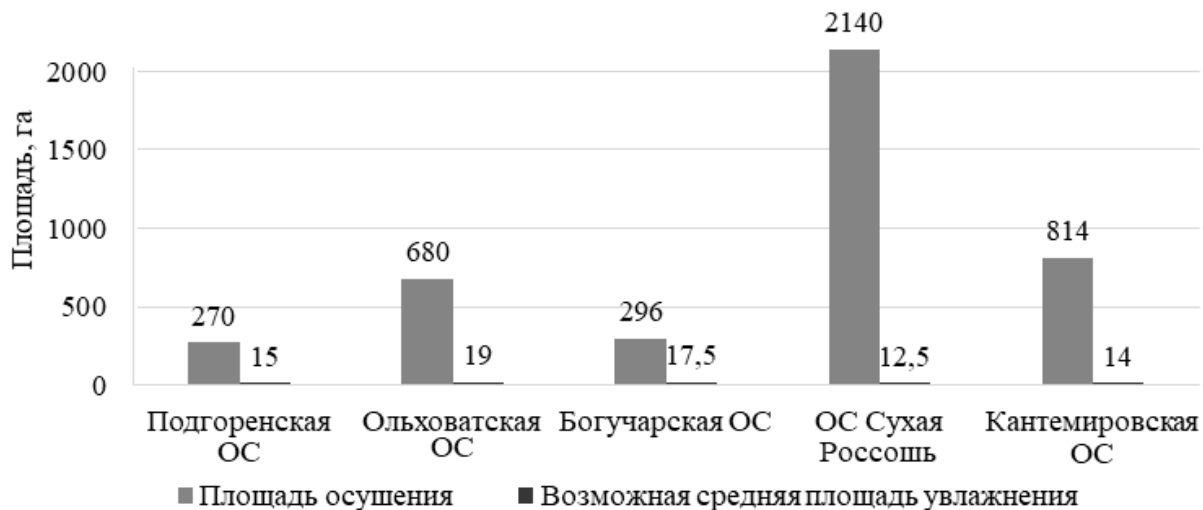


Рисунок 2 – Фактические и возможные средние расчетные площади увлажнения дренажным стоком по ФГБУ «Управление «Воронежмелиоводхоз»

Обработав полученные данные об объеме дренажного стока за 2015–2019 гг. с ОС «Поозерье» Новгородского района (ФГБУ «Управление «Новгородмелиоводхоз») (таблица 1, рисунок 3), видим, что объем стока составляет от 4721,9 до 4123,2 тыс. м³, это в среднем составляет 4475,8 тыс. м³. Основываясь на этих данных, можно сделать вывод, что объема дренажного стока достаточно для увлажнения обслуживаемой площади.

Также имеется возможность накопить сравнительно больший объем излишков в регулирующих емкостях по сравнению с объемом, необходимым для увлажнения данной обслуживаемой системой площади. Так, на рисунке 3 приведена фактическая

площадь осушения по мелиоративной ОС «Поозерье» и возможные средние расчетные площади увлажнения за 2015–2019 гг. при оросительной норме 1000 м³/га; при увеличении оросительной нормы возможные площади увлажнения будут пропорционально уменьшаться, но даже при норме 3000 м³/га объема стока будет достаточно для увлажнения обслуживаемых площадей. При этом анализ полученных данных показал, что возможные площади увлажнения по данной системе могут быть более их площади в 6–7 раз в любой анализируемый год. В связи с этим излишний объем дренажного стока с данной системы может быть использован для увлажнения дополнительных площадей или для целей рыборазведения. При этом минерализация дренажного стока на данной системе составляет от 1 до 2 г/л, что говорит о возможности повторного использования дренажного стока для увлажнения территорий как с тяжелыми слабопроницаемыми почвами, так и со средними и легкими песчаными и супесчаными хорошо дренируемыми почвами и рыборазведения.

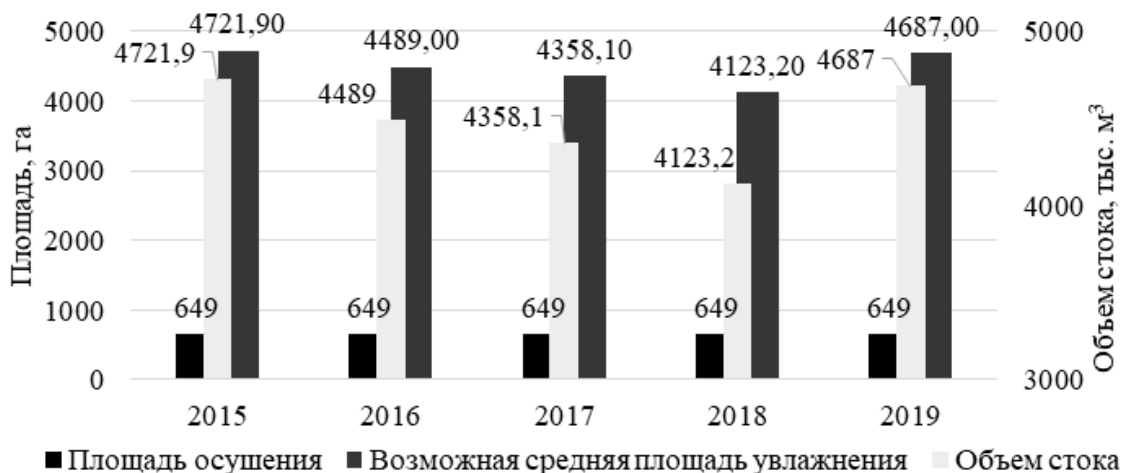


Рисунок 3 – Объем дренажного стока, фактическая и возможная средняя расчетная площади увлажнения дренажным стоком по ФГБУ «Управление «Новгородмелиоводхоз»

Обработав данные об объеме и площадях дренажного стока с ОС за 2015–2019 гг. по ФГБУ «Управление «Туламелиоводхоз» (таблица 1, рисунок 4), можно сделать вывод, что объема дренажного стока недостаточно для увлажнения площадей, обслуживаемых ОС. Так, объемы дренажного стока составляют от 1,26 до 45 тыс. м³ при площадях осушения от 4 до 317 га, что также не позволяет накапливать избытки дренажного стока в различных дополнительных регулирующих емкостях. На рисунке 4 также приведены фактические площади осушения по системам ФГБУ «Управление «Туламелиоводхоз» и возможные средние расчетные площади увлажнения при оросительной норме 1200 м³/га. Анализ полученных данных показал, что возможные площади увлажнения по каждой системе могут быть не более 12–29 % их обслуживаемой площади. В связи с этим для увлажнения площадей представленных ОС потребуется дополнительный забор воды из водоисточника. Данные о минерализации дренажного стока предоставлены не были.

Обработав полученные данные об объеме и площадях дренажного стока с ОС в разрезе районов Ленинградской области (ФГБУ «Управление «Ленмелиоводхоз») (таблица 2, рисунок 5), можно сделать вывод, что объема дренажного стока достаточно для увлажнения площадей, обслуживаемых представленными ОС, а также имеется возможность значительного накопления излишков дренажного стока в регулирующих емкостях.

На рисунке 5 приведены фактические площади осушения в пределах районов Ленинградской области и возможные средние расчетные площади увлажнения при ороси-

тельной норме $1100 \text{ м}^3/\text{га}$. Анализ полученных данных показал, что возможные площади увлажнения по каждому району более чем в 3 раза превышают обслуживаемые площади. Все это говорит о возможности дополнительного накопления дренажного стока в водохранилищах, например для рыборазведения. Также возможно увеличение увлажняемых площадей на данных системах. Данные о минерализации дренажного стока предоставлены не были.

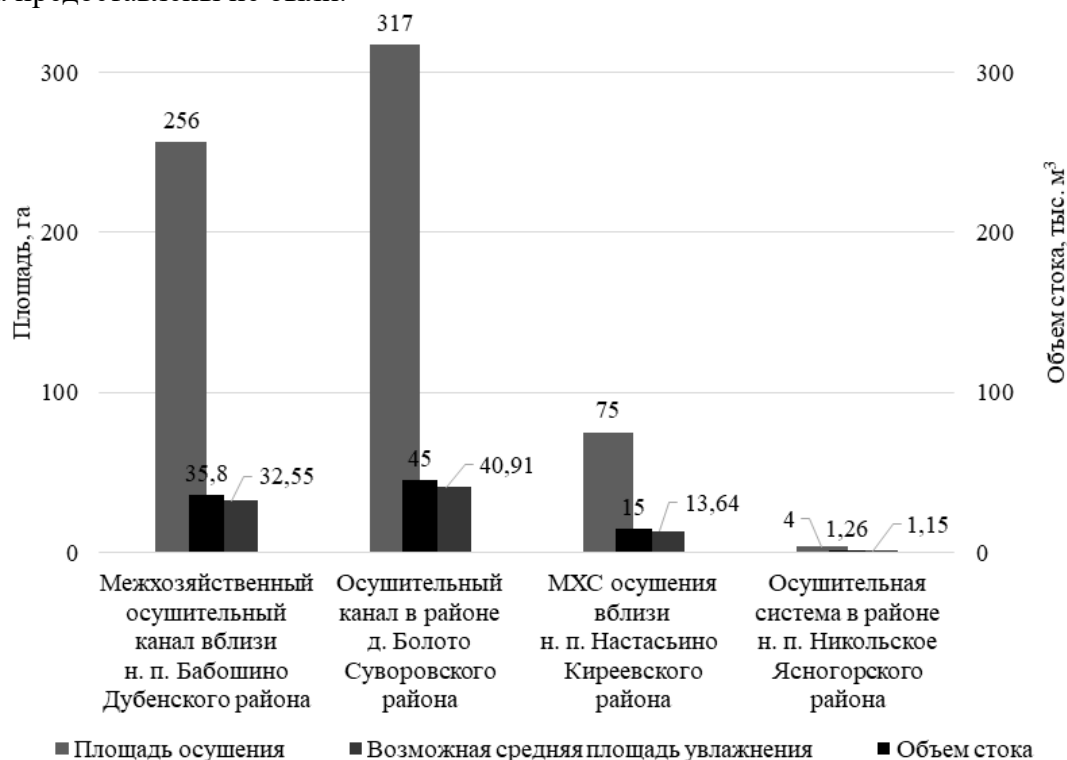


Рисунок 4 – Объем дренажного стока, фактическая и возможная средняя расчетная площади увлажнения дренажным стоком по ФГБУ «Управление «Туламелиоводхоз»

Только на одной ОС «Поозерье» Новгородского района и на ОС Ленинградской области объема стока достаточно для увлажнения всех обслуживаемых площадей, а также дополнительного аккумулирования необходимого объема дренажного стока в дополнительных регулирующих емкостях с применением в качестве увлажнительной сети разработанных конструктивных решений мелиоративных систем, имеющих в составе пруды-накопители [8, 9].

Выводы. В результате исследований и анализа полученных данных об объемах дренажного стока в регионах Нечерноземной зоны РФ выявлено, что на 100 % территорий, обслуживаемых осушительными системами в Воронежской и Тульской областях, нет возможности проводить увлажнение аккумулированным дренажным стоком всех площадей осушительных систем, возможно проводить увлажнение в Воронежской области только 0,5–5,5 % площади при минерализации 1,1–1,5 г/л, а в Тульской – от 12 до 29 %.

В Новгородской и Ленинградской областях имеется возможность проводить увлажнение аккумулированным дренажным стоком в регулирующих емкостях в полном объеме всех обслуживаемых площадей, при этом минерализация в Новгородской области находится в пределах 1–2 г/л. В связи с тем, что объем стока в данных регионах значительно превосходит объем воды, необходимый для увлажнения осушенных площадей, имеется возможность дополнительного аккумулирования дренажного стока в различных регулирующих емкостях (пруды-накопители, бассейны-накопители и др.) для его дальнейшего применения в целях рыборазведения и пожаротушения.

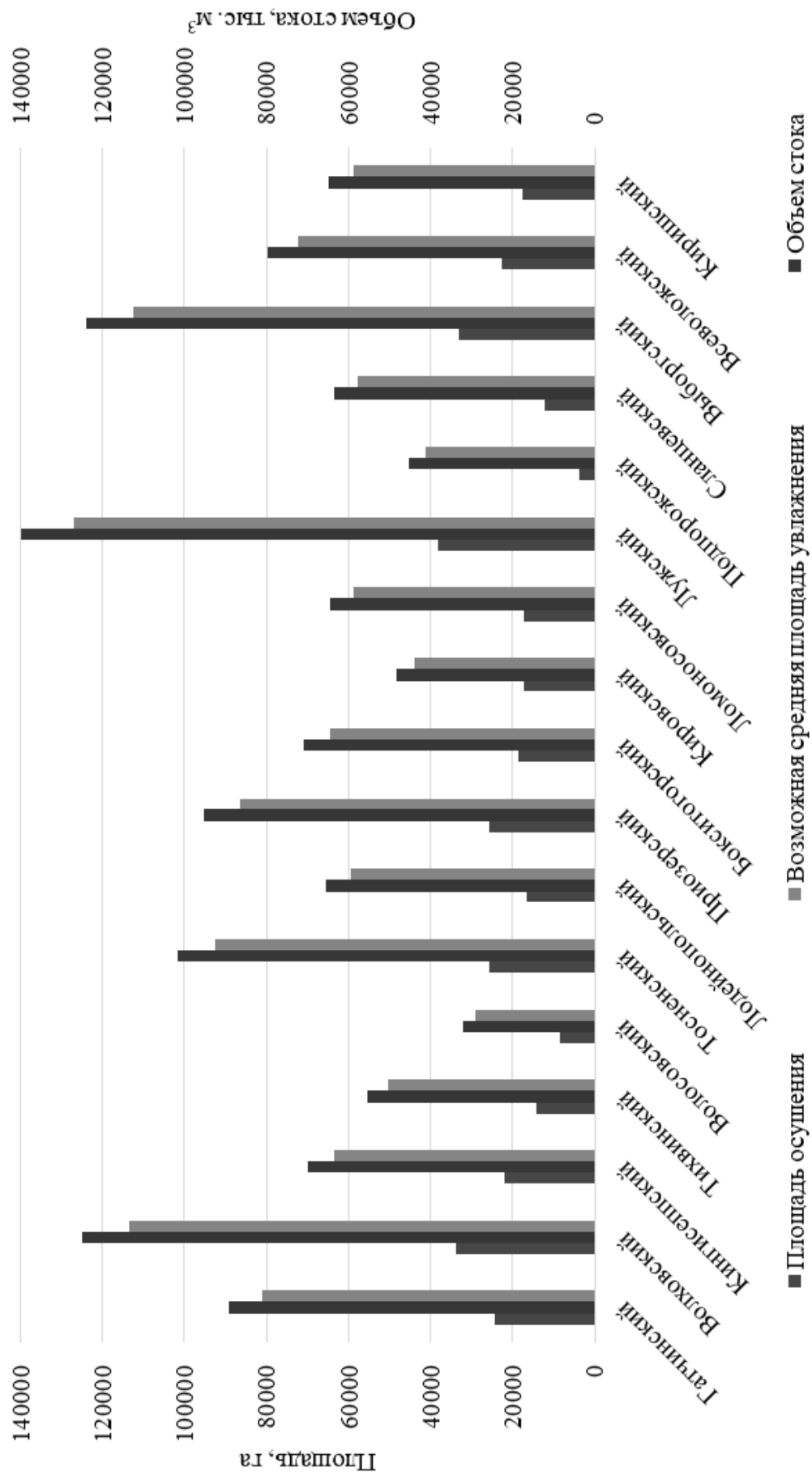


Рисунок 5 – Объем дренажного стока, фактическая и возможная средняя расчетная площади увлажнения дренажным стоком по ФГБУ «Управление «Ленмелиоводхоз»

Проведенная оценка потенциала повторного использования водных ресурсов осушительных систем в регионах Нечерноземной зоны РФ показала такую возможность в некоторых регионах с созданием современных осушительно-увлажнительных систем и комплекса гидротехнических сооружений для рыборазведения.

Список источников

1. Яценко К. В., Килиди Х. И. Использование дренажного стока для целей орошения на осушительно-увлажнительной системе // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. Краснодар, 2017. С. 1206–1207.

2. Возможности реализации рециклинга на осушительно-увлажнительных системах гумидной зоны / В. П. Максименко, Е. Б. Стрельбицкая, А. П. Соломина, Н. В. Айриян // Природообустройство. 2016. № 2. С. 87–94.

3. Васильев С. М., Кожанов А. Л. Моделирование процесса проектирования элементов осушительной части мелиоративной системы двойного регулирования водного режима // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2019. № 1(1). С. 113–128. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=16> (дата обращения: 01.09.2021).

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

5. Пыленок П. И., Сидоров И. В., Гавриков А. М. Оценка площади увлажнения осушаемых земель дренажным стоком // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф. М.: ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2009. Т. 2. С. 147–151.

6. Кожанов А. Л. Конструктивные схемы энергосберегающих осушительных систем двойного регулирования водного режима // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 1(73). С. 27–34.

7. Безднина С. Я. Качество воды для орошения. Принципы и методы оценки. М.: РОМА, 1997. 186 с.

8. Оросительная система: пат. 2324332 Рос. Федерация: МПК⁶ А 01 G 25/00 / Васильев С. М., Кожанов А. Л., Щедрин В. Н., Бородычев В. В., Салдаев А. М.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2006134366/12; заявл. 27.09.06; опубл. 20.05.08, Бюл. № 14. 3 с.

9. Оросительная система с использованием прудов-накопителей: пат. 2353088 Рос. Федерация: МПК⁶ А 01 G 25/00 / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Швайко Г. Н., Кожанов А. Л.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2007124078/12; заявл. 26.06.07; опубл. 27.04.09, Бюл. № 12. 3 с.

Информация об авторе

А. Л. Кожанов – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук.

Information about the author

A. L. Kozhanov – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.08.2021; одобрена после рецензирования 25.08.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was submitted 19.08.2021; approved after reviewing 25.08.2021; accepted for publication 17.09.2021.

НАУКА – ПРАКТИКЕ

УДК 631.821:631.67

Химическая мелиорация на мелиорированных землях России**Лидия Михайловна Докучаева, Рита Евгеньевна Юркова**Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

Аннотация. Целью исследования являлось обоснование необходимости проведения химической мелиорации на мелиорированных почвах для сохранения и воспроизводства почвенного плодородия при длительном орошении. Прогноз изменения свойств почв указывает на усиление негативных трансформаций при длительном орошении и целесообразность проведения химических мелиораций для сохранения почвенного плодородия. Полученные результаты исследований подтверждаются экономическими и экологическими расчетами. Так, например, на черноземах обыкновенных, орошаемых слабо-минерализованной водой сульфатно-натриевого состава, годовой экономический эффект при проведении химической мелиорации с фосфогипсом (10 т/га) и навозом (40 т/га) составил 21,74 тыс. руб./га, а окупаемость – 1,7 года, а при мелиорации только фосфогипсом (10 т/га) соответственно 13,88 тыс. руб./га и 1,5 года. По экологическому эффекту, определяемому стоимостью плодородной почвенной массы, данные варианты также были наилучшими. Этот эффект составил соответственно 7110 и 4450 руб./га за год. В целом эколого-экономический эффект равнялся соответственно 28,85 и 18,33 тыс. руб./га.

Ключевые слова: химическая мелиорация, прогноз, плодородие, мелиорированные земли, длительное орошение

Chemical reclamation in the reclaimed lands of Russia**Lidiya M. Dokuchaeva, Rita Ye. Yurkova**Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

Abstract. The aim of the study was to substantiate the need for chemical reclamation on the reclaimed soils to preserve and reproduce soil fertility during long-term irrigation. The forecast of soil properties changes indicates an increase in negative transformations during long-term irrigation and the feasibility of chemical reclamation to preserve soil fertility. The obtained research results are confirmed by economic and environmental calculations. So, for example, on ordinary chernozems irrigated with low-mineralized water of sulphate-sodium, the annual economic effect of chemical reclamation with phosphogypsum (10 t/ha) and manure (40 t/ha) was 21.74 thousand rubles/ha, and the payback period is 1.7 years, and in reclamation with phosphogypsum (10 t/ha), it was 13.88 thousand rubles/ha and 1.5 years respectively. According to the ecological effect, determined by the cost of fertile soil mass, these options were also the best. This effect was 7110 and 4450 rubles/ha per year, respectively. In general, the ecological and economic effect was equal to 28.85 and 18.33 thousand rubles/ha, respectively.

Keywords: chemical reclamation, forecast, fertility, reclaimed lands, long-term irrigation

Введение. Химическая мелиорация – это основной тип мелиорации земель, включающий систему мер химического воздействия на почву для улучшения ее свойств и повышения урожайности сельскохозяйственных культур [1].

В зависимости от свойств почв применяют разные виды химической мелиорации. Большинство пахотных земель России относится к кислым почвам. Неблагоприятные свойства этих почв устраняются заменой иона водорода и алюминия, содержащихся в почвенном поглощающем комплексе (ППК), ионом кальция. Для этого используют известьсодержащие вещества, вследствие чего данный метод химической мелиорации получил название «известкование». Нейтрализуют кислотность почв также путем внесения фосфорной муки – фосфоритования.

Химическую мелиорацию применяют и для улучшения солонцовых и щелочных почв, которые распространены в южных регионах. Неблагоприятные свойства солонцовых почв обусловлены присутствием в ППК ионов натрия и магния, которые устраняются заменой их кальцием. Этот метод получил название «гипсование» ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Почвы, имеющие высокие значения рН (более 7,5 ед.), обусловленные наличием в почве карбонатов и гидрокарбонатов натрия (соды), относятся к щелочным. Избыток щелочности в этих почвах нейтрализуют слабыми растворами различных кислот, чаще серной кислоты, или применяют гидролитические кислые соли (железный купорос). Это метод кислования.

В нашей стране проблема химической мелиорации стоит очень остро. По данным Росреестра, кислые почвы в РФ занимают 4,1 млн га, или 36,9 % от обследованных 11,2 млн га пашни, а щелочные – 1,7 млн га (14,7 %) (рисунок 1) [2]. То есть 51,6 % земель, используемых в пашне, нуждается в проведении химической мелиорации.

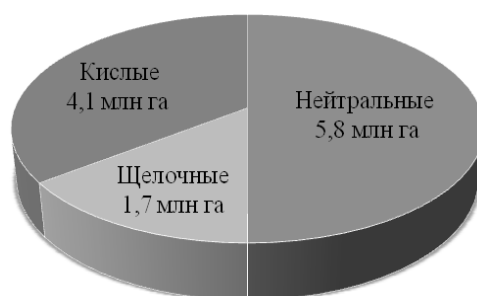


Рисунок 1 – Состояние почв по данным Росреестра на 2019 г.

На орошаемых и осушенных землях процессы подкисления, подщелачивания, осолонцевания при неправильном их освоении еще более прогрессируют. На 01.01.2020 в РФ мелиорированные земли составляют 9,45 млн га, из них орошаемых – 4,65 млн га, а осушенных – 4,78 млн га. В зоне орошения химическая мелиорация методами гипсования и кислования требуется на площади 1,57 млн га, т. е. практически на 34 % площадей, а срочная – на площади 257,5 тыс. га. В зоне осушения известкование и фосфоритование необходимо на площади 1,67 млн га (35 %).

Цель исследования в представленной работе заключается в обосновании необходимости проведения химической мелиорации на мелиорированных почвах для сохранения и воспроизводства почвенного плодородия при длительном орошении.

Результаты и обсуждения. На необходимость осуществления химических мелиораций, в частности, на орошаемых землях указывают прогнозные расчеты изменения свойств почв при длительном орошении, которые проведены нами методом линейной экстраполяции [3–5]. Так, серые лесные почвы характеризовались нейтральной кислотностью (2 мг(экв)/100 г почвы). После 10 лет орошения они трансформировались в слабокислые почвы с ежегодным приростом кислотности в 0,16 ммоль(экв)/100 г почвы. Отсюда следует, что серые лесные почвы при таком орошении приобретут свойства среднекислых почв, требующих известкования.

Отрицательный прогноз получен и на черноземах обыкновенных, орошаемых слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава. Известно, что солонцеватость, характеризующаяся накоплением обменного натрия (Na) с одновременным уменьше-

нием доли обменного кальция (Ca), особенно проявляется при поливах слабоминерализованной водой [6]. По прогнозу, через 10–15 лет она будет соответствовать 6–9 % Na от суммы ППК, а черноземы обыкновенные перейдут в категорию среднесолонцеватых. К тому же солонцеватость почв способствует проявлению таких негативных почвенных процессов, как:

- дегумификация – за 10–15 лет поливы такой водой без применения соответствующих мелиоративных мероприятий приведут к потере гумуса в количестве соответственно 0,98–1,5 %;

- уплотнение почв – через 5 лет плотность сложения будет равняться 1,22 т/м³ (пашня уплотнена), через 10 лет – 1,34 т/м³ (пашня сильно уплотнена), а через 15 лет – 1,46 т/м³ (типичные значения для подпахотных горизонтов);

- обесструктурирование, выражающееся в потере водопрочных агрегатов. Через 5 лет поливов слабоминерализованной водой их количество составит всего 24,5 % и структурное состояние по этому показателю будет оцениваться как недостаточно удовлетворительное, через 10 лет их содержание снизится до 9 %, а после 15 лет они исчезнут, т. е. водопрочная структура полностью будет утеряна.

Таким образом, при поливах слабоминерализованной водой, особенно сульфатно-натриевого состава, требуется проведение химической мелиорации. Она обеспечивает восстановление почвенного плодородия и его воспроизводство при последствии мелиорантов, которое продолжается 6–7 лет и более при соблюдении высокой культуры земледелия. Это наглядно видно из данных таблицы 1.

Таблица 1 – Влияние химической мелиорации на свойства деградированных черноземов, орошаемых слабоминерализованной водой (слой 0–60 см)

Вариант опыта	Токсичные соли, %	Щелочность		ППК, %			Плотность сложения почвы, т/м ³	Гумус, %
		pH	$\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, ммоль(экв)/100 г	Ca	Mg	Na		
До мелиорации	0,083	8,2	0,085 < 0,92	78	15	7	1,45	2,96
После химической мелиорации (4-й год последствия)								
Контроль	0,06	8,0	0,71 > 0,63	76	8	8	1,42	3,08
Фосфогипс 10 т/га	0,04	7,6	0,46 < 0,72	80	3	3	1,15	3,25
Навоз 40 т/га	0,06	8,0	0,57 > 0,54	72	8	8	1,30	3,31
Фосфогипс 10 т/га + навоз 40 т/га	0,03	7,6	0,57 < 0,84	81	2	2	1,10	3,74
Глауконит 10 т/га + навоз 20 т/га	0,03	7,4	0,47 < 0,92	80	3	3	1,25	3,60

После 4 лет воздействия фосфогипса (Ф) устранена солонцеватость (2 % Na от суммы ППК), исчезла щелочность, чернозем разуплотнился (1,15 т/м³), содержание гумуса возросло до 3,74 %, т. е. по сравнению с немелиорируемым вариантом его количество увеличилось на 22 % за 4 года.

Так как солонцеватые почвы теряют плодородие, и в первую очередь гумус, требуется внесение органики. Но внесение навоза (Н) в чистом виде на такие почвы увеличивает щелочность, поэтому необходимо внесение органики сочетать с мелиорантами, в нашем опыте с фосфогипсом (привозным отходом промышленности) и глауконитом (Гл.) (местной кальцийсодержащей залежью).

Лучшим вариантом по плодородию на черноземах, орошаемых слабоминерализованной водой, является Ф 10 т/га + Н 40 т/га (см. таблицу 1). В этом же варианте получена и наибольшая урожайность возделываемых культур в среднем за 4 года, которая составила 5,09 т з. е./га, что на 56 % выше, чем на контроле. В варианте с чистым Ф эти показатели равнялись соответственно 4,40 т з. е./га и 35 % (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность возделываемых культур в среднем за 4 года

Вариант	Урожайность, т з. е./га	Прибавка	
		т з. е./га	%
Контроль	3,27	–	–
Фосфогипс 10 т/га	4,40	1,13	35
Навоз 40 т/га	3,77	0,50	15
Фосфогипс 10 т/га + навоз 40 т/га	5,09	1,82	56
Глауконит 10 т/га + навоз 20 т/га	4,18	0,91	28

Целесообразность проведения химической мелиорации, а лучше в сочетании с навозом подтверждается экономическими расчетами (рисунок 2).

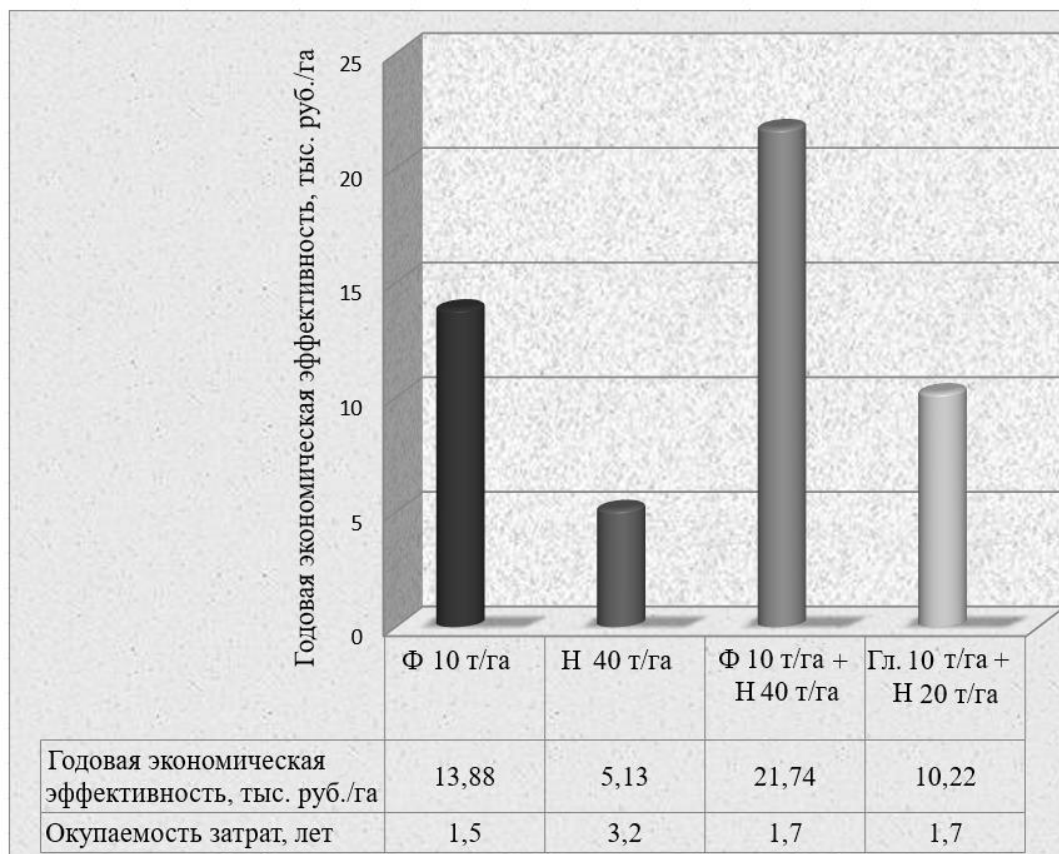


Рисунок 2 – Годовая экономическая эффективность проведения химической мелиорации и окупаемость затрат на нее

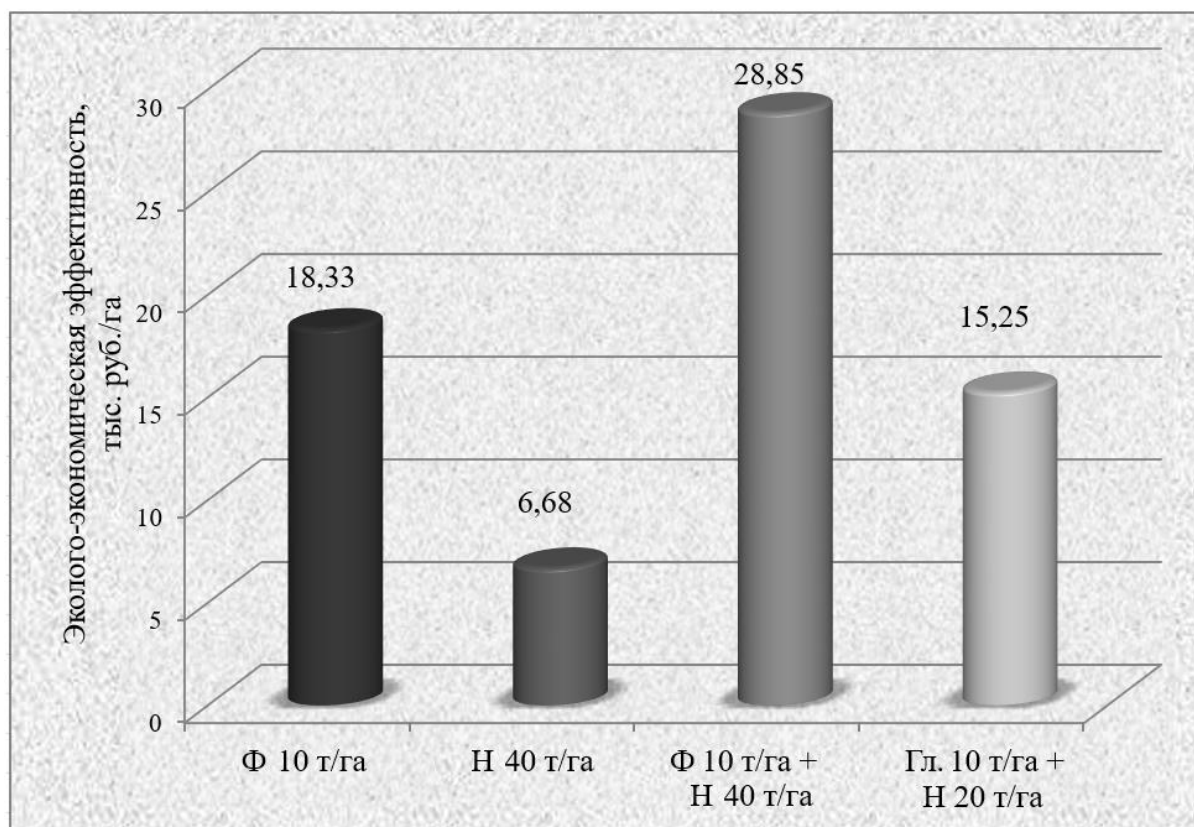
При сочетании Ф 10 т/га + Н 40 т/га годовой экономический эффект составил 21,74 тыс. руб./га, а окупаемость – 1,7 года, а при применении только Ф соответственно 13,88 тыс. руб./га и 1,5 года.

Экологический эффект нами выявлялся по увеличению почвенного плодородия, основными показателями которого являются общие запасы гумуса и питательных элементов до и после проведения химической мелиорации. Из данных таблицы 3 видно, что наименьшая стоимость полученного плодородного слоя за год получена в варианте с внесением чистого навоза 40 т/га (она составила всего 1559 руб./га). В то же время в наилучших вариантах по экономической эффективности она составила: Ф 10 т/га + Н 40 т/га – 7110 руб./га, Гл. 10 т/га + Н 20 т/га – 5034 руб./га (рисунок 3).

Рассчитана также эколого-экономическая эффективность проведения агротехнических приемов, т. е. химической мелиорации, которая включает экономический эффект и эффект экологический за год (рисунок 3).

Таблица 3 – Расчет стоимости почвенного плодородия слоя 0–40 см чернозема обыкновенного и эколого-экономическая эффективность при химической мелиорации

Вариант опыта	До мелиорации		После мелиорации		Стоимость органики за год, руб./га	После мелиорации		Стоимость НРК за год, руб./га	Стоимость плодородной почвенной массы за год, руб./га
	запасы гумуса, т/га	запасы НРК, кг/га	запасы гумуса, т/га	от мелиорации		запасы НРК, кг/га	от мелиорации		
Ф 10 т/га	158	1272	185	27	1674	2012,2	740,2	2776	4450
Н 40 т/га	158	1272	167	9	558	1538,9	266,9	1001	1559
Ф 10 т/га + Н 40 т/га	158	1272	195	37	2194	2557,4	1284,4	4816	7110
Гл. 10 т/га + Н 20 т/га	158	1272	184	26	1612	2184,5	912,5	3422	5034

**Рисунок 3 – Эколого-экономическая эффективность проведения химической мелиорации**

Выводы. Химическая мелиорация должна стать одним из основных элементов технологии освоения мелиорированных земель. На настоящий момент из осушенных 4,78 млн га земель на 35 % площади требуется известкование и фосфоритование, а из орошаемых 4,65 млн га земель на 34 % требуется гипсование и кислование.

Прогноз изменения свойств почв при длительном орошении указывает на необходимость проведения химических мелиораций в целях сохранения и воспроизводства плодородия почв.

Целесообразность проведения химической мелиорации подтверждается экономическими и экологическими расчетами. Так, например, на черноземах обыкновенных, орошаемых слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава, годовой экономический эффект при проведении химической мелиорации с фосфогипсом (10 т/га) и навозом (40 т/га) составил 21,74 тыс. руб./га, а окупаемость – 1,7 года, а при мелиорации только фосфогипсом (10 т/га) соответственно 13,88 тыс. руб./га и 1,5 года. По экологическому эффекту, определяемому стоимостью плодородной почвенной массы, данные варианты также были наилучшими. Этот эффект составил соответственно 7110 и 4450 руб./га за год. В целом эколого-экономический эффект равнялся соответственно 28,85 и 18,33 тыс. руб./га.

Список источников

1. О мелиорации земель [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 10 янв. 1996 г. № 4-ФЗ: принят Гос. Думой 8 дек. 1995 г. Доступ из справ. правовой системы «Гарант».
2. Государственный национальный доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году. М., 2020. 206 с.
3. Заданович Д. В. Математическое моделирование как инструмент программирования, прогнозирования и планирования урожайности сельскохозяйственных культур // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8, ч. 1. С. 84–85.
4. Краснощек В. Н., Кундиус В. В. Методы оценки экономической эффективности мелиорации сельскохозяйственных земель необходимо совершенствовать // Природообустройство. 2010. № 1. С. 106–111.
5. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель: РД-АПК 30001.003-03: утв. Минсельхозом России 24.01.03: введ. в действие с 01.03.03. М.: Минсельхоз России, 2003. 133 с.
6. Бабичев А. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Факторы, усиливающие отрицательное воздействие длительного орошения на свойства чернозема обыкновенного // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 4(40). С. 1–22. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1156> (дата обращения: 23.08.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-1-22.

Информация об авторах

Л. М. Докучаева – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;
Р. Е. Юркова – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the authors

L. M. Dokuchayeva – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;
R. Ye. Yurkova – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.08.2021; одобрена после рецензирования 26.08.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was submitted 18.08.2021; approved after reviewing 26.08.2021; accepted for publication 17.09.2021.

УДК 635.63:631.544.4

Технология культурооборота огурца в пленочных теплицах**Александр Николаевич Бабичев, Алексей Александрович Бабенко**

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

Аннотация. Цель исследований – обосновать возможность получения двух урожаев огурца за один календарный год с обрабатываемой единицы площади при возделывании его в защищенном грунте. В статье приведены основные конструкции пленочных теплиц, способы их обогрева и подготовительные мероприятия по обработке теплиц, обоснованы виды сидеральных культур для защищенного грунта и даны рекомендации по их заделке в почву. Предложены составы грунтовых смесей для рассады, способы подготовки семян и сроки их посадки, режимы закалки растений и их подсветки. Установлены схемы посадки рассады в теплице в зависимости от индивидуальной особенности сорта или гибрида: силы роста, склонности к ветвлению, продолжительности вегетации. Приведены научно обоснованные сроки посева семян и высадки рассады, схема выращивания культуры в двух культурооборотах огурца за один календарный год, указаны меры борьбы с болезнями и вредителями, система удобрений и режим орошения культуры, рассадного помещения и особенности уборки урожая.

Ключевые слова: технология возделывания огурца в защищенном грунте, система удобрений, режим орошения, пленочные теплицы, способы обогрева, культурооборот

Crop rotation technology of cucumber in plastic film greenhouses**Aleksandr N. Babichev, Alexey A. Babenko**

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

Abstract. The purpose of the research is to substantiate the possibility of obtaining two harvests of cucumber in one calendar year from the cultivated unit of area when cultivated in protected ground. The main designs of film greenhouses, methods of heating them and preparatory measures for greenhouses processing are presented, the types of green manure crops for protected ground are substantiated, and recommendations for their placement into soil are given. Compositions of soil mixtures for seeding, methods of seed preparation and planting time, modes of hardening plants and their illumination are proposed. The schemes of planting seedlings in the greenhouse were determined depending on the individual characteristics of the variety or hybrid: growth strength, tendency to branching, duration of the growing season. The scientifically based seeding and planting seedlings time, a scheme for growing a crop in two crop rotations of a cucumber in one calendar year, measures to control diseases and pests, a fertilizer system and irrigation regime for a crop, seedlings, and features of harvesting are indicated.

Keywords: cultivation technology of cucumber in protected ground, fertilizer system, irrigation regime, film plastic greenhouses, heating methods, crop rotation

В создавшихся в нашей стране рыночных отношениях свежая овощная продукция в зимне-весенний и осенний периоды всегда востребована у потребителя. Климатические условия на юге нашей страны позволяют получать качественную овощную продукцию в зимне-весенний и осенний периоды только при возделывании культур в защищенном грунте. Небольшие крестьянско-фермерские и подсобные хозяйства на юге России в значительной степени покрывают потребность населения в данной продукции. Небольшие ограниченные площади под возделыванием культур и выгодная

рыночная стоимость в обозначенные периоды заставляют искать нетрадиционные пути выращивания овощных культур.

Традиционным спросом у покупателей пользуется такой овощ, как огурец, на долю которого приходится до половины площади возделываемых в закрытом грунте культур. Продукции данной сельскохозяйственной культуры отводится большая роль в рационе человека. В ней содержится много полезных для организма человека веществ: белки, витамины, углеводы, ферменты, различные органические кислоты, пектиновые вещества, минеральные соли. Она ценится за очень разнообразное применение: употребляется в пищу в свежем виде, используется для приготовления различных блюд, широко применяется в консервировании [1].

Наличие различных видов обогрева при выращивании огурца в защищенном грунте, соблюдение технологий выращивания данной культуры позволяет в течение календарного года собрать с обрабатываемой площади два урожая. Получение экономически выгодного урожая огурца возможно на ограниченной, часто используемой площади только при соблюдении системы удобрений, оптимально подобранного режима орошения, своевременном принятии мер по борьбе с болезнями, вредителями и сорняками [2].

Для выращивания огурцов в защищенном грунте на территории крестьянско-фермерских и подсобных хозяйств применяются в основном различные конструкции пленочных теплиц. Главными достоинствами их являются дешевизна строительства, возможность использования деревянных или сильно облегченных металлических каркасов и простота конструкций. Наибольшее распространение получили теплицы ангарные с коньковой кровлей и арочного типа. В основном используются теплицы преимущественно арочной конструкции. В них предусмотрено наличие отопления для поддержания при необходимости температурного режима. Отопление может быть различным по источникам тепла и конструкции элементов обогрева. Используются теплицы, обогревающиеся с помощью электричества, жидкого топлива, угля, древесины и газа.

При водяном отоплении переносчиком тепла является вода, нагретая водонагревающим котлом, работающим на любом топливе (газ, дизельное топливо, отработанное масло, твердое топливо). Нагретая вода с помощью насоса через систему трубопроводов подается в конечные точки раздачи тепла. Систему трубопроводов водяного отопления можно разместить по периметру обогреваемого помещения, между рядами возделываемых культур или ниже поверхности почвы на глубине корнеобитаемого слоя выращиваемых культур.

При воздушном отоплении в качестве переносчика тепла используется подогретый с помощью тепловой пушки или конвектора горячий воздух, перемещаемый по территории обогреваемого помещения с помощью вентиляторов или специальных воздуховодов.

Выращивая огурец в защищенном грунте, огромное внимание уделяют подготовке теплиц. Необходимо подготовить почву к высадке рассады: провести мероприятия по внесению удобрений, улучшению структуры почвы, уничтожению сорняков, провести выравнивание почвы. Все мероприятия по подготовке теплиц к возделыванию овощных культур являются идентичными, с небольшими изменениями.

Применяя «зеленые» удобрения, можно улучшить почвенное плодородие в закрытом грунте. Сидеральные культуры, своевременно высеянные, помогут улучшить структуру и состав почвы, избавят от патогенов и восстановят плодородный слой [3].

Для огурцов подбирают удобрения, быстро набирающие зеленую массу, а за зиму полностью перегнивающие. Это в основном представители бобовых и крестоцветных. Горчица белая, принадлежащая к семейству крестоцветных, однолетнее, быстро накапливающее зеленую массу растение, не оставляет места для сорняков, сдерживает развитие грибковых заболеваний и отпугивает слизней и проволочника.

Вика является представителем семейства бобовых, способствует накоплению

азота в почве, обеззараживает грунт, препятствует появлению нематоды и проволочника, перегнившие корни оставляют после себя пустоты, которые наполняются воздухом и водой, улучшая структуру почвы [4].

В качестве сидерата выращивают фацелию, которая помогает бороться с почвенными и наземными вредителями – проволочником, нематодами и саранчой, предупреждает развитие корневой гнили, фитофтороза. Фацелия предохраняет почву от эрозии, при разложении ее листьев выделяется большое количество азота. Она регулирует кислотность грунта и не подвержена никаким заболеваниям [5].

Осенью перед глубокой обработкой почвы в теплицу вносят перепревший навоз или перегной (до 6 кг/м²). Также можно внести следующие минеральные удобрения: суперфосфат (60–80 г/м²) и сернокислый калий (20–30 г/м²).

За две недели до высадки рассады проводят дезинфекцию теплиц с применением серной шашки. Это средство очень легко применять – дым с химическим веществом проникает даже в самые мелкие и недоступные для обработки щели, а при взаимодействии с водой образует серную или сернистую кислоты. Перед применением серной шашки необходимо закрыть все щели в теплице, чтобы угарный газ не выходил и не портил окружающую среду. Дым очень токсичен, сера оседает в земле, пропитывая ее примерно на 30–35 см, проникает в дерево и обволакивает пластик и металл. После окулировки серной шашкой погибают клопы, слизни, муравьи, тля, проволочник и множество других насекомых, а также уничтожаются споры грибков и почти все бактерии. После окончания действия серы стены теплицы необходимо промыть чистой водой.

Для получения как можно более раннего урожая, соблюдения технологии выращивания культур и временного промежутка между возделыванием культур широко используют рассадную технологию возделывания огурца. Поэтому огромное внимание уделяется подготовке грунта для получения рассады. Грунт по своим физико-механическим свойствам, содержанию питательных веществ должен соответствовать общим требованиям растения [6].

В теплицах уместнее использовать грунтовые смеси с добавлением минеральных удобрений. Основой для почвенной смеси является структурная почва, составляющая не менее 50 % от всех компонентов смеси. Большое значение имеет добавление перегноя в почвенную смесь, его содержание может колебаться в зависимости от почвы от 20 до 35 %. Песок добавляется в зависимости от физического состояния почвы. Необходимо внесение двойного суперфосфата (доза индивидуальна при приготовлении почвенных смесей), а также сульфата калия. Также в зависимости от свойств почвы в приготовляемую смесь можно добавлять от 10 до 20 % торфа. За один день до высадки рассады почву выравнивают и немного уплотняют, а потом увлажняют растворами с содержанием марганца. Из-за ограниченного плодородного слоя грунт истощается намного быстрее. При дальнейшем уходе прикормки вносят значительно чаще, чем в открытом грунте.

В условиях ограничения свободного доступа воздуха и повышенной влажности в рассадных помещениях необходима систематическая обеззараживающая обработка субстрата для выращивания рассады, так как в закрытых помещениях интенсивно распространяются грибковые заболевания. Поэтому необходимо проводить обеззараживающую обработку материала и помещения. Для дезинфекции грунта рекомендуется использовать биологический препарат Фитоспорин-М. Фитоспорин-М – агрессивный биологический препарат, содержащиеся в нем бактерии, попадая в почву, начинают активно размножаться и поглощают большую часть вредоносных микробов, спор и личинок.

После подготовки грунта к высеву семян следует уделить внимание непосредственно самим семенам. Нужно провести проверку посевного материала на жизнеспособность и подготовить его к высеву (отсортировать, обеззаразить, прорастить). Обеззараживание семян перед посадкой с целью получения рассады проводится путем зама-

чивания в различных препаратах, наиболее эффективным является Фитоспорин-М. Замачивание семян возделываемых культур в растворе стимулирующих препаратов улучшает всхожесть, способствует укреплению иммунитета, увеличению устойчивости к заболеваниям. Для замачивания семян можно использовать следующие препараты: НВ-101, Эпин-Экстра и др.

Сроки высева семян культуры необходимо подбирать в зависимости от места посадки, условий выращивания, интенсивности роста, сорта. Следует помнить, что переросшая рассада приносит массу хлопот и проблем при посадке. При выращивании огурца в зимне-весенней культуре семена рекомендуется высевать во второй декаде февраля, а при возделывании в летне-осеннем обороте – во второй декаде июня.

Семена огурцов высевают в индивидуальные емкости, наполненные на 60–70 % объема увлажненным грунтом. При отсутствии недостатка в семенах лучше высадить в каждую емкость по два семени, а после появления всходов провести отбраковку наиболее слабого экземпляра. Семена присыпают слоем 1–2 см песка, торфа или рыхлого грунта, слегка уплотняя и увлажняя. Во избежание пересыхания грунта на емкости можно положить стекло или обернуть пленкой.

До появления всходов необходимо поддерживать температуру 26–28 °С. После появления петель всходов необходимо укрывной материал с емкостей снять. После выпрямления всходов и раскрытия семядольных листьев температуру понижают до 20–22 °С в дневное время и 16–18 °С ночью. Такими мерами растения подготавливают плавно к более существенным перепадам температур. Сначала понижение температур длится не более 1–2 ч, а затем постепенно увеличивают интервалы.

Чтобы предотвратить вытягивание рассады, необходимо позаботиться о наличии дополнительной подсветки. Для этих целей можно использовать светодиодные светильники или люминесцентные лампы, ими досвечивают рассаду по утрам и вечерам в ясную погоду, доводя длину светового дня до оптимальных значений, а в пасмурную погоду оставляют включенными на целый день. При выращивании рассады для возделывания в летне-осеннем обороте досвечивание не применяется.

Необходимо регулярно поливать рассаду огурцов и поддерживать повышенную влажность воздуха. Полив проводится с такой периодичностью, чтобы не допускать ни сильного пересыхания грунта в емкостях, ни его переувлажнения, он должен постоянно находиться в умеренно влажном состоянии. После каждого полива через некоторое время необходимо аккуратно разрыхлять почву в рассадной таре на глубину не более 1 см для обеспечения притока кислорода к корням. При выращивании рассады для возделывания в летне-осеннем обороте помещение для рассады с целью предотвращения пересыхания почвы необходимо затенять различными имеющимися средствами.

Подкормку рассады проводят после появления первого настоящего листа раствором полного органоминерального препарата, обогащенного комплексом микроэлементов (Биогумус, Крепыш, Кемира, Гуми и др.), поливом заранее увлажненного грунта. При необходимости подкормку повторяют через 10–15 дней. Рассада огурца хорошо реагирует на внекорневую подкормку по листу.

Во время роста и развития рассады оставшееся пространство в емкостях заполняют грунтом. Этот прием придает устойчивость сеянцам и помогает растениям формировать мощную корневую систему. За 2–3 дня до высадки рассады в теплицу ее опрыскивают по листу раствором стимулятора роста (Эпин-Экстра, Энерген, Циркон и др.), который поможет растениям адаптироваться к стрессовой ситуации.

Для получения хорошего урожая огурцов следует не только соблюдать сроки посадки семян или рассады, но и, учитывая потребность растения в элементах питания и влияние различных внешних факторов, подобрать оптимальную для сорта схему посадки. Плотность посадки зависит от размеров куста, индивидуальной особенности сорта или гибрида: силы роста, склонности к ветвлению, продолжительности вегета-

ции. Рекомендуются три схемы посадки огурцов в закрытом грунте: двухстрочная схема, шахматная схема, однострочная схема посадки.

При двухстрочной схеме посадки существуют небольшие различия в плотности посадки растений: расстояние между лентами – от 80 до 100 см, расстояние между рядами – от 45 до 60 см, расстояние между растениями в ряду – от 35 до 45 см. Однако практическая деятельность показала, что лучшая урожайность огурцов достигается при посадке в шахматном порядке с соблюдением указанных интервалов между растениями. Параметры схемы посадки растений в шахматном порядке мало отличаются от двухстрочной схемы. Растения располагают так, чтобы они не стояли напротив друг друга, а находились в шахматном порядке. Однострочную схему посадки используют при выращивании урожайных гибридов, созревающих одновременно. Схема посадки следующая: ширина между рядами – 40–45 см, расстояние между растениями в ряду – 25–30 см.

Оптимальная температура воздуха в теплице для лучшей приживаемости днем 22–25 °С, ночью 16–20 °С. Рекомендуется высаживать рассаду в утренние или вечерние часы, а также в пасмурную погоду для лучшей адаптации.

При выращивании огурцов в закрытом грунте целесообразнее и экономически выгоднее возделывать культуру вертикально на опорах. Данный способ позволяет без ущерба для качества с единицы площади получить более высокие урожаи. Саженьцы помещают в лунки строго вертикально, не допускается наклон стебля, его заглубление – это может привести к гибели, загниванию растения. После высадки рассады необходимо полить растения огурца 2–3 л теплой воды. Через 5–10 дней после высадки рассады необходимо осуществить ее подвязку к заранее приготовленной шпалере.

Для получения более раннего равномерного урожая огурцов проводят формирование кустов. Формирование также играет большую роль в создании оптимальных условий для роста и развития растений (равномерное освещение, свободный доступ воздуха, одинаковые условия для питания, поддержание температурного режима).

В процессе формирования из пазух нижних четырех настоящих листьев удаляют все бутоны и побеги. Это необходимо для того, чтобы растение продолжало развиваться и на нем появлялось больше завязей. В нижней части стебля на расстоянии 50 см от поверхности почвы удаляют все боковые побеги, на расстоянии 50–100 см оставляют по одному листу, выше – по три, а все боковые побеги второго ряда прищипывают на один лист.

Подкормка огурцов в теплице – очень важная составляющая быстрого роста и хорошего урожая. Удобрения необходимо вносить на всех этапах роста и развития, но потребность огурца в элементах питания различна в течение вегетации. Первое время после высадки рассады растениям огурца достаточно удобрений из почвы. Через 5–7 дней после высадки рассады при необходимости до фазы цветения требуется подкармливать растения азотом. В период цветения растения подкармливают фосфорными удобрениями. С началом цветения и до плодообразования вносят калийные удобрения.

При цветении нужно регулярно вносить удобрения. Растение огурца очень хорошо отзывается на проведение внекорневых подкормок по листу. В 10 л теплой воды растворяют 2 г борной кислоты, 2 г марганца, 2 г медного купороса. Опрыскивание лучше проводить в утренние или вечерние часы, стараясь попасть на обратную сторону листа.

Для доступа кислорода к корням необходимо осуществлять неглубокое рыхление почвы на глубину 5–7 см, это мероприятие также предотвращает загнивание корневой системы. Уход за огурцами предусматривает также периодическое проветривание теплицы, но подходить к процессу проветривания надо аккуратно, так как растения огурца очень негативно реагируют на сквозняки. Чтобы избежать сквозняков, форточки открывают только с одной стороны.

Очень важный фактор – это поддержание достаточной влажности воздуха и грунта. Полив растений огурца в период от высадки рассады и до начала цветения осуществляется один раз в три дня нормой 2–3 л воды на растение. Во время цветения и формирования завязей норма полива огурцов увеличивается до 3–5 л на растение, частота поливов зависит от погоды. Максимальное потребление воды растением огурца приходится на фазу плодообразования. Норма полива составляет в этот период 5–7 л воды на растение, полив проводят через день. Норму полива распределяют равномерно при капельном орошении [7].

Изменяющиеся погодные условия, нарушение или несоблюдение агротехнических приемов при выращивании огурцов в закрытом грунте способствуют поражению растений различными болезнями и вредителями. Различают болезни огурцов грибкового, вирусного и бактериального происхождения.

Наиболее распространены болезни грибкового происхождения. Они характеризуются быстрой передачей от одного растения к другому, живучестью спор (могут перезимовать в земле и на растительных остатках), переносимостью насекомыми. При поражении огурца грибковыми заболеваниями возможна потеря урожая до 50 %.

К мерам борьбы с заболеваниями грибкового происхождения можно отнести соблюдение агротехнических приемов выращивания, проведение профилактических дезинфицирующих мероприятий, использование химических препаратов (Абига-Пик, Квадрис, Бордоская смесь, Акробат МЦ, Превикур Энерджи, Ридомил Голд), поддержание оптимальной температуры и влажности.

Наряду с грибковыми заболеваниями, растения огурца поражаются также вирусными и бактериальными. Необходимо заметить, что вирусные заболевания не поддаются лечению. Обыкновенная мозаика проявляется в виде чередующихся темно-зеленых и светло-зеленых пятен на листьях. Зимует вирус на корнях многолетних сорняков (осот, пырей, лебеда, вьюнок), а затем попадает в теплицы с помощью насекомых-переносчиков. Болезнь обычно проявляется после резкого повышения температуры до плюс 30 °С.

Основными мерами борьбы с вирусными заболеваниями являются профилактические: обеззараживание семян, удаление сорняков, борьба с насекомыми-вредителями, обработка Фармайодом на водной основе.

Из насекомых-вредителей наиболее опасны для огурца в закрытом грунте тли, белокрылка, паутинный клещ [8].

К мерам борьбы с тлей можно отнести применение внекорневых подкормок фосфорно-калийными удобрениями (20 г суперфосфата и 10 г хлористого калия на 10 л воды). Их проводят один раз в неделю до полного исчезновения вредителей. Применяют также биопрепараты Актوفит, Фитоверм. При сильном поражении тлей значительных площадей необходимо применять химические препараты (Арриво, Инта-Вир). При появлении паутинного клеща удаляются поврежденные листья, а иногда и целые растения. Их собирают в закрытую емкость, чтобы не распространялись на участке, и сжигают. Хорошо зарекомендовали себя в борьбе с клещом акарициды.

К сбору урожая огурцов приступают, как только плоды достигнут необходимого для назначения размера: для консервирования – 5–10 см, для засолки – от 8 до 18 см, салатные сорта – от 12 см и больше. В период массового плодоношения плоды огурца необходимо собирать каждый день. Переросшие плоды теряют свой товарный вид и препятствуют образованию новых завязей. Сбор лучше проводить в утренние или вечерние часы. Собранные зеленцы помещают в прохладное место. Обязательно нужно регулярно удалять все некондиционные плоды и плоды с пятнами (пятна могут быть признаком болезни).

Отделять плоды надо так, чтобы плодоножка осталась на плети. Плоды лучше всего срезать ножом. Дергать и перекручивать плодоножки нельзя, это вызовет ослабление растения. Также во время уборки не рекомендуется переворачивать плети.

После сбора продукции зимне-весеннего оборота тщательно убирают растительные остатки культуры, проводят обработку почвы с внесением минеральных удобрений (мочевины, суперфосфата, сульфата калия) в дозах, необходимых для получения запланированного урожая. Высадку рассады проводят во вторую-третью декаду июля.

Список источников

1. Габибова Е. Н., Мухортова В. К. Овощеводство: учеб. пособие. В 3 ч. Ч. 1. Персиановский: Донской ГАУ, 2019. 180 с.
2. Земскова Ю. К. Промышленные технологии производства овощей в защищенном грунте: крат. курс лекций / ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2014. 74 с.
3. Монастырский В. А., Бабичев А. Н. Рост, развитие сидеральных культур и их влияние на агрохимические свойства орошаемых черноземов Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2013. № 2(10). С. 21–31. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=171&id=174> (дата обращения: 11.08.2021).
4. Щедрин В. Н., Бабичев А. Н., Монастырский В. А. Опыт использования сидеральных культур для улучшения агрохимических свойств чернозема обыкновенного // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 1(41). С. 14–21.
5. Бабичев А. Н., Балакай Г. Т., Монастырский В. А. Влияние сидеральных и промежуточных культур в звене орошаемого севооборота на продуктивность и качество последующих культур и плодородие почвы // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2016. № 1(21). С. 98–112. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1066> (дата обращения: 11.08.2021).
6. Рекомендации по технологии возделывания овощных культур в открытом и закрытом грунтах для условий Ростовской области / Р. С. Масный, С. М. Васильев, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко, Д. П. Сидаренко, А. А. Бабенко. Новочеркасск, 2021. 56 с.
7. Овощеводство / Г. И. Тараканов [и др.]; под ред. Г. И. Тараканова, В. Д. Мухина. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Колос, 2003. 472 с.
8. Определитель насекомых юга России: учеб. пособие / А. В. Амолин [и др.]; под ред. К. С. Артохина, Ю. Г. Арзанова; Рос. акад. наук, Рус. энтомол. о-во. Ростов н/Д., 2016. 1036 с.

Информация об авторах

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

Information about the authors

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

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.08.2021; одобрена после рецензирования 31.08.2021; принята к публикации 17.09.2021.

The article was submitted 18.08.2021; approved after reviewing 31.08.2021; accepted for publication 17.09.2021.