

ISSN 2313-2248

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал

Выпуск № 2(82)/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 № 2(82)/2021

Апрель – июнь 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 Л. А. Воеводина; 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: 346421, Ростовская область,
г. Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 190

Тел.: (8635) 26-65-00

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

e-mail: transfer-rosniipm@yandex.ru

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

Подписано в печать 15.06.2021. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 13,96. Тираж 500 экз. Заказ № 31

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

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

ISSN 2313-2248



9 772313 224008

Дата выхода в свет 30.06.2021

Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия»

Бабичев А. Н., Васильев С. М. Ресурсосберегающие режимы орошения сельскохозяйственных культур в условиях аридной зоны юга России	5
Малышева Н. Н., Кизинёк С. В., Баранов А. А., Каданцев О. Н. К вопросу развития мелиорации на Кубани и водообеспеченности посевов сельскохозяйственных культур	10
Селицкий С. А., Балакай Г. Т. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность орошаемой сои при комплексной обработке регуляторами роста	17
Шевченко А. В. Узел сооружений для бесконтактной технологии перемещения рыб с использованием живорыбных контейнеров	22
Шкура В. Н., Куприянов А. А. О влиянии компоновки капельных поливных модулей на параметры зон увлажнения растений в садовых насаждениях	28
Штанько А. С. О расстановке микроводовыпусков капельной поливной сети при орошении многолетних плодовых садовых насаждений	34
Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Приемы снижения уровня грунтовых вод для стабилизации почвенного плодородия на орошаемых землях	40
Соснов В. С. Минеральное питание моркови	47
Кузьмичёв А. А., Рыжаков А. Н. Анализ структуры взаимодействия управлений мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения Северо-Кавказского федерального округа	52
Суровикина А. П., Монастырский В. А. Анализ причин деградации почв в результате засоления и мероприятия по восстановлению плодородия почв	58
Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Анализ использования химической мелиорации на различных типах почв	63
Талалаева В. Ф. К вопросу применения бетонного полотна в гидромелиоративном строительстве	71
Пономаренко Т. С., Бреева А. В. Водопользование Республики Крым в условиях дефицита водных ресурсов	77
Сидаренко Д. П., Бабенко А. А. Целесообразность возделывания озимой пшеницы в аридной зоне юга России	82
Кожанов А. Л. Оценка возможности повторного использования водных ресурсов осушительных систем в регионах Западной Сибири	87
Рыжаков А. Н., Мартынов Д. В. К вопросу комплексной цифровой системы управления сельскохозяйственным производством	95
Ольгаренко В. Иг., Монастырский В. А. Фактическое водопотребление как определяющий параметр эксплуатационного режима орошения	101

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Масный Р. С., Балакай Г. Т. Методика расчета эффективности возделывания сельскохозяйственных культур при орошении	107
--	-----

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Шкура В. Н., Штанько А. С. Водозаборно-очистное сооружение для систем капельного орошения с селективным забором воды из каналов.....	114
---	------------

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия»

УДК 631.675

Ресурсосберегающие режимы орошения сельскохозяйственных культур в условиях аридной зоны юга России

Александр Николаевич Бабичев, Сергей Михайлович Васильев

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

Аннотация. Цель исследований – изучить влияние дифференцированного подхода при внесении оросительной воды, включая прецизионное орошение, под картофель летней посадки и кукурузу на зерно в условиях орошения юга России. Исследования проводились в центральной орошаемой зоне Ростовской области на лугово-черноземных почвах в ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области в соответствии с действующими методиками, с использованием сертифицированных приборов и оборудования. В результате проведенных исследований установлено, что при повышении оросительной нормы на 20 % происходит незначительный рост урожайности. При снижении оросительной нормы на 20 и 40 % наблюдается падение продуктивности исследуемых культур от 1,4–4,2 до 37,8–44,9 % соответственно. Лучшие результаты были получены в вариантах опыта, в которых использовалась технология прецизионного орошения. Прибавка урожая составила 2,8 % на летних посадках картофеля и 9,6 % на посевах кукурузы на зерно при урожайности 49,8 и 12,5 т/га соответственно.

Ключевые слова: дифференцированные нормы и дозы орошения, сельскохозяйственные культуры, прецизионный режим орошения, ресурсосбережение, водные ресурсы

Resource-saving regimes for agricultural crops irrigation in the arid zone of southern Russia

Aleksandr N. Babichev, Sergey M. Vasilyev

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

Abstract. The purpose of the research is to study the effect of a differentiated approach when applying irrigation water, including precision irrigation, for summer-planted potatoes and corn for grain under irrigation conditions in the south of Russia. The research was carried out in the central irrigated zone of Rostov region on meadow-chnozem soils in the LLC “Agro-enterprise “Bessergenevskoe” in Oktyabrsky district Rostov region in accordance with the current methods, using certified devices and equipment. As a result of the studies, it was found that with an increase in the irrigation rate by 20 %, an insignificant increase in yield occurs. With a decrease in the irrigation rate by 20 and 40 %, a drop in the productivity of the studied crops from 1.4–4.2 to 37.8–44.9 %, respectively is observed. The best results were obtained in variants of the experiment, where precision irrigation technology was used.

The yield increase was 2.8 % for summer potato plantings and 9.6 % for grain corn with yields of 49.8 and 12.5 t/ha, respectively.

Keywords: specific rates and doses of irrigation, agricultural crops, precision irrigation regime, resource conservation, water resources

Введение. По статистике, сегодня в мире до 80 % потребляемой пресной воды приходится на сельскохозяйственные нужды. При этом численность населения нашей планеты постоянно повышается, и это приводит к тому, что пресная вода становится дефицитным ресурсом, который необходимо уже в настоящее время контролировать. Поэтому орошаемое земледелие ставит своей основной задачей повышение урожайности без увеличения расходов воды. Основные направления развития орошения – внедрение в сельскохозяйственное производство технологий контроля над расходом воды, прецизионного орошения и повышение автоматизации процесса. По экспертной оценке, использование технологий дифференцированного и прецизионного орошения на мелиорированных землях позволит при сохранении продуктивности орошаемого клина снизить потребление водных ресурсов на 15–20 % [1–6].

Материалы и методы. Исследования проводились в острозасушливом 2020 г. на территории ООО «Агропредприятие «Бессергеновское», которое находится в ст. Бессергеновской Октябрьского района Ростовской области. По морфологическому строению почвенный покров опытного участка однороден и представлен лугово-черноземными почвами, среднemosными по мощности гумусового слоя и слабогумусированными по содержанию общего гумуса. Водно-физические свойства лугово-черноземных почв согласно классификации хорошие и характеризуются следующими показателями: наименьшая влагоемкость (НВ) почвы для слоя 0–60 см составляет 28,6 %, а для слоя 0–100 см – 27,9 %. Плотность почвы в слое 0,6 м составляет 1,29 т/м³, в метровом слое – 1,34 т/м³.

Погодные условия вегетационного периода с апреля по сентябрь в сравнении со среднемноголетними данными характеризуются: увеличением средней температуры за весь период на 4,2 °С, уменьшением суммы осадков в среднем на 65,5 мм и незначительным увеличением средней влажности воздуха на 7 %, что, по сути, говорит об аридизации климата и, как следствие этого, создании более жестких условий для вегетации сельскохозяйственных культур в районе проведения исследований в 2020 г.

Расчет доз минеральных удобрений осуществлялся посредством программы для ЭВМ «Расчет доз внесения минеральных удобрений» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018663750), разработанной в ФГБНУ «РосНИИПМ» [7].

Исследования проводились в соответствии с действующими методиками, с применением сертифицированных приборов и оборудования в центральной орошаемой зоне Ростовской области [8–11].

В опытах использовалась технология прецизионного орошения, которая обеспечивала дифференциацию поливной нормы для потребностей каждого микросегмента орошаемого участка, создавая условия для соблюдения основных принципов и понятий, «сбалансированных» с точки зрения экологии агроландшафтов [1, 3, 5].

Опыт 1: изучить водопотребление, прецизионный режим орошения и эффективность возделывания картофеля. Опыт включал пять вариантов, в каждом из которых поддерживался один уровень минерального питания – расчетной дозой под планируемую урожайность 50 т/га. Вариант № 1 – вегетационные поливы проводились расчетной поливной нормой (m) в спектре изменения влажности в расчетном слое почвы 0,6 м в пределах 0,8–1,0 НВ (1 m), контроль. Вариант № 2 – поливные нормы (m) увеличены на 20 % в сравнении с расчетной (1,2 m). В вариантах № 3 и 4 поливные нормы (m) снижены соответственно на 20 % (0,8 m) и 40 % (0,6 m) в сравнении с расчетной. Вариант № 5 – прецизионный режим орошения. Поливы по рассматриваемым вариантам опыта проводились в одни и те же сроки.

Опыт 2: изучить водопотребление, прецизионный режим орошения и эффективность возделывания кукурузы на зерно. Опыт включал пять вариантов, в каждом из которых поддерживался один уровень минерального питания – расчетной дозой на планируемую урожайность 12 т/га. Вариант № 1 – вегетационные поливы проводились расчетной поливной нормой (m) в спектре изменения влажности в расчетном слое почвы 0,6 м в пределах 0,8–1,0 НВ (1 m), контроль. Вариант № 2 – поливные нормы (m) увеличены на 20 % в сравнении с расчетной (1,2 m). В вариантах № 3 и 4 поливные нормы (m) снижены соответственно на 20 % (0,8 m) и 40 % (0,6 m) в сравнении с расчетной. Вариант № 5 – прецизионный режим орошения. Поливы по рассматриваемым вариантам опыта проводились в одни и те же сроки.

Результаты и обсуждения. Проведенные исследования позволили установить закономерности влияния применения дифференцированных технологий орошения кукурузы на зерно и картофеля летней посадки на их урожайность, суммарное водопотребление, оросительную норму и коэффициент водопотребления. Результаты исследований приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Урожайность картофеля летней посадки и кукурузы на зерно в зависимости от технологии орошения

Вариант опыта	Урожай- ность, т/га	Отклонение от контроля	
		т/га	%
Картофель летней посадки			
80 % НВ в слое 0,6 м (рекомендованный зо- нальными системами земледелия (ЗСЗ)), 1 <i>m</i> (контроль)	48,4	–	–
1,2 <i>m</i>	49,1	0,7	1,4
0,8 <i>m</i>	41,6	–6,8	–16,3
0,6 <i>m</i>	33,4	–15	–44,9
Прецизионный режим орошения	49,8	1,4	2,8
Кукуруза на зерно			
80 % НВ в слое 0,6 м (рекомендованный ЗСЗ), 1 <i>m</i> (контроль)	11,3	–	–
1,2 <i>m</i>	11,8	0,5	4,2
0,8 <i>m</i>	9,9	–1,4	–14,1
0,6 <i>m</i>	8,2	–3,1	–37,8
Прецизионный режим орошения	12,5	1,2	9,6

Таблица 2 – Водопотребление картофеля летней посадки и кукурузы на зерно в зависимости от режима орошения

Вариант опыта	Осадки, м ³ /га	Суммарное водопотребление, м ³ /га	В т. ч. оросительная норма, м ³ /га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
1	2	3	4	5
Картофель летней посадки				
80 % НВ в слое 0,6 м (рекомендованный ЗСЗ), 1 m (контроль)	985	4500	3200	93,0
1,2 m	985	5127	3840	104,4
0,8 m	985	3910	2560	94,0
0,6 m	985	3308	1920	99,0
Прецизионный режим орошения	985	4399	3106	88,3

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Кукуруза на зерно				
80 % НВ в слое 0,6 м (рекомендованный ЗСЗ), 1 т (контроль)	853	4797	3600	424,5
1,2 т	853	5496	4320	465,8
0,8 т	853	4219	2880	426,2
0,6 т	853	3576	2160	436,1
Прецизионный режим орошения	853	4677	3488	374,2

Проведенные исследования показали, что урожайность картофеля летнего срока посадки изменялась от 33,4 до 49,8 т/га, кукурузы на зерно от 8,2 до 12,5 т/га в зависимости от режима орошения. Наибольшая урожайность была получена в варианте опыта с прецизионным орошением. При повышении оросительной нормы на 20 % урожайность картофеля составила 49,1 т/га, кукурузы на зерно – 11,8 т/га, что на 1,4 и 4,2 % выше, чем в контрольном варианте. В качестве контрольного варианта выбран рекомендованный ЗСЗ [8], в нем было получено 48,4 т/га картофеля и 11,3 т/га кукурузы на зерно. Снижение оросительной нормы на 20 и 40 % привело к падению урожайности картофеля на 16,3 и 44,9 % и кукурузы на 14,1 и 37,8 % соответственно.

Анализ данных показал, что водопотребление картофеля летнего срока посадки варьировало от 3308 до 5127 м³/га, кукурузы на зерно от 3576 до 5496 м³/га в зависимости от варианта опыта. При проведении исследований в контрольном варианте было проведено восемь поливов картофеля летней посадки и девять поливов кукурузы на зерно поливной нормой 400 м³/га.

В результате проведенных исследований были определены коэффициенты водопотребления исследуемых культур в зависимости от режима орошения. Данный показатель варьировал у картофеля летней посадки от 88,3 м³/т в варианте с прецизионным режимом орошения до 104,0 м³/т в варианте, в котором поливная норма была повышена на 20 %. Коэффициент водопотребления кукурузы на зерно изменялся от 374,2 до 465,8 м³/т.

Выводы. По результатам исследований установлено, что наиболее эффективно влага расходуется на посевах кукурузы на зерно при оросительной норме 3000–3200 м³/га и суммарном водопотреблении 4200–4400 м³/га, на летних посадках картофеля – при соответствующих параметрах 2700–3000 и 3900–4200 м³/га.

Анализ результатов проведенных исследований позволяет сделать вывод о том, что при повышении оросительной нормы на 20 % происходит незначительный рост урожайности. При снижении оросительной нормы на 20 и 40 % происходит падение продуктивности исследуемых культур от 1,4–4,2 до 37,8–44,9 %.

Лучшие результаты были получены в вариантах опыта, в которых использовалась технология прецизионного орошения. Прибавка урожая составила 2,8 % на летних посадках картофеля и 9,6 % на посевах кукурузы на зерно, при этом урожайность исследуемых культур была равна 49,8 и 12,5 т/га соответственно.

Список источников

1. Балакай Г. Т., Васильев С. М., Бабичев А. Н. Концепция дождевальной машины нового поколения для технологии прецизионного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2017. № 2(26). С. 1–18. URL: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=312> (дата обращения: 15.05.2021).

-
2. 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.
 3. Экспериментальное определение влажности почвы по гиперспектральным изображениям / В. В. Подлипнов, В. Н. Щедрин, А. Н. Бабичев, С. М. Васильев, В. А. Бланк // Компьютерная оптика. 2018. Т. 42, № 5. С. 877–884. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-42-5-877-884.
 4. Корсак В. В., Пронько Н. А., Насыров Н. Н. Применение ГИС-анализа для оценки природных условий поливного земледелия // Научная жизнь. 2014. № 2. С. 18–24.
 5. Система управления широкозахватной машиной кругового действия для прецизионного орошения / А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко, Р. В. Скиданов, В. В. Подлипнов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 1(73). С. 195–199.
 6. Снипич Ю. Ф., Бабичев А. Н. Оценка эффективности низкоэнергетических оросительных систем // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. Вып. 55. С. 109–118.
 7. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2018663750. Расчет доз внесения минеральных удобрений / Васильев С. М., Бабичев А. Н., Монастырский В. А., Ольгаренко В. И., Домашенко Ю. Е., Гонзалез-Гальего М. Р., Нецепляев Д. А.; правообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2018619426; заявл. 04.09.18; опубл. 02.11.18.
 8. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы / С. С. Авдеев [и др.]; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. Ростов н/Д., 2013. 375 с.
 9. Каюмов М. К. Справочник по программированию урожаев. М.: Россельхозиздат, 1977. 250 с.
 10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.
 11. Основы научных исследований в агрономии / В. Ф. Моисейченко [и др.]. М.: Колос, 1996. 336 с.
-

Информация об авторах

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

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

Information about the authors

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

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

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.05.2021; одобрена после рецензирования 25.05.2021; принята к публикации 31.05.2021.

The article was submitted 13.05.2021; approved after reviewing 25.05.2021; accepted for publication 31.05.2021.

УДК 628.1.034.3:628.171.034.2

**К вопросу развития мелиорации на Кубани и
водообеспеченности посевов сельскохозяйственных культур**

**Надежда Николаевна Малышева¹, Сергей Владимирович Кизинёк²,
Артём Александрович Баранов³, Олег Николаевич Каданцев⁴**

¹Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,
Краснодар, Российская Федерация

²Рисоводческий племенной завод «Красноармейский» имени А. И. Майстренко,
Октябрьский, Российская Федерация

^{3,4}Управление «Кубаньмелиоводхоз», Краснодар, Российская Федерация

Аннотация. Целью данных исследований является анализ развития мелиорации на Кубани в аспекте водообеспеченности посевов сельскохозяйственных культур. Достижение поставленной цели обусловлено решением задач по изучению эффективности мер государственной поддержки при проведении гидромелиоративных мероприятий на землях сельскохозяйственного назначения в Краснодарском крае, анализу использования водных ресурсов для орошения сельхозкультур на государственных мелиоративных системах, в т. ч. для отрасли рисоводства, выявлению дефицита водного баланса для нужд сельскохозяйственного производства. Установлено, что за период реализации гидромелиоративных мероприятий с использованием мер государственной поддержки с 2014 по 2020 г. на Кубани введено в эксплуатацию 39,2 тыс. га орошаемых участков, а к 2025 г. в регионе планируется увеличить площадь орошаемых земель на 20,0 тыс. га. Показано, что ежегодно полив сельхозкультур в структуре орошаемых земель государственных мелиоративных систем осуществляется в среднем на площади около 153,5 тыс. га, в т. ч. риса – 125,5 тыс. га. Выявлено, что рисоводство является самой водотребовательной отраслью в орошаемом земледелии региона: для полива риса объем изъятия водных ресурсов из поверхностных водных объектов составляет 3352,014 млн м³ воды в год, для полива нерисовых культур – 36,74 млн м³ воды в год. Показано, что объем водоподачи для полива риса составляет в среднем 2,5 млрд м³, в т. ч. повторно используемой воды – 502,7 млн м³. Отмечено, что в 2020 г. годовой сток р. Кубани был минимальным за всю историю наблюдений, это привело к дефициту водных ресурсов для нужд сельского хозяйства. Выявлено, что приток в Краснодарское водохранилище в 2020 г. составил 6047,0 млн м³, это на 3937,0 млн м³ меньше, чем в 2019 г., в т. ч. за период вегетации – 3122 млн м³ (минус 2938 млн м³ к аналогичному периоду 2019 г.). Показано, что снижение урожайности риса в 2020 г. на 4,7 ц/га в бункерном весе связано с вододефицитом и маловодьем.

Ключевые слова: водопользование, гидромелиорация, водоисточник, водные ресурсы, водопотребление, рисоводство, оросительные системы, вододефицит, маловодье

**On the development of land reclamation
of the Kuban and water supply for agricultural crops**

Nadezhda N. Malysheva¹, Sergey V. Kizinyok², Artem A. Baranov³, Oleg N. Kadantsev⁴

¹Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

²Krasnoarmeysky Rice Growing Pedigree Plant named after A. I. Maistrenko, Octobr'skiy,
Russian Federation

^{3,4}Administrative Department "Kubanmeliovodkhoz", Krasnodar, Russian Federation

Abstract. The purpose of these studies is to analyze the land reclamation development in the Kuban in terms of water supply for agricultural crops. To reach this goal is due to the

problem solution on studying the efficiency of state support measures when carrying out irrigation and drainage activities on agricultural land in the Krasnodar Territory, analysis of the water resources use for agricultural crops irrigation in state reclamation systems, including rice growing industry, identification of a water balance deficit for needs of agricultural production. It was found that during the period of irrigation and drainage measures implementation using state support measures from 2014 to 2020, 39.2 thousand hectares of irrigated areas were put into operation in the Kuban, and by 2025 it is planned to increase the area of irrigated land by 20.0 thousand ha. It is shown that annual irrigation of agricultural crops in the structure of irrigated lands of state reclamation systems is carried out on average on an area of about It was revealed that rice growing is the most water-demanding industry in irrigated agriculture in the region: for irrigation of rice, the volume of water resources withdrawn from surface water bodies is 3352.014 million m³ of water per year, for irrigation of non-rice crops is 36.74 million m³ of water per year. It is shown that the volume of water supply for irrigation of rice is on average 2.5 billion m³, including reused water – 502.7 million m³. It was noted that in 2020 the annual runoff of the Kuban river was the minimum in the entire history of observations, which led to a shortage of water resources for the needs of agriculture. It was revealed that the inflow into the Krasnodar reservoir in 2020 amounted to 6047.0 million m³, which is 3937.0 million m³ less than in 2019, including the growing season – 3122 million m³ (minus 2938 million m³ to the same period in 2019). It is shown that the decrease in rice yield in 2020 by 4.7 c/ha in bunker weight is associated with water shortages and low water levels.

Keywords: water use, hydroreclamation, water source, water resources, water consumption, rice growing, irrigation systems, water shortage, low water

Введение. Одним из основных направлений деятельности агропромышленного комплекса Кубани является планирование мелиорации земель на территории Краснодарского края в соответствии с государственными программами Российской Федерации и Краснодарского края с целью повышения продуктивности и устойчивости земледелия, обеспечения гарантированного производства сельскохозяйственной продукции на основе сохранения и повышения плодородия земель, а также создания необходимых условий для вовлечения в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых и малопродуктивных земельных угодий.

Сельскохозяйственное производство в регионе в основном расположено в зоне неустойчивого увлажнения, что требует проведения работ по гидромелиорации для увеличения объемов продукции растениеводства, в т. ч. риса, овощей открытого грунта, кормовых культур, плодов и ягод [1, 2].

В этой связи немаловажное значение для инвестиций в мелиорацию приобретают меры государственной поддержки с предоставлением субсидий сельхозтоваропроизводителям на проведение гидромелиоративных работ. Также первостепенным вопросом в развитии орошаемого земледелия на Кубани является обеспеченность посевов сельскохозяйственных культур водными ресурсами в пределах поливных норм, обусловленных почвенно-климатическими условиями территорий и биологическими особенностями возделываемых сортов и гибридов [3].

В этой связи цель исследовательской работы – анализ развития мелиорации на Кубани в аспекте водообеспеченности посевов сельскохозяйственных культур. Достижение поставленной цели обусловлено решением задач по изучению эффективности мер государственной поддержки при проведении гидромелиоративных мероприятий на землях сельскохозяйственного назначения в Краснодарском крае, анализу использования водных ресурсов для орошения сельхозкультур на государственных мелиоративных системах, в т. ч. для отрасли рисоводства, выявлению дефицита водного баланса для нужд сельскохозяйственного производства.

Материалы и методы. В работе использованы и проанализированы следующие материалы: государственная программа Краснодарского края «Развитие сельского хо-

зяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия» (постановление главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 5 октября 2015 г. № 944), закон Краснодарского края «Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Краснодарского края» от 7 июня 2004 г. № 725. Камеральные работы проведены с технической отчетностью ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз», материалами Управления Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея.

Результаты и обсуждение. По данным Росреестра, в регионе площадь мелиорированных земель составляет 410,9 тыс. га, в т. ч. орошаемых – 386,4 тыс. га, осушенных – 24,5 тыс. га [4]. Государственные оросительные системы занимают 313,3 тыс. га, в т. ч. рисовый ирригированный фонд составляет 234,4 тыс. га, из которых ежегодно засеваются рисом около 120–135 тыс. га, что свидетельствует о важности мелиорации для края как одного из основных факторов интенсификации сельскохозяйственного производства.

Кубанский водохозяйственный комплекс объединяет целый ряд достаточно крупных объектов – Краснодарское, Варнавинское и Крюковское водохранилища, Тиховский и Федоровский гидроузлы и другие гидротехнические сооружения, а также степные реки и лиманы. Подача водных ресурсов на большую часть мелиоративных систем (рисовые мелиоративные системы) осуществляется путем пуска воды из Краснодарского водохранилища и последующего распределения ее гидротехническими сооружениями, расположенными ниже по течению р. Кубани [2, 5].

Реализация гидромелиоративных мероприятий на землях сельхозназначения в Краснодарском крае, в т. ч. строительство и введение в эксплуатацию новых орошаемых участков, осуществляется в рамках подпрограммы «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель в Краснодарском крае» государственной программы Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия», утвержденной постановлением главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 5 октября 2015 г. № 944, а также регионального проекта Краснодарского края «Экспорт продукции агропромышленного комплекса».

Анализ инвестиций в мелиорацию на территории региона с использованием субсидий на гидромелиоративные мероприятия указывает на эффективность мер государственной поддержки отрасли (таблица 1).

Таблица 1 – Эффективность выполнения гидромелиоративных мероприятий в рамках программных мероприятий по развитию мелиорации в Краснодарском крае

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

Данные, приведенные в таблице 1, показывают, что за период реализации программных мероприятий в 2014–2020 гг. в Краснодарском крае с помощью мер государственной поддержки введено в эксплуатацию 39,2 тыс. га мелиорируемых земель, построено 53 насосных станции, проложено 361,3 км трубопроводов, приобретено 365 высокотехнологичных дождевальных импортных машин [1, 3]. Установлено, что 63 %

введенных в эксплуатацию орошаемых участков с использованием мер государственной поддержки в регионе находятся в зоне обслуживания государственных мелиоративных систем федеральной собственности.

Анализ показал, что планируемая площадь строительства и реконструкции мелиоративных систем на период 2021–2025 гг. в рамках подпрограммы «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель в Краснодарском крае» составит 20,0 тыс. га, в т. ч. по мероприятию гидромелиорации 12,5 тыс. га, экспорт продукции агропромышленного комплекса – 7,5 тыс. га при общем объеме субсидий из средств федерального и краевого бюджета 2,4 млн руб. [6].

В результате проведенных исследований выявлено, что на мелиорированных землях в Краснодарском крае производится до 70 % овощной, бахчевой продукции и картофеля, весь объем зерна риса, около 13 % кормов для животноводства и другая продукция. Анализ использования земельных ресурсов показал, что в 2020 г. посевная площадь на орошаемых сельхозугодьях составила 325,9 тыс. га. В структуре использования орошаемых земель зерновые культуры занимали 211,0 тыс. га (из них рис – 127,0 тыс. га, кукуруза на зерно 30,6 тыс. га), технические культуры 55,4 тыс. га, овощи, бахчи, картофель – 36,9 тыс. га, кормовые культуры – 6,2 тыс. га, многолетние насаждения 6,2 тыс. га, сенокосы, пастбища – 6,0 тыс. га, фермерские участки – 4,2 тыс. га¹.

Исследования показали, что ежегодно полив сельхозкультур в структуре орошаемых земель государственных мелиоративных систем осуществляется в среднем за последние 5 лет на площади около 153,5 тыс. га (таблица 2).

Таблица 2 – Полив сельскохозяйственных культур на государственных мелиоративных системах

Год	Фактически полито	Зерновые культуры		Овощи	Кормовые культуры	Прочие поливы
		всего	в т. ч. рис			
2016	158,363	142,972	136,1	7,653	0,000	7,738
2017	145,358	128,114	122,0	6,413	1,450	9,381
2018	152,555	121,880	117,2	7,745	1,076	21,854
2019	156,081	130,928	125,1	8,321	0,590	16,242
2020	154,946	135,304	127,0	12,303	0,080	7,259
Среднее за 2016–2020 гг.	153,460	131,840	125,48	8,487	0,639	12,494

В тыс. га

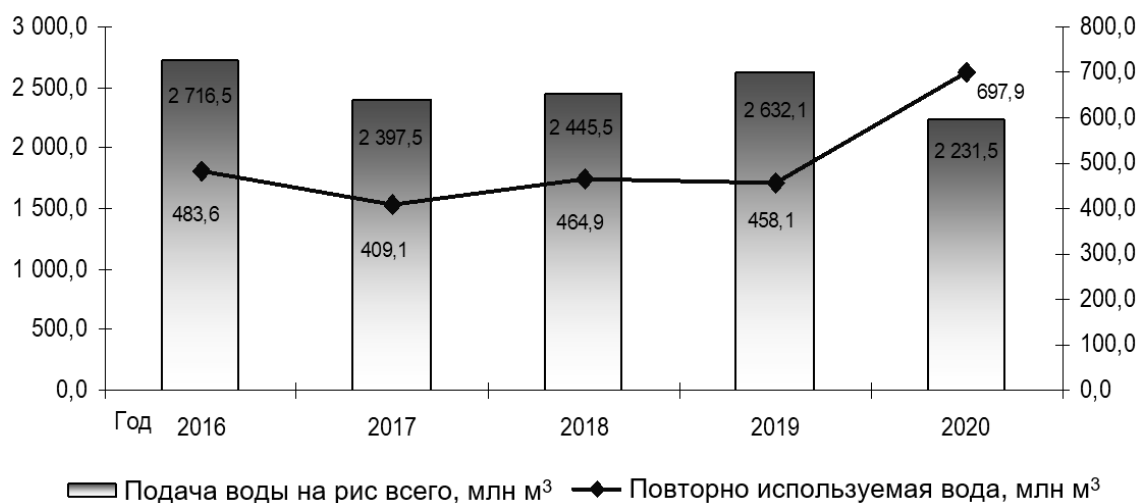
Выявлено, что орошение зерновых культур осуществляется на площади порядка 132 тыс. га, из которых посевы риса составляют 125,5 тыс. га, овощной группы культур открытого грунта – 8,5 тыс. га, кормовых культур – 0,7 тыс. га. Прочие поливы, в т. ч. орошение технических культур, в структуре поливных площадей составляют в среднем по годам 12,5 тыс. га с максимальным значением в 2018 г. – 21,2 тыс. га, минимальным – в 2020 г. – 7,3 тыс. га.

Рисоводство в структуре орошаемого земледелия региона является самой водотребовательной отраслью. Анализ показателей водопользования в разрезе государственных мелиоративных систем показывает: для полива риса объем изъятия водных ресурсов из поверхностных водных объектов составляет порядка 3352,014 млн м³ воды в год, что в пределах лимитов в рамках решений о предоставлении водного объекта в пользование с целью изъятия водных ресурсов, в то время как для степной зоны и полива нерисовых культур – 36,74 млн м³ воды в год.

Подача воды для полива риса осуществляется в среднем объемом 2,5 млрд м³,

¹ Годовые технические отчеты ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» за 2016–2020 гг. // Архив ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз».

в т. ч. насосными станциями федеральной собственности на посевы риса подается повторно используемой воды из коллекторно-сбросной сети государственных мелиоративных систем ежегодно порядка 502,7 млн м³ (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Объем водопотребления
отрасли рисоводства в Краснодарском крае**

Анализ основных производственных показателей отрасли рисоводства показывает, что площадь посевов риса в 2020 г. увеличилась на 1,9 тыс. га до 127,0 тыс. га по сравнению с уровнем 2019 г., валовой сбор зерна риса в бункерном весе составил 900 тыс. т (минус 45,9 тыс. т к 2019 г.) при урожайности 70,9 ц/га (минус 4,7 ц/га к 2019 г.) (таблица 3).

**Таблица 3 – Производственные показатели отрасли рисоводства
Краснодарского края в 2020 г. (бункерный вес)**

Наименование района	Площадь, тыс. га	Валовой сбор, тыс. т	Урожайность, ц/га
г. Краснодар	0,4	2,7	68,4
Абинский	12,8	95,3	74,5
Крымский	2,4	17,5	72,2
Северский	2,9	20,9	72,0
Калининский	12,6	95,2	75,4
Красноармейский	45,2	304,8	67,4
Славянский	46,4	342,8	73,9
Темрюкский	4,2	20,7	49,7
Всего в 2020 г.	127,0	900,0	70,9
Всего в 2019 г.	125,1	945,9	75,6

Снижение валового сбора риса на 45,9 тыс. т по сравнению с уровнем 2019 г. связано с дефицитом водных ресурсов в основном водоисточнике региона для сельскохозяйственного водоснабжения – Краснодарском водохранилище.

Анализ баланса приходной и расходной части Краснодарского водохранилища показывает, что приток в 2020 г. составил 6047,0 млн м³, это на 3937,0 млн м³ меньше, чем в 2019 г., в т. ч. за период вегетации – 3122 млн м³ (минус 2938 млн м³ к аналогичному периоду 2019 г.) (рисунок 2).

В связи с маловодьем сброс в нижний бьеф водохранилища за 2020 г. составил 6481,0 млн м³ (минус 5102,0 млн м³ к 2019 г.), в т. ч. для орошения риса в период вегетации 4515 млн м³, или 61,2 % от объема сброса в 2019 г.



Рисунок 2 – Приток воды в Краснодарское водохранилище и сброс в нижний бьеф Краснодарского гидроузла

Для недопущения гибели посевов риса при дефиците водных ресурсов 2020 г. эксплуатирующей государственные мелиоративные системы организацией ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз», которая является легитимным водопользователем согласно требованиям Федерального закона от 03.06.2006 № 74-ФЗ «Водный кодекс Российской Федерации», были введены межсистемные, внутрисистемные, внутриводохозяйственные водообороты, которые обеспечили режим полива на протяжении всего периода вегетации по системе альтернативного смачивания (полива) и сушки (Alternate Wetting and Drying (AWD)) [7–10]. Это позволило дифференцированно использовать объемы воды, сбрасываемые из Краснодарского водохранилища (которое на протяжении всего периода вегетации эксплуатировалось в режиме сниженной водоотдачи согласно «Правилам...»), не допустить гибели риса в критические фазы роста и развития растений, предотвратить потери урожая зерна на 70 % посевной площади. При этом снижение урожайности риса в 2020 г. на 6,2 % в сравнении с 2019 г. является как следствием периодичности (импульсности) орошения, так и недостатком технологии возделывания риса в части сортовой агротехники, размещения культур в севообороте, обусловлено низким агрономическим состоянием почв рисовых полей. На примере вододефицита 2020 г. обоснованы варианты решения проблемы с недостатком воды и реагированием на уровне не только оросительной системы, но и отдельных полей рисовых севооборотов.

Выводы. Анализ проведенных исследований показывает, что при планировании строительства орошаемых участков и проведении гидромелиоративных мероприятий на землях сельскохозяйственного назначения с использованием мер государственной поддержки, планировании посевных площадей сельскохозяйственных культур, в т. ч. риса как самой водотребовательной культуры, необходимо учитывать имеющиеся резервы водных ресурсов в пределах лимитов на изъятие воды из водных объектов, предусматривать технологии орошения, направленные на рациональное водопользование, проводить агрономические мероприятия, способствующие снижению поливных норм, а также потерь на фильтрацию на межхозяйственной и внутриводохозяйственной сети мелиоративных систем, шире внедрять энергосберегающие альтернативные технологии, позволяющие экономить оросительную воду [11, 12].

Дальнейшее развитие сельскохозяйственной мелиорации на Кубани и орошаемого земледелия должно базироваться на рациональном природопользовании за счет имеющихся водных ресурсов.

Список источников

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

-
2. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе / А. Н. Коробка [и др.]. Краснодар, 2015. 352 с.
 3. Малышева Н. Н., Рябцев П. В., Мурашева А. С. К вопросу рационального водопользования при орошении риса в Краснодарском крае // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. XV Междунар. науч.-практ. конф. Пенза: Наука и Просвещение, 2018. С. 93–96.
 4. Краснодарский край в цифрах. 2019: стат. сб. / Краснодарстат. Краснодар, 2020. 315 с.
 5. Система рисоводства Краснодарского края / К. М. Авакян [и др.]. Краснодар, 2011. 340 с.
 6. Об утверждении государственной программы Краснодарского края «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сырья и продовольствия»: постановление главы администрации (губернатора) Краснодар. края от 5 окт. 2015 г. № 944. URL: <http://docs.cntd.ru/document/430643160> (дата обращения: 23.02.2021).
 7. The outlook for water resources in the year 2020: challenges for research on water management in rice production / R. Barker, D. Dawe, T. P. Tuong, S. I. Bhuiyan, L. C. Guerra // International Rice Commission Newsletter. 2000. Vol. 49. P. 7–21.
 8. Facon T. Water management in rice in Asia: some issues for the future // Bridging the Rice Yield Gap in the Asia-Pacific Region / Food and Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand, 2000. P. 178–200.
 9. Klemm W. Saving water in rice cultivation // Proceedings of the 19th Session of the International Rice Commission. FAO, 1998. P. 110–117.
 10. Producing more rice with less water from irrigated systems / L. C. Guerra, S. I. Bhuiyan, T. P. Tuong, R. Barker. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 24 p. (SWIM paper 5). <http://dx.doi.org/10.3910/2009.370>.
 11. Багров М. Н., Кружилин И. П. Сельскохозяйственная мелиорация. М.: Агропромиздат, 1985. 271 с.
 12. Попов В. А., Островский Н. В. Агроклиматология и гидравлика рисовых экосистем: монография. Краснодар: КубГАУ, 2013. 189 с.
-

Информация об авторах

Н. Н. Малышева – доцент, кандидат сельскохозяйственных наук;
С. В. Кизинёк – директор, доктор сельскохозяйственных наук;
А. А. Баранов – начальник юридического отдела;
О. Н. Каданцев – директор Красноармейского филиала.

Information about the authors

N. N. Malysheva – Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences;
S. V. Kizinek – Director, Doctor of Agricultural Sciences;
A. A. Baranov – Head of the Legal Department;
O. N. Kadantsev – Director of the Krasnoarmeysky Branch.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.05.2021; одобрена после рецензирования 19.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted 12.05.2021; approved after reviewing 19.05.2021; accepted for publication 24.05.2021.

УДК 631.811.98

**Фотосинтетическая деятельность и продуктивность
орошаемой сои при комплексной обработке регуляторами роста**

Сергей Артурович Селицкий, Георгий Трифонович Балакай

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

Аннотация. Целью исследований являлось определение влияния обработки семян и растений регуляторами роста на фотосинтетическую деятельность и продуктивность орошаемой сои. Исследования проводились в 2019–2020 гг. в Октябрьском районе Ростовской области на лугово-черноземных почвах, тяжелосуглинистых по гранулометрическому составу. Схемой опыта предусматривалась обработка регуляторами роста Форма № 1 и Кора Р7 семян сои перед посевом и комплексное применение – обработка семян плюс внекорневая обработка растений в фазе бутонизации и в фазе начала налива бобов. Отбор растительных образцов производили по основным фазам развития сои, массу сухого вещества определяли при высушивании образцов, площадь поверхности листьев устанавливали методом высечек, фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза выявляли по методике Ничипоровича. В результате исследований установлено, что применение на посевах сои регуляторов роста Форма № 1 и Кора Р7 способствовало активизации фотосинтетической деятельности, об этом свидетельствует получение в фазе налива бобов максимальных значений площади листьев, сухой массы растений, фотосинтетического потенциала. В среднем за 2 года исследований урожайность сои при комплексной обработке регуляторами роста Форма № 1 и Кора Р7 получена на уровне 4,24 и 4,31 т/га соответственно, причем прибавка урожая от обработки семян составляет 0,23 и 0,30 т/га соответственно, от внекорневой подкормки – по 0,30 т/га, а от совместного действия – 0,53 и 0,60 т/га соответственно.

Ключевые слова: соя, фотосинтетическая деятельность, регулятор роста, площадь листовой поверхности, период вегетации, чистая продуктивность фотосинтеза, урожайность

**Photosynthetic activity and productivity of irrigated
soybeans in complex processing by growth regulators**

Sergey A. Selitsky, Georgiy T. Balakay

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

Abstract. The aim of the research was to determine the influence of seeds and plants treatment with growth regulators on photosynthetic activity and productivity of irrigated soybeans. The studies were carried out in 2019–2020 in Oktyabrsky district Rostov region on meadow chernozem soils, heavy loamy in granulometric composition. The experimental scheme provided for the treatment of soybeans with growth regulators Form no. 1 and Bark P7 before sowing and complex application – seed treatment plus foliar treatment of plants in the budding phase and in the phase of the beginning of beans filling. The selection of plant samples was carried out according to the main phases of soybean development, the dry matter weight was determined by drying the samples, the leaf surface area was determined by the method of stamping, the photosynthetic potential and net productivity of photosynthesis were determined by the Nichiporovich method. As a result of studies, it was found that the application of growth regulators Form no. 1 and Bark P7 on soybean crops promoted the activation of photosynthetic activity, as evidenced by the maximum values of leaf area, dry weight of

plants, photosynthetic potential in the phase of bean filling. On average, over 2 years of research, the yield of soybeans with complex treatment with growth regulators Form no. 1 and Bark P7 was at the level of 4.24 and 4.31 t/ha, respectively, and the increase in yield from seed treatment is 0.23 and 0.30 t/ha, respectively, from foliar feeding – 0.30 t/ha each, and from joint action – 0.53 and 0.60 t/ha, respectively.

Keywords: soybeans, photosynthetic activity, growth regulator, leaf area, vegetation period, photosynthesis net productivity, productivity

Введение. Одним из основателей теории фотосинтетической деятельности растений является А. А. Ничипорович. В его трудах изложены методические основы определения показателей фотосинтетической деятельности и их взаимосвязи с урожайностью сельскохозяйственных культур. Установлено, что до 95 % сухого вещества растений образуется благодаря фотосинтетическому процессу, и чем лучше условия для поглощения солнечной энергии, чем дольше период, в течение которого происходит процесс фотосинтеза, тем выше урожайность сельскохозяйственной культуры [1].

Соя возделывается во многих агроклиматических зонах России с различным притоком солнечной энергии. Средняя урожайность за 5 лет в нашей стране за период с 2015 по 2019 г. составила 1,45 т/га, причем ее рост за этот период составил 20,8 % [2]. Лидерами по урожайности являются Центральный и Южный федеральные округа (1,78 и 1,70 т/га соответственно), а по валовому производству – Центральный округ (2304 тыс. т в 2019 г.).

Продуктивность фотосинтеза растений можно регулировать, применяя подбор сортов и технологические приемы возделывания, адаптированные к природно-климатическим условиям территории, направленные на создание оптимальных условий для удовлетворения биологических потребностей культуры в освещенности, минеральном питании, влагообеспеченности и т. д. [3–5].

Одним из технологических приемов возделывания сои, влияющих на продукционный процесс, является применение росторегулирующих препаратов [6–10].

В связи с этим целью проводимых исследований является определение влияния обработки семян и растений регуляторами роста на фотосинтетическую деятельность и продуктивность сои.

Материал и методы. Исследования проводились в 2019–2020 гг. в ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области. Почвы опытного участка характеризуются как лугово-черноземные, тяжелосуглинистые по гранулометрическому составу. Почвы низкообеспечены гумусом (3,03–3,59 %). По содержанию питательных веществ почвы высокообеспечены нитратным азотом, подвижным фосфором, подвижным калием.

Схема опыта следующая. Контрольный вариант – без стимулятора. Варианты с регуляторами роста Форма № 1 и Кора Р7 включали подварианты с обработкой семян перед посевом (ОС) и плюс к этому внекорневую обработку растений в фазе бутонизации и в фазе начала налива бобов (ОС + внекорневая обработка).

Обработка производилась препаратами Форма № 1 и Кора Р7. При предпосевной обработке семян сои норма внесения составила 1,0 л/т, при внекорневых обработках – 0,5–0,8 л/га.

Учетная площадь делянок составляла 100 м², повторность четырехкратная. В опытах высевался ранний сорт сои СК Оптима.

Способ посева широкорядный с междурядьем 70 см, норма высева семян – 500 тыс. шт./га. Опыт проводился на фоне орошения дождеванием с использованием импортной дождевальнй машины.

Отбор растительных образцов производили по основным фазам вегетации сои, массу сухого вещества определяли после высушивания образцов, площадь поверхности листьев устанавливали методом высечек, фотосинтетический потенциал (ФП) и чистую

продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) выявляли по методике Ничипоровича [1], статистическую обработку данных проводили по Доспехову [11]. Показатели ФП и ЧПФ рассчитывались за период между определениями.

Результаты и обсуждение. Проведенные в течение 2 лет полевые исследования, посвященные изучению влияния регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность посевов и урожайность сои, позволили определить показатели, характеризующие процесс фотосинтеза – площадь листовой поверхности, ФП и ЧПФ.

Установлено, что применение в технологическом процессе возделывания сои таких элементов, как обработка семян и внекорневая подкормка (ВП) в течение вегетации, позитивно отразилось на формировании листовой поверхности растений сои. Анализ данных о площади листовой поверхности показал, что максимальных значений показатель достигал в период налива бобов во всех вариантах и варьировал от 61,48 тыс. м²/га в контрольном варианте (без применения регуляторов роста) до 66,40 тыс. м²/га в варианте с применением регулятора роста Форма № 1 при обработке семян и внекорневой подкормке (таблица 1).

Таблица 1 – Площадь листовой поверхности сои при обработке семян регуляторами роста, среднее за 2019–2020 гг.

В тыс. м²/га

Вариант		Фаза развития						
		3-й тройчатый лист	ветвление	цветение	образование бобов	налив бобов	начало созревания	полный налив семян
Контроль	без стимуляторов	9,25	16,95	28,82	50,60	61,48	44,04	17,31
Форма № 1	ОС	9,55	17,80	30,55	52,15	65,17	49,09	22,34
	ОС + ВП	9,65	17,80	31,13	53,75	66,40	52,27	26,05
Кора Р7	ОС	9,50	17,63	30,27	51,70	64,55	47,81	20,94
	ОС + ВП	9,55	17,63	30,84	53,25	65,76	50,36	23,90

Результаты в вариантах с применением внекорневой обработки в сочетании с обработкой семян перед посевом были выше по сравнению с вариантами только при семенной обработке во всех фазах развития.

ФП характеризуется работой ассимиляционной поверхности листьев. Анализ полученных данных говорит о том, что максимальные значения площади листовой поверхности обеспечили наилучшую производительность фотосинтетической деятельности (таблица 2). Показатели ФП посевов сои постепенно возрастали до периода ветвления – цветения, а далее его показатели резко увеличивались до периода налива бобов – начала созревания (от 1399,53 до 1573,81 тыс. м²·сут/га в зависимости от варианта опыта). Наибольший показатель был отмечен в варианте с регулятором роста Форма № 1 при обработке им семян перед посевом и внекорневой подкормке.

Далее в течение вегетации растений ФП снижался при опадании листьев в период созревания.

Регуляторы роста повлияли на величину площади листовой поверхности и накопление сухой массы, что отразилось на значениях ЧПФ, представленных в таблице 3.

По сравнению с контрольным вариантом комплексное применение регуляторов роста обеспечило увеличение ЧПФ. В начальные периоды развития показатели ЧПФ были наибольшими, поскольку посевы в это время лучше освещены, в дальнейшем с развитием листового аппарата эти показатели снижаются.

Основные показатели фотосинтетической деятельности посевов и урожайность сои представлены таблице 4.

Таблица 2 – Фотосинтетический потенциал посевов сои в зависимости от регуляторов роста (в среднем за 2019–2020 гг.)В тыс. м²·сут/га

Вариант		Период развития							За вегетацию
		всходы – 3-й лист	3-й лист – ветвление	ветвление – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив бобов	налив бобов – начало созревания	созревание – полная спелость	
Контроль	без стимуляторов	83,25	124,95	399,50	883,20	1181,70	1399,53	367,51	4438,91
Форма № 1	ОС	85,95	130,43	422,02	918,22	1237,30	1515,46	427,16	4736,13
	ОС + ВП	86,85	130,93	427,06	941,55	1267,40	1573,81	468,79	4896,00
Кора Р7	ОС	85,50	129,42	418,08	910,73	1226,00	1490,22	411,12	4670,21
	ОС + ВП	85,95	129,67	423,07	932,88	1255,55	1539,82	444,20	4810,56

Таблица 3 – Чистая продуктивность фотосинтеза (в среднем за 2019–2020 гг.)В г/(м²·сут)

Вариант		Период развития							За вегетацию
		всходы – 3-й лист	3-й лист – ветвление	ветвление – цветение	цветение – образование бобов	образование бобов – налив бобов	налив бобов – начало созревания	созревание – полная спелость	
Контроль	без стимуляторов	9,84	10,17	8,10	2,58	2,09	0,99	3,95	5,39
Форма № 1	ОС	9,83	10,51	8,19	2,53	2,09	1,07	4,05	5,46
	ОС + ВП	9,74	10,48	8,75	2,64	2,19	1,11	4,11	5,57
Кора Р7	ОС	9,84	10,46	8,58	2,63	2,13	1,15	4,29	5,58
	ОС + ВП	9,80	10,44	8,37	2,61	2,24	1,13	4,11	5,53

Таблица 4 – Основные показатели фотосинтетической деятельности посевов и урожайность сои (в среднем за 2019–2020 гг.)

Вариант		Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га	ФП за вегетацию, тыс. м ² ·сут/га	Максимальное накопление сухого вещества, т/га	Урожайность, т/га	Прибавка урожая (т/га) от		
						ОС	ВП	ОС + ВП
Контроль	без стимуляторов	61,48	1399,53	10,05	3,71	0	0	0
Форма № 1	ОС	65,17	1515,46	10,55	3,94	0,23	–	0,53
	ОС + ВП	66,40	1573,81	11,18	4,24	–	0,30	
Кора Р7	ОС	64,55	1490,22	10,78	4,01	0,30	–	0,60
	ОС + ВП	65,76	1539,82	10,96	4,31	–	0,30	
НСР ₀₅ , т	0,12							

Наибольшая величина площади листовой поверхности была получена при применении регулятора роста Форма № 1 при комплексной обработке семян перед посевом и внекорневой подкормке в фазе бутонизации и начала налива бобов. Максимальная

урожайность получена в варианте с применением регулятора роста Кора Р7 (4,31 т/га). Прибавка урожая от совместного действия регулятора роста Форма № 1 составила 0,53 т/га, а у Кора Р7 – 0,60 т/га.

Выводы. Применение на посевах сои регуляторов роста Форма № 1 и Кора Р7 способствовало активизации фотосинтетической деятельности, об этом свидетельствует получение в фазе налива бобов максимальных значений площади листьев, сухой массы растений, фотосинтетического потенциала. В среднем за 2 года исследований урожайность сои при комплексной обработке регуляторами роста Форма № 1 и Кора Р7 получена на уровне 4,24 и 4,31 т/га соответственно, причем прибавка урожая от обработки семян составляет 0,23 и 0,30 т/га соответственно, от внекорневой подкормки – по 0,30 т/га, а от совместного действия – 0,53 и 0,60 т/га соответственно.

Список источников

1. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (методы и задачи учета в связи с формированием урожая) / А. А. Ничипорович, Л. Е. Строгонова, С. Н. Чмора, М. П. Власова; Акад. наук СССР, Ин-т физиологии растений им. К. А. Тимирязева. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1961. 135 с.
2. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения: 16.04.2021).
3. Бабичев А. Н., Монастырский В. А., Ольгаренко В. Иг. Способ совершенствования элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 4(72). С. 48–53.
4. Бабичев А. Н., Балакай Г. Т., Монастырский В. А. Оперативное управление режимом орошения при программировании урожайности сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2017. № 3(27). С. 83–96. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=285> (дата обращения: 16.04.2021).
5. Бабичев А. Н., Бабенко А. А. Анализ использования дифференцированного подхода при орошении сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 4(40). С. 182–204. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1166> (дата обращения: 16.04.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-182-204.
6. Чернышева Н. В., Тосунов Я. К., Барчукова А. Я. Биологическая эффективность применения органоминерального удобрения Квантум бор-молибден на сое // Рисоводство. 2018. № 4. С. 46–50.
7. Шаповал О. А., Мухина М. Т. Фотосинтез и продуктивность сои при использовании регуляторов роста растений комплексного действия // АгроXXI. 2015. № 4–6. С. 28–29.
8. Барчукова А. Я., Тосунов Я. К., Чернышева Н. В. Биологическая эффективность применения агрохимиката Форкоп марки Актисемо-Л на сое // Рисоводство. 2020. № 3(48). С. 84–89. DOI: 10.33775/1684-2464-2020-48-3-84-89.9.
9. Фотосинтетическая продуктивность орошаемых посевов разноспелых сортов сои в условиях Нижнего Поволжья / В. В. Толоконников, Т. С. Кошкарлова, С. В. Иленева, В. Ф. Лобойко // Научный альманах. 2016. № 3-3(17). С. 468–473. DOI: 10.17117/па.2016.03.03.468.
10. Балакай Г. Т., Селицкий С. А. Влияние применения регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность и на продуктивность сои // Современные аспекты управления плодородием агроландшафтов и обеспечения экологической устойчивости производства сельскохозяйственной продукции: материалы Междунар. науч.-практ. конф. «От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение сельского хозяйства», 21–22 сент. 2020 г. Персиановский: Донской ГАУ, 2020. С. 222–228.

11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.

Информация об авторах

С. А. Селицкий – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук;
Г. Т. Балакай – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

S. A. Selitsky – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences;
G. T. Balakay – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.05.2021; одобрена после рецензирования 20.05.2021; принята к публикации 26.05.2021.

The article was submitted 13.05.2021; approved after reviewing 20.05.2021; accepted for publication 26.05.2021.

УДК 626.88

Узел сооружений для бесконтактной технологии перемещения рыб с использованием живорыбных контейнеров

Алексей Викторович Шевченко

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

Аннотация. Целью настоящего исследования является разработка узла сооружений и технологии облова, транспортирования и вселения рыб в природные и техногенные водные объекты, обеспечивающей нахождение гидробионтов в приемлемых для них водно-средовых условиях на протяжении всего технологического цикла. Применение вышеуказанной технологии с соответствующими конструктивными решениями рыботранспортирующих, обловных сооружений и устройств повышает выживаемость рыбопосадочного материала и, соответственно, увеличивает эффект от ведения рыбоводства. Основу исследования составили материалы известных конструктивных решений водорыбовых выпускных и контейнерных рыбоулавливающих сооружений и данные натурных обследований рыбоводных комплексов Ростовской области. Установлено, что существующие технологии облова и транспортирования рыб к зарыбляемому водоему оказывают на них травмирующее и угнетающее воздействие. Причиной этому является пребывание рыб в обезвоженном контейнере (в воздушном пространстве), а также мероприятия, связанные с их перемещением из рыболовного контейнера в транспортную живорыбную емкость. Для устранения установленных технологических недостатков предлагается применять технологию облова и транспортирования рыб, основанную на применении живорыбных контейнеров, обеспечивающую их содержание в водной среде с определенным физико-химическим составом на протяжении всего технологического процесса – от облова до зарыбления гидробионтами-вселенцами целевого водного объекта. Разработан узел сооружений, обеспечивающий транспортирование рыбопосадочного материала водным потоком и его облов посредством живорыбных контейнеров. Предложена и научно обоснована технология бесконтактно-

го облова и перемещения рыбопосадочного материала внутри и за пределами рыбоводно-мелиоративного комплекса.

Ключевые слова: рыбоводство, рыбоводно-мелиоративный комплекс, рыбоуловитель, рыболовный контейнер, технология облова и транспортирования рыб

Structure cluster for contactless fish transporting technology using live fish containers

Alexey V. Shevchenko

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

Abstract. The purpose of this study is to develop a cluster of structures and technology for fish seining, transporting and introducing into natural and technogenic water bodies, which ensures the presence of aquatic organisms in acceptable water-environmental conditions throughout the entire technological cycle. The use of the above-mentioned technology with appropriate design solutions for fish transporting, seining structures and facilities increases the survival rate of fish stocking material and, accordingly, increases the effect of fish farming. The study was based on the well-known design solutions for fish outlet works and container fish-catching facilities and data from field surveys of fish-breeding complexes in Rostov region. It was determined that the existing technologies for fish seining and transporting to a stocked reservoir have a traumatic and depressing effect on them. The reason for this is the presence of fish in a dehydrated container (in airspace), as well as activities related to their transfer from the fishing container to the transport live fish container. To eliminate the determined technological shortcomings, it is proposed to apply the technology of fish seining and transporting, based on the use of live fish containers, ensuring their content in an aquatic environment with a certain physical-chemical composition throughout the entire technological process - from fishing to stocking with aquatic organisms-invasers of the target water body. A structure cluster has been developed that ensures the transportation of fish stocking material by a water stream and its seining by means of live fish containers. The technology of contactless fish stocking material seining and transporting inside and outside the fish-breeding and reclamation complex has been proposed and scientifically substantiated.

Keywords: fish farming, fish breeding and reclamation complex, fish trap, fishing container, fish seining and transporting technology

Введение. Директивными документами и актами Российской Федерации до 2030 г. предусмотрено восполнение и почти трехкратное увеличение объемов товарной рыбной продукции во внутренних водоемах страны, в т. ч. и в водохранилищах ирригационного назначения. С учетом все возрастающего дефицита водных ресурсов, ухудшения экологического состояния природных водных объектов, снижения их продукционного потенциала предложено и научно обосновано использование приканальных, приводохранилищных и пригидроузловых рыбоводно-мелиоративных комплексов для восстановления природного, ресурсного и рекреационного потенциала водоемов, и в частности водохранилищ [1–3]. В пригидроузловых комплексах реализуются технологии по самостоятельному перемещению, бесконтактному отлову и интродуцированию рыб как внутри комплекса, так и за его пределами [4–7].

Анализ указанных и других открытых информационных источников [8, 9], а также натурные обследования действующих рыбоводных комплексов, сооружений и устройств, входящих в их состав, позволил сделать нижеследующие заключения.

1 Контакты сносимых водным потоком рыб с конструктивными и технологическими элементами применяемых рыбопроводящих и рыбоулавливающих сооружений и устройств приводят к их угнетению и травмированию.

2 При использовании сетчатого водопроницаемого контейнера в контейнерных рыбоуловителях имеет место нахождение массы накопленных в них рыб на протяжении определенного временного отрезка в обезвоженном состоянии.

3 Перемещение рыб из сетчатого контейнера в живорыбную транспортную емкость (с отличным от природного физико-химическим составом водной среды) и далее в зарыбляемый водоем приводит к физическим увечьям (выраженным в нарушении чешуйчатого покрова) и стрессовому (угнетенному) их состоянию.

4 Во время перегрузки рыбопосадочного материала из рыболовного контейнера в транспортные емкости отмечается прилипание рыб к его внутренней поверхности.

Отмеченные выше негативы характерны для применяемых сооружений по выпуску, отлову и перемещению рыб и приводят к их травмированию и частичной гибели.

Представленная на рисунке 1 схема иллюстрирует основные технологические операции функционирования контейнерного рыбоуловителя – по заполнению сетчатого контейнера рыбой, его подъему, перегрузке рыб из него в транспортные емкости и зарыблению рыбоводного водоема (канала, пруда, водохранилища).

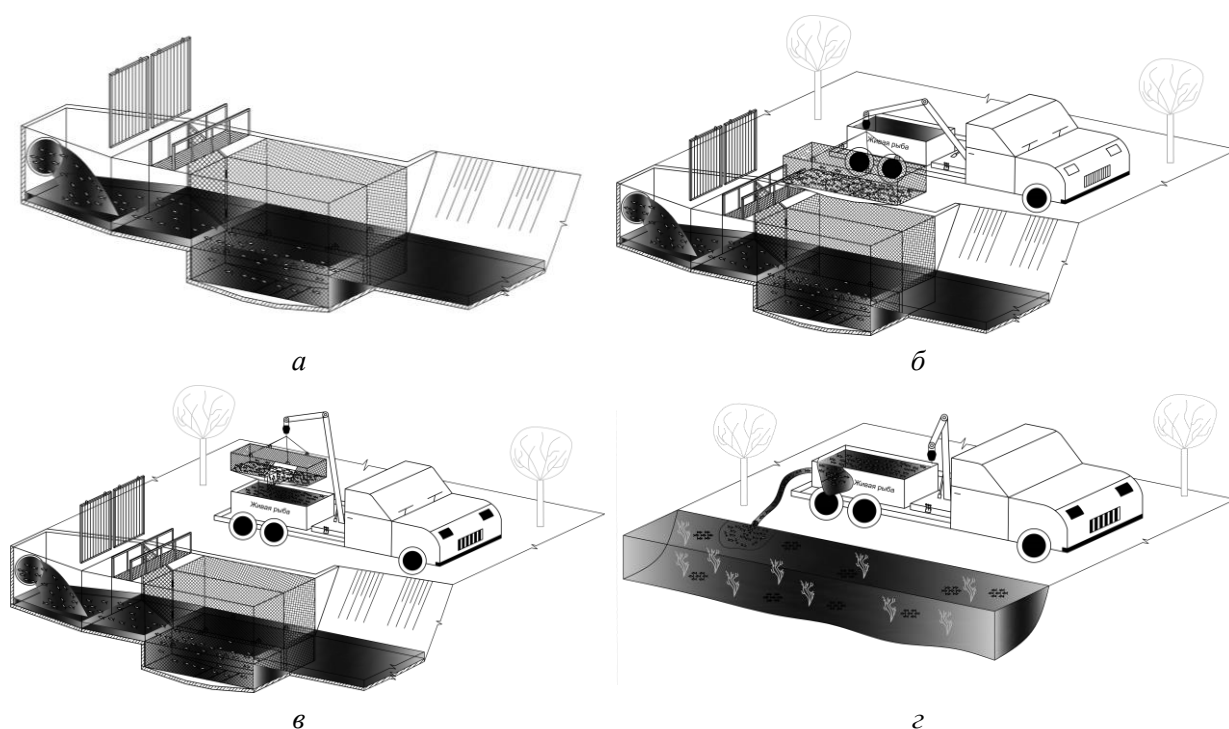


Рисунок 1 – Схема функционирования сооружений для выпуска и облова рыб по контактной с техническими средствами технологии: а – заполнение контейнера рыбой; б – выемка контейнера с рыбой; в – перегрузка рыбы в живорыбную емкость; г – выпуск рыбы в водоем

Основным недостатком технологии, реализуемой согласно рисунку 1, является высокий коэффициент отсева выращиваемого в рыбоводных водоемах (прудах и бассейнах) рыбопосадочного материала, что приводит к низкому эффекту от проведения ихтиологических мелиораций зарыбляемых водных объектов и ведения рыбоводства.

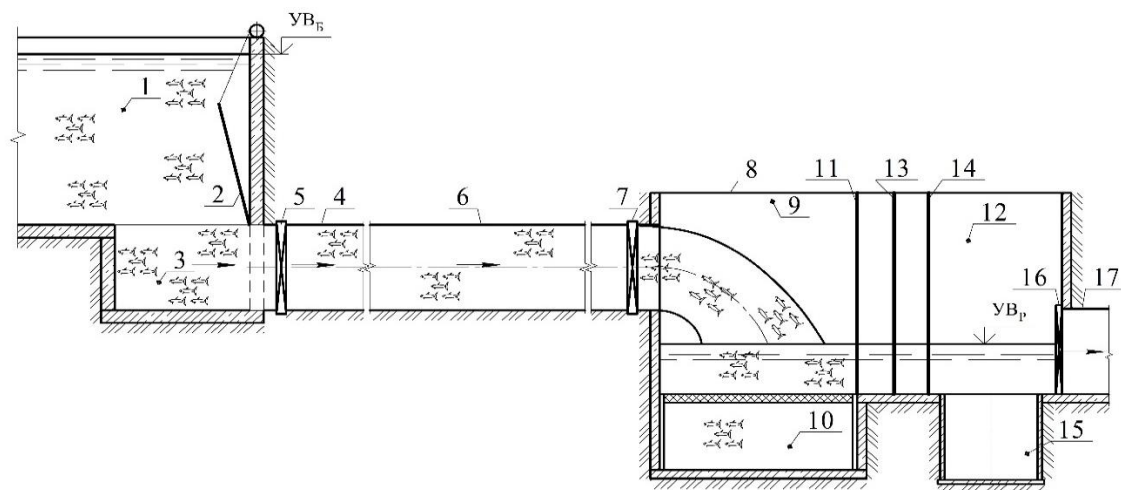
Поэтому за целевую установку исследования принята разработка узла рыбопускных, рыбообловных сооружений и бесконтактной технологии их функционирования по выпуску молоди рыб из рыбоводных бассейнов, их отлову, перемещению, интродуцированию в водохранилища, основанных на применении живорыбных контейнеров.

Материалы и методы. Методологическую основу настоящей публикации составили результаты анализа известных конструктивных решений рыбоуловителей и технологических операций, совершаемых с рыбопосадочным материалом, представленных

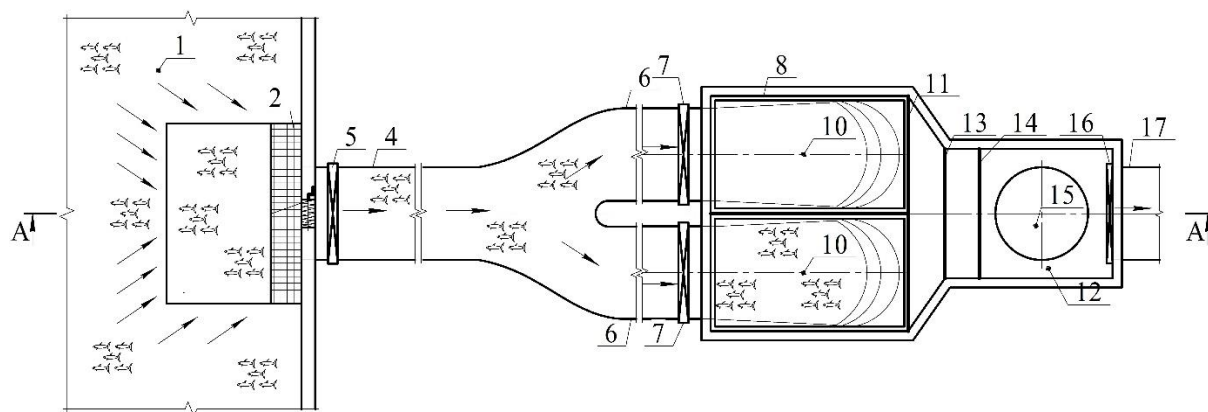
в открытых информационных источниках, а также авторские данные обследований рыбоводных комплексов бассейнового и прудового типов. При разработке сооружений и устройств рыбохозяйственного назначения использованы известные и общепринятые методы научного анализа и синтеза, а также приемы поискового конструирования.

Результаты и обсуждение. Настоящим и предшествующими [10, 11] исследованиями выявлена и обоснована необходимость кардинального улучшения узла сооружений по выпуску и облову рыбопосадочного материала, культивируемого в водоемах (прудах и бассейнах) рыбоводного назначения. Следуя целевой установке исследования, разработали узел сооружений, обеспечивающий бесконтактный (с сооружениями и орудиями лова) выпуск и облов гидробионтов, схема которого представлена на рисунке 2.

Разрез А – А



План



- 1 – рыбоводный бассейн; 2 – рыбозаградительная решетка водорыбоспуска;
 3 – рыбоконцентрирующий приямок; 4 – труба донного водорыбоспуска;
 5, 7 – регулирующие задвижки; 6 – ветви водорыбоспускного трубопровода;
 8 – рыбоуловитель контейнерный; 9 – камера облова; 10 – рыболовный контейнер;
 11 – сетчатое ограждение; 12 – водорегулирующая камера;
 13 – рыбозаградительная решетка рыбоуловителя; 14 – деревянные шандоры;
 15 – колодец; 16 – затвор водоспуска; 17 – водоспускная труба

Рисунок 2 – Конструктивно-гидравлическая схема сопряжения рыбоводного бассейна, водорыбоспуска и рыбоуловителя

Узел сооружений, состоящий из рыбоводного бассейна, донного трубчатого водорыбоспуска и контейнерного рыбоуловителя, предназначен для осуществления операций по выпуску, перемещению и облову рыб посредством использования живорыбных рыболовных водонепроницаемых контейнеров.

Узел сооружений функционирует следующим образом. Сконцентрированные в рыбоконцентрирующей приямке 3 рыбоводного бассейна 1 при открытой рыбозаградительной решетке (имеющей возможность поворота относительно горизонтальной оси) 2 и задвижке 5 донного водорыбовыпускного трубопровода 4 особи гидробионтов с водным потоком перемещаются в камеру облова 9 рыбоулавливающего сооружения 8 с предварительно установленными в нишах живорыбными контейнерами 10. Облов выпущенных из рыбоводного водоема и сконцентрированных в камере облова 9 рыб осуществляется подъемом контейнера 10 с помощью кранового оборудования. Регулирование заполнения каждой из секций камеры облова 9 осуществляется попеременным открытием и закрытием задвижек 7 ответвлений водопроводящих трубопроводов 6. Сброс излишков водных масс из рыбоулавливающего сооружения осуществляется через водоспускную трубу 17, а проточность и уровневый режим – попеременным открытием и закрытием деревянных шандор 14 и плоского затвора 16.

Решая одну из задач настоящего исследования по синтезу технологии, базирующейся на применении живорыбных контейнеров, разработали соответствующее технологическое решение. Базовые технологические операции по заполнению живорыбного контейнера рыбой, его выемке из рыбоуловителя, погрузке на транспортное средство и зарыблению водоема проиллюстрированы следующими схемами (рисунок 3).

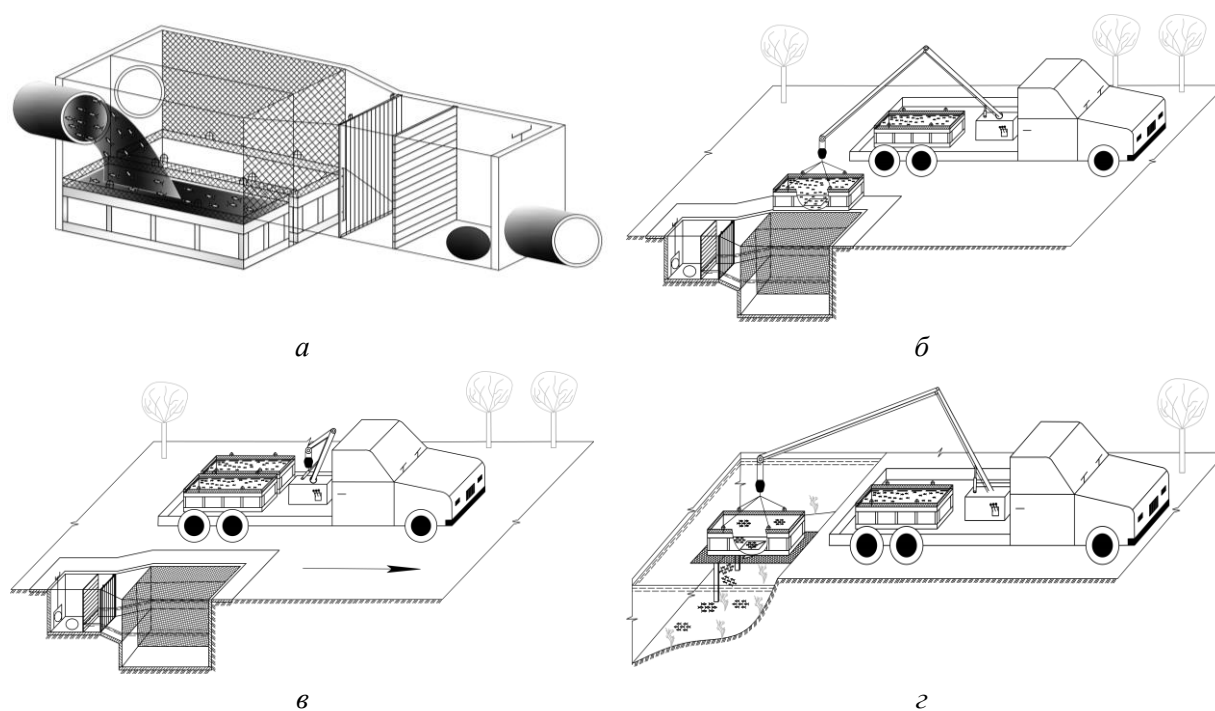


Рисунок 3 – Схема функционирования узла сооружений для выпуска и облова рыб по бесконтактной с техническими средствами технологии: а – заполнение контейнера рыбой; б – выемка живорыбного контейнера с рыбой; в – транспортирование рыб к водоему; г – выпуск рыб в водоем

Основным конкурентным преимуществом разработанной бесконтактной технологии является пребывание рыб в водной среде на протяжении всего технологического маршрута, что в значительной степени позволяет снизить количество стрессовых факторов, действующих на рыбопосадочный материал, и повысить его выживаемость при вселении (интродуцировании) в водный объект (пруд или водохранилище).

Выводы

1 Разработано компоновочное решение узла сооружений рыбоводного назначения для выпуска и облова рыбопосадочного материала.

2 Разработана технология бесконтактного с орудиями лова облова, транспортирования и выпуска рыб в природный или техногенный водный объект с использованием живорыбных контейнеров.

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 рыбоводных комплексов на базе оросительно-обводнительных каналов / В. Н. Шкура, О. А. Баев, А. Ю. Гарбуз, Ю. М. Косиченко. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2018. 43 с.
3. 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: 01.05.2021). DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-27-45.
4. А. с. 1544879 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоход / Г. М. Сукало, В. Н. Шкура, А. Г. Гуюмджибашян, В. С. Аникин. № 4447105; заявл. 23.05.88; опубл. 23.02.90, Бюл. № 7. 3 с.: ил.
5. А. с. 1562397 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоходно-нерестовый канал / В. Н. Шкура, Г. М. Сукало, А. М. Анохин, А. А. Чистяков, А. Г. Гуюмджибашян, В. С. Аникин. № 4300015; заявл. 24.08.87; опубл. 07.05.90, Бюл. № 17. 3 с.: ил.
6. А. с. 1666633 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоходно-нерестовый канал / В. Н. Шкура, А. М. Анохин, А. А. Чистяков, В. А. Черкасов, А. В. Новойдарский. № 4719076; заявл. 17.07.89; опубл. 30.07.91, Бюл. № 28. 3 с.: ил.
7. А. с. 1760001 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоходно-нерестовый канал / А. А. Чистяков, В. Н. Шкура, В. А. Черкасов, А. М. Анохин. № 4834526; заявл. 26.02.90; опубл. 07.09.92, Бюл. № 33. 4 с.: ил.
8. Нестеров М. В., Нестерова И. М. Гидротехнические сооружения и рыбоводные пруды: учеб. пособие. Минск: Новое знание; М.: ИНФА-М, 2012. 682 с.
9. Шелестова Н. А. Проектирование гидротехнических сооружений рыбоводных хозяйств: учеб. пособие. Новочеркасск: Новочеркас. гос. мелиоратив. акад., 2003. 271 с.
10. Сукало Г. М., Шевченко А. В. Донный водорыбовый выпуск из рыбоводного бассейна // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 2(78). С. 86–92.
11. Шевченко А. В., Куприянов А. А. Живорыбный контейнер для рыбоуловителей рыбоводных прудов и бассейнов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 3(79). С. 126–131.

Информация об авторе

А. В. Шевченко – младший научный сотрудник.

Information about the author

A. V. Shevchenko – Junior Researcher.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.03.2021; одобрена после рецензирования 21.05.2021; принята к публикации 31.05.2021.

The article was submitted 22.03.2021; approved after reviewing 21.05.2021; accepted for publication 31.05.2021.

УДК 631.674.6:634

**О влиянии компоновки капельных поливных модулей
на параметры зон увлажнения растений в садовых насаждениях**

Виктор Николаевич Шкура, Андрей Александрович Куприянов

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

Аннотация. Цель исследования – оценка влияния компоновочно-конструктивных решений поливных модулей на параметры зон увлажнения, формирующихся при капельном поливе древесно-плодовых растений, культивируемых в промышленных садах. Эмпирическую основу работы составили разработки в области проектирования капельных поливных сетей для капельного полива древесно-плодовых садов и авторские исследования, посвященные изучению параметров контуров увлажнения черноземных почв. Аналитическое исследование проведено для садового насаждения с рядовой схемой посадки древесно-плодовых культур при расстоянии между растениями в ряду 2,0 м и междурядовом расстоянии, составляющем 4,0 м. Почвенный покров садового участка представлен южными среднесуглинистыми черноземами. Рассмотрено расположение и геометрические размеры контуров влажности, которые формируются в почвенном пространстве садовых насаждений при различных компоновочно-конструктивных решениях поливных модулей, обеспечивающих капельный полив рядово расположенных древесно-плодовых растений, культивируемых в промышленных садах. Дана оценка влияния одно- и двухлинейного размещения капельных поливных трубопроводов с различным количеством и расположением на них капельных микроудовыпусков на расположение и размеры локальных контуров влажности и полос увлажнения.

Ключевые слова: капельное орошение, промышленный сад, зоны увлажнения, контуры влажности, поливной модуль, капельные линии

**On the influence of drip irrigation module layout
on the plant humidification zone parameters in garden plantings**

Viktor N. Shkura, Andrey A. Kupriyanov

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

Abstract. The aim of the study is to assess the influence of the layout and design schemes of irrigation modules on the parameters of humidification zones formed during drip irrigation of tree-fruit plants cultivated in industrial gardens. The empirical basis of the work was the development in the field of drip irrigation networks design for drip irrigation of tree-fruit orchards and the author's research devoted to the study of the parameters of the moisture contours of chernozem soils. An analytical study was carried out for a garden plantation with an ordinary planting scheme for tree-fruit crops with a distance between plants in a row of 2.0 m and an inter-row distance of 4.0 m. The soil cover of the garden plot is represented by southern medium-thick heavy loamy chernozems. The location and geometrical dimensions of moisture contours, formed in the soil space of garden plantings with different layout and design schemes of irrigation modules, providing drip irrigation of row-located tree-fruit plants cultivated in industrial gardens, are considered. An assessment of the influence of one- and two-line placement of drip irrigation pipelines with different numbers and locations of drip micro-outlets on them on the location and size of local moisture contours and humidification lines is made.

Keywords: drip irrigation, industrial garden, humidification zones, moisture contours, irrigation module, drip lines

Введение. Плодоводство в южной природно-климатической зоне базируется на создании и использовании капельно орошаемых садов. Продуктивность древесно-плодовых растений, культивируемых в южной плодородной зоне, в значительной степени определяется качеством их искусственного водообеспечения и фертигации. Соответствующее потребностям древесно-плодовых культур капельное орошение и капельная фертигация могут быть обеспечены при соответствующих условиях произрастания растений устройстве капельных поливных сетей и составляющих их поливных модулей. Поливные модули должны соответствовать условиям (схемам) посадки (размещения) плодовых деревьев в насаждениях. При их разработке необходимо обеспечить соответствующую потребностям растения площадь увлажнения с подачей поливной воды и (или) поливных растворов в зоны потребления влаги и элементов минерального питания корнями. При этом капельно увлажняемая зона должна по площади коррелироваться с площадью питания многолетних культур, а количество и размещение капельных микроводовыпусков должны соответствовать зонам расположения основной массы активных корней. Отметим, что до настоящего времени специалисты в области садоводства не определились с рекомендациями по соотношению капельно увлажняемой площади и площади питания многолетних древесно-плодовых культур. Известные авторам предложения по этому вопросу [1–3] не имеют должной апробации. Имеет место неопределенность в разрешении задачи по определению количества и размещению капельниц в зоне питания многолетних культур с развитой корневой системой. Так, О. Е. Ясониди рекомендует устраивать две-три капельницы на одно древесное (семечковое) растение [3], а по мнению М. Ю. Храброва, количество капельниц может составлять от двух до шести единиц на одно дерево [4]. Б. Б. Шумаков [5] рекомендует устройство восьми капельниц на одно древесно-плодовое растение, культивируемое на легких почвах, и четырех капельниц при возделывании на тяжелых почвах. При этом учитывается форма крон древесных культур. Пример расположения нескольких капельниц на одно садовое растение по Б. Б. Шумакову [5] проиллюстрирован рисунком 1. Также известны предложения по устройству одной-двух капельниц на дерево.

Среди специалистов не сформировалось единого мнения не только о количестве капельниц, обеспечивающих полив растения, но и об их расположении в пределах зоны питания корневых систем многолетних древесных культур. В практике садоводства получили распространение схемы поливных модулей с вдольрядовым расположением одной капельной линии с одной и двумя капельницами на растение. При устройстве одной капельницы она обычно располагается у штамба (ствола) дерева с формированием контура влажности в почвенной толще, прилегающей к корневой шейке растения. При устройстве двух (чаще) или трех (реже) капельниц на одно растение стремятся сформировать вдольрядовую приштамбовую полосу увлажнения почвы.

Материалы и методы. Экспериментальную основу исследования составили известные разработки схем размещения древесно-плодовых растений в промышленных садах и авторские зависимости для определения размеров контуров влажности, формирующихся в почвенном пространстве при капельном поливе. К исследованиям выбраны садовые насаждения рядовой посадки, культивируемые в условиях степной природно-климатической зоны на участках, почвенный покров которых представлен южными среднесиловыми суглинистыми черноземами. При этом компоновочно-конструктивные решения капельных поливных модулей, обеспечивающих полив ряда древесных растений, рассмотрены на примере схемы их размещения 4×2 м.

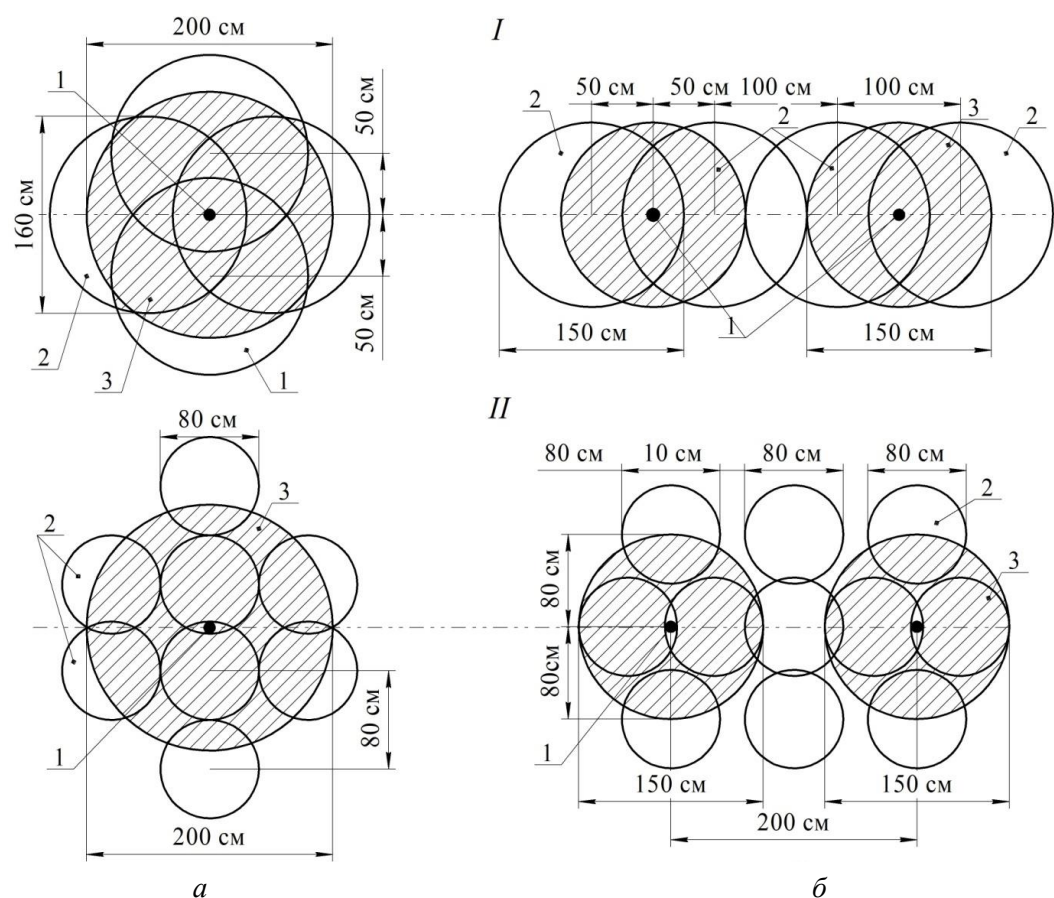
Результаты и обсуждение. Компоновочно-конструктивное решение поливного модуля для капельного полива рядово размещенных древесно-плодовых культур в садовых насаждениях принимается с учетом ряда нижеследующих требований.

1 Поливной модуль должен обеспечить увлажнение определенного жизненного пространства обитания и функционирования корней растений, по площади составляю-

щего определенную, зависящую от природно-климатических условий и биологических особенностей растений долю площади питания культур, а глубина увлажняемой почвогрунтовой толщи должна соответствовать глубине расположения основной массы корней растения [6]. Количество подаваемой воды и элементов питания, подаваемых в корнеобитаемое пространство, должно быть сбалансировано с потребностями культивируемых растений.

2 Подача поливных растворов должна осуществляться в зоны расположения основной массы активных корней растения, т. е. в зоны потребления ими влаги и элементов питания. При этом необходимо исключить как переувлажнение почвы, так и ее иссушение, а также сверхнормативную минерализацию почвы в зонах каплевания.

3 Конструктивные элементы поливных модулей не должны создавать препятствий для ведения уходных и уборочных работ с применением технических средств.



I – на тяжелых по гранулометрическому составу почвах; *II* – на легких почвах;
a – древесно-плодовые растения; *б* – растения с пальметтной кроной;
 1 – растение; 2 – локальные контуры влажности; 3 – зоны расположения основной части корневой системы растений

Рисунок 1 – Схемы расположения капельных микроводовыпусков для полива древесно-плодовых культур

Наряду с требованиями при проектировании поливных модулей необходимо учитывать условия их функционирования, наиболее значимые из них приведены ниже.

1 Почвенно-рельефные условия, оказывающие влияние на формирование и расположение корневой системы растений и на параметры контуров влажности.

2 Биологические особенности культивируемых в садовом насаждении древесно-плодовых растений, проявляющиеся в интенсивности водного и минерального питания и через геометрию расположения и линейные параметры их корневых систем [6].

3 Садово-технологические особенности плодово-древесного насаждения, характеризующие схемой расположения растений с определенным междурядным расстоянием и в ряду, определяющие площадь и форму зоны их влаго-минерального питания.

В практике капельно орошаемого садоводства не все требования соблюдаются и не все условия для создания рациональных решений поливных модулей учитываются. Указанное обстоятельство объясняется сложностью учета многофакторного влияния требований и условий, дефицитом рекомендаций и стремлением к экономии затрат, часто приводящими к ущербу для продуктивности культур. Учитывая широкий спектр сочетаний факторов влияния, определяемых условиями устройства и функционирования поливных модулей, к последующему рассмотрению приняли нижеследующие.

1 Из широкого набора схем размещения растений в промышленных садах принята одна схема их посадки, характеризующая соотношением $B_{м/р} \times L_{м/р} = 4,0 \times 2,0$ м.

2 Почвенно-рельефные условия характеризуются садовым участком с почвенным покровом, представленным южными среднесуглинистыми черноземами с содержанием физической глины $W_r = 49,8$ % от массы сухой почвы (МСП) и наименьшей влагоемкостью $W_{НВ} = 25,5$ % МСП.

3 Глубина увлажняемого слоя почвы ($h_{увл}$) с послеполивной влажностью $\beta_{п/п} = 0,7 \cdot \beta_{НВ}$ (где $\beta_{НВ}$ – влажность почвы, соответствующая ее наименьшей влагоемкости) принята равной $h_{увл} = h_{кон} = 1,0$ м (где $h_{кон}$ – глубина контура).

Расчетные значения диаметров локальных контуров влажности ($d_{кон}$) определялись по авторской экспериментальной зависимости, имеющей вид:

$$d_{кон} = 0,62 \cdot h_{кон} \cdot (W_r / W_{НВ})^{0,71}.$$

На первом этапе исследования рассмотрена однолинейная схема поливного модуля с расположением поливного трубопровода вдоль ряда древесно-плодовых растений на расстоянии 20 см от штамба в направлении одного из междурядий и по оси ряда. Результаты прогнозирования параметров зон увлажнения почвенного пространства применительно к фрагменту ряда древесных культур проиллюстрированы рисунком 2.

По приведенным на рисунке 2 схемам можно заключить нижеследующее.

1 Для принятой к рассмотрению схемы размещения растений выделенная площадь питания каждого дерева составляет: $\omega_{пит} = B_{м/р} \cdot L_{м/р} = 4,0 \times 2,0 = 8,0$ м².

2 Диаметр контура влажности составит: $d_{кон} = 0,62 \cdot 1,0 \cdot (49,8/25,5)^{0,71} = 1,0$ м, при этом диаметре площадь контура увлажнения $\omega_{кон} = 0,785 \cdot 1,0^2 = 0,785$ м².

3 Соотношение увлажняемой площади и площади питания ($\omega_{увл} / \omega_{пит}$) при одной капельнице на растение (схема а) составит: $0,785/8,0 = 0,098$, или 9,8 %, а для схемы б с двумя капельницами составит 19,6 %, что близко к нижнему пределу рекомендуемого значения и не соответствует рекомендациям, приведенным в работе О. Е. Ясониди и др. [1, 2].

4 При приштамбовом расположении одной капельницы (по рисунку 2а) формируется локальный контур влажности в приштамбовой зоне корневой системы растения, что из-за переувлажнения почвы не соответствует рекомендациям, приведенным в наших предыдущих публикациях [2].

5 При устройстве двух капельниц формируется полоса увлажнения из двух расположенных в пределах кроны локальных контуров влажности с асимметричным их расположением относительно штамба древесного растения (рисунок 2б).

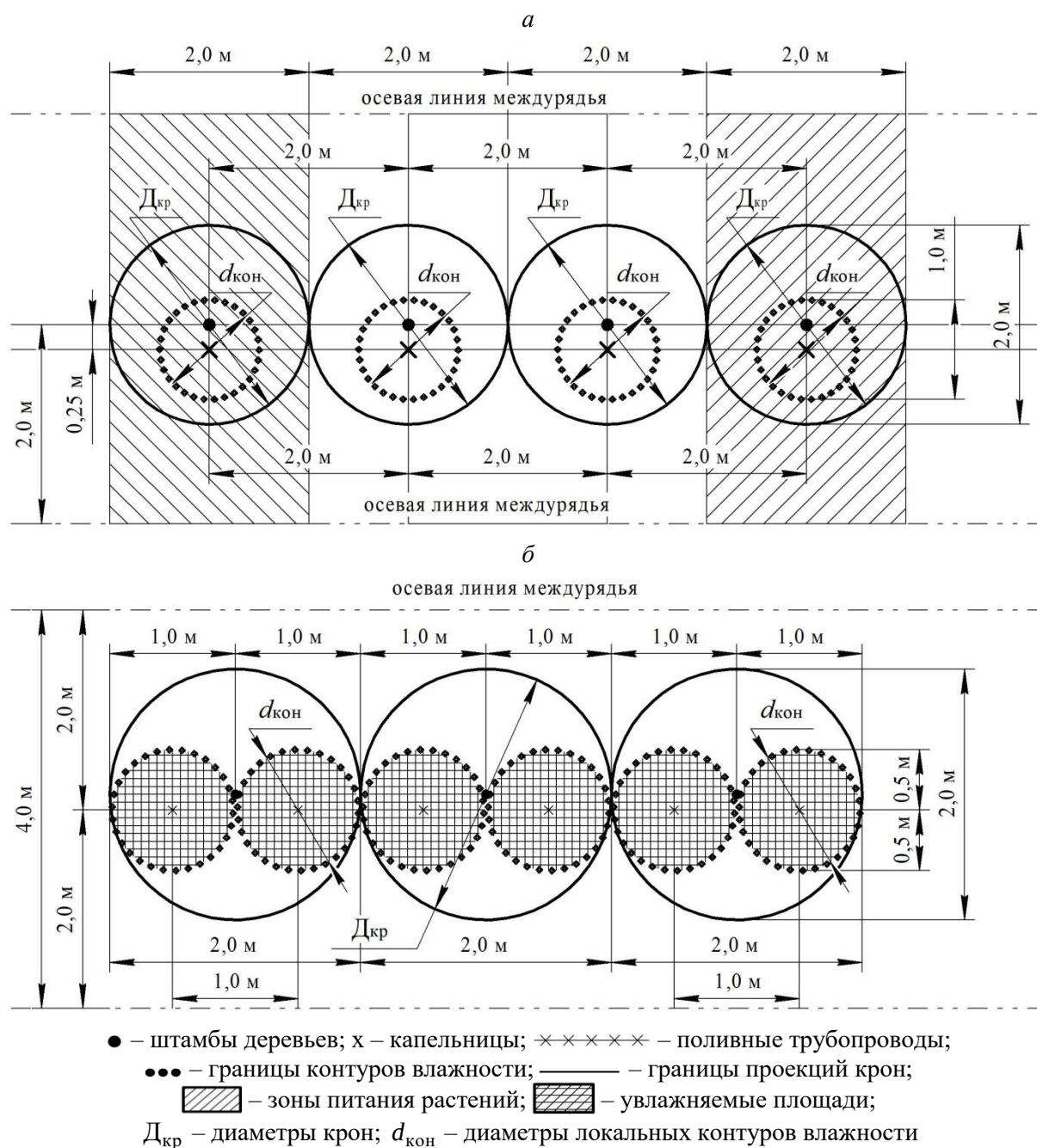


Рисунок 2 – Схемы зон увлажнения для однолинейного поливного модуля с одной (а) и двумя (б) капельницами на одно растение

Относительно малые площади увлажнения по сравнению с площадью питания (а следовательно, и с областью распространения корневой системы) растения и приштамбовое расположение контуров влажности не позволяют позитивно оценить приведенные на рисунке 2 схемы однолинейных поливных модулей. Вышеуказанные недостатки, присущие однолинейной схеме поливного модуля, могут быть устранены в приведенной на рисунке 3 двухлинейной его компоновочно-конструктивной схеме.

В соответствии с рисунком 3 для капельного полива одного растения предусмотрено по четыре капельницы, что позволяет сформировать в пределах подкоронового пространства полосу увлажнения шириной, близкой к 2 м. При этом площадь увлажнения одного растения составит 3,14 м², или $\approx 40\%$ от площади его питания, что близко к рекомендуемому диапазону значений соотношения $\omega_{увл} / \omega_{пит}$.

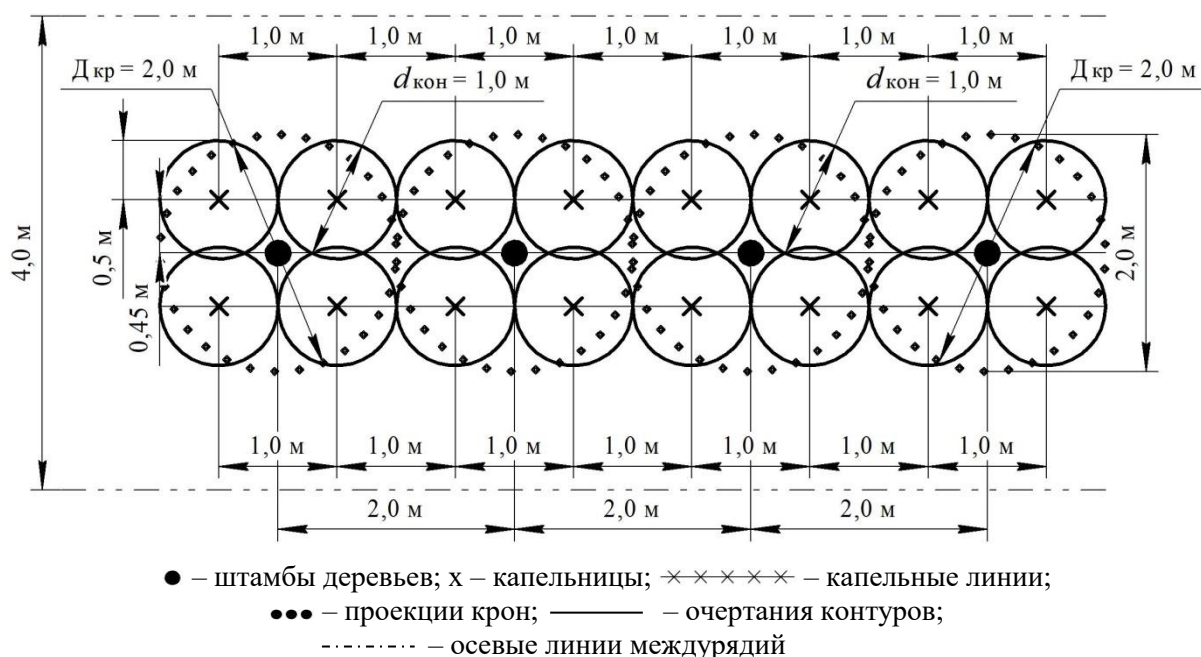


Рисунок 3 – Схема двухлинейного поливного модуля

Выводы

1 Дано обоснование необходимости анализа компоновочно-конструктивных решений поливных модулей капельного орошения древесно-плодовых растений, культивируемых в садовых насаждениях с применением индустриальных технологий ведения уходовых и уборочных работ. При этом наиболее приемлемая компоновочно-конструктивная схема может приниматься на основе анализа конкурирующих вариантов с учетом схем посадки растений и характеристик почвенного покрова на участке садового насаждения.

2 Решение о выборе схемы поливного модуля определяется расположением и размерами локальных контуров влажности для различного количества и размещения капельных микроводовыпусков на поливном трубопроводе. Выбор схемы поливного модуля для конкретных условий капельного полива делается с учетом обеспечения необходимой площади увлажняемой зоны.

3 Наиболее перспективно применение двухлинейных (двухниточных) компоновочно-конструктивных схем поливных модулей для капельного полива и капельной фертигации рядово высаживаемых древесно-плодовых растений, культивируемых в промышленных садовых насаждениях, с соответствующим количеством микроводовыпусков для полива каждого растения.

Список источников

1. Ясонида О. Е. Капельное орошение: монография / НГМА. Новочеркасск: Лик, 2011. 322 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. Штепа Б. Г., Винникова Н. В., Гусейн-заде С. Х. Справочник по механизации орошения / под ред. Б. Г. Штепы. М.: Колос, 1979. 303 с.
4. Храбров М. Ю. Ресурсосберегающие технологии и технические средства орошения: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02. М., 2008. 46 с.
5. Шумаков Б. Б. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник. М.: Колос, 1999. 492 с.
6. Шкура В. Н., Обумахов Д. Л., Лунева Е. Н. Геометрия корневых систем ябло-

ни: монография / под ред. В. Н. Шкуры; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочеркасск: Лик, 2013. 124 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 19.03.2021; одобрена после рецензирования 18.05.2021; принята к публикации 28.05.2021.

The article was submitted 19.03.2021; approved after reviewing 18.05.2021; accepted for publication 28.05.2021.

УДК 631.674.6:634

О расстановке микроводовыпусков капельной поливной сети при орошении многолетних плодовых садовых насаждений

Андрей Сергеевич Штанько

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

Аннотация. Цель – анализ приемлемости однониточной схемы расположения капельной поливной линии в садовом насаждении с выявлением ее достоинств и недостатков. В процессе исследования рассмотрен однониточный поливной модуль системы капельного орошения садовых насаждений со схемами посадки растений $4,0 \times 1,5$; $4,0 \times 2,0$ и $5,0 \times 3,0$ м на примере трех видов почв по классификации Н. А. Качинского: легко-, тяжелосуглинистых и легкосуглинистых. Проведена оценка рассматриваемой схемы поливного модуля по критериям обеспечения требуемой доли увлажняемой площади и обеспечения минимального расстояния между капельницей и штамбом растения. В результате исследования установлено, что в рассмотренных условиях однониточный поливной модуль не обеспечивает эффективного увлажнения корнеобитаемого почвенного пространства в садовом плодородном многолетнем насаждении и может быть использован только при определенном сочетании природно-климатических, почвенных и технологических условий.

Ключевые слова: садовое насаждение, капельное орошение, поливной модуль, капельная линия, капельница, контур капельного увлажнения

On the arrangement of micro-water outlets of a drip irrigation network when irrigating perennial fruit garden plantings

Andrey S. Shtanko

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

Abstract. The goal is to analyze the acceptability of a single-line scheme for the location of a drip irrigation line in a garden planting with the identification of its advantages and

disadvantages. In the course of the study, a single-line irrigation module of the drip irrigation system for garden plantings with planting schemes 4.0×1.5 ; 4.0×2.0 and 5.0×3.0 m was considered on the example of three types of soils according to the N. A. Kachinsky classification: light-, heavy-loamy and light-clayey. An assessment of the considered scheme of an irrigation module was carried out according to the criteria for ensuring the required proportion of the wetted area and ensuring the minimum distance between the emitter and the plant stem. As a result of the study, it was found that under the conditions considered, a one-line irrigation module does not provide the effective moistening of the root-inhabited soil space in a perennial orchard fruit plantation and can be used only under a certain combination of climatic, soil and technological conditions.

Keywords: garden planting, drip irrigation, irrigation module, drip line, drip emitter, drip moisture contour

Введение. Капельный способ орошения сельскохозяйственных культур отличается от других способов локальностью создаваемых в почве зон увлажнения. В связи с этим при проектировании систем капельного орошения важнейшей из решаемых задач является расстановка капельных микроводовыпусков в зоне питания выращиваемых культур, так как от этого зависит эффективность орошения и в итоге урожайность культур [1]. Особенно это актуально для растений с развитой корневой системой, каждому из которых при посадке отводятся значительные ($> 5 \text{ м}^2$) площади питания, в частности для многолетних древесных плодовых насаждений [2]. В связи с этим целью настоящего исследования являлось проведение анализа наиболее применяемой в настоящее время в садоводстве односточной схемы расположения капельных поливных линий в садовом насаждении с выявлением ее достоинств и недостатков.

Материалы и методы. В процессе проведения исследования были рассмотрены односточные схемы расположения капельных линий в садовом насаждении со схемами посадки растений $4,0 \times 1,5$; $4,0 \times 2,0$ и $5,0 \times 3,0$ м. В связи с тем, что соотношение диаметра зоны влажности и ее глубины в значительной степени определяется механическим составом почв, для исследования схем размещения капельниц были выбраны три вида почв по классификации Н. А. Качинского [3]: легко-, тяжелосуглинистые и легкосуглинистые. Диаметры зон увлажнения $D_{\text{кон}}$ рассчитывались для глубины увлажнения $h_{\text{кон}}$, составляющей 0,8 м. Исходя из опыта определения параметров контуров капельного орошения для легкосуглинистых почв принимаем диаметр контура увлажнения равным 80 % от глубины увлажнения ($D_{\text{кон}} = 0,8 h_{\text{кон}}$), для тяжелосуглинистых почв $D_{\text{кон}} = 1,0 h_{\text{кон}}$, для легкосуглинистых почв $D_{\text{кон}} = 1,2 h_{\text{кон}}$. Для проведения расчетов при проектировании капельных систем необходимо прогнозировать параметры контуров по соответствующим методикам, приведенным в нашей работе 2019 г. [4].

Результаты и обсуждение. В настоящее время известна и широко применяется для капельного орошения плодовых культур в садовых насаждениях односточная схема расположения капельных линий или односточный поливной модуль. Под поливным модулем понимается совокупность оборудования для капельного полива сельскохозяйственных культур, расположенного непосредственно на орошаемом участке и предназначенного для полива одного ряда растений. Односточный поливной модуль подразумевает применение для полива каждого ряда растений в садовом насаждении одной поливной линии. Пример расположения контуров капельного увлажнения, формируемых одной капельницей на одно растение, для схемы посадки садовых культур $4,0 \times 1,5$ м, выращиваемых на легкосуглинистых почвах, приведен на рисунке 1.

Данная схема посадки предусматривает для каждого растения площадь питания $S_{\text{пит}} = 6 \text{ м}^2$. Поливной модуль включает одну капельную линию, расположенную вдоль ряда растений, с расстоянием между капельными микроводовыпусками 1,5 м.



	-	-	ROR	ROR
--	---	---	-----	-----

При рассмотрении других вариантов схем посадки растений в садовом насаждении, например $5,0 \times 3,0$ м, в этих же почвенных условиях получим: $S_{\text{пит}} = 15,0 \text{ м}^2$ и $k_{\text{увл}} = 0,32/15,0 = 0,02$. Следовательно, чем больше площадь питания, отведенная каждому растению в садовом насаждении, тем меньше эффективность применения однорядного поливного модуля с одной капельницей на каждое растение.

Кроме критерия «доля увлажняемой площади» существует правило расположения капельного микроводовыпуска относительно штамба дерева, не допускающее рас-

положения капельниц ближе 20 см к штамбу дерева [6]. Учет этого требования в однониточном модуле при использовании одной капельницы на каждое дерево приводит к значительной асимметрии развития корневой системы выращиваемых культур, что негативно сказывается на сопротивляемости деревьев ветровым воздействиям. В связи с этим по совокупности рассмотренных показателей и характеристик однониточный поливной модуль с использованием одной капельницы на каждое растение не рекомендуется для полива древесных плодовых культур в садовых насаждениях.

При рассмотрении однониточного поливного модуля с двумя симметрично расположенными относительно штамба капельницами для полива каждого дерева можно отметить его приемлемость для применения в садовых насаждениях в определенных природно-климатических и почвенных условиях. Это подтверждается анализом схемы однониточного поливного модуля с двумя капельницами на каждое дерево для схемы посадки растений $4,0 \times 1,5$ м в условиях тяжелосуглинистых почв (рисунок 2).

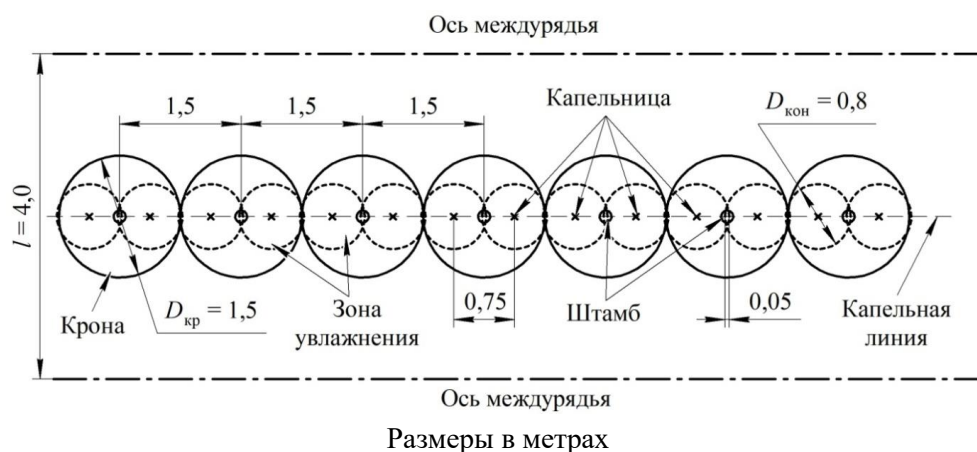


Рисунок 2 – Схема однониточного поливного модуля с использованием двух капельниц на каждое дерево при $D_{\text{кон}} = h_{\text{кон}}$

Площадь горизонтальной проекции зоны капельного увлажнения, формируемой одной капельницей, составит $S_{\text{кон}} = 0,785 D_{\text{кон}}^2 = 0,50 \text{ м}^2$. Так как для полива каждого дерева в рассматриваемом поливном модуле используется две капельницы, то площадь увлажнения каждого растения составит $S_{\text{увл}} = 2 S_{\text{кон}} = 1,00 \text{ м}^2$. Отсюда доля капельно увлажняемой площади от площади питания каждого растения составит $k_{\text{увл}} = 1,00/6,0 = 0,17$. Следовательно, в рассмотренных условиях, проиллюстрированных рисунком 2, данный поливной модуль может быть применен при требуемой доле увлажняемой площади от площади питания, находящейся в диапазоне от 0,1 до 0,17. При этом однониточный поливной модуль с двумя капельницами на каждое растение для схемы посадки растений $4,0 \times 1,5$ м предусматривает требуемое расстояние от капельницы до штамба дерева (более 20 см), но способствует формированию корневой системы, которая слабо развита в междурядовом пространстве и не использует в полной мере всю отведенную ей площадь питания.

При использовании однониточного поливного модуля с двумя капельницами на каждое дерево возможна ситуация, когда диаметр контура влажности больше расстояния между капельными микроводовыпусками. При этом происходит наложение соседних контуров друг на друга. При незначительных наложениях контуров (максимальная ширина зоны наложения менее 20 % от радиуса горизонтальной проекции контура) данным явлением можно пренебречь. При значительном наложении соседних контуров данное обстоятельство необходимо учитывать при расчете увлажняемой площади. В качестве примера на рисунке 3 приведен поливной модуль садового насаж-

дения со схемой посадки $4,0 \times 1,5$ м и расстоянием между капельницами 0,75 м, расположенного на глинистых почвах. В данных условиях при требуемой глубине увлажнения $h_{\text{кон}} = 0,8$ м формируется контур влажности диаметром $D_{\text{кон}} = 1,2$ $h_{\text{кон}} = 0,96$ м. При этом наблюдается зона наложения соседних контуров друг на друга, максимальная ширина которой в данных условиях составляет 0,21 м, это 43,8 % от радиуса контура капельного увлажнения. В данном случае формируется полоса увлажнения почвы.

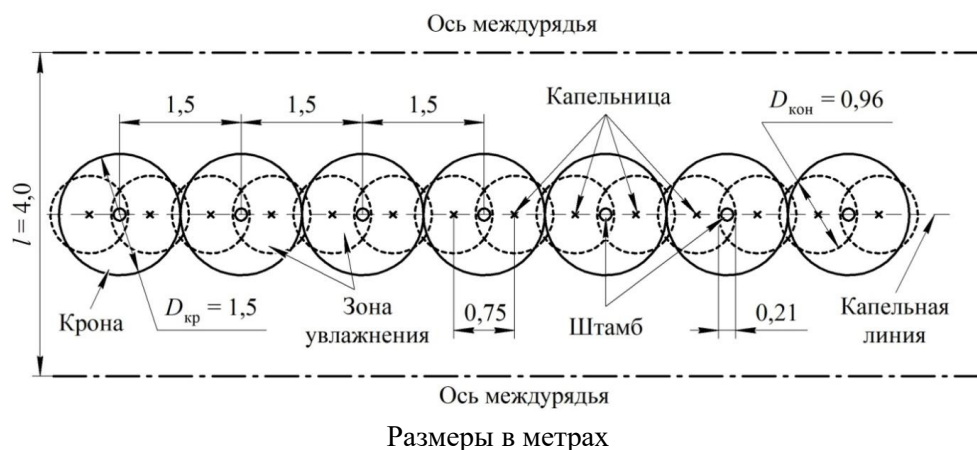


Рисунок 3 – Схема однониточного поливного модуля с использованием двух капельниц на каждое дерево при $D_{\text{кон}} = 1,2 h_{\text{кон}}$

Однониточный поливной модуль может иметь и более двух капельниц на каждое растение. Например, на рисунке 4 приведена схема однониточного поливного модуля для полива садового насаждения со схемой посадки $4,0 \times 2,0$ м и тремя капельницами на каждое растение в садовом насаждении. Расстояние между капельницами составляет 0,5 м при диаметре контура влажности 0,48 м. Основным недостатком схемы, приведенной на рисунке 4, является расположение одной из капельниц непосредственно возле штамба растения, что недопустимо для древесных культур. В связи с этим данную схему поливного модуля, а также другие схемы, имеющие капельницы, расположенные непосредственно около штамба растения, не рекомендуется использовать для полива древесных плодовых культур в садовых насаждениях.

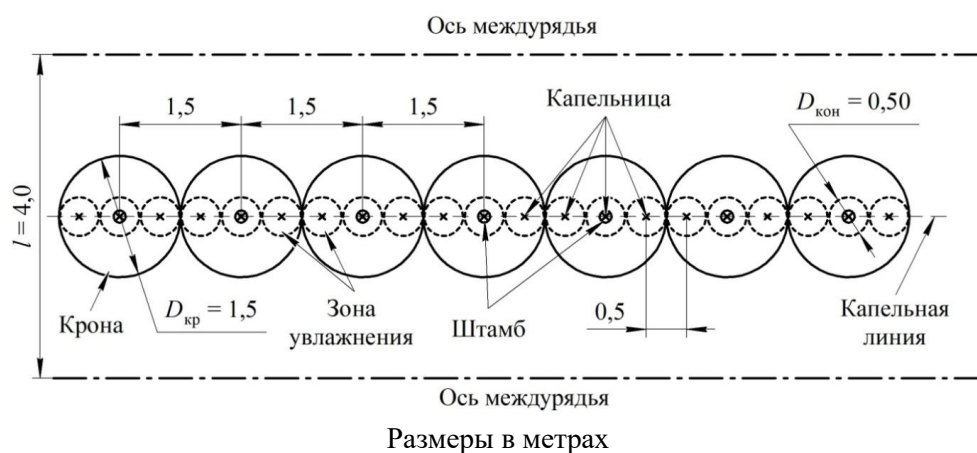


Рисунок 4 – Схема однониточного поливного модуля с использованием трех капельниц на каждое дерево при $D_{\text{кон}} = 0,6 h_{\text{кон}}$

Как следует из вышеприведенных доводов, однониточный поливной модуль имеет ряд ограничений для применения в садовых насаждениях древесных плодовых культур и не обеспечивает эффективное увлажнение корнеобитаемого почвенного слоя.

Указанных выше недостатков в определенной мере лишен двухниточный поливной модуль, предусматривающий для полива каждого ряда растений в садовом насаждении две поливные линии, расположенные на одинаковом расстоянии от оси ряда растений. Использование двухниточного поливного модуля капельной оросительной сети представляется обоснованным в многолетних садовых насаждениях, так как позволит в 2 раза увеличить долю площади увлажнения от площади питания растений и избежать проблем с расположением капельных микроводовыпусков относительно штамба культивируемых многолетних древесных растений.

Выводы

1 Однониточный поливной модуль с одной капельницей на каждое растение не рекомендуется к применению для полива многолетних плодовых насаждений, так как не соответствует следующим требованиям:

- не обеспечивает увлажнение требуемой доли площади увлажнения от площади питания растения, которая должна составлять от 0,1 до 0,5;
- способствует формированию несимметричной корневой системы, что приводит к низкой сопротивляемости выращиваемых культур ветровым и другим видам воздействия.

2 Применение однониточного поливного модуля с двумя капельницами на каждое растение возможно для полива многолетних плодовых насаждений в определенных условиях. Чем меньше площадь питания, отведенная растению, больше природно-климатическая влагообеспеченность и тяжелее по механическому составу почвы, тем выше вероятность соответствия формируемых однониточным поливным модулем зон увлажнения требованиям плодового древесного садового насаждения.

3 Использование однониточного поливного модуля, предусматривающего несколько капельниц, расположенных на одной линии, одна из которых располагается непосредственно у штамба растения или на расстоянии менее 20 см от него, не допускается для полива многолетних садовых насаждений.

4 Для обеспечения равномерности распределения воды между растениями в садовом насаждении необходимо использовать капельные линии с расстоянием между капельницами, кратным расстоянию между растениями в ряду. В связи с этим согласование применяемой схемы посадки растений в садовом насаждении с капельной трубкой или лентой (межкапельным расстоянием) необходимо производить на этапе проектирования садового насаждения.

5 В результате проведенного анализа схем подтверждены следующие закономерности:

- размер площади питания, отведенный каждому растению в соответствии со схемой посадки, обратно пропорционален возможной доле увлажняемой площади от общей площади питания растения;
- чем тяжелее по гранулометрическому составу почвы садового насаждения, тем большего значения доли увлажняемой площади можно добиться при проектировании капельного поливного модуля.

6 Для соответствия капельного поливного модуля требованиям садовых насаждений по критерию обеспечения доли поливной площади и расположению капельниц относительно штамба растения необходимо использовать двухниточную схему, подразумевающую две капельные линии, расположенные на одинаковом расстоянии от оси ряда древесных плодовых культур.

Список источников

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

2. Шкура В. Н., Обумахов Д. Л., Лунева Е. Н. Геометрия корневых систем ябло-ни: монография / под ред. В. Н. Шкуры; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. Новочер-касск: Лик, 2013. 124 с.

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

4. Штанько А. С., Шкура В. Н. Методика прогнозирования контуров капельного увлажнения почв на склоновых землях // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 4(36). С. 72–87. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=636> (дата обращения: 15.05.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-72-87.

5. Ясонида О. Е. Капельное орошение: монография. Новочеркасск: Лик, 2011. 322 с.

6. Капельное орошение: пособие к СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения»: утв. Союзводпроект 11.04.86. М.: Союзводпроект, 1986. 149 с.

Информация об авторе

А. С. Штанько – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук.

Information about the author

A. S. Shtanko – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 29.04.2021; одобрена после рецензирования 28.05.2021; принята к публикации 31.05.2021.

The article was submitted 29.04.2021; approved after reviewing 28.05.2021; accepted for publication 31.05.2021.

УДК 631.452:556.324

Приемы снижения уровня грунтовых вод для стабилизации почвенного плодородия на орошаемых землях

Лидия Михайловна Докучаева, Рита Евгеньевна Юркова

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

Аннотация. Целью исследований является обоснование приемов снижения уровня грунтовых вод (УГВ) для стабилизации почвенного плодородия на орошаемых землях. Для создания оросительной системы, не допускающей подъема УГВ, необходимо в качестве противофильтрационных покрытий каналов использовать современные геосинтетические материалы (геомембраны, геотекстили, геокомпозиты, георешетки, геосетки, бентоматы и др.). В закрытых оросительных системах распределительная и регулирующая сети должны быть представлены подземными участковыми трубопроводами. В местах, где требуют гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия, нужно создавать эффективно действующую коллекторно-дренажную сеть. Предпочтение следует отдавать закрытому горизонтальному дренажу с использованием гончарных, пластмассовых, асбестоцементных и других труб. На тех массивах, где присутствуют мощные крупнозернистые водоносные слои и напорные грунтовые воды, нужно применять вертикальный дренаж. В случае, когда один из дренажей не обеспе-

чивает перехвата подземных вод, следует сочетать горизонтальный и вертикальный дренажи (комбинированный). При невозможности осуществления мелиоративных мероприятий применяют биодренаж, совмещающий посадку лесных насаждений и сельскохозяйственных культур. Снижению УГВ будет способствовать полное отсутствие технологических сбросов оросительной воды, что возможно при соблюдении непромывного режима орошения и недопущении переполивов при возделывании сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: уровень грунтовых вод, приемы снижения, виды дренажа, коллекторно-дренажная сеть, мелиоративные мероприятия

Groundwater level lowering techniques for soil fertility stabilization on irrigated lands

Lidiya M. Dokuchaeva, Rita Ye. Yurkova

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

Abstract. The aim of the research is to substantiate the methods of groundwater level lowering (GWL) to stabilize soil fertility on irrigated lands. To create an irrigation system that does not allow the groundwater level rise, it is necessary to use modern geosynthetic materials (geomembranes, geotextiles, geocomposites, geogrids, geonets, bentonite, etc.) as canal impervious coatings. In closed irrigation systems, the distribution and control networks should be represented by underground sectional pipelines. In places where hydrogeological and soil-reclamation conditions are required, it is necessary to create an efficient collector-drainage network. Preference should be given to closed horizontal drainage with pottery, plastic, asbestos-cement and other pipes. It is necessary to use vertical drainage on the massifs with powerful coarse-grained aquifers and confined groundwater. In the case when one of the drainages does not provide groundwater interception, horizontal and vertical drainages (combined) should be combined. If it is impossible to carry out reclamation measures, the bio-drainage combining the planting of forest plantations and agricultural crops is used. The decrease in GWL will be facilitated by the complete absence of technological discharges of irrigation water, which is possible if the non-flush irrigation regime is observed and over-watering is avoided during the agricultural crops cultivation.

Keywords: groundwater level, lowering techniques, types of drainage, collector-drainage network, reclamation measures

Введение. По данным многих исследований, почвенное плодородие орошаемых земель во многом определяется техническим состоянием оросительных систем [1–4]. Именно строительство технически несовершенных оросительных систем, не соответствующих особенностям ландшафтных территорий, и превышение поливных норм привело к поднятию уровня грунтовых вод (УГВ), что вызвало заболачивание, переувлажнение, вторичное засоление почв и другие негативные явления.

Неудовлетворительное состояние оросительных систем приводит либо к переполиву, либо к недополиву сельскохозяйственных культур. Это резко замедляет развитие растений и ухудшает экологическое состояние орошаемых земель. Установлено, что КПД (коэффициент полезного действия) гидромелиоративных систем зависит как от КПД оросительной сети, так и от КПД технологии полива сельскохозяйственных культур [5, 6]. В России и в странах ближнего зарубежья еще большая часть каналов различного уровня располагается в земляном русле. А там, где каналы и распределяющая оросительная сеть находятся в земляном русле, преобладают орошаемые массивы с близким залеганием грунтовых вод [7]. Об этом свидетельствуют и данные, изложенные в докладе о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения,

в частности орошаемых [8]. Площадь орошаемых земель в РФ составляет 4,67 млн га, из них в хорошем состоянии находится 52 %, в удовлетворительном – 29 %, в неудовлетворительном – 19 % (0,89 млн га). Из 0,89 млн га на 44 % площади зафиксировано недопустимое залегание УГВ, на 29 % – засоление, а на 27 % площади наблюдается и то, и другое [8].

Причины подъема УГВ различны. В первую очередь – наличие каналов в земляном русле. Так, при транспортировке воды по каналам в земляном русле, по данным Р. К. Бекбаева, от источника орошения до поля около 43 % объема воды от водозабора теряется на фильтрацию, сброс и испарение [9]. По расчетам Ю. М. Косиченко, в магистральных каналах, их ветвях и в межхозяйственных распределителях теряется 30–35 %. Самые большие потери воды наблюдаются во внутрихозяйственной сети. Они составляют от 50 до 55 % от общего объема потерь. В то время как во временных оросителях они не превышают 10 % [6]. Основные потери воды приходятся на фильтрацию, что содействует подъему УГВ [10].

Другим фактором пополнения грунтовых вод и поднятия их к поверхностным слоям является несовершенство технологий орошения сельскохозяйственных культур. На необходимость применения водосберегающих технологий указывали еще И. П. Айдаров, А. И. Голованов, И. П. Кружилин, В. И. Кирюшин, Л. В. Кирейчева, С. М. Васильев и др. [3, 11–13].

Для сохранения плодородия длительно орошаемых почв в первую очередь необходимо создать такие условия, при которых не происходило бы подъема грунтовых вод. Но чтобы соблюсти эти условия, следует на орошаемых массивах определять допустимый или критический уровень залегания грунтовых вод, так как именно этот показатель является основным для установления экологического состояния агроландшафтов [14–17].

Критическая глубина грунтовых вод устанавливается по разности глубины залегания грунтовых вод и верхней границы капиллярного подъема хлоридов, сульфатов, карбонатов, т. е. суммы водорастворимых солей [18]. Большую высоту капиллярного поднятия имеет мелкозернистый (глинистый) грунт, так как он обладает меньшими порами [17].

Не допустить подъема грунтовых вод выше критических величин или снизить их уровень возможно:

- при наличии закрытой оросительной сети;
- при создании эффективно действующей коллекторно-дренажной сети в местах, где этого требуют гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия;
- при применении биологического дренажа;
- при соблюдении непромывного режима орошения и недопущении переполивов при возделывании сельскохозяйственных культур.

Цель данной работы – обосновать приемы снижения УГВ для стабилизации почвенного плодородия на орошаемых землях.

Обсуждение. Основное условие для устранения поднятия УГВ – это закрытая оросительная сеть. Каналы и ороситель должны быть представлены трубопроводами из монолитного бетона, лотками и плитами с тщательно заделанными швами. В последние годы появились новые материалы для снижения фильтрации из каналов [19, 20].

В первую очередь к ним следует отнести геосинтетические материалы: геомембраны, геотекстилы, геокомпозиты, георешетки, геосетки, бентоматы, которые в различных сочетаниях позволяют создать противofильтрационные конструкции и способы их укладки, практически обеспечивающие повышение КПД каналов до 0,97–0,98.

Критерием для оценки и выбора противofильтрационных мероприятий служит слой воды, теряемый из канала через смоченный периметр в течение суток. Если из канала теряется слой воды более 30 см, то необходимо осуществить противofильтрационные мероприятия, а если 5–10 см – канал работает удовлетворительно. При этом ка-

налы или отдельные отрезки, имеющие слабо фильтрующие грунты, устойчивые к размыву и к оползням, могут строиться без одежды.

Распределительная сеть (проводящая) также должна быть из трубопроводов, которые прокладываются на глубине 0,6–1,2 м. Помимо полного отсутствия потерь на фильтрацию, такая оросительная сеть дает возможность автоматизировать распределение воды по орошаемой площади, повышает коэффициент земельного использования, не мешает работе сельскохозяйственных машин.

Регулирующая сеть в закрытых оросительных системах также представлена подземными участковыми трубопроводами, переносными поливными шлангами (с выпусками в каждую поливную борозду) или разборными трубопроводами с гидрантами для забора воды дождевальными и другими поливными машинами.

Трубопроводы по материалу могут быть цементные, железобетонные, полимерные, стальные, металлобетонные, чугунные [21].

Помимо закрытой оросительной сети, для регулирования УГВ требуется и коллекторно-дренажная. Это та часть оросительной системы, которая поддерживает необходимый УГВ, создает нисходящие токи в почве, перехватывает напорный (восходящий) поток грунтовых вод и отводит воду с орошаемых земель [22].

Дренажи различают по продолжительности действия, по расположению на территории и по конструкции (типу).

По продолжительности действия постоянный дренаж проектируется для всего срока эксплуатации системы, а временный требуется дополнительно к постоянному при проведении капитальных промывок для ускорения отвода вод. В период освоения засоленных земель в течение 1–3 лет, когда проводятся капитальные промывки, дополнительно к постоянному дренажу требуется временный для ускорения отвода промывных вод.

В зависимости от расположения территории, определяющего вид дополнительного питания грунтовых вод, дренажи разделяют на систематический и ограждающий.

На территориях, где подъем грунтовых вод вызван фильтрацией оросительных и поверхностных вод, строится систематический дренаж, который располагается равномерно по орошаемой территории.

Для перехвата воды, поступающей по водоносному пласту с соседних территорий, делается оградительный дренаж. А при наличии обоих видов питания грунтовых вод сочетают оба вида дренажа.

По конструкции существует три типа дренажа – горизонтальный, вертикальный и комбинированный, которые могут дополняться биологическим.

Горизонтальный дренаж делится на открытый и закрытый.

Недостатки открытой коллекторно-дренажной сети:

- каналы зарастают сорняками, их откосы оползают и его глубина уменьшается;
- эксплуатационные расходы по содержанию каналов в рабочем состоянии составляют от 2 до 8 % их строительной стоимости;
- большие трудности для работы сельскохозяйственной техники.

Закрытый горизонтальный дренаж устраняет эти недостатки. При его устройстве используют гончарные, пластмассовые, асбестоцементные и другие трубы. Глубина его закладки и междренные расстояния зависят от гранулометрического состава и коэффициента фильтрации [23].

В сложных гидрогеологических условиях вдоль открытых каналов через 100–400 м устраивают вертикальные скважины из асбестоцементных труб диаметром 0,7–1,0 м глубиной 20–150 м, входящие в водоносный пласт. Скважины оборудованы глубинными насосами. Они откачивают подземные воды, которые имеют гидравлическую связь с грунтовыми водами.

Преимущества вертикального дренажа, по сравнению с горизонтальным, заключаются в следующем:

- не теряется полезная орошаемая площадь (6–10 %);
- обеспечивается понижение грунтовых вод с большей скоростью и на значительно большую глубину;
- не происходит периодического подъема грунтовых вод, что позволяет сохранить автоморфный почвообразовательный процесс;
- более совершенен в эксплуатации, так как полностью механизирован.

Одна вертикальная скважина в зависимости от ее глубины и фильтрационных свойств водоносной толщи может понизить УГВ на расстоянии 200–1000 м.

Вертикальный дренаж применим только на тех массивах, где присутствуют мощные крупнозернистые водоносные слои и напорные грунтовые воды.

Комбинированный дренаж – это сочетание горизонтального (открытого или закрытого) дренажа с вертикальными скважинами. Он применяется, когда один из дренажей не обеспечивает перехвата подземных вод.

На участках, где покровные слабопроницаемые грунты имеют мощность более 5 м, а подстилающий водоносный горизонт – малую мощность и водопроницаемость, применяют лучевой дренаж. Он представляет собой шахтный колодец большого диаметра с горизонтальными лучами-дренами, вода из которых откачивается насосами. Его строительство очень сложно и дорого. Лучевой дренаж экономически целесообразен при обслуживании одним колодцем 100–400 га и более, заменяя при этом 10–20 скважин вертикального дренажа.

Дренажная вода обычно поступает в открытые коллекторы, реже в трубчатые и самотеком отводится в естественные понижения, водотоки, водоемы. Ее сброс пока не решенная проблема в орошаемом земледелии.

При невозможности осуществления мелиоративных мероприятий для понижения УГВ применяют биологический дренаж (биодренаж). Биодренаж – естественный растительный покров, состоящий из древесных пород и сельскохозяйственных культур, обладающих высокой транспирационной способностью и глубокой корневой системой (3–4 м). Они поглощают большое количество влаги, что способствует понижению УГВ.

Древесные растения, такие как ива и тополь, используются для насаждений вдоль межхозяйственных и внутрихозяйственных оросительных каналов. Они перехватывают корнями фильтрационные и грунтовые воды и расходуют их на транспирацию. Одно дерево ивы или тополя за вегетационный период расходует до 20–100 м³ воды.

В качестве биодренажа вместо лесонасаждений можно использовать плодовые насаждения (абрикос, вишня, черешня), которые ежегодно могут приносить дополнительный доход [24].

Роль биологического дренажа могут выполнять не только лесные и плодовые насаждения, но и сельскохозяйственные культуры. К ним относятся прежде всего люцерна, клевер, травосмеси, озимые зерновые и другие культуры с мощной корневой системой. В зависимости от возраста, глубины залегания грунтовых вод, гранулометрического состава почвы, густоты посева люцерны за вегетационный период потребляет 4–20 тыс. м³/га воды. При этом доля грунтовых вод составляет до 78 %. Озимая пшеница, по данным В. И. Бобченко, забирает из второго метрового слоя более 1000 м³/га, а из третьего – около 600 м³/га [25]. Люцерна может забирать влагу и с глубины 5 м. Такими же свойствами обладают донник, подсолнечник, кукуруза, сорго-суданковый гибрид.

Высокий эффект в понижении УГВ получается при совместном использовании лесонасаждений и сельскохозяйственных культур [26]. Лесные культуры, потребляя фильтрующуюся поливную воду на продуктивное испарение, одновременно расходуют ее по всей корнеобитаемой толще без капиллярного поднятия к поверхности и без филь-

трации ее в грунты зоны аэрации [26]. Влага увлажняемого слоя, не превышающая влажности наименьшей влагоемкости, расходуется сельскохозяйственными культурами.

Выводы. Для создания оросительной системы, не допускающей подъема УГВ, необходимо придерживаться основных положений:

- для противofильтрационных покрытий каналов использовать современные геосинтетические материалы, такие как геомембраны, геотекстилы, геокомпозиты, георешетки, геосетки, бентоматы и др. Они позволяют создать противofильтрационные конструкции, обеспечивающие повышение КПД до 0,99;

- в закрытых оросительных системах распределительная и регулирующая сети должны быть представлены подземными участковыми трубопроводами. Трубопроводы по материалу могут быть цементные, железобетонные, полимерные, стальные, металлобетонные, чугунные;

- в местах, где требуют гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия, нужно создавать эффективно действующую коллекторно-дренажную сеть. Предпочтение следует отдавать закрытому горизонтальному дренажу с использованием гончарных, пластмассовых, асбестоцементных и других труб. На тех массивах, где присутствуют мощные крупнозернистые водоносные слои и напорные грунтовые воды, нужно применять вертикальный дренаж. В случае, когда один из дренажей не обеспечивает перехвата подземных вод, следует сочетать горизонтальный и вертикальный дренажи (комбинированный). При невозможности осуществления мелиоративных мероприятий применяют биодренаж, совмещающий посадку лесных насаждений и сельскохозяйственных культур;

- полное отсутствие технологических сбросов оросительной воды, что возможно при соблюдении непромывного режима орошения и недопущении переполивов при возделывании сельскохозяйственных культур.

Список источников

1. Щедрин В. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Негативные почвенные процессы при регулярном орошении различных типов почв // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 2(30). С. 1–21. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=926> (дата обращения: 20.03.2021).

2. Щедрин В. Н. Орошение сегодня: проблемы и перспективы. М.: Мелиоводинформ, 2004. 225 с.

3. Васильев С. М., Челахов В. Ц., Васильева Е. А. Экологическая концепция оценки воздействия оросительных систем на ландшафты Нижнего Дона: монография / Сев.-Кавк. науч. центр высш. шк.; РосНИИПМ. Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2005. 307 с.

4. Поколения оросительных систем: прошлое, настоящее, будущее: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, Ю. М. Косиченко, А. В. Колганов, А. А. Чураев, А. Н. Бабичев; под общ. ред. В. Н. Щедрина; Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. 164 с.

5. Айдаров И. П., Голованов А. И., Мамаев М. Г. Оросительные мелиорации. М.: Колос, 1982. 176 с.

6. Косиченко Ю. М. Исследования в области борьбы с фильтрацией и эксплуатационной надежности грунтовых гидротехнических сооружений // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2012. № 2(06). С. 86–94. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=100&id=108> (дата обращения: 20.03.2021).

7. Грунтовые воды и их влияние на водообеспеченность орошаемых земель / Е. Д. Жапаркулова, К. А. Анзельм, Н. Р. Бекбаев, К. Курмашев // Мелиорация и водное хозяйство. Проблемы и пути решения: материалы междунар. науч.-практ. конф. / Всерос. науч.-исслед. ин-т агрохимии им. Д. Н. Прянишникова. М., 2016. С. 222–225.

8. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. М.: Росинформагротех, 2018. 240 с.
9. Бекбаев Р. К. Технический уровень голодостепного массива орошения и его влияние на объемы коллекторно-сбросных вод // Вестник. 2012. № 4. С. 40–44.
10. Бекбаев Р. К. Факторы, оказывающие влияние на эффективность реконструкции ирригационных систем // Проблемы развития мелиорации и водного хозяйства и пути их решения: материалы междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. Комплексное обустройство ландшафтов. М., 2011. С. 42–48.
11. Айдаров И. П., Голованов А. И., Никольский Ю. Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. М.: Агропромиздат, 1990. 60 с.
12. Кружилин И. П. Ландшафтные требования к орошению земель засушливой зоны // Орошаемое земледелие в агроландшафтах степей. Волгоград: ВНИИОЗ, 1994. С. 3–4.
13. Кирейчева Л. В., Решеткина Н. М. Концепция создания устойчивых мелиоративных агроландшафтов. М., 1997. 54 с.
14. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. рук. / В. И. Кирюшин [и др.]; под ред. В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова. М.: Росинформагротех, 2005. 784 с.
15. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова, Г. И. Табала. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. 137 с.
16. Устинов М. Т., Глистин М. В. Критический уровень грунтовых вод как критерий эколого-мелиоративного состояния почв // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 3. С. 14–16.
17. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Грунтовая вода – критерий экологического состояния почв // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2019. № 1(01). С. 18–29. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=10> (дата обращения: 20.03.2021).
18. Способ определения критической глубины залегания грунтовых вод: пат. 2115924 Рос. Федерация: МПК G 01 N 33/24 / Магаева Л. А., Елизарова Т. Н., Казанцев В. А.; заявитель и патентообладатель Ин-т почвоведения и агрохимии СО РАН. № 96120507/13; заявл. 08.10.96; опубл. 20.07.98.
19. Косиченко Ю. М., Баев О. А., Ищенко А. В. Современные методы борьбы с фильтрацией на оросительных системах // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. 2014. № 3. URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_91_kosichenko.pdf_55f9154bc5.pdf (дата обращения: 24.03.2021).
20. Высоконадежные конструкции противofiltrационных облицовок каналов и водоемов с применением инновационных материалов / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, А. В. Ищенко, О. А. Баев; ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2013. 24 с. Деп. в ВИНТИ 13.01.14, № 7-B2014.
21. Методические указания по эксплуатации закрытой оросительной сети [Электронный ресурс] / С. М. Васильев, В. В. Слабунов, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, А. С. Штанько, С. Л. Жук. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. 21 с. URL: http://www.ubmvh-03.ru/sites/all/files/rosniipm_2015-11-02_5.pdf (дата обращения: 15.03.2021).
22. Техническая эксплуатация дренажа на мелиоративных системах: науч. обзор / В. Н. Щедрин, А. С. Капустян, В. Д. Гостищев, А. А. Кузьмичёв, Р. Ю. Сахаров, Т. С. Пономаренко; ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск, 2012. 60 с. Деп. в ВИНТИ 07.06.12, № 265-B2012.
23. Скуратов Н. С., Докучаева Л. М., Шалашова О. Ю. Улучшенная технология по сохранению и воспроизводству почвенного плодородия орошаемых черноземов. Новочеркасск, 1998. 96 с.

24. Шаров А. Г., Мурадов Р. А., Бароев Ф. А. Биодренажные системы – эффективное средство улучшения эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель в аридной зоне // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. № 4(60). С. 122–129.

25. Бобченко В. И. Усовершенствование технологии орошения черноземов // Вестник сельскохозяйственной науки. 1987. № 8. С. 116–121.

26. Способ фитомелиоративного биодренирования поливных земель: пат. 2320815 Рос. Федерация: МПК Е 02 В 11/00 / Коробов В. И.; заявитель и патентообладатель Волгогр. гос. с.-х. акад. № 2005129942/03; заявл. 26.09.05; опубл. 27.03.08, Бюл. № 29. 9 с.

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 28.04.2021; одобрена после рецензирования 19.05.2021; принята к публикации 28.05.2021.

The article was submitted 28.04.2021; approved after reviewing 19.05.2021; accepted for publication 28.05.2021.

УДК 635.132

Минеральное питание моркови

Вячеслав Семёнович Соснов

Бирючукская овощная селекционная опытная станция – филиал Федерального научного центра овощеводства, Новочеркасск, Российская Федерация

Аннотация. Целью исследований являлось изучение минерального питания при возделывании столовой моркови в условиях капельного орошения. Изучались различные дозы основного внесения минеральных удобрений, водорастворимые удобрения марки «Мастер» с корневой подкормкой и листовая подкормка регуляторами роста (гумат калия, эпин, циркон) при капельном поливе на черноземе обыкновенном тяжелосуглинистом. В ходе обобщения экспериментальных данных было установлено, что при поддержании рекомендованной предполивной влажности почвы по фазам роста и развития растений моркови на уровне 70 % наименьшей влагоемкости (НВ) в условиях капельного орошения средняя урожайность в варианте без внесения удобрений составила 55,9 т/га, при основном внесении минеральных удобрений 0,5 РД (рекомендованной дозы) ($N_{30}P_{30}K_{30}$) средняя урожайность была равна 65,5 т/га, при внесении РД ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – 69 т/га, а в сочетании с корневой подкормкой N_{15} в варианте без удобрения средняя урожайность достигла 61,1 т/га, в варианте 0,5 РД – 68,4 т/га, в варианте РД средняя максимальная урожайность корнеплодов составила 72,2 т/га. Качество плодов в вариантах с удобрениями несущественно отличалось в период уборки от контроля как по количеству стандартных корнеплодов (78,4–83,2 %), так и по содержанию нитратов (23–47 мг/кг сырой массы при предельно допустимой концентрации 250 мг/кг). Листовая подкормка гуматом калия, эпином, цирконом на фоне РД не обеспечивала досто-

верной прибавки урожая. Результаты учета урожайности и качества корнеплодов моркови выявили положительное влияние минерального питания при поддержании вегетационными капельными поливами влажности расчетного слоя почвы на уровне 70 % НВ.

Ключевые слова: морковь, удобрения, урожайность, капельный полив, водорастворимые удобрения

Mineral nutrition for carrots

Vyacheslav S. Sosnov

Biryuchekutskaya Vegetable Breeding Experimental Station – branch of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing, Novocherkassk, Russian Federation

Abstract. The aim of the research was to study the mineral nutrition during the table carrot cultivation under drip irrigation conditions. Various doses of the main application of mineral fertilizers, water-soluble fertilizers of the Master brand with root feeding and foliar feeding with growth regulators (potassium humate, epin, zircon) during drip irrigation on ordinary chernozem with heavy loam were studied. In the course of summarizing the experimental data, it was found that while maintaining the recommended pre-irrigation soil moisture according to the growth and development phases of carrot plants at the level of 70 % of the lowest moisture capacity (HB) under drip irrigation conditions, the average yield in the option without fertilization was 55.9 t/ha, with the main application of mineral fertilizers 0.5 RD (recommended dose) ($N_{30}P_{30}K_{30}$), the average yield was 65.5 t/ha, with the introduction of RD ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – 69 t/ha, and in combination with the root feeding N_{15} in the option without fertilization, the average yield reached 61.1 t/ha, in the option 0.5 RD – 68.4 t/ha, in the RD option the average maximum yield of root crops was 72.2 t/ha. The quality of fruits in variants with fertilizers did not significantly differ from the control during the harvesting period, both in the number of standard root crops (78.4–83.2 %) and in the content of nitrates (23–47 mg/kg of wet weight at the maximum permissible concentration of 250 mg/kg). Foliar top dressing with potassium humate, epin, and zircon against the background of RD did not provide a reliable increase in yield. The results of carrot root crops yield and quality control revealed a positive effect of mineral nutrition while maintaining the moisture content of the calculated soil layer at the level of 70 % HB by vegetative drip irrigation.

Keywords: carrots, fertilizers, yield, drip irrigation, water-soluble fertilizers

Введение. Морковь отличается высокой потребностью в азотных удобрениях, очень отзывчива на калийные удобрения, а в период прорастания семян весьма чувствительна к недостатку фосфора. Не выдерживает повышенной концентрации почвенного раствора, практически не отзывается на подкормки сухими минеральными удобрениями [1]. Общая доза азотных удобрений, вносимых под морковь, не должна превышать 60–90 кг/га [2]. Полное минеральное удобрение в расчетной дозе повышает среднюю массу корнеплодов, способствует увеличению стандартной продукции. Морковь достаточно хорошо использует почвенное плодородие [3].

Морковь – относительно засухоустойчивая культура, но очень требовательна к влажности почвы во время прорастания семян и в начальный период роста [1, 4]. Данная культура предъявляет умеренные требования к влажности почвы [5]. Засушливые условия вызывают огрубление тканей, они делаются деревянистыми, снижается лежкость корнеплодов [6].

Цель работы – оценить особенности минерального питания моркови столовой по фазам вегетации при капельном поливе на обыкновенных черноземах Ростовской области.

Материалы и методы. Исследования проведены на опытном участке Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» в г. Новочеркасске Ростовской области в 2010–2012 гг. Почва – чернозем обыкновенный

новенный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое 3,0–3,1 %, реакция почвы слабощелочная (рН 7,65). Агрохимические показатели слоев почвы 0–20, 20–40 см: нитратный азот – соответственно 4,3; 2,3 мг/кг; подвижный фосфор – 66,5; 59,5 мг/кг; обменный калий – 701; 593 мг/кг.

Водно-физические свойства слоев почвы 0–30 и 0–40 см: наименьшая влагоемкость (НВ) – 31,1; 30,3 %; плотность сложения почвы – 1,26; 1,28 г/см³; удельная масса – 2,50; 2,52 г/см³; скважность – 49,6; 49,2 %.

Климат места проведения исследований континентальный, умеренно жаркий с недостаточным увлажнением, сумма активных температур 3200–3400 °С.

Опыт лабораторно-полевой. Повторность 4-кратная. Площадь посевной деланки 12,6 м², учетной – 5,6 м².

Схема опыта:

- 1) БУ (без удобрений) – контроль;
- 2) БУ + КП (корневая подкормка);
- 3) 0,5 РД (N₃₀P₃₀K₃₀) – 0,5 рекомендованной дозы;
- 4) 0,5 РД + КП;
- 5) РД (N₆₀P₆₀K₆₀) – рекомендованная доза;
- 6) РД + КП;
- 7) РД + гумат калия (листовая подкормка растений – 600 мл/га);
- 8) РД + эпин (листовая подкормка растений – 60 мл/га);
- 9) РД + циркон (листовая подкормка растений – 4 мл/га).

КП с капельным поливом (фертигация) проводилась в вариантах 2, 4, 6 водорастворимым удобрением «Мастер» (N₁₈P₁₈K₁₈ + 3 MgO) три раза до пучковой зрелости корнеплодов и удобрением «Мастер» (N₁₀P₁₈K₃₂ + МЭ (микроэлементы)) три раза до технической зрелости корнеплодов в дозе по 20 кг/га из расчета по азоту 0,25 рекомендованной дозы – N₁₅. Опыт проведен в соответствии со стандартными методиками [7, 8]. Растения моркови обрабатывали регуляторами роста (РРР) с помощью ранцевого опрыскивателя ОЭМР-16 из расчета рабочей жидкости 300 л/га. Листовая подкормка растений раствором гумата калия проводилась в фазе 1–2-х, 2–3-х настоящих листьев и через 12 дней раствором эпина в фазе 2–3-х настоящих листьев и пучковой зрелости корнеплодов, раствором циркона – в фазе пучковой зрелости корнеплодов.

Обработка почвы: лущение, зяблевая вспашка на глубину 25–27 см, боронование в два следа, предпосевная культивация с боронованием. Минеральные удобрения N₃₀P₃₀K₃₀, N₆₀P₆₀K₆₀ (азофоска) вносили вручную, вразброс перед сплошной культивацией.

Посев проводили во второй декаде апреля ручной сеялкой СР-1 по схеме 55 + 15 см из расчета 1,0 млн шт./га семян моркови сорта Несравненная. Глубина заделки семян 2–3 см.

В период вегетации проводили три междурядные ручные культивации на глубину 6–8 см и две ручные прополки в рядах. Орошение осуществляли посредством капельного полива. Рекомендованную влажность по фазам роста и развития растений моркови с нижним порогом 70 % НВ, глубиной увлажнения 0–30 см до начала пучковой зрелости и 0–40 см до уборки поддерживали поливами через систему капельного орошения. Всего за вегетационный период в зависимости от погодных условий года проведены 10–18 поливов оросительными нормами 2410–3800 м³/га. Сумма эффективных осадков (более 5 мм) составила 159,0–244,8 мм.

Для защиты моркови от вредителей и болезней проводили профилактические опрыскивания растений до начала технической зрелости корнеплодов.

В течение вегетации вели фенологические наблюдения, биометрические измерения, взвешивания, анализ корнеплодов на накопление нитратов в лаборатории ФГУ ГЦАС «Ростовский» и учет оросительной воды. Определяли массу одного корнеплода (в граммах) и урожай с гектара (в тоннах). Урожай убирали вручную во второй

декаде октября с разделением корнеплодов на стандартные и нестандартные фракции с учетом пораженных болезнями. Математическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Доспехову [9].

Результаты и обсуждения. Исследования показали, что удобрения, корневая и листовые подкормки оказали существенное влияние на рост и развитие растений моркови, способствовали увеличению количества листьев и их длины во всех фазах вегетации (таблица 1). Наибольший эффект (количество и длину листьев) обеспечила КП с капельным поливом как на фоне удобрений 0,5 РД (8,25–13,50 шт., 60,50–64,71 см) и РД (8,17–13,78 шт., 64,55–67,92 см), так и в варианте без удобрений (7,08–13,23 шт., 57,88–61,14 см). Листовые подкормки РРР тоже были эффективны, но в меньшей степени. На контроле показатели составили соответственно 6,75–12,81 шт., 57,32–58,18 см.

Таблица 1 – Биометрические показатели растений и содержание нитратов в корнеплодах моркови по фазам вегетации

Вариант	Количество листьев, шт.			Длина наибольшего листа, см			Размер корнеплода, см		Средняя масса корнеплода, г	Нитраты, мг/кг		
	1*	2	3	1	2	3	диаметр	длина		1	2	3
БУ	6,75	8,10	12,81	57,32	58,18	57,55	4,09	14,88	113,5	74	47	24
БУ + КП	7,08	8,27	13,23	57,88	61,14	58,15	4,26	15,83	131,5	77	70	24
0,5 РД	8,06	8,73	13,49	60,32	64,50	59,70	4,40	16,34	134,6	47	27	23
0,5 РД + КП	8,25	9,02	13,50	61,16	64,71	60,50	4,36	17,01	136,4	103	52	28
РД	7,93	8,64	14,11	58,41	60,85	58,96	4,48	15,40	133,1	49	48	40
РД + КП	8,17	8,83	13,78	65,21	67,92	64,55	4,43	16,39	136,2	105	76	47
РД + гумат калия	7,83	8,25	13,30	59,32	60,25	59,63	4,24	15,72	125,3	78	66	28
РД + эпин	8,45	9,08	13,16	58,58	65,23	60,67	4,30	15,14	126,1	41	38	32
РД + циркон	8,42	9,00	12,29	59,91	64,79	58,45	4,19	15,26	123,3	125	64	29
Примечание – * Фазы вегетации: 1 – начало пучковой зрелости; 2 – начало технической зрелости; 3 – перед уборкой.												

Под влиянием удобрения увеличивалась длина корнеплода моркови на 0,26–2,13 см и его диаметр на 0,10–0,39 см по сравнению с контролем. Сказалось применение удобрений и на средней массе корнеплода. При КП на фоне 0,5 РД и РД средняя масса корнеплода достигала 136,2–136,4 г, в вариантах с листовой подкормкой РРР она составила 123,3–126,1 г, а на контроле – 113,5 г.

Применение удобрений, корневых и листовых подкормок при правильном соблюдении агротехники позволило повысить величину общего урожая этой культуры на 9,30–29,16 % по отношению к контролю (таблица 2). Лучшим вариантом оказалось использование КП N₁₅ до начала технической зрелости корнеплодов на фоне основного внесения РД удобрений (урожай повысился с 55,9 до 72,2 т/га). При этом количество стандартных корнеплодов увеличилось с 78,35 до 81,58 %.

Таблица 2 – Влияние различных доз минеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность корнеплодов моркови (2010–2012 гг.)

Вариант	Урожайность общая, т/га	Прибавка урожая		Корнеплоды, %	
		т/га	%	стандартные	больные
1	2	3	4	5	6
БУ	55,9	–	–	78,35	1,45
БУ + КП	61,1	5,2	9,30	79,38	1,00
0,5 РД	65,5	9,6	17,17	81,98	0,94
0,5 РД + КП	68,4	12,5	22,36	83,19	0,70
РД	69,0	13,1	23,43	81,74	1,01

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
РД + КП	72,2	16,3	29,16	81,58	0,85
РД + гумат калия	69,8	13,9	24,86	81,09	0,92
РД + эпин	69,4	13,5	24,15	82,28	0,79
РД + циркон	68,2	12,3	22,00	81,67	0,78
НСР _{0,5} = 1,67...2,70 т/га.					

При анализе полученных усредненных данных об урожайности установлено, что морковь была одинаково отзывчивой на КП N₁₅ на всех фонах удобрения от контроля до РД. КП N₁₅ на фоне 0,5 РД (N₃₀P₃₀K₃₀) обеспечивали урожайность моркови 68,4 т/га с выходом стандартных корнеплодов 83,19 %, что идентично уровню 69,0 т/га при РД (N₆₀P₆₀K₆₀) минеральных удобрений. Листовая подкормка гуматом калия, эпином и цирконом на фоне РД не обеспечивала достоверной прибавки урожая.

Минеральные КП способствовали некоторому снижению поражения корнеплодов болезнями (бактериоз, альтернариоз) на естественном фоне до 1,0 %, на удобренных – до 0,70–0,85 % при поражении на контроле 1,45 %.

Содержание нитратов в корнеплодах моркови изменялось по фазам вегетации. В начале пучковой зрелости оно составило 41–125 мг/кг, в начале технической зрелости – 27–76 мг/кг и перед уборкой – 23–47 мг/кг сырой массы при ПДК 250 мг/кг.

Выводы. Проведенные исследования показали, что при поддержании предполивной влажности почвы по фазам роста и развития растений моркови на уровне 70 % НВ в условиях капельного орошения средняя урожайность в варианте без внесения удобрений составила 55,9 т/га, а в сочетании с корневой подкормкой N₁₅ водорастворимым удобрением «Мастер» средняя урожайность достигла 61,1 т/га.

Результаты учета урожайности и качества моркови выявили положительное влияние минеральных удобрений в дозах N₃₀P₃₀K₃₀ и N₆₀P₆₀K₆₀ в сочетании с фертигацией водорастворимым удобрением «Мастер» N₁₈P₁₈K₁₈ + 3 MgO и «Мастер» N₁₀P₁₈K₃₂ + МЭ (прибавка урожая от 16,3 т/га (29,2 %) до 12,5 т/га (22,4 %)), причем эффективным оказалось как основное внесение азофоски, так и корневые подкормки. Качество корнеплодов в вариантах с удобрениями несущественно отличалось в период уборки от контроля как по количеству стандартных корнеплодов (78,4–83,2 %), так и по содержанию нитратов (23–47 мг/кг сырой массы при ПДК 250 мг/кг). Листовая подкормка гуматом калия, эпином и цирконом на фоне рекомендованной дозы не обеспечивала достоверной прибавки урожая.

Список источников

1. Литвинов С. С. Научные основы современного овощеводства. М.: РАСХН, 2008. 776 с.
2. Борисов В. А. Особенности питания овощных культур и основные элементы технологии производства экологически безопасной овощной продукции // Современные технологии и машины в овощеводстве: материалы междунар. науч.-практ. конф. М., 2007. С. 109–114.
3. Комплексные удобрения в овощеводстве / В. А. Борисов, В. М. Ковылин, А. В. Романова, И. Р. Тимошенко // Овощеводство. Состояние. Проблемы. Перспективы: сборник. М., 2001. С. 289–295.
4. Литвинов С. С., Борисов В. А. Выращивание овощей для детского и диетического питания. М., 1998. 114 с.
5. Ванеян С. С. Режимы орошения и техника полива овощных культур (рекомендации). М.: Россельхозиздат, 1985. 40 с.
6. Борисов В. А., Литвинов С. С., Романова А. В. Качество и лежкость овощей. М., 2003. 627 с.

7. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / под ред. В. Ф. Белика. М.: Агропромиздат, 1992. 319 с.

8. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: РАСХН, ВНИИО, 2011. 648 с.

9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.

Информация об авторе

В. С. Соснов – старший научный сотрудник, ученый агроном.

Information about the author

V. S. Sosnov – Senior Researcher, Scientist Agronomist.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.05.2021; одобрена после рецензирования 19.05.2021; принята к публикации 24.05.2021.

The article was submitted 13.05.2021; approved after reviewing 19.05.2021; accepted for publication 24.05.2021.

УДК 626.81:631.67

Анализ структуры взаимодействия управлений мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения Северо-Кавказского федерального округа

Александр Анатольевич Кузьмичёв, Алексей Николаевич Рыжаков

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

Аннотация. Анализ использования и распределения водных ресурсов выполнен на основе фактических данных, полученных за период 2015–2020 гг. На основе проведенного анализа описана структура распределения водных ресурсов между управлениями мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения Северо-Кавказского федерального округа. Дана оценка степени взаимодействия между организациями, и выявлена возможность оптимизации существующих систем распределения водных ресурсов. Планирование режимов функционирования систем распределения водных ресурсов необходимо выполнять на основе системного анализа взаимодействия природных и техногенных комплексов. Одним из способов повышения рациональности использования водных ресурсов является создание современных цифровых информационных систем с применением имитационных и оптимизационных моделей распределения стока, построенных на основе использования геоинформационных технологий.

Ключевые слова: орошаемое землепользование, водораспределение, водозабор, мелиорация земель, оросительная система, водохозяйственная система, Северо-Кавказский федеральный округ

Structure analysis of interaction between the departments of land reclamation and agricultural water supply of the North Caucasus Federal District

Alexandr A. Kuzmitchev, Aleksey N. Ryzhakov

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

Abstract. The analysis of the use and distribution of water resources was carried out on the basis of actual data obtained for the period 2015–2020. Based on the analysis, the

structure of water resources distribution between the departments of land reclamation and agricultural water supply of the North Caucasus Federal District is described. The assessment of the degree of interaction between organizations is given, and the possibility of optimizing existing systems for water resources distribution is revealed. The planning of the water distribution systems operation modes must be carried out on the basis of a systematic analysis of the natural and man-made complexes interaction. One of the ways to improve the rational use of water resources is the creation of modern digital information systems using simulation and optimization models of runoff distribution, built on the basis of geoinformation technologies.

Keywords: irrigated land use, water distribution, water intake, land reclamation, irrigation system, water management system, North Caucasian Federal District

Введение. Развитие орошаемого земледелия в настоящее время сдерживается ограниченностью водных и материальных ресурсов. Так, на юге России практически все доступные водные ресурсы уже исчерпаны, а увеличение орошаемых площадей возможно только при оптимизации водораспределения, в т. ч. за счет автоматизации учета воды на оросительных системах [1]. Существенным сдерживающим фактором в принятии эффективных управленческих решений является несовершенство существующих способов сбора и обработки сведений об основных показателях использования водных ресурсов, а также информационного взаимодействия между управлениями мелиоводхозов. Вследствие этого возникают проблемы рационального использования и охраны водных ресурсов при планировании водопользования и эксплуатации водохозяйственных и мелиоративных систем. Особенно ярко подобные ситуации проявляются в случаях глубокой интеграции процессов взаимодействия, когда водные ресурсы перераспределяются комплексом водопроводящих сооружений, находящихся под управлением нескольких организаций и проходящих через несколько административных субъектов Российской Федерации. Примером такого сложного взаимодействия являются водохозяйственные системы Северо-Кавказского федерального округа (СКФО).

Материалы и методы. Анализ взаимодействия между управлениями мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения в части забора водных ресурсов из природных источников и перераспределения их между регионами СКФО выполнен на основе фактических данных, полученных за период 2015–2020 гг.

Результаты и обсуждения. Значительную роль в экономическом развитии СКФО играет агропромышленный комплекс, на долю которого приходится 19 % ВВП, а растениеводство в структуре производства составляет более 50 % [2]. Стабильное получение урожая сельскохозяйственных культур и эффективное развитие земледелия в настоящее время невозможно без применения орошения. На орошаемых землях возделываются высокопродуктивные культуры, которые в денежном эквиваленте в 3–4 раза превышают продукцию с гектара по сравнению с богарным земледелием. Немаловажен и тот факт, что в наиболее засушливые годы орошаемые земли в меньшей степени реагируют на неблагоприятные условия [3].

В состав СКФО входят семь субъектов Российской Федерации, на территории которых организацию рационального водопользования на мелиоративных системах и водохозяйственных сооружениях, а также своевременную и бесперебойную подачу воды сельскохозяйственным предприятиям обеспечивает водохозяйственный комплекс, состоящий из семи управлений мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения и четырех управлений эксплуатации магистральных каналов, имеющих межрегиональное значение (таблица 1) [4].

Управление комплексом водохозяйственных и мелиоративных систем становится наиболее эффективным только тогда, когда планирование режимов их функционирования, а также принятие тех или иных управленческих решений основывается на выборе оптимальных вариантов. Однако физический эксперимент с большими системами затруднителен, а решение оптимизационных задач требует наличия довольно большого объема исходных данных. Обработка таких данных и решение подобных задач возмож-

ны на основе программных комплексов, специализирующихся на работе с пространственной информацией, а именно географических информационных систем (ГИС). Именно ГИС позволяют накапливать и обрабатывать информационные базы данных по большим площадям на значительном временном протяжении и могут служить основой для дальнейшего применения имитационных и оптимизационных моделей [5]. В качестве примера на рисунке 1 приведен фрагмент картографического материала с нанесенным местоположением основных рек и каналов на территории СКФО, а также управлений мелиоводхозов и эксплуатации магистральных каналов.

Таблица 1 – Учреждения водохозяйственного комплекса, обеспечивающие рациональное водопользование на мелиоративных системах и водохозяйственных сооружениях СКФО

Наименование ФГБУ	Субъект СКФО
1 Управление эксплуатации Большого Ставропольского канала (УЭБСК)	Карачаево-Черкесская Республика
2 Управление «Карачаевочеркескмелиоводхоз»	
3 Управление эксплуатации Кумских гидроузлов и Чограйского водохранилища (УЭКГ и ЧВ)	Ставропольский край
4 Управление «Ставропольмелиоводхоз»	
5 Управление эксплуатации межреспубликанских магистральных каналов (УЭММК)	Кабардино-Балкарская Республика
6 Управление «Каббалкмелиоводхоз»	
7 Управление эксплуатации Терско-Кумского гидроузла (УЭТКГ)	Республика Северная Осетия – Алания
8 Управление «Севосетинмелиоводхоз»	
9 Управление «Ингушмелиоводхоз»	Республика Ингушетия
10 Управление «Чеченмелиоводхоз»	Чеченская Республика
11 Управление «Минмелиоводхоз Республики Дагестан»	Республика Дагестан



Рисунок 1 – Территориальное расположение управлений мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения и эксплуатации магистральных каналов по СКФО

Основными источниками водных ресурсов для водохозяйственных систем региона являются бассейны рек, протекающих по Западно-Каспийскому бассейновому округу. Округ включает водные объекты Каспийского моря и бессточных районов междуречья Терека, Дона и Волги. Главными реками здесь являются Терек, Кума и Сулак [6]. Водными ресурсами в регионе обеспечивается более 100 мелиоративных систем, общая площадь орошения которых, по данным Государственного водного реестра (ГВР) на 1 января 2020 г., составила 950 тыс. га (таблица 2).

Таблица 2 – Количество мелиоративных систем и площадь орошения по данным Государственного водного реестра на 01.01.2020

Наименование ФГБУ	Общее количество мелиоративных систем, шт.	Площадь орошения, тыс. га
Управление «Карачаевочеркескмелиоводхоз»	1	5,4
Управление «Ингушмелиоводхоз»	2	21,8
Управление «Севосетинмелиоводхоз»	21	76,7
Управление «Чеченмелиоводхоз»	9	124,0
Управление «Каббалкмелиоводхоз»	6	130,0
Управление «Ставропольмелиоводхоз»	17	195,8
Управление «Минмелиоводхоз Республики Дагестан»	52	395,6
Всего	108	949,3

Оценка перспектив развития и функционирования мелиоративных систем возможна только на основе системного анализа взаимодействия природных и техногенных комплексов. Первым этапом в области исследования закономерностей функционирования данных комплексов является построение их структуры (рисунок 2).

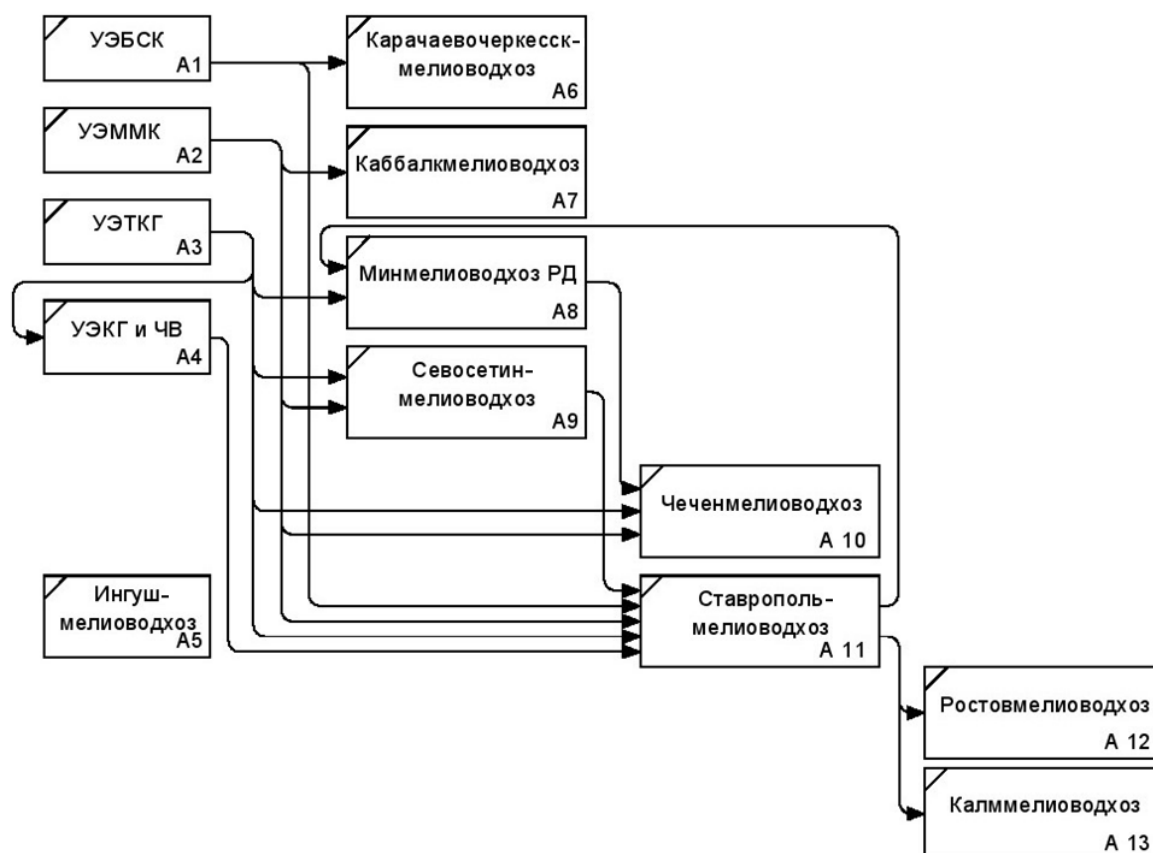


Рисунок 2 – Схема распределения водных ресурсов между управлениями мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения СКФО

Схема функционирования комплекса водохозяйственных и мелиоративных систем СКФО имеет сложную разветвленную структуру. Водозабор и транспортировка водных ресурсов осуществляется по крупным магистральным каналам, которые находятся под управлением соответствующих учреждений. Те, в свою очередь, передают воду управлениям мелиоводхозов, которые уже распределяют водные ресурсы водопользователям и между собой.

Согласно схеме, транспортирование водных ресурсов в наибольшее количество организаций, эксплуатирующих мелиоративные системы, осуществляют УЭТКГ и УЭММК, которые производят водозабор из р. Терек. От них воду получают четыре управления. К тому же УЭТКГ передает воду в УЭКГ и ЧВ, которое, в свою очередь, осуществляет водозабор из р. Кумы и транспортирует водные ресурсы в Ставропольский край и Республику Калмыкия.

Что касается объемов распределяемых водных ресурсов, то наибольший объем воды в 2020 г. был передан УЭБСК, а совокупный объем, транспортируемый по магистральным каналам, составил 3,2 км³ (рисунок 3).

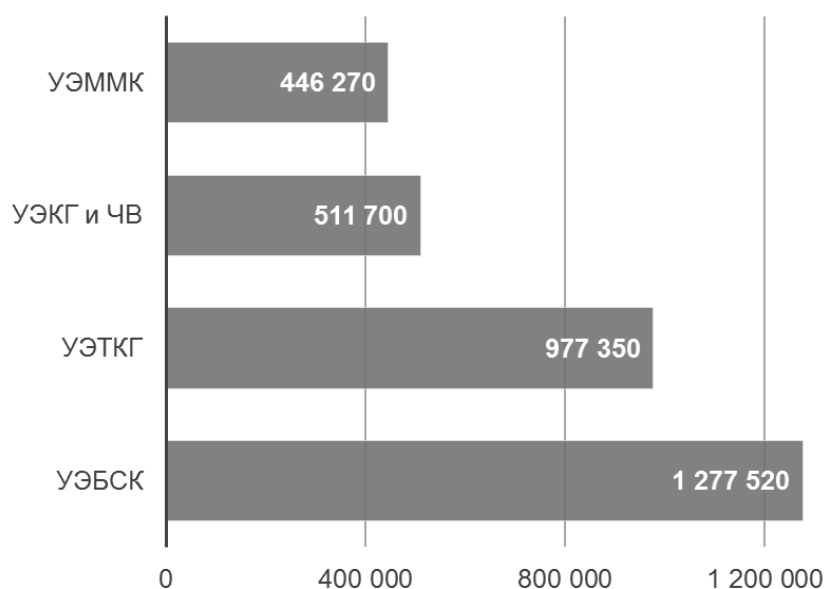


Рисунок 3 – Объем водных ресурсов, транспортируемый управлениями эксплуатации магистральных каналов, тыс. м³

Управления мелиоводхозов принимают воду по магистральным каналам, но также и сами осуществляют забор из природных водных источников. Наиболее обеспечено водными ресурсами региональное управление Республики Дагестан. От сторонних водохозяйственных систем это управление принимает лишь 2 % водных ресурсов, а более 3 км³ забирается из водных источников, находящихся на территории республики. Наибольший объем водных ресурсов от сторонних водохозяйственных систем получает управление «Ставропольмелиоводхоз». Сюда вода поступает из УЭБСК, УЭТКГ, УЭММК, УЭКГ и ЧВ и Севосетинмелиоводхоза. Из 2,3 км³ на региональные водоисточники приходится только 30 %. В целом в общем балансе управлений мелиоводхозов объем воды, принимаемый от организаций, эксплуатирующих магистральные каналы, составляет 50 % (таблица 3). Между тем квоты забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов, выделенные субъектам СКФО, позволяют обеспечить повышение эксплуатации местных водных ресурсов и снизить нагрузку на магистральные каналы [7].

Таблица 3 – Соотношение количества водных ресурсов, забираемых из местных водоисточников и принятых от сторонних водохозяйственных систем, в 2020 г.

Наименование управления	Забрано из природных источников, тыс. м ³	Принято от других водохозяйственных систем, тыс. м ³	Общий объем, тыс. м ³
Минмелиоводхоз Республики Дагестан	3101006	62200	3163206
Ставропольмелиоводхоз	700050	1623560	2323610
Чеченмелиоводхоз	533408	352116	885524
Каббалкмелиоводхоз	169517	223105	392622
Ингушмелиоводхоз	73286	0	73286
Севосетинмелиоводхоз	6341	26630	32971
Карачаевочеркескмелиоводхоз	0	1	1
Всего	4583608	2287612	6871219

Выводы. Структура перераспределения водных ресурсов между регионами СКФО достаточно сложна. Планирование режимов ее функционирования, а также принятие тех или иных управленческих решений необходимо выполнять на основе комплексного системного анализа взаимодействия природных и техногенных систем. Выбор оптимальных вариантов возможен только на основе тщательного анализа структурированной информации о природных, хозяйственных и социальных условиях затрагиваемой территории. Наиболее эффективным решением таких задач может быть создание современной цифровой информационной системы с использованием имитационных и оптимизационных моделей, построенных на основе применения геоинформационных технологий.

Разработка подобных программных комплексов как с дальнейшей оптимизацией существующих систем распределения водных ресурсов, так и с выявлением целесообразности, необходимости и масштабов новых путей перераспределения воды позволит установить рациональную стратегию развития водного хозяйства СКФО, четко разграничить возможности и источники водообеспечения каждого из регионов.

Список источников

1. Мелихов В. В. Изменение стратегии управления водными ресурсами в мелиоративной отрасли сельскохозяйственного производства в современных климатических условиях // Экосистемы: экология и динамика [Электронный ресурс]. 2017. Т. 1, № 3. С. 5–14. URL: <http://ecosystemsdynamic.ru/2017-t-1-3-izmenenie-strategii-upravleniya-vodnymi-resursami-v-meliorativnoj-otrasli-selskoxozyajstvennogo-proizvodstva-v-sovremennyx-klimaticheskix-usloviyax/> (дата обращения: 12.05.2021).

2. Хаштаров Б. Л. Инновационный путь развития сельского хозяйства Северо-Кавказского округа // Проблемы и перспективы экономики и управления: материалы II Междунар. науч. конф., г. Санкт-Петербург, июнь 2013 г. СПб.: Реноме, 2013. С. 134–136.

3. Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России: монография / А. В. Колганов, Н. В. Сухой, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин; под ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. 222 с.

4. Оросительные системы: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 1 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. Новочеркасск: Геликон, 2013. 283 с.

5. Воропаев Г. В., Исмаилов Г. Х., Федоров В. М. Моделирование водохозяйственных систем аридной зоны СССР. М.: Наука, 1984. 312 с.

6. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бессточных

районов междуречья Терека, Дона и Волги [Электронный ресурс]. URL: http://zkbvu.ru/documents/skiovo_best.php (дата обращения: 12.05.2021).

7. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бессточных районов междуречья Терека, Дона и Волги. Кн. 5. Лимиты и квоты на забор воды из водных объектов и сброс сточных вод [Электронный ресурс]. URL: <http://zkbvu.ru/upload/medialibrary/598/5988ff80065ef13614b9d27ff87de107.pdf> (дата обращения: 12.05.2021).

Информация об авторах

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

А. Н. Рыжаков – научный сотрудник.

Information about the authors

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

A. N. Ryzhakov – Researcher.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.04.2021; одобрена после рецензирования 18.05.2021; принята к публикации 31.05.2021.

The article was submitted 30.04.2021; approved after reviewing 18.05.2021; accepted for publication 31.05.2021.

УДК 631.458; 631.445.52

Анализ причин деградации почв в результате засоления и мероприятия по восстановлению плодородия почв

Анастасия Петровна Суrowикина, Валерий Алексеевич Монастырский

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

Аннотация. Статья посвящена вопросу применения комплексных химических мелиораций как основного инструмента повышения плодородия и борьбы с деградацией сельскохозяйственных земель. Цель работы – анализ причин деградации почв в результате засоления и применения мероприятий по восстановлению плодородия почв. Методологической основой написания статьи являлось обобщение теоретических данных и практического опыта рассоления почв для усовершенствования способов их мелиорации. Представлены основные способы применения агрохимической мелиорации, в т. ч. строительные, эксплуатационные и агротехнические мероприятия, а также используемые мелиоранты, способствующие улучшению показателей качества почв и повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: деградация почв, засоленные почвы, химическая мелиорация, солонцовые почвы, мелиорант

Analysis of soil degradation sources as a result of salinization and measures to soil fertility recovery

Anastasia P. Surovikina, Valeriy A. Monastyrsky

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

Abstract. The article is devoted to the issue of using complex chemical reclamation as the main tool for increasing fertility and farming lands degradation control. The purpose of

this paper is to analyze the soil degradation causes as a result of salinization and the application of soil fertility restoration measures. The methodological basis for writing the article was the generalization of theoretical data and practical experience of soil desalinization for improving the methods of soil reclamation. The main methods of using agrochemical reclamation, including construction, operation and agrotechnical measures, as well as the ameliorants used, which help to improve soil quality indicators and increase crop yields are presented.

Keywords: soil degradation, saline soils, chemical reclamation, solonetz soils, ameliorant

Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в условиях орошения является одним из приоритетных направлений «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2025 годы» [1]. Реализация программы обуславливает увеличение продуктивности и устойчивости сельскохозяйственного производства и повышение плодородия почв средствами комплексной мелиорации.

Современное мелиоративное состояние сельскохозяйственных земель в Южном федеральном округе (ЮФО) и Ростовской области оценивается как критическое. Согласно статистическим данным, на 1 января 2019 г. площадь мелиорируемых земель сельскохозяйственного назначения ЮФО составляет 8865,3 тыс. га, что на 1,7 тыс. га меньше, чем в предыдущем отчетном году [2]. Большая часть мелиорируемых земель выражена засоленными и солонцеватыми почвами (986,8 и 858,59 тыс. га соответственно) [3]. На рисунке 1 представлена диаграмма распределения долей различных видов засоленных земель в ЮФО.



Рисунок 1 – Распределение засоленных земель в Южном федеральном округе в 2018 г.

Избыточное накопление водорастворимых солей приводит к деградации сельскохозяйственных земель (что сказывается на жизнедеятельности растений), снижению, а иногда и полной гибели урожая [4]. Выделяются два типа засоления – первичное и вторичное.

Первичное засоление – медленно протекающий природный процесс, который обуславливается подъемом растворенных солей из подземных вод к плодородному слою почвы вследствие восходящего тока влаги. Процессы возможны в некоторых условиях, например, при определенной структуре грунта и глубине залегания подземных вод с большой минерализацией. Вторичное засоление почв наблюдается на орошаемых землях в условиях засушливого климата. На таких территориях грунтовые воды изначально находятся на значительной глубине и не влияют на плодородие почвы. Однако оросительная вода в любом случае имеет некоторую степень минерализации, и эти соединения остаются и накапливаются в почве.

Рассоление деградированных почв – комплексный мелиоративный процесс снижения концентрации солей в почвенном поглощающем комплексе [5]. Улучшение и

высокоэффективное использование засоленных и солонцовых почв в условиях орошения представляют собой крупный резерв дополнительного объема производства сельскохозяйственной продукции [6].

Для борьбы с первичным засолением и предотвращения вторичного применяются агротехнические, строительные и эксплуатационные меры. Основной задачей их является уменьшение уровня грунтовых вод или прекращение процессов их подъема.

Строительные меры подразумевают:

- уменьшение фильтрационной потери воды посредством строительства лотковой сети, облицованных каналов;
- оборудование оросительной системы современными гидротехническими постройками;
- автоматизация систем распределения воды;
- использование технологий орошения, которые минимизируют насыщение подземных вод;
- отведение для рисовых чеков с дренажно-сбросной сетью низменных участков;
- ограждение орошаемых территорий от влияния паводков и расположенных выше водоемов;
- оборудование дамб, дренажных труб, дренажно-сбросной сети, нагорно-ловчих каналов.

Эксплуатационные меры включают:

- ограничение расхода поливной воды при круглосуточном использовании оросительной системы;
- соблюдение нормы подачи воды во все каналы;
- следование стандартам полива и промыва орошаемых участков;
- снижение активности применения каналов в осенние и зимние месяцы;
- повышение производительности оросительной системы путем обновления и модернизации.

К агротехническим мерам относятся:

- посев многолетних растений, способных к деминерализации используемого агроценоза;
- нормализация водно-физического режима грунта путем глубокого рыхления, боронования, зяблевой вспашки;
- внесение органических удобрений;
- применение агрохиммелиорантов;
- применение специализированных севооборотов;
- создание полос древесной растительности для нормализации микроклимата, снижения испаряемости почвенной влаги.

В настоящее время в улучшении мелиоративного состояния деградированных почв на первый план выдвигается применение комплекса агрохимических мелиораций.

Агрохимическая мелиорация – комплекс системных мер воздействия на почву для улучшения ее свойств и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. При химической мелиорации из корнеобитаемого слоя почвы частично удаляются вредные для сельскохозяйственных растений компоненты, в т. ч. при агрохиммелиорации кислых почв требуется уменьшение содержания водорода и алюминия, в солонцах – натрия, различные соединения которого в почвенном поглощающем комплексе ухудшают химические, физико-химические и биологические свойства почвы и снижают почвенное плодородие.

В своем проявлении химическая мелиорация часто сопровождается последующей промывкой почв, следовательно, уместно применение комплексной мелиорации засоленных почв с использованием различных видов мелиоративных мероприятий и технологий, что в свою очередь способствует более устойчивому достижению целевых показателей качества почв и прибавки урожая сельскохозяйственных культур.

К комплексу системных мер и агрохимической мелиорации приходится прибегать в тех случаях, когда необходимо в короткий срок изменить неблагоприятные для растений условия произрастания и повысить урожайность. Для этого применяются различные компоненты, улучшающие или изменяющие свойства почвы. В сельском хозяйстве наиболее часто применяют известкование и гипсование кислых почв, в некоторых случаях – кислование щелочных.

В долгосрочной перспективе использования почв, подверженных засолению, по результатам исследования различных авторов [5–13], помимо комплекса агрохимических мелиораций, следует применять специализированные севообороты, звенья которых состоят из многолетних трав и солеустойчивых культур. Так, например, при возделывании люцерны на засоленных почвах с применением комплексной мелиорации прибавка урожая составила 12 % в среднем за 3 года [7], а при возделывании на засоленных землях с внесением золошлака авторы выявили повышение продуктивности и средней урожайности до 2,84 т/га [8]. И. В. Гуриной, А. И. Щиренко, Ю. С. Рогозиной [9] отмечено снижение значений pH и уменьшение содержания тяжелых металлов почв в результате внесения комплексных минеральных удобрений. Известен также опыт применения фосфогипса на корковых солонцах [14], который позволяет более 34 лет получать устойчивую продуктивность многолетних трав и существенно улучшает основные химические свойства данных почв. Поэтому наиболее эффективным способом мелиорации засоленных почв считается коррекция солевого состава посредством внесения соответствующих реагентов и применение специализированных севооборотов [15].

В качестве мелиорантов деградированных почв в зависимости от типа и степени засоления широко используют гипс, глиногипс, фосфогипс, шламы содовой промышленности, терриконовую породу, неорганические кислоты и т. д. Как показывает опыт применения химической мелиорации на засоленных почвах, вид мелиоранта и дозы его внесения варьируются в зависимости от вида почв и степени их деградации [10–12]. Известен опыт применения фосфогипсодержащих мелиорантов для мелиорации солонцовых почв в условиях орошения, которые благоприятно сказывались на оптимизации свойств чернозема обыкновенного деградированного и увеличении урожайности сельскохозяйственных культур [13].

Все перечисленные способы проведения агрохимической мелиорации в той или иной мере улучшают показатели засоленных почв (в зависимости от вида почв, уровня залегания грунтовых вод, наличия кальциевых солей в самой почве, минерализации грунтовых и оросительных вод, режима орошения, вида возделываемых культур и т. д.), демонстрируя при этом различный процент эффективности по улучшению качества почв и по времени последствий.

Выводы. С учетом неблагоприятного мелиоративного состояния сельскохозяйственных угодий в настоящее время возникает необходимость разработки приемлемых комплексных мероприятий по поддержанию плодородия и борьбе с деградацией солонцовых почв. Анализ деградационных процессов показал, что одним из более трудоемких процессов возвращения сельскохозяйственных земель в оборот является восстановление земель, подверженных засолению. Процессы засоления делятся на несколько видов, имеются различные способы предотвращения протекания негативных процессов деградации почв. Наиболее эффективными являются способы проведения комплексных агрохимических мероприятий, включающих использование агрохимических мелиорантов наряду со специальными севооборотами, а также проведение строительных, эксплуатационных и агротехнических мероприятий.

Список источников

1. О внесении изменений в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продоволь-

ствия [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 18 марта 2021 г. № 415. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

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

3. Мелиоративный кадастр по состоянию на 01.01.2018. М., 2018.

4. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации в 2019 году. М.: Росинформагротех, 2020. 340 с.

5. Влияние донника на солевой режим и органоминеральный состав почвы рисового севооборота в условиях Приаралья / Ж. Ш. Жумадилова, Б. Мухамбетов, К. М. Абдиева, Е. Ж. Шорабаев, А. К. Саданов // Успехи современного естествознания. 2014. № 12-5. С. 546–549.

6. Лунева Е. Н., Суровикина А. П. Совершенствование средств и технологий комплексной мелиоративной обработки засоленных орошаемых земель // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения), г. Новочеркасск, 6–23 нояб. 2018 г. 2018. С. 42–48.

7. Рекомендации по мелиорации засоленно-солонцовых почв Центрально-Черноземного региона / В. И. Турусов, А. М. Новичихин, Ю. И. Чевердин, В. А. Беспалов, Т. В. Титова, А. Н. Рябцев. Каменная Степь, 2019. 18 с.

8. Юст Н. А., Горбачева Н. А. Влияние золошлака на водно-физические свойства лугово-черноземовидных почв южной зоны Амурской области // Взаимодействие научно-образовательных учреждений, бизнеса и власти: материалы 2-й Регион. науч. конф. Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2012. С. 142–144.

9. Гурина И. В., Щиренко А. И., Рогозина Ю. С. Результаты мониторинга рекультивированной второй секции золоотвала Новочеркасской ГРЭС // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2016. № 4(24). С. 55–69. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1113> (дата обращения: 31.03.2021).

10. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России: коллектив. моногр. / И. О. Алябина [и др.]; отв. ред. В. С. Столбовой. М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2014. 760 с.

11. Изучение и подбор солеустойчивых сельскохозяйственных культур для возделывания на засоленных почвах / ФАО. Бишкек, 2018. 19 с.

12. Способы мелиорации орошаемых солонцовых почв: науч. обзор / Г. Т. Балакай [и др.]. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2011. 73 с.

13. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Шалашова О. Ю. Использование фосфогипса и фосфогипсодержащих мелиорантов для мелиорации солонцовых почв в условиях орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2012. № 3(07). С. 52–64. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=113&id=116> (дата обращения: 31.03.2021).

14. Скипин Л. Н., Федоткин В. А. Результативность действия химической мелиорации солонцов в условиях Западной Сибири // Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия: материалы науч.-произв. конф. (VIII Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения), 16–20 июля 2018 г. Тюмень: Изд-во ГАУ Сев. Зауралья. С. 406–414.

15. Руководство по управлению засоленными почвами [Электронный ресурс] / под ред. Р. Варгаса [и др.]. Рим: Продовольств. и с.-х. орг. Объед. Наций, МГУ им. М. В. Ломоносова, 2017. 153 с. URL: <http://www.fao.org/3/i7318r/i7318r.pdf> (дата обращения: 31.03.2021).

Информация об авторах

А. П. Суровикина – младший научный сотрудник;

В. А. Монастырский – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the authors

A. P. Surovikina – Junior Research;

V. A. Monastyrskiy – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.04.2021; одобрена после рецензирования 18.05.2021; принята к публикации 31.05.2021.

The article was submitted 12.04.2021; approved after reviewing 18.05.2021; accepted for publication 31.05.2021.

УДК 631.6:631.445.52:54

Анализ использования химической мелиорации на различных типах почв

Александр Николаевич Бабичев, Алексей Александрович Бабенко

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

Аннотация. Целью исследования являлся анализ результатов проведенных научных опытов зарубежных и отечественных ученых в области химической мелиорации. Показана важность роли химической мелиорации, регулирующей состав катионов почвенного поглощающего комплекса (ППК), в борьбе с деградацией, засолением и окислением почв. Доказано влияние химической мелиорации на изменение содержания подвижных гуминовых кислот (среднее содержание подвижных гуминовых кислот в пахотном слое в вариантах с применением органоминеральных систем удобрения на фоне известкования различными дозами колебалось от 11 до 13 % от общего содержания углерода, что на 40 % ниже контрольного варианта). Анализ проведенных исследований показал, что действие органической, органоминеральной и минеральной систем удобрения на изменение агрохимических свойств почвы зависело от фона кислотности. В результате проведенных исследований установлено, что для устранения щелочности и оптимизации ППК на черноземах достаточной является доза 5 т/га фосфогипса, а для мелиорации солонцов необходима доза фосфогипса не менее 10 т/га. После пятилетнего последействия мелиоранта тенденция к восстановлению щелочности и солонцеватости не проявилась.

Ключевые слова: деградация почвы, химическая мелиорация, известкование, фосфогипс, свойства почвы

Analysis of chemical reclamation application on different types of soils

Aleksandr N. Babichev, Aleksey A. Babenko

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

Abstract. The aim of the study was to analyze the results of scientific experiments carried out by foreign and domestic scientists in the field of chemical reclamation. The importance of chemical reclamation, which regulates the cation composition of soil absorbing complex (AUC), in degradation, salinization and soil oxidation control is shown. The influence of chemical reclamation on the change in the content of mobile humic acids (the average content of mobile humic acids in the arable layer in variants with the use of organomineral

fertilization systems against the background of liming with various doses ranged from 11 to 13 % of the total carbon content, which is 40 % lower than the control variant) has been proven. The analysis of conducted studies showed that the effect of organic, organomineral and mineral fertilization systems on the change in the agrochemical properties of soil depended on the acidity background. As a result of the studies, it was found that for the elimination of alkalinity and optimization of the AUC on chernozems, a dose of 5 t/ha of phosphogypsum is sufficient, and for the solonchets reclamation, a dose of phosphogypsum is required at least 10 t/ha. After a five-year aftereffect of the ameliorant, the tendency to alkalinity and solonchization restoration did not appear.

Keywords: soil degradation, chemical reclamation, liming, phosphogypsum, soil properties

Введение. В России, по данным государственного учета земель, в настоящее время 220,6 млн га сельскохозяйственных угодий, из которых 121,5 млн га – пашня, значительное количество их подвержено различным процессам деградации (таблица 1) [1].

Таблица 1 – Характеристика деградации сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации

Вид деградированных земель	Сельскохозяйственные угодья		В т. ч. пашня	
	млн га	% от общей площади	млн га	% от общей площади
Засоленные	16,3	8,9	4,5	3,7
Солонцеватые	22,9	12,5	9,9	8,2
Кислые	51,5	28,1	41,6	34,4
Переувлажненные	16,1	8,8	6,8	5,6
Заболоченные	9,6	5,2	2,2	1,8
Засоренные камнями	12,2	6,6	3,9	3,2

Ухудшение плодородия почвы в результате деградаций снижает урожайность сельскохозяйственных культур и уменьшает валовой сбор сельскохозяйственной продукции, что с учетом роста численности населения планеты может привести к нехватке продовольствия. Поэтому в настоящее время необходимо уделять внимание решению следующих экологических проблем: загрязнение водного и воздушного бассейнов, сохранение генофонда экосистем, борьба с деградацией и опустыниванием, засолением и окислением сельскохозяйственных земель [2].

Важную роль в борьбе с деградацией и опустыниванием, засолением и окислением играет химическая мелиорация, регулирующая состав катионов почвенного поглощающего комплекса (ППК) заменой водорода, алюминия, железа, марганца в кислых почвах или натрия и магния в щелочных почвах кальцием. На щелочных почвах проводят гипсование или кислование, а на кислых почвах – известкование [3].

При проведении химической мелиорации необходимо следовать определенным правилам, заключающимся в последовательном обосновании и порядке проведения необходимых мероприятий [4].

Мероприятия по химической мелиорации разрабатываются при выявлении земель, подверженных засолению, осолонцеванию, ощелачиванию, подкислению, уплотнению, дегумификации, превышающим безопасный уровень (ст. 3 Федерального закона № 78-ФЗ «О землеустройстве»).

К проектированию мероприятий по комплексному воспроизводству почвенного плодородия кислых или солонцовых и щелочных почв допускаются только аккредитованные или освидетельствованные организации или специалисты, имеющие специальную подготовку.

При составлении проекта в первую очередь необходимо ознакомиться с реализованными ранее проектами землеустройства территории, на которой планируется про-

ведение мероприятий по химической мелиорации, а также с данными о почвенно-мелиоративных и агрохимических обследованиях. Затем оцениваются химические особенности почвенного покрова: определяется гидролитическая кислотность и щелочность, учитывается комплексность солонцовых почв, глубина залегания и состав грунтовых вод, содержание и глубина залегания гипса и карбонатов, гранулометрический состав почвы, обеспеченность элементами питания и содержание гумуса.

Почвенно-мелиоративному изысканию подвергаются все кислые, щелочные и солонцовые почвы с содержанием солонцов в контуре более 10 %.

Для щелочных и солонцовых почв описываются мощность гумусового генетического горизонта, глубина вскипания от 10 % HCl, глубина залегания и распределения по профилю гипса (карбонатов) и легкорастворимых солей. Для кислых почв дается характеристика мощности пахотного и гумусового слоев, расположения и свойств почвенных горизонтов, особенно обладающих неблагоприятными качествами (переуплотнение, переувлажнение, оглеение, закисление и т. д.) [4].

Обсуждение. Гумус, являющийся источником для поддержания происходящих в почве биохимических процессов, – основной показатель почвенного плодородия. Общее количество и качественный состав гумуса в обрабатываемых почвах лесостепной зоны зависит от используемых агротехнических мероприятий. Важную роль в процессах образования органических веществ на кислых почвах играет кальций, содержащийся в ППК [5].

Из многочисленного ряда исследований известно, что известкование влияет на содержание органического вещества и его трансформацию путем улучшения условий жизнедеятельности микроорганизмов и ускорения разложения некоторых относительно малоустойчивых составляющих почвенного гумуса, а также улучшает развитие сельскохозяйственных растений, увеличивая количество корневых и пожнивных остатков в почве, способствующих сохранению гумусовых веществ почвы в виде более сложных органоминеральных соединений.

Известно, что CaCO_3 в кислой среде способствует ускорению гумификации и минерализации сырой органической массы, замедляет процессы минерализации почвенного гумуса. Однако даже в условиях дефицита свежего органического вещества кальций известки способствует снижению темпов минерализации гумуса.

Н. А. Ткаченко, В. Н. Шкляр в своих исследованиях устанавливали влияние химической мелиорации на изменение содержания подвижных гуминовых кислот в пахотном и подпахотном слоях серых лесных почв в лесостепи Украины.

Исследования осуществлялись в 2013–2015 гг. на территории Киевской области. Основа стационарного опыта была заложена в 1992 г. на серой лесной крупнопылевато-легкосуглинистой почве, повторное внесение дефеката CaCO_3 проводилось в 2005 г. Содержание гумуса в слое почвы 0–20 см – 1,44 %, pH_{KCl} – 4,6, гидролитическая кислотность – 3,6 мг-экв/100 г почвы, обменный кальций – 3,9 мг-экв/100 г почвы и обменный магний – 0,58 мг-экв/100 г почвы. Схема опыта включала комбинации различных доз минерального и органического удобрения, химической мелиорации и выращивание различных сельскохозяйственных культур. Известкование проводилось в 1992 г. и повторно в 2005 г. по величине гидролитической кислотности полной дозой в количестве 4,4–5,4 т/га CaCO_3 и полуторной дозой 7,3 т/га CaCO_3 . Минеральные удобрения вносили из расчета $\text{N}_{52}\text{P}_{28}\text{K}_{52}$ (одинарная доза), $\text{N}_{78}\text{P}_{42}\text{K}_{78}$ (умеренная доза) и $\text{N}_{104}\text{P}_{56}\text{K}_{104}$ (повышенная доза) на 1 га севооборотной площади. Аналитические работы выполнялись в лаборатории агропочвоведения ННЦ «ИЗ НААН Украины» с использованием следующих методов: общее содержание гумуса – по методу И. В. Тюрина в модификации В. М. Симакова, содержание подвижных гуминовых кислот – по методу И. В. Тюрина в модификации ВИУА, сжигание – по Б. А. Никитиным (ДСТУ 4289:2004).

Анализ результатов проведенных исследований показал, что содержание наиме-

нее ценных подвижных гуминовых кислот в серой лесной почве при выращивании сельскохозяйственных культур без внесения удобрений и проведения химической мелиорации составляло в пахотном слое почвы 18,7–20,6 % от общего содержания углерода в почве.

В варианте с применением только минеральных удобрений разовой дозой содержание подвижных гуминовых кислот было ниже, чем на контроле, и равнялось в среднем 17,7 %. Данные изменения связаны с увеличением урожайности возделываемых культур на 30 % и количества пожнивных остатков в почве. Во всех вариантах опыта, где проводилась химическая мелиорация, содержание подвижных гуминовых кислот снизилось, а в варианте с проведением известкования полной дозой содержание подвижных гуминовых кислот колебалось от 16 до 17 %, что в среднем на 16 % ниже контроля без внесения удобрений.

В проводимых исследованиях при внесении различных доз минеральных удобрений на фоне известкования отмечалось разное влияние на содержание подвижных гуминовых кислот. Так, внесение разовой дозы минеральных удобрений снижало содержание подвижных гуминовых кислот до 13,6 % от общего содержания углерода в пахотном слое почвы. При внесении умеренной дозы минеральных удобрений на фоне известкования полной дозой по гидролитической кислотности их содержание колебалось в пределах 13,9–14,2 %, а при внесении повышенной дозы было около 16 % от общего содержания углерода. Подобные изменения характерны и для подпахотного слоя почвы.

Наилучшие условия для накопления гумуса создавались в вариантах, где применялись органоминеральные системы удобрения на фоне известкования различными дозами. Среднее содержание подвижных гуминовых кислот в пахотном слое в этих вариантах колебалось от 11 до 13 % от общего содержания углерода и от 4,6 до 6,4 % в подпахотном слое. При таких системах удобрения на фоне известкования степень насыщения почвы основаниями даже на восьмой-десятый год действия извести была высокой и составляла около 90 %, а реакция почвенного раствора pH_{KCl} 6,3–6,4.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что использование серой лесной почвы в интенсивном земледелии без проведения химической мелиорации и внесения удобрений приводит к ухудшению качественного состава гумуса (повышению содержания наименее ценной с агрономической точки зрения подвижной фракции гуминовых кислот). Выявлено, что известкование способствует преобладанию процессов гумификации органического вещества, поступающего в почву, и закреплению новых специфических гумусовых соединений в ее верхних слоях, сохранению и воспроизводству содержания гумуса, улучшению его качественного состава [5].

Низкое естественное плодородие дерново-подзолистых почв в большой степени связано с повышенной кислотностью, которая оказывает многостороннее влияние на рост и развитие растений, регулируя физико-химические и биологические процессы в почве [6].

В многочисленных исследованиях различных ученых доказана высокая эффективность известкования кислых дерново-подзолистых почв в сочетании с рациональной системой применения удобрений и другими приемами агротехники. Известковые мелиоранты нейтрализуют органические кислоты в почве и снижают гидролитическую кислотность почвы, способствуют сохранению хороших агрохимических показателей почвы и ее структуры в течение нескольких лет, ускоряют минерализацию и мобилизацию веществ.

Целью исследований В. В. Лапы и др. являлось изучение влияния длительного систематического применения органической, минеральной и органоминеральной систем удобрения на основные агрохимические показатели дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на неизвесткованном и известкованном фонах.

Исследования проводились в 1998–2010 гг. в СПК «Щемяслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с двумя уровнями кислотности – сильнокислой (pH_{KCl} 4,3–4,5) и близкой к нейтральной (pH_{KCl} 6,3–6,5). В схеме опыта на двух уровнях кислотности предусматривалось применение различных сочетаний минеральных удобрений на фоне внесения органических удобрений и на фоне без органических удобрений.

Агрохимический анализ проб осуществлялся следующими методами: pH_{KCl} – потенциометрическим (ГОСТ 26483-85), подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91), гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), содержание кальция и магния атомно-адсорбционным методом (ГОСТ 26487-85). Согласно агрохимическим градациям почва опытного участка относилась к сильнокислой (pH_{KCl} 4,22–4,62) на известкованном фоне и к близкой к нейтральной (pH_{KCl} 6,30–6,42) на известкованном фоне. Почвы опытного участка характеризовались недостаточным содержанием гумуса (1,36–1,72 %), высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора, средним и повышенным содержанием подвижного калия, низким и средним содержанием магния на известкованном фоне, высоким – на известкованном, низким и средним содержанием кальция на известкованном фоне, повышенным – на известкованном.

В результате анализа проведенных исследований выявлено, что действие органической, органоминеральной и минеральной систем удобрения на изменение агрохимических свойств почвы зависело от фона кислотности.

Значения pH_{KCl} на известкованном фоне снизились на 0,35–0,51 ед. вне зависимости от систем удобрения. На известкованном фоне при органической системе удобрения кислотность снизилась на 0,08 ед., при минеральной и органоминеральной системах удобрения повысилась на 0,06–0,14 ед., а в содержании гумуса на известкованном фоне статистически достоверных изменений не наблюдалось в течение всего времени проведения опыта.

На известкованном фоне наибольшие темпы снижения количества гумуса наблюдались при минеральной системе питания (0,07–0,20 %), при органической и органоминеральной системах удобрения достоверное снижение количества гумуса было не во всех вариантах.

За время проведения опыта в почве с сильнокислой реакцией среды среднее по участку количество подвижного фосфора снизилось на 14 мг/кг почвы, а среднее по участку с нейтральной реакцией среды – на 1 мг/кг почвы.

На известкованном участке внесение минеральных фосфорных удобрений на фоне органических удобрений повышало содержание усвояемых фосфатов по отношению к аналогичным вариантам на фоне без органических удобрений. На известкованном фоне внесение органических удобрений не повышало содержание подвижного фосфора по отношению к аналогичным вариантам без внесения навоза. Количество подвижного калия в почве зависело от внесения минеральных калийных и органических удобрений, влияния уровня кислотности почвы на данный показатель не отмечалось [6].

Буферные свойства почв характеризуются эффективностью функционирования совокупности компонентов почвы (гранулометрический состав, органоминеральные и биологические составляющие). Основным лимитирующим компонентом плодородия дерново-подзолистых почв является гранулометрический состав, влияющий на влагоемкость почвы, испарение и фильтрацию, водоподъемную способность почвы [7].

Дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава менее устойчивы к природным и антропогенным нагрузкам. Кислотно-основная буферность почв, оказывающая полифункциональное влияние на их плодородие, зависит от состояния экологии (индустриальный и фотохимический смог, загрязнение токсинами), что влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Поэтому четкое понимание меха-

низмов регулирования буферной способности этих почв является залогом повышения их функциональной устойчивости и разработки эффективных ресурсосберегающих технологий окультуривания почв.

Ю. Л. Цапко, Р. Б. Мешреф, А. И. Огородняя, К. А. Десятник в своих исследованиях (2012–2017 гг.) изучали изменение буферных свойств дерново-подзолистой связнопесчаной и дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почв под воздействием структурного окультуривания.

Опыты проводились на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (содержание физической глины – 10,50 %, рН – 5,2) в Коростеньском районе Житомирской области и на дерново-подзолистой связнопесчаной почве (содержание физической глины – 7,97 %, рН – 5,5) Маневецкого района Волынской области. Внесение мелиорантов осуществлялось двумя способами – взброс по поверхности и локально в подпахотный слой на глубину 25–30 см.

В качестве мелиорантов для проведения исследований были выбраны: глина, лесс, торф. Применяемая глина имела следующие физико-химические характеристики: рН – 8,5, содержание карбонатов кальция (CaCO_3) – 7,7 %, содержание карбонатов магния (MgCO_3) – 13,5 %. В лессе рН – 8,6, содержание карбонатов кальция – 24,0 %, содержание карбонатов магния – 1,1 %. В низинном слаборазложившемся и среднегумифицированном торфе рН составляла 4,8, а зольность – 11,3 %. Показатели кислотности, буферности и гранулометрический состав определялись в соответствии с ДСТУ 4730:2007 и ДСТУ 4456:2005.

Основная оценка кислотно-основных свойств почв характеризуется следующими показателями: буферной емкостью в щелочном интервале нагрузок ($\text{BE}_{\text{щ}}$), буферной емкостью в кислотном интервале нагрузок ($\text{BE}_{\text{к}}$), коэффициентом буферной асимметрии (КБА), общим оценочным показателем буферности (ООПБ), показателем активности рН.

Анализ результатов проведенных исследований свидетельствовал о положительном влиянии применения структурных мелиорантов на буферные свойства дерново-подзолистой связнопесчаной почвы. Внесение локально 3 т/га лесса способствовало повышению как рН, так и всей буферности. ООПБ превышал показатель контроля (14,3) на 5,5 балла, $\text{BE}_{\text{щ}}$ выше показателей в контрольном варианте (18,4) на 12,2 балла, что очень важно для противодействия вымыванию оснований. Из проведенных анализов можно сделать выводы, что внесение лесса локально способствует повышению устойчивости почв к кислотной деградации.

Положительный результат был получен и при внесении глины: ООПБ превышал показатель контроля (14,3) на 4,4–4,6 балла, $\text{BE}_{\text{щ}}$ выше показателей в контрольном варианте (18,4) на 3,2–3,3 балла в зависимости от локального или разбросного способа внесения (10 т/га глины локально $\approx$ 50 т/га взброс).

Использование торфа в качестве структурного мелиоранта существенно не повлияло на буферные показатели.

При анализе результатов исследований было установлено положительное влияние внесения структурных мелиорантов на буферные свойства дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы. Внесение глины в норме 50 т/га взброс способствовало максимальному повышению рН до 7,2 и повышению всей буферности (ООПБ превышал показатель контроля (21,5) на 7,7 балла). В вариантах с совместным внесением торфа и глины ООПБ превышал показатель контроля (21,5) на 3,7–4,6 балла, а при внесении 10 т/га глины совместно с 15 т/га торфа взброс значительно увеличился показатель $\text{BE}_{\text{щ}}$ до 36,5 балла.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что структурное окультуривание дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава следует рассматривать как эффективный способ улучшения их агроэкологического состояния [7].

Комплексный почвенный покров характеризуется различными почвенными комбинациями чередования контрастно различающихся почв. Совместно с основными почвами комплекса (зональные почвы) с благоприятными свойствами для возделывания сельскохозяйственных культур наблюдаются вкрапления различных по размеру пятен, для которых свойственны солонцеватость, слитизация, уплотненность, переувлажнение [8].

Из-за разницы различных свойств зональных почв и пятен солонцов отмечается неравномерность развития и созревания сельскохозяйственных культур, что затрудняет уборку и снижает продуктивность. Увеличение неоднородности почвенного покрова представляет собой опасности потери почвенного плодородия и несоблюдения сроков выполнения агротехнических приемов.

Проведение химической мелиорации способствует сглаживанию разности в свойствах почв благодаря нормализации реакции почвенной среды, снижению солонцеватости в верхних горизонтах почвы и ликвидации переизбытка натрия в подпахотных слоях. При комплексности почвенного покрова вместе с учетом доз внесения мелиоранта требуется и установление технологии его внесения.

Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова в своих исследованиях (2009–2014 гг.) изучали влияние способов и доз внесения фосфогипса на физико-химические свойства солонцов в комплексе с зональными почвами.

Исследования проводились на территории Сальского района Ростовской области на черноземах южных (зональные почвы) и солонцах мелких, составляющих комплексный почвенный покров с участием солонцов более 35 %. Орошение проводилось дождевальными машинами «Фрегат» водой с минерализацией 1,8–2,0 г/дм³ сульфатно-натриевого состава. Фосфогипс вносили разбрасывателем МТТ-9. Глубокое рыхление производилось специальным орудием ПЧ-2,5 на глубину 45 см. До внесения фосфогипса и проведения глубокого рыхления в этом году на данном участке дважды возделывалась горчица с последующей запашкой.

Опыт заложен осенью 2009 г. Схема полевого опыта: 1) контроль; 2) сплошное внесение Дф = Дз = 5 т/га; 3) сплошное внесение Дф = Дс = 10 т/га; 4) выборочное внесение: на зональную почву Дф = Дз = 5 т/га, на солонцы Дф = Дс = 10 т/га (Дф – доза фосфогипса, Дз – доза фосфогипса для внесения на зональные почвы, Дс – доза фосфогипса для внесения на солонцы). Агротехника общепринятая для Ростовской области. Образцы почв отбирались по слоям 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см строго по динамическим площадкам по всем вариантам опыта осенью после уборки сельскохозяйственных культур. Отбор проб почв осуществлялся согласно ГОСТ 28168-89. Полевые наблюдения и исследования проводились по общепринятым методикам:

- состав водной вытяжки по ГОСТ 26423-85, ГОСТ 26424-85, ГОСТ 26425-85, ГОСТ 26426-85, ГОСТ 26427-85, ГОСТ 26428-85;

- состав обменных оснований Са и Mg по ГОСТ 26487-85, Na по ГОСТ 26950-86.

Пробы проанализированы в эколого-аналитической лаборатории РосНИИПМ.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что на черноземах снижение щелочности происходило быстрее, чем на солонцах. При дозе внесения фосфогипса 5 т/га снижение щелочности наблюдалось и на пятый год последствий, а на солонцах к этому времени она восстанавливалась. При внесении фосфогипса дозой 10 т/га с третьего года последствий на солонцах почвы стали слабощелочными, к осени 2014 г. – нещелочными.

Состав ППК в течение пятилетних исследований в контрольных вариантах ни на черноземах, ни на солонцах не изменился, а состав ППК мелиорируемых почв стал другим. Соотношение Са:Mg:Na на контроле осенью 2010 г. составляло на черноземах 63:29:8, а при сплошном внесении 5 т/га фосфогипса 70:26:4, при выборочном – 69:26:5, а при дозе 10 т/га фосфогипса равнялось 69:27:4. В последующие годы эти закономерности на черноземе сохранились.

На солонцах процессы рассолонцевания и расщелачивания происходили более медленными темпами. При сплошном и выборочном внесении 10 т/га фосфогипса содержание обменного натрия уменьшилось на 25–33 % по сравнению с контролем, но увеличение количества кальция было незначительным. При внесении 5 т/га фосфогипса солонцеватость снизилась в первый год последствия всего на 10 %, что свидетельствует о недостаточности данной дозы не только для устранения щелочности, но и для уменьшения солонцеватости. Лучший мелиорирующий эффект в последствии получен в вариантах с дозой внесения мелиоранта 10 т/га любым способом. К окончанию исследований соотношение Ca:Mg:Na составляло в среднем 69:26:5, а на контроле 49:39:12.

В результате проведенных исследований установлено, что доза 5 т/га мелиоранта на черноземах является достаточной для устранения щелочности и оптимизации ППК, а для мелиорации солонцов требуется доза мелиоранта не менее 10 т/га. После пятилетнего последствия мелиоранта тенденция к восстановлению щелочности и солонцеватости не проявилась [8].

Вывод. Применение химической мелиорации (гипсование или кислование на щелочных почвах, известкование – на кислых) позволяет улучшать основные агрохимические показатели почвы, способствует изменению гранулометрического состава, увеличивает количество гумуса, обеспеченность элементами питания и их доступность для сельскохозяйственных растений. Данные преобразования, благоприятно сказывающиеся на почве, позволяют повысить урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур.

Список источников

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году» [Электронный ресурс]. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2017/ (дата обращения: 12.05.2021).
2. Влияние применения дифференцированной системы мелиорации засоленных почв (НТОЗ-2) на плодородие рисовых полей и урожайность риса / М. А. Ибраева, А. И. Сулейменова, С. Н. Дуйсеков, М. Н. Пошанов, А. С. Вырахманова // Почвоведение и агрохимия (Казах. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии им. У. У. Успанова, Алма-Ата). 2021. № 1. С. 31–43.
3. Агрохимия: учебник / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев, Г. П. Гамзиков, А. Х. Шеуджен, Е. В. Агафонов, Н. М. Белоус, В. С. Егоров, А. И. Подколзин, В. А. Романенков, С. П. Торшин, В. В. Лапа, А. Р. Цыганов, Т. Ф. Персикова, Р. Е. Елешев, А. С. Сапаров; под ред. В. Г. Минеева. М.: Изд-во ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2017. 854 с.
4. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Шалашова О. Ю. О правилах проведения мероприятий по химической мелиорации почв // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 4(64). С. 177–182.
5. Ткаченко Н. А., Шкляр В. Н. Влияние известкования при разных системах удобрения на качественный состав гумуса серой лесной почвы // Почвоведение и агрохимия (Ин-т почвоведения и агрохимии, Минск). 2016. № 1(56). С. 145–152.
6. Лапа В. В., Кулеш О. Г. Роль уровня почвенной кислотности и условий питания в изменении агрохимических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // Почвоведение и агрохимия (Ин-т почвоведения и агрохимии, Минск). 2015. № 1(54). С. 140–150.
7. Влияние структурных мелиорантов на кислотно-основную буферность дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава / Ю. Л. Цапко, Р. Б. Мешреф, А. И. Огородняя, К. А. Десятник // Почвоведение и агрохимия (Ин-т почвоведения и агрохимии, Минск). 2017. № 2(59). С. 160–166.

8. Юркова Р. Е., Докучаева Л. М. Изменения физико-химических свойств почв с комплексным покровом при различных способах и дозах внесения фосфогипса // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2016. № 4(24). С. 100–117. URL: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec1116-field12.pdf (дата обращения: 12.05.2021).

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 Research.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.04.2021; одобрена после рецензирования 21.05.2021; принята к публикации 28.05.2021.

The article was submitted 30.04.2021; approved after reviewing 21.05.2021; accepted for publication 28.05.2021.

УДК 626.823.914

К вопросу применения бетонного полотна в гидромелиоративном строительстве

Виктория Фёдоровна Талалаева

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

Аннотация. Цель исследования – анализ и сравнение физико-механических характеристик бетонного полотна и других геосинтетиков, а также изучение возможности их применения на объектах гидромелиоративного назначения (каналах, водоемах и других водотоках). В статье приведены характеристики и сопоставление физико-механических характеристик бетонного полотна и других противофильтрационных материалов, рассмотрена эффективность их применения. В настоящее время известно значительное количество противофильтрационных мероприятий с использованием различных строительных материалов. Однако не все из них достаточно эффективны, долговечны и имеют определенные недостатки. Применение бетононаполняемых покрытий (в т. ч. с использованием бетонного полотна) является высокоэффективной альтернативой существующим материалам. Помимо своих прочностных характеристик, бетонное полотно обладает долговечностью, водонепроницаемостью, экологичностью, устойчивостью к воздействию различных сред, простотой в укладке, применимо на крутых откосах, а также для ремонта и восстановления разрушенных конструкций. Несмотря на все преимущества, материал обладает высокой стоимостью, что затрудняет его широкое использование.

Ключевые слова: бетонное полотно, противофильтрационные мероприятия, облицовка, защитное покрытие, оросительный канал

On the issue of using concrete canvas in irrigation and drainage construction

Victoria F. Talalaeva

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

Abstract. The purpose of the study is to analyze and compare the physical and mechanical characteristics of a concrete canvas and other geosynthetics, as well as to study the possibility of their using at irrigation and drainage facilities (canals, reservoirs and other watercourses). The characteristics and comparison of physical and mechanical characteristics of the concrete canvas and other impervious materials are presented, the efficiency of their application is considered. Currently, a significant number of impervious measures with various construction materials are known. However, not all of them are efficient enough, durable and have certain disadvantages. The use of concrete-filled coatings (including those with the use of concrete canvas) is a highly efficient alternative to existing materials. In addition to its strength characteristics, the concrete canvas has durability, water permeability, environmental safety, sustainability to the effects of various environments, ease of installation, applicable on steep slopes, as well as for repair and restoration of destroyed structures. Despite all the advantages, the material has a high cost, which complicates its widespread use.

Keywords: concrete canvas, impervious measures, lining, protective coating, irrigation canal

Введение. Проблема создания противofильтрационных покрытий на каналах и водоемах гидромелиоративного назначения на сегодняшний день весьма актуальна. Большинство оросительных каналов построено более 50 лет назад, многие выполнены в земляном русле, без устройства противofильтрационных покрытий. В результате эксплуатации таких сооружений происходит фильтрация воды через ложе канала, способствующая значительным потерям воды всей гидромелиоративной сети, а также оказывающая неблагоприятное влияние на окружающую территорию, вызывая подъем уровня грунтовых вод.

Вопросами устройства геосинтетических противofильтрационных покрытий занимались многие известные ученые: Ю. М. Косиченко, С. В. Сольский, А. В. Ищенко, О. А. Баев, Ф. К. Абдразаков, К. Д. Козлов, Н. В. Ханов, А. А. Рукавишников и др.

Для предотвращения фильтрационных потерь из каналов применяются различные мероприятия, создаются конструктивные и компоновочные решения защитных покрытий и облицовок, детально рассмотренные в работах Ю. М. Косиченко, Ф. К. Абдразакова, М. А. Бандурина, В. Н. Шкуры, О. А. Баева, К. Д. Козлова и др. [1–8].

В зависимости от своей конструкции противofильтрационные облицовки каналов служат не только для борьбы с фильтрацией, но и для защиты ложа канала от размывов откосов и берм, снижения шероховатости. Несмотря на разнообразие противofильтрационных конструкций, остается открытым вопрос применения новых, эффективных строительных материалов и технологий создания покрытий повышенной надежности [9].

Сравнение физико-механических характеристик различных противofильтрационных материалов позволит определить возможность их применения на гидромелиоративных сооружениях.

Материалы и методы. Технологическое решение с использованием бетонного полотна является высокоэффективной альтернативой используемым в настоящее время противofильтрационным мероприятиям. Материал применяется для облицовок оросительных каналов, защиты берегов водоемов от размывов, укрепления откосов, предотвращения эрозии на прилегающих почвах. Покрытие из бетонного полотна также применимо для восстановления поврежденных или разрушенных конструкций бетонных поверхностей. Когда единственной альтернативой является капитальный ремонт или снос, данное решение является наиболее выгодным и простым.

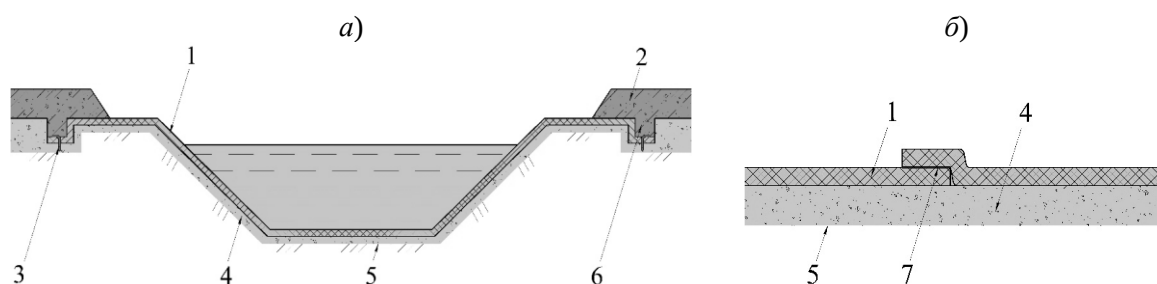
Бетонное полотно представляет собой сухую смесь цементно-песчаного состава и армирующих волокон, расположенных между двумя полотнами (несущим и покрывающим) геотекстиля. Верхнее полотно имеет гидрофильную поверхность, что обеспечивает пропуск воды в цементную смесь и способствует ее затвердеванию, нижнее полотно выполнено из водонепроницаемого материала. Полотно выпускается гибким в виде рулонов, полностью готовым к применению [10].

После смачивания водой бетонное полотно затвердевает за 5–6 ч, материал превращается в армированное волокнами покрытие, не поддающееся растрескиванию. За сутки набирает до 80 % проектной прочности. Срок службы облицовки из бетонного полотна составляет более 50 лет. Основные физико-механические параметры бетонного полотна (Concrete Canvas) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные физико-механические свойства бетонного полотна [11]

Параметр	Единица измерения	Марка		
		CC5	CC8	CC13
Масса до смачивания водой	кг	7	12	19
Толщина	мм	5	8	13
Плотность затвердевшего материала	кг/м ³	1700–2025		
Набор прочности (через 24 ч после увлажнения)	%	80		
Сопротивление истиранию	г/см ²	Максимальное 0,1		
Прочность на сжатие	МПа	27,4	30,4	25,6
Прочность на изгиб	МПа	5,0	4,5	4,5
Водонепроницаемость	24 ч	Непроницаемый		
Морозостойкость	марка	F200	F300	F300

Крепление материала на откосах каналов осуществляется заложением краев полотен в анкерную траншею (рисунок 1а). Полотна укладываются внахлест и для обеспечения большей водонепроницаемости крепятся между собой с помощью слоя герметика (рисунок 1б), соединяются саморезами или термической сваркой.



а – профиль канала; б – узел крепления отдельных полотен внахлест;
1 – бетонное полотно; 2 – обратная засыпка; 3 – анкер; 4 – подготовленное основание; 5 – естественное основание; 6 – анкерная траншея; 7 – слой герметика

Рисунок 1 – Конструкция облицовки из бетонного полотна

Результаты и обсуждения. На сегодняшний день существует большое количество противофильтрационных мероприятий и используемых в них строительных материалов. Однако не все из них достаточно эффективны и имеют свои недостатки. Ниже рассмотрим некоторые материалы и приведем сравнительную характеристику их физико-механических параметров (таблица 2).

Так, например, при устройстве покрытий из геомембран, широко применяемых в противофильтрационных целях, необходима тщательная расчистка основания от корней и растений, камней, прочего мелкого мусора, которые могут нарушить их целост-

ность. Низкая прочность геомембран существенно ограничивает возможности их применения. Помимо этого, при устройстве таких покрытий возникают дополнительные эксплуатационные расходы, связанные с необходимостью регулярного осмотра и, возможно, восстановления защитного слоя и самой гидроизоляции [5, 8].

Таблица 2 – Сравнительная характеристика физико-механических параметров противофильтрационных материалов [10, 11]

Показатель	Материал			
	Бетонное полотно	Геомембрана	Бетонная облицовка	Бентонитовый мат
Масса (до гидратации)	7–20 кг/м ²	0,7–3 кг/м ²	1800–2500 кг/м ³	4–7 кг/м ²
Плотность (до гидратации)	1500 кг/м ²	910–975 кг/м ²	2200–2500 кг/м ³	3600–4300 кг/м ²
Толщина, мм	5–14	1–2	100–200	4–7
Прочность на разрыв, МПа	до 25	до 25	до 25	до 25
Коэффициент фильтрации, см/с	$> 6 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-10}$	$6 \cdot 10^{-10} - 2 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-11} - 1,5 \cdot 10^{-11}$
Укладка на откосах	1:1–1:3 и более	1:3	1:1–1:2,5	не менее 1:3
Химическая устойчивость, pH	4–12,5	0,5–14	4–6,5	4–11
Срок эксплуатации, лет	> 50	> 50	< 30	> 50

Другой противофильтрационный материал – бентонитовые маты, они устанавливаются непосредственно на уплотненную поверхность, имеют возможность самозалечиваться, благодаря полипропиленовому каркасу выдерживают высокое гидростатическое давление. Несмотря на относительную простоту монтажа бентонитовых матов, даже незначительное нарушение технологии работ может привести практически к полной неработоспособности изоляционного слоя. Особенно важно не допустить преждевременной гидратации бентонита в непригруженном состоянии. Также к их недостаткам можно отнести их более значительную толщину по сравнению с другими гидроизоляционными материалами и высокую стоимость за 1 м² с учетом обязательного пригрузочного слоя из каменного материала или бетона.

Одним из распространенных способов укрепления берегов и откосов каналов являются габионы. Они обладают более высокой экономической эффективностью по сравнению с бетонными конструкциями, а также отличаются простотой монтажа. Существенным недостатком габионов является сложность конструкции, а также невозможность применения их на подвижных грунтах. Монтаж габионов достаточно долгосрочный, и для работы с ними необходимо оборудование стройплощадки. В масштабных и сложных проектах по берегоукреплению или укреплению откосов приведенные недостатки могут стать критическими.

Бетонные и железобетонные облицовки обладают прочностью и долговечностью, но, несмотря на это, такие конструкции подвержены разрушениям, связанным с изменением температуры (растрескивание, оголение арматуры, нарушение целостности деформационных швов и др.), а также требуют регулярного осмотра и ремонта. Помимо этого, сложность производства работ, связанная с использованием крупногабаритной техники и привлечением специализированных рабочих, является существенным технологическим и экономическим недостатком. Срок службы таких защитных и противофильтрационных устройств порядка 15–20 лет [6].

В отличие от рассмотренных противофильтрационных материалов, бетонное полотно обладает рядом преимуществ:

- скорость производства работ;
- удобство и простота монтажа;
- экологичность материала;
- длительный срок эксплуатации;
- повышенная прочность;
- устойчивость к проколам;
- водонепроницаемость;
- защита от прорастания растений;
- возможность укладки при любых погодных условиях;
- стойкость к воздействию агрессивных сред.

Помимо этого, бетонное полотно может применяться на сложных объектах, крутых склонах, без устройства дополнительного крепления (в отличие от бентонитовых матов, требующих дополнительного крепления к основанию). Для укладки полотна не требуется дополнительных строительных материалов и квалифицированной рабочей силы. Перед монтажом необходим минимальный объем подготовительных работ [7].

В таблице 3 приведено сравнение показателей эффективности применения различных материалов.

Таблица 3 – Сравнительные показатели эффективности противофильтрационных материалов [11]

Техническое решение	Показатель				
	Скорость укладки	Необходимость в спецтехнике и дополнительном оборудовании	Срок эксплуатации	Сезонность производства работ	Удобство транспортировки
Бетонное полотно	Высокая	Низкая	Высокий	Температура воздуха $> 0^{\circ}\text{C}$	Высокое
Монолитный бетон	Низкая	Высокая	Средний	Температура воздуха $> 0^{\circ}\text{C}$	Низкое
Торкетирование	Низкая	Высокая	Средний	Температура воздуха $> 0^{\circ}\text{C}$	Среднее
Железобетонные плиты	Средняя	Средняя	Средний	Круглогодично	Низкое
Габионы матрацно-тюфячные	Низкая	Средняя	Высокий	Круглогодично	Низкое

Анализ физико-механических характеристик показал, что использование бентонитовых матов по ряду критериев выгоднее, чем применение геомембран. При укладке геомембран и бентонитовых матов на крутых откосах производить анкерное крепление к грунту основания невозможно из-за нарушения водонепроницаемости защитного покрытия. Бетонные облицовки уступают бетонному полотну в сложности технологии монтажа, необходимости в специализированных рабочих и крупногабаритной технике. Несмотря на это, стоимость бетонного полотна достаточно высока, что препятствует его широкому использованию в гидромелиоративном строительстве.

Выводы

1 Применение бетононаполняемых материалов (в т. ч. бетонного полотна) является новым направлением в гидромелиоративном строительстве, покрытия обладают высокими прочностными и фильтрационными характеристиками. Материал применим

на сложных объектах и крутых откосах, без использования дополнительного крепления, в отличие от других рулонных противофильтрационных материалов.

2 Благодаря тому, что бетонное полотно отличается скоростью укладки и монтажа, а также отсутствием необходимости использования дополнительного оборудования, крупногабаритной техники и специализированных рабочих, снижается общая проектная стоимость.

3 В случае, когда существующие конструкции требуют капитального ремонта или сноса, бетонное полотно применимо для их восстановления. Такое решение является экономически выгодным, не требует значительных объемов производства работ и крупногабаритной техники. Перспектива дальнейших исследований заключается в разработке и испытании в натурных условиях новых способов и технологий ремонта локальных разрушений бетонных поверхностей.

4 Несмотря на ряд преимуществ бетонного полотна перед традиционными противофильтрационными строительными материалами, его широкое применение в гидромелиоративном строительстве ограничивается достаточно высокой стоимостью 1 м² полотна. При этом такой материал пока производится в основном за рубежом.

Список источников

1. 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.

2. 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.

3. Бандурин М. А., Юрченко И. Ф. Обоснование эколого-экономической эффективности применения противофильтрационных геотекстильных покрытий водопроводящих сооружений оросительных систем // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Серия: Социально-экономические науки. 2018. № 3. С. 95–103.

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

5. Баев О. А. Моделирование процесса водопроницаемости противофильтрационных экранов из геомембран // Инженерный вестник Дона. 2015. Т. 34, № 1(2). С. 6–12.

6. Косиченко Ю. М., Баев О. А., Ищенко А. В. Современные методы борьбы с фильтрацией на оросительных системах // Инженерный вестник Дона. 2014. № 3. С. 30–43.

7. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Оценка перспективы использования бетонного полотна в качестве облицовочного материала оросительных каналов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4. С. 327–339.

8. Козлов К. Д., Гурьев А. П., Ханов Н. В. Гидравлические исследования покрытий из геокомпозитного материала // Природообустройство. 2014. № 5. С. 80–86.

9. Сильченко В. Ф. Применение быстровозводимого бетонного покрытия для укрепления откосов каналов // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2021. Т. 3, № 1. С. 36–44. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=100> (дата обращения: 01.06.2021). DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-1-36-44.

10. Рекомендации по монтажу бетонного полотна «ТЕХПОЛИМЕР» (СТО 56910145-025-2017) [Электронный ресурс]. URL: <https://texpolimer.by/wp-content/uploads/2019/02/rekomend-beton-polотно.pdf> (дата обращения: 01.06.2021).

11. Ремонт и строительство оросительных и магистральных каналов с приме-

нием бетонного полотна Concrete Canvas [Электронный ресурс]. URL: <https://ucsr.su/news/articles/358/> (дата обращения: 01.06.2021).

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 12.05.2021; одобрена после рецензирования 21.05.2021; принята к публикации 28.05.2021.

The article was submitted 12.05.2021; approved after reviewing 21.05.2021; accepted for publication 28.05.2021.

УДК 626.82.004:631.67

**Водопользование Республики Крым
в условиях дефицита водных ресурсов**

Таисия Сергеевна Пономаренко, Анна Викторовна Бреева

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

Аннотация. В статье приведен анализ и динамика приходных и расходных составляющих водного баланса за последние 5 лет, в т. ч. объемов на орошение. Для обеспечения устойчивого функционирования экономики, производства и жизнедеятельности населения региону дополнительно необходимо от 379 до 465 млн м³ пресной воды. Установлено, что величина допустимых лимитов забора из поверхностных водных объектов изменяется в зависимости от водообеспеченности года и эти изменения могут быть весьма значительными. Максимальное значение 162 млн м³ зафиксировано в 2016 г., а в следующем году объем допустимого изъятия уменьшился в 2,3 раза до 69 млн м³. При этом на фактический забор воды из поверхностных водных объектов эти показатели не влияют, его величина варьируется в пределах 140–155 млн м³, превышая допустимые лимиты. Выявлено, что происходит постепенное увеличение доли изъятия подземных вод, при этом допустимые лимиты не превышаются. Так, с 2016 г. объем фактического изъятия вырос на 45 % с 98 до 142 млн м³.

Ключевые слова: дефицит, водные ресурсы, поверхностные источники, подземные водоисточники, водопользование

**Water use of the Republic of Crimea
under water scarcity conditions**

Taisiya S. Ponomarenko, Anna V. Breeva

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

Abstract. The analysis and dynamics of the input and output components of the water balance over the past 5 years, including the volumes for irrigation are provided. To ensure the sustainable functioning of the economy, production and livelihood of the population, the region additionally needs from 379 to 465 million m³ of fresh water. It has been determined that

the value of the allowable intake limits from surface water bodies changes depending on the yearly water availability and these changes can be very significant. The maximum value of 162 million m^3 was recorded in 2016, and next year the volume of permissible withdrawal decreased 2.3 times to 69 million m^3 . At the same time, these indicators do not affect the actual water intake from surface water bodies, its value varies in the range of 140–155 million m^3 , exceeding the permissible limits. It was found that there is a gradual increase of the share of groundwater withdrawal, while the permissible limits are not exceeded. So, since 2016, the volume of actual withdrawal has increased by 45 % from 98 to 142 million m^3 .

Keywords: deficit, water resources, surface sources, underground water sources, water use

Введение. Как известно, дефицит пресной воды существовал на полуострове во все времена, это связано с географическим положением территории и неравномерностью распределения речной сети. Речная сеть Крымского полуострова (Республика Крым и г. Севастополь) представлена 1657 реками общей протяженностью 5996 км (густота речной сети 0,22 км/км²), все реки, за исключением р. Салгир, относятся к малым рекам и ручьям. Гидрографическая сеть Крымского полуострова развита неравномерно и подразделяется на равнинную и горную части. Горная часть Крыма, являющаяся областью питания большинства рек полуострова, отличается развитой речной сетью, в то время как на равнинной части речная сеть редкая, многие водотоки наполняются водой только в половодье.

По количеству местных водных ресурсов Крым относится к наименее обеспеченным регионам России. Ее водными ресурсами являются реки, водохранилища, подземные воды. С перекрытием Северо-Крымского канала, снабжавшего водой 90 % территории, этот вопрос встал особо остро. За последние 6 лет были проведены различные исследования, направленные на решение данной проблемы. Так, специалистами РосНИИПМ был разработан ряд мероприятий, представленных в работах В. Д. Гостищева, А. А. Кузьмичёва, Т. С. Пономаренко, Г. А. Сенчукова, А. И. Тищенко [1, 2]. Установлено, что в условиях дефицита одним из приоритетных направлений является рациональное водопользование, которое невозможно без детального анализа всех балансовых составляющих.

Цель исследования – анализ динамики приходных и расходных составляющих водного баланса Крымского полуострова за последние 5 лет.

Материалы и методы. Проанализированы данные эксплуатирующих организаций по изъятию и использованию водных ресурсов региона за период с 2016 по 2020 г. как по всему региону в целом, так и по каждому району в частности. Для выполнения поставленных задач использовались методы обобщения, сравнения, системного анализа и статистической обработки.

Результаты и обсуждения. Для обеспечения устойчивого функционирования экономики, производства и жизнедеятельности населения региону дополнительно необходимо от 379 до 465 млн m^3 пресной воды (рисунок 1).

По последним данным, приведенным на рисунке 2, по Республике Крым с 2016 по 2020 г. объем забранной пресной воды из природных источников составлял в среднем 250 млн m^3 . Величина наибольшего забора воды 278 млн m^3 зафиксирована в 2019 г., наименьший объем изъятия пришелся на 2016 г. и составил около 246 млн m^3 . Фактическое использование забранной воды представлено на рисунке 2. Так, наибольший объем фактического использования воды приходится на вододефицитный 2020 г. (187,7 млн m^3), что по сравнению с 2019 г. на 1,5 млн m^3 больше. Наименьший объем зафиксирован в 2017 г. – 174 млн m^3 . Разница между забором и фактическим использованием пресной воды в 2020 г. составляла 88,03 млн m^3 .

В среднем за исследуемый период превышение объема забранной пресной воды над фактическим ее использованием составляло около 90 млн m^3 . Это может быть связано со многими факторами, такими как потери воды на фильтрацию, испарение и транспортировку, а также с завышенными нормами водопотребления.

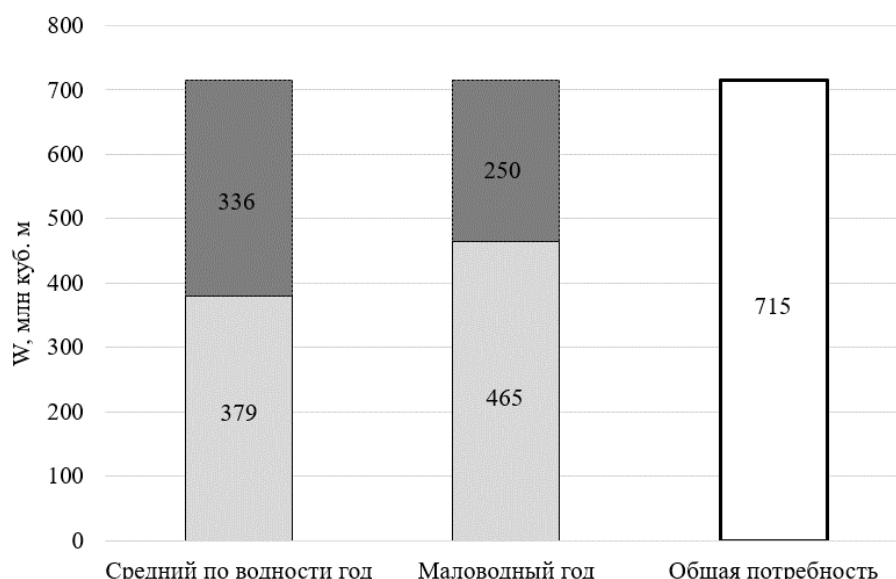


Рисунок 1 – Общая потребность и дефицит водных ресурсов в Республике Крым

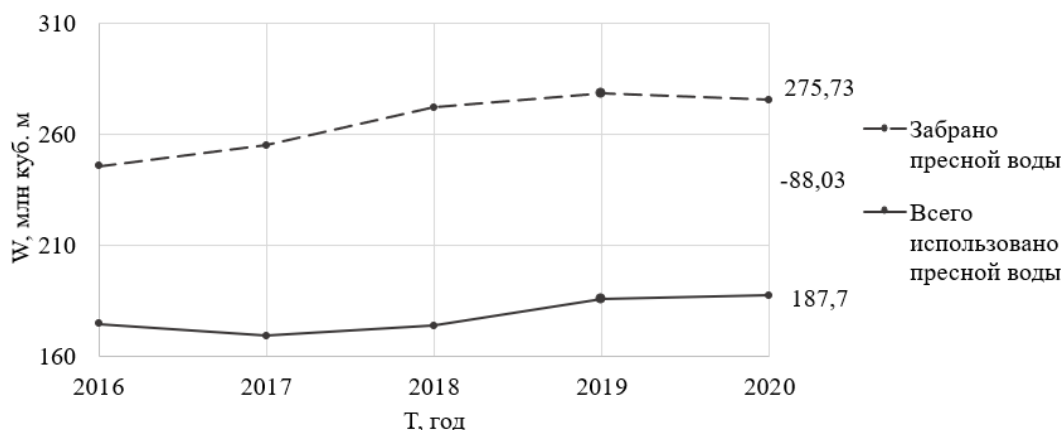


Рисунок 2 – Разница между забором и фактическим использованием пресной воды, млн м³

Основными источниками водных ресурсов в исследуемом регионе являются поверхностные и подземные воды, изъятие которых ограничивается допустимыми лимитами [3–5]. Величина допустимых лимитов забора из поверхностных водных объектов изменяется в зависимости от водообеспеченности года, и, как видно по форме графика (рисунок 3), эти изменения могут быть весьма существенными. Максимальное значение 162 млн м³ зафиксировано в 2016 г., а в следующем году объем допустимого изъятия уменьшился в 2,3 раза до 69 млн м³. При этом на фактический забор воды из поверхностных водных объектов эти показатели не влияют, его величина варьируется в пределах 140–155 млн м³, превышая допустимые лимиты. Это приводит к неблагоприятным последствиям, в частности сработке водохранилищ до уровня мертвого объема. Отмечается тенденция к снижению доли использования поверхностного стока [2, 6].

Что касается подземных вод, то происходит постепенное увеличение доли их изъятия, при этом допустимые лимиты не превышаются (рисунок 4). Так, с 2016 г. объем фактического изъятия вырос на 45 % с 98 до 142 млн м³. Вероятно, это связано со значительным ростом (в 3 раза) допустимых объемов изъятия подземных вод.

Графики на рисунке 5 наглядно демонстрируют рост фактического изъятия подземных вод и снижение доли использования поверхностного стока. В 2020 г. зафиксировано превышение на 8 % доли изъятия подземных вод над поверхностными.

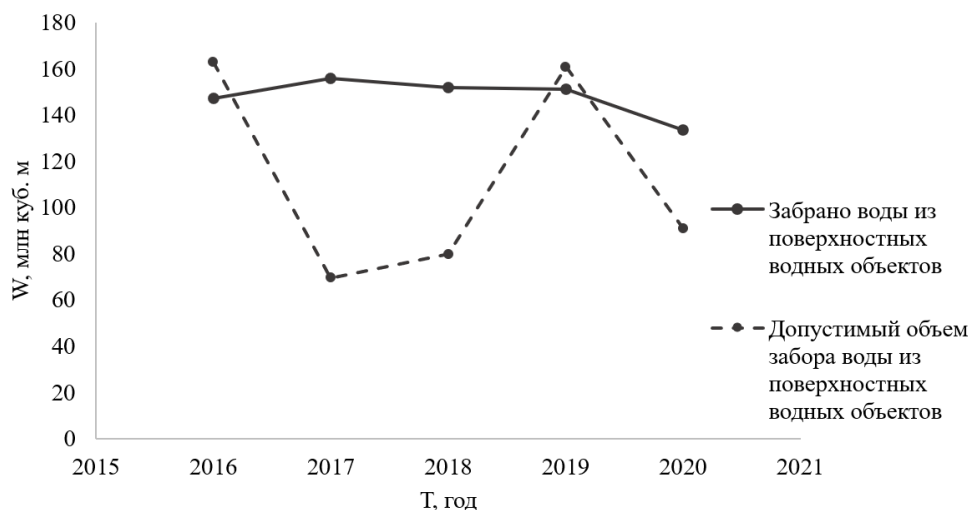


Рисунок 3 – Фактический суммарный забор воды из поверхностных водоисточников, млн m^3

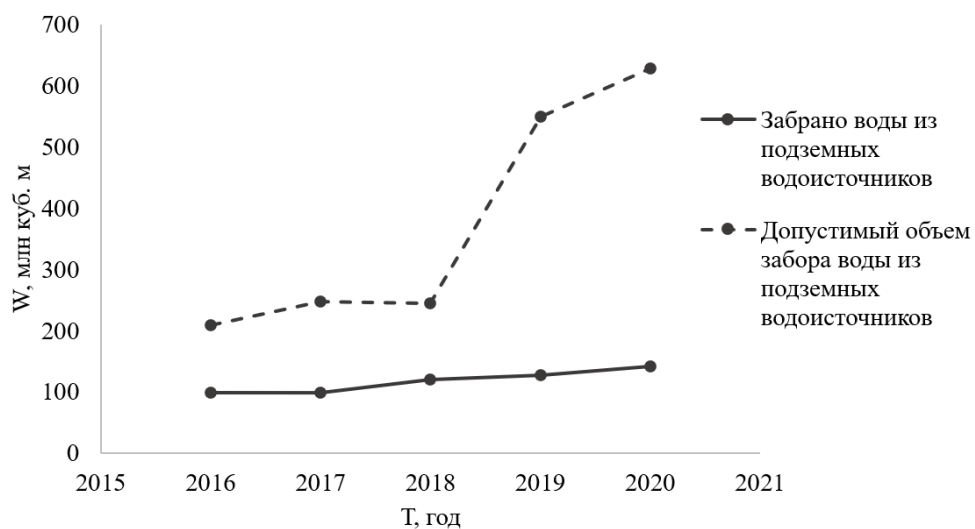


Рисунок 4 – Фактический суммарный забор воды из подземных водоисточников, млн m^3

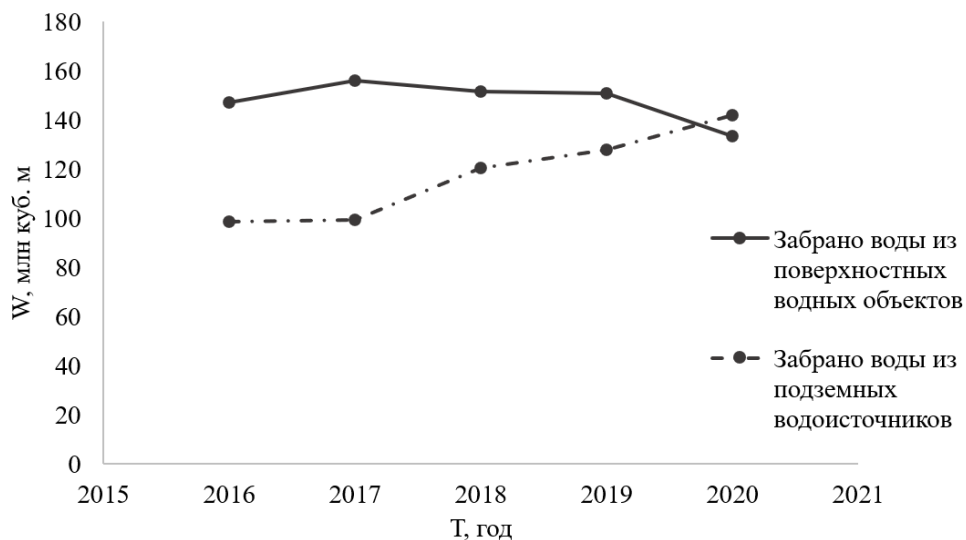


Рисунок 5 – Фактический суммарный забор воды из поверхностных и подземных водоисточников, млн m^3

Анализ расходных составляющих баланса выявил три основных статьи расхода: питьевые и хозяйственно-бытовые нужды, производственные нужды и регулярное орошение. Распределение объемов воды по годам представлено на рисунке 6.

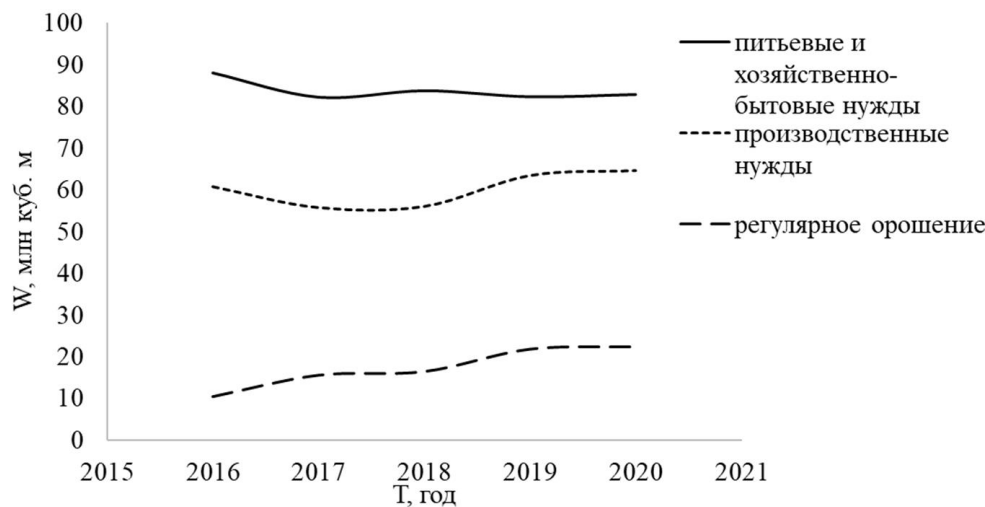


Рисунок 6 – Фактическое водопотребление, млн м³

Основной расходной составляющей баланса является питьевое водоснабжение, которое в разные годы варьируется от 44 до 50 % от суммарного водопотребления, причем понижение отмечается в последние годы. Водопотребление на производственные нужды в среднем за исследуемый период остается на уровне 32–35 % от общей суммы. При этом стоит отметить рост объемов водоподачи на орошение, который увеличился с 6 % в 2016 г. до 12 % в 2020 г.

Выводы. В результате исследования установлено, что для обеспечения устойчивого функционирования экономики, производства и жизнедеятельности населения региону дополнительно необходимо от 379 до 465 млн м³ пресной воды. Однако в настоящее время в Республике Крым при изъятии поверхностных вод наблюдается превышение допустимых лимитов и тенденция к снижению использования данной составляющей баланса. В то же время происходит заметный рост доли использования подземных вод, и в 2020 г. наблюдается его превышение над поверхностными.

Список источников

1. Тищенко А. И., Кузьмичёв А. А., Пономаренко Т. С. Рациональное использование водных ресурсов Крыма для целей мелиорации // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 1(29). С. 188–207. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=921> (дата обращения: 12.05.2021).
2. Сенчуков Г. А., Гостищев В. Д., Пономаренко Т. С. Анализ возможностей существующего водохозяйственного комплекса Крыма для нужд орошения сельскохозяйственных культур // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 4(64). С. 113–115.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 4. Крым / под ред. М. М. Айзенберга, М. С. Каганера. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 345 с.
4. Водохозяйственное районирование территории Крыма [Электронный ресурс]. URL: https://gkvod.rk.gov.ru/file/vodohozjajstvennoe_rajonirovanie.pdf (дата обращения: 12.05.2021).
5. Волкова Н. Е., Ляшевский В. И., Попович В. В. Водообеспеченность аграрного сектора Республики Крым и пути ее повышения // Таврический вестник аграрной науки. 2015. № 1(3). С. 68–72.
6. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных

ресурсов: справочник / А. А. Лисовский [и др.]; под ред. А. А. Лисовского. Симферополь: Крымучпедгиз, 2011. 242 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 13.05.2021; одобрена после рецензирования 19.05.2021; принята к публикации 26.05.2021.

The article was submitted 13.05.2021; approved after reviewing 19.05.2021; accepted for publication 26.05.2021.

УДК 633.11»324»

Целесообразность возделывания озимой пшеницы в аридной зоне юга России

Дмитрий Петрович Сидаренко, Алексей Александрович Бабенко

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

Аннотация. Целью наших исследований являлась оценка влияния климатических условий на возделывание озимой пшеницы в условиях аридной зоны юга России. Площадь возделывания озимой пшеницы в 2020 г. на юге России составила 8636,7 тыс. га. Анализ данных показал, что дефицит водопотребления пшеницы в аридной зоне юга России при использовании технологий, рекомендованных зональными системами земледелия, колеблется от 200 до 3200 м³/га. Исследования, проведенные учеными Российского научно-исследовательского института проблем мелиорации, показали, что суммарное водопотребление озимой пшеницы, возделываемой без орошения, составляет 3371–3525 м³/га, при орошении, рекомендуемом зональными системами земледелия, данный показатель составляет 5702–6156 м³/га, а применение современных способов орошения обеспечивает его величину 5639–6031 м³/га. Прибавка урожая от орошения в вариантах с технологией, рекомендуемой зональными системами земледелия, составила 2,7–7,9 т/га, в вариантах с технологией прецизионного орошения – 2,9–8,7 т/га. Резюмируя вышеизложенное, можно сделать вывод, что при возделывании озимой пшеницы в южных регионах России использование орошения позволяет восполнять недостаток влаги и способствует снижению негативного влияния жесткости засушливого климата. Залог получения высоких и стабильных урожаев озимой пшеницы – это использование в условиях аридной зоны юга России новых ресурсосберегающих технологий орошения.

Ключевые слова: аридная зона, озимая пшеница, коэффициент увлажнения, орошение, орошаемые земли

The feasibility of winter wheat cultivation in the arid zone of southern Russia

Dmitry P. Sidarenko, Aleksey A. BabenkoRussian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

Abstract. The purpose of our research was to assess the influence of climatic conditions on winter wheat cultivation in the arid zone of southern Russia. The area of winter wheat cultivation in 2020 in the south of Russia amounted to 8636.7 thousand hectares. The data analysis showed that the deficit of wheat water consumption in the arid zone of southern Russia, when using technologies recommended by zonal farming systems, ranges from 200 to 3200 m³/ha. Research by scientists Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems showed that the total water consumption of winter wheat cultivated without irrigation is 3371–3525 m³/ha, with irrigation recommended by zonal farming systems, this figure is 5702–6156 m³/ha, and the use of modern irrigation methods provides its value of 5639–6031 m³/ha. The yield increase from irrigation in variants with the technology recommended by zonal farming systems was 2.7–7.9 t/ha, in variants with precision irrigation technology is 2.9–8.7 t/ha. Summarizing the above said, we can conclude that when growing winter wheat in the southern regions of Russia, irrigation makes it possible to compensate for the lack of moisture and helps to reduce the negative impact of the arid climate rigidity. The key to obtaining high and stable yields of winter wheat is the use of new resource-saving irrigation technologies in the arid zone of southern Russia.

Keywords: arid zone, winter wheat, moisture coefficient, irrigation, irrigated lands

Введение. Ландшафты юга России – одни из наиболее антропогенно трансформируемых в масштабе страны. Плодороднейшие черноземы Ростовской области, Краснодарского края, пастбища Ставрополя, Ногайского района Дагестана, Наурского района Чечни, Черных земель Калмыкии в течение столетий подвергались интенсивному сельскохозяйственному освоению [1].

Земли с засушливым климатом на юге России, подверженные опустыниванию, располагаются в трех подзонах на площади: аридная – 70000 км², семиаридная – 320000 км² и сухая субгумидная – 830000 км² [2].

Аридные территории характеризуются значительным сочетанием неблагоприятных природно-климатических условий, в первую очередь сюда следует отнести дефицит осадков, высокие температуры воздуха на фоне низкого природного плодородия почвы, которое может быть усугублено наличием значительных площадей засоленных земель с высоким содержанием солей в почвенном профиле и зоне аэрации, проявлением ветровой эрозии [3].

Целью наших исследований являлась оценка влияния климатических условий на возделывание озимой пшеницы в аридной зоне юга России.

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

Результаты и обсуждения. Площадь возделывания озимой пшеницы на юге России по состоянию на весну 2020 г. (таблица 1) составила 8636,7 тыс. га.

Анализ данных таблицы 1 показывает, что площадь озимой пшеницы в субъектах Южного федерального округа в 2020 г. возросла в среднем на 3,2 % в сравнении с 2019 г., наиболее существенно площадь возделывания увеличилась в Астраханской области. Рост посевных площадей озимой пшеницы составил 31,5 %. Незначительный прирост от 0,9 до 5,1 % отмечается в остальных субъектах, исключение составляет Республика Крым, где отмечено незначительное снижение площади озимой пшеницы.

В Северо-Кавказском федеральном округе наблюдается обратная ситуация. Общая площадь посевов озимой пшеницы в 2020 г. сократилась до 1985,3 тыс. га, это

в сравнении с 2019 г. ниже на 5,6 %. По шести субъектам площадь озимой пшеницы уменьшилась от 2,3 до 22,2 %. Значительное увеличение площади озимой пшеницы (в 1,9 раза) отмечается в Чеченской Республике.

Таблица 1 – Сохранившаяся площадь возделывания озимой пшеницы на юге Российской Федерации в 2019–2020 гг. [4]

В тыс. га

Субъект	Сохранившаяся площадь озимой пшеницы в 2020 г.	Сохранившаяся площадь озимой пшеницы в 2019 г.	Отношение площади 2020 г. в % к площади 2019 г.
Республика Адыгея	92,2	91,1	101,3
Республика Калмыкия	234,6	232,6	100,9
Республика Крым	292,6	295,3	99,1
Краснодарский край	1629,4	1550,9	105,1
Астраханская область	3,7	2,8	131,5
Волгоградская область	1527,5	1485,5	102,8
Ростовская область	2871,4	2789,0	103,0
г. ф. з. Севастополь	–	–	–
Южный федеральный округ	6651,4	6447,2	103,2
Республика Дагестан	77,7	79,5	97,7
Республика Ингушетия	13,5	17,2	78,2
Кабардино-Балкарская Республика	48,0	50,1	95,9
Карачаево-Черкесская Республика	16,7	21,4	77,8
Республика Северная Осетия – Алания	30,7	31,9	96,2
Чеченская Республика	113,9	60,8	187,5
Ставропольский край	1684,8	1842,1	91,5
Северо-Кавказский федеральный округ	1985,3	2103,0	94,4

Наряду с этим аридная зона юга России имеет крайне неблагоприятные климатические условия для возделывания озимой пшеницы, которые в первую очередь характеризуются недостатком влаги, являющейся основным лимитирующим фактором (таблица 2).

Согласно данным таблицы 2 коэффициент увлажнения (K_y) аридной зоны юга России колеблется от 0,2 до 0,6, т. е. увлажнение недостаточное. Коэффициент Иванова – Высоцкого – это крайне важный климатический показатель. Ведь он способен дать картину обеспеченности местности водными ресурсами. Этот коэффициент необходим для оценки развития сельского хозяйства, а также для общего экономического планирования территории [5].

Как показали исследования, проведенные учеными РосНИИПМ, в Ростовской области суммарное водопотребление озимой пшеницы, возделываемой без орошения, составляет 3371–3525 м³/га, при орошении, рекомендуемом зональными системами земледелия, данный показатель увеличивается до 5702–6156 м³/га, а применение современных способов орошения обеспечивает сокращение его величины до 5639–6031 м³/га. Прибавка урожайности от орошения в вариантах с технологией, рекомендуемой зональными системами земледелия, составила 2,7–7,9 т/га, а варианты с технологией прецизионного орошения способствовали увеличению урожайности до 2,9–8,7 т/га [6–10].

Таблица 2 – Климатические данные аридной зоны юга России

Зона	Район	Климат	К _у	Сумма активных температур ($\geq 10^{\circ}\text{C}$)	Продолжительность безморозного периода, дней	Число дней с сушевыми за теплый период
Полусухая	Северо-восточная часть Дагестана, центр и юг Астраханской области, восточная часть Калмыкии	Очень засушливый, лето очень жаркое	0,2–0,3	3400–3600	180–200	40–50
Очень засушливая	Северо-восточная часть Ростовской области и Ставропольского края, северо-восточные районы Дагестана	Лето жаркое, сухое	0,3–0,4	3000–3600	160–180	40–55
Засушливая	Центральная часть Ростовской области, Ставропольского края, Чечни, Ингушетии и Дагестана, северная – Краснодарского края и Северной Осетии	Лето жаркое, сухое	0,4–0,5	2800–3600	160–190	30–40 (на юго-западе), 10–15 (в Приазовье)
Полузасушливая	Приазовские районы Ростовской области, центральная часть Краснодарского края	Лето жаркое, сухое	0,5–0,6	2800–3400	180–190	17–33

Используя справочники и статистические отчеты, мы собрали данные по зонам увлажнения для Южного федерального округа, включающие в себя тип почвы, количество запасов влаги в ней, количество атмосферных осадков для каждой зоны увлажнения. Пользуясь этими данными, произвели расчет недостатка влаги для выращивания озимой пшеницы (таблица 3).

Таблица 3 – Типы почв и запасы влаги в аридной зоне юга России

Зона	Район	Почва	Запас влаги в почве, мм	Недостаток влаги для выращивания озимой пшеницы, м ³ /га	Атмосферные осадки за теплый период, мм
1	2	3	4	5	6
Полусухая	Северо-восточная часть Дагестана, центр и юг Астраханской области, восточная часть Калмыкии	Темно-каштановая, южный чернозем	100–120	3200–2500	150–200
Очень засушливая	Северо-восточная часть Ростовской области и Ставропольского края, северо-восточные районы Дагестана	Обыкновенный и южный чернозем	130–150	2400–1700	200–250

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
Засушливая	Центральная часть Ростовской области, Ставропольского края, Чечни, Ингушетии и Дагестана, северная – Краснодарского края и Северной Осетии	Обыкновенный и южный чернозем на севере, предкавказский чернозем на юге	140–160	1300–1100	300
Полузасушливая	Приазовские районы Ростовской области, центральная часть Краснодарского и Ставропольского краев	Обыкновенный и южный чернозем	150–180	200	400–450

Анализ данных таблицы 3 выявил, что дефицит водопотребления данной сельскохозяйственной культуры в аридной зоне юга России при использовании технологий, рекомендованных зональными системами земледелия, колеблется от 200 до 3200 м³/га.

Выводы. Резюмируя вышеизложенное, можно сделать вывод, что при возделывании озимой пшеницы в южных регионах России использование орошения позволяет восполнять недостаток влаги и способствует снижению негативного влияния жесткости засушливого климата. Залог получения высоких и стабильных урожаев озимой пшеницы – это использование в условиях аридной зоны юга России новых ресурсосберегающих технологий орошения.

Список источников

1. Землякова Е. В. Экономико-географические аспекты аридизации (на материалах юга России): автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.24. Ростов н/Д., 2003. 23 с.
2. Виноградов Б. Опустынивание – проблема степной зоны России [Электронный ресурс]. URL: <http://savesteppe.org/ru/archives/5359> (дата обращения: 17.03.2021).
3. Borodychev V. V., Dedova E. B., Sazanov M. A. Water resources of the Republic of Kalmykia and measure to improve its water complex // Russian Agricultural Sciences. 2015. № 5. P. 369–373. <https://doi.org/10.3103/S1068367415050055>.
4. Посевные площади в России в 2020 по культурам и регионам [Электронный ресурс]. URL: <https://ab-centre.ru/dbase/posevnye-ploschadi-v-rossii-v-2020-godu-po-kulturam-i-po-regionam> (дата обращения: 06.04.2021).
5. Что такое коэффициент увлажнения и как он определяется [Электронный ресурс]. URL: <https://fb.ru/article/165884/chto-takoe-koeffitsient-uvlajneniya-i-kak-on-opredelyaetsya> (дата обращения: 17.03.2021).
6. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от доз минеральных удобрений при различных технологиях орошения в условиях юга России / С. М. Васильев, В. Иг. Ольгаренко, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 241–253. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1149> (дата обращения: 17.03.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-241-253.
7. Бабичев А. Н., Сидаренко Д. П. Совершенствование технологии орошения сельскохозяйственных культур в аридной зоне юга России // Актуальные вопросы науки и практики в инновационном развитии АПК: материалы всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Персиановский, 2020. С. 8–13.
8. Стратегия успешного развития мелиорации – прецизионное орошение / С. М. Васильев, В. Иг. Ольгаренко, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 1–22. URL: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=1135> (дата обращения: 07.05.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-1-22.
9. Ольгаренко В. И., Бабичев А. Н., Монастырский В. А. Водный баланс и режим

орошения овощных культур в условиях поймы Дона // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 2(34). С. 1–16. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/en/archive?n=587&id=588> (дата обращения: 07.05.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-1-16.

10. Опыт применения технологии прецизионного орошения в Ростовской области / А. Н. Бабичев, В. Иг. Ольгаренко, В. А. Монастырский, Д. П. Сидаренко // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 4(101). С. 75–86.

Информация об авторах

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

А. А. Бабенко – младший научный сотрудник.

Information about the authors

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

A. A. Babenko – Junior Research.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.05.2021; одобрена после рецензирования 25.05.2021; принята к публикации 31.05.2021.

The article was submitted 13.05.2021; approved after reviewing 25.05.2021; accepted for publication 31.05.2021.

УДК 626.824

Оценка возможности повторного использования водных ресурсов осушительных систем в регионах Западной Сибири

Антон Леонидович Кожанов

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

Аннотация. Целью исследований являлось получение и анализ данных об объеме и минерализации дренажного стока с осушительных систем в регионах Западной Сибири для определения возможности повторного использования для различных целей 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 объема дренажного стока достаточно для увлажнения всех площадей, обслуживаемых осушительными системами в Омской области и системой «Шушаринская», в Тюменской области возможно увлажнение около 50 % площадей, в Томской области от 6 до 22 %. Показатели минерализации дренажного стока в Омской области находятся в пределах нормы и составляют 4,5–4,7 г/л, что говорит о возможности использования для увлажнения сельскохозяйственных культур, выращиваемых на легких песчаных и супесчаных хорошо дренируемых почвах, и рыбозаведения.

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

Assessment of the possibility of water resources reuse of drainage systems in the Western Siberia regions

Anton L. KozhanovRussian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

Abstract. The aim of the research was to obtain and analyze data on the volume and mineralisation of drainage runoff from drainage systems in the regions of Western Siberia to determine the possibility of its reuse for various purposes by creating modern engineering drainage and watering systems. The Microsoft Excel software product was used to process the data on the drainage run-off volume and areas. General scientific methods were used to analyze the obtained data and graphic material. The analysis showed that the drainage runoff volume is sufficient to moisten all areas served by drainage systems in Omsk region and the Shusharinskaya system; in Tyumen region it is possible to moisten about 50 % of the area and in Tomsk region from 6 to 22 %. Indicators of drainage runoff mineralization in Omsk region are within the normal range and amount to 4.5–4.7 g/l, which indicates the possibility of using for moistening agricultural crops grown on light sandy and sandy loamy well-drained soils and fish farming.

Keywords: drainage and watering system, drainage, moistening, drainage runoff, runoff volume, water resources

Введение. В настоящее время в связи со сложившимися реалиями одним из главных вопросов является ресурсосбережение во всех отраслях народного хозяйства, и в мелиорации в частности. Так, на осушительных и осушительно-увлажнительных системах дренажный сток, являющийся внутренними водными ресурсами системы, бессмысленно сбрасывается в водоприемники, расположенные за пределами осушенной территории. В свою очередь, в данных регионах страны наряду с осушением возникает и необходимость в увлажнении в засушливые периоды, непродолжительные, но важные для роста выращиваемых сельскохозяйственных культур. В связи с этим появляется потребность в максимально возможном повторном использовании водных ресурсов систем [1–3]. Все это говорит о необходимости аккумулирования весеннего дренажного стока для использования в летние периоды, когда наблюдается недостаток почвенной влаги на осушенном массиве [4], с созданием современных осушительно-увлажнительных систем [5, 6].

В то же время актуальным является вопрос повышения энергоэффективности в мелиоративном комплексе, непрерывное увеличение стоимости подачи оросительной воды также вызывает значительный интерес сельхозпроизводителей к использованию эффективных технологий с применением современных элементов мелиоративных систем [7].

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 и возможности его дальнейшего использования для различных целей.

В связи с этим целью исследований являлось получение и анализ данных об объеме и минерализации дренажного стока с осушительных систем в регионах Западной Сибири для определения возможности повторного использования для различных целей с созданием современных инженерных осушительно-увлажнительных систем.

Материалы и методы. Информационную основу научных исследований составили материалы, полученные от ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз», «Управление «Томскмелиоводхоз», «Управление «Тюменьмелиоводхоз», в разрезе отводимого объема дренажного стока с осушительных систем 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 осушительных систем за последние 5 лет по регионам Западной Сибири был сделан запрос в такие регионы России, как Кемеровская, Курганская, Новосибирская, Омская, Томская и Тюменская области. Были получены усредненные данные, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные о дренажном стоке с осушительных систем, имеющих на балансе федеральных государственных бюджетных учреждений по регионам Западной Сибири

Наименование мелиоративной системы	Площадь осушения, га	Объем стока, тыс. м ³	Минерализация, г/л
ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз»			
Котовщиковская ОС	2805	4700	4,5
Моховская ОС	380	700	4,7
ФГБУ «Управление «Томскмелиоводхоз»			
ТОО «Сибирь», «Макаровские гари» и «Кузнецовские уч.»	935	130	–
«Саралинские луга»	286	45	–
СПК «Надежда»	433	30	–
СПК «Семеновский»	904	80	–
«Красноярский польдер»	209	40	–
«Березовские луга»	500	120	–
СПК «Мазаловское»	2143	220	–
«Калтайская»	526	65	–
СПК «Гигант», «Комаровское урочище»	512	135	–
ФГБУ «Управление «Тюменьмелиоводхоз»			
Придорожная МОС Ялуторовского района	539	340	–
Аманадская МОС Ялуторовского района	2684	1690	–
Кавдыкская МОС Ялуторовского района	3791	2390	–
МОС «Болото Сыпкино» Абатского района	1207	760	–
Малиновская МОС Сорокинского района	1389	870	–
Ново-Троицкая МОС Сорокинского района	657	410	–
МОС б. «Круглое» Казанского района	1323	830	–
Каурковская МОС Упоровского района	386	240	–
МОС «Большаки» Голышмановского района	474	290	–
Карасульская МОС Голышмановского района	603	380	–
Кукушкинская МОС Голышмановского района	444	280	–
Ернякульская МОС Юргинского района	1918	1200	–
Кошелевская МОС Омутинский район	486	310	–
Шушаринская МОС Омутинского района	802	2390	–
МОС «Пугай» Омутинского района	3800	2390	–
Гавринская МОС Ишимского района	2728	1720	–
Куимовская МОС Ишимского района	683	430	–
Учхозовская МОС Ишимского района	405	255	–
Михайловская МОС Ишимского района	1312	820	–
Ново-Тарманская МОС Тюменского района	1684	1060	–
Миягинская МОС Тюменского района	1900	1150	–
ОС – осушительная система; МОС – межхозяйственная осушительная система.			

На рисунке 1 приведены данные об объеме дренажного стока, фактических площадях осушения по системам ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз» и расчетные возможные площади увлажнения, которые можно получить при оросительной норме $1500 \text{ м}^3/\text{га}$.



Рисунок 1 – Объем дренажного стока, фактическая и возможная средняя расчетная площади увлажнения дренажным стоком по управлению «Омскмелиоводхоз»

Обработав данные об объеме дренажного стока с осушительных систем и площадях по ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз» (таблица 1, рисунок 2), можно сделать вывод, что объема дренажного стока, по предоставленным данным, достаточно для увлажнения площадей осушительных систем, а также имеется незначительная возможность аккумуляирования в дополнительных регулирующих емкостях.

Избыточный объем дренажного стока может быть использован для увлажнения небольших дополнительных площадей, но при этом его минерализация находится в пределах 4,5–4,7 г/л. Согласно С. Я. Безднiной [8], данная минерализация подходит для увлажнения легких песчаных и супесчаных хорошо дренируемых почв, что говорит о возможности повторного использования дренажного стока для увлажнения осушенных территорий с созданием современных осушительно-увлажнительных систем для повышения эффективности использования водных ресурсов системы.

На рисунке 2 приведены объемы дренажного стока, фактические площади осушения по системам ФГБУ «Управление «Томскмелиоводхоз» и расчетные возможные площади увлажнения, которые можно получить при оросительной норме $1200 \text{ м}^3/\text{га}$.

Анализ полученных данных показал, что объема дренажного стока недостаточно для увлажнения площадей, обслуживаемых осушительными системами, что также не позволит накопить излишки дренажного стока в регулирующих емкостях. Анализ полученных данных о фактических площадях осушения и возможных средних расчетных площадях увлажнения показал, что возможные площади увлажнения по каждой системе могут быть не более 6–22 % от их обслуживаемой площади. В связи с этим для увлажнения площадей представленных осушительных систем потребуется дополнительный забор воды из водоемисточника.

Обработав полученные данные о площадях и объеме дренажного стока с осушительных систем по ФГБУ «Управление «Тюменьмелиоводхоз» (таблица 1, рисунок 3), можно сделать вывод, что объема дренажного стока недостаточно для увлажнения площадей, обслуживаемых осушительными системами, что также не позволит накопить излишки дренажного стока в регулирующих емкостях.

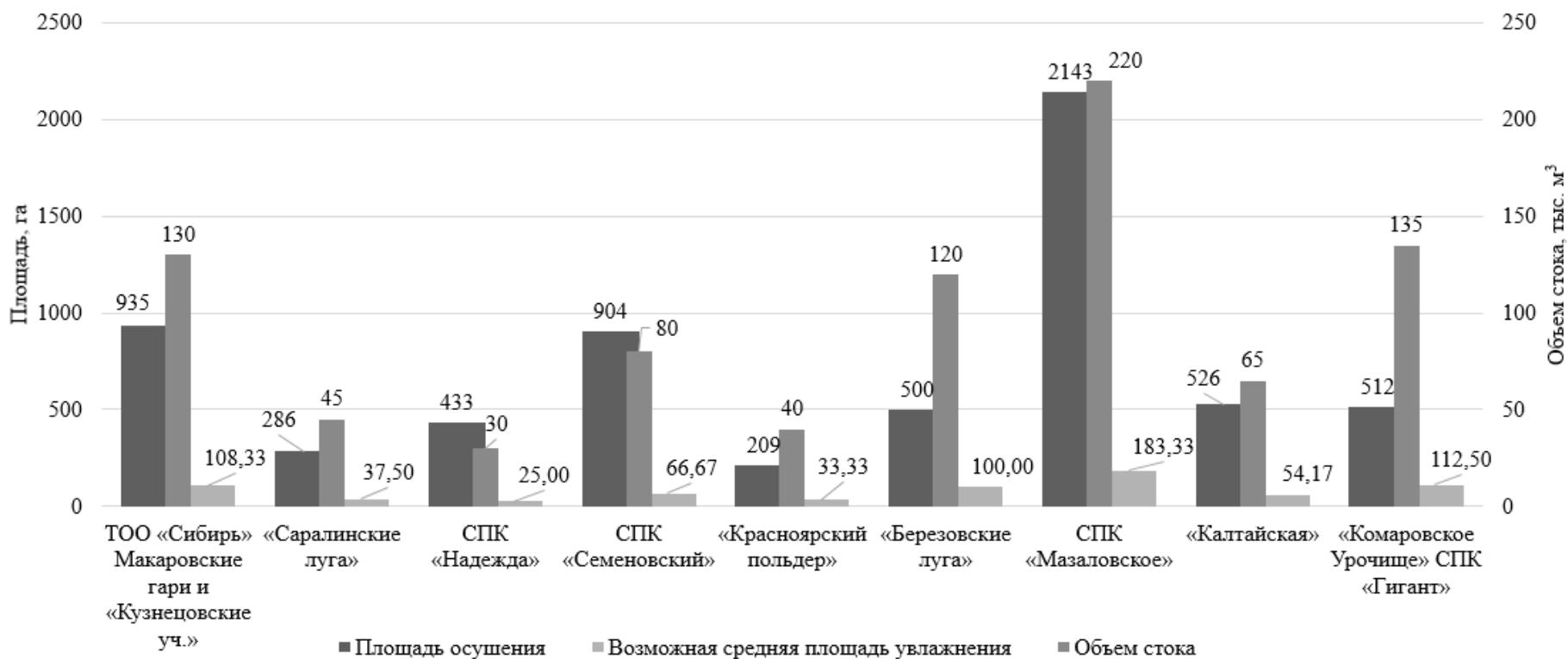


Рисунок 2 – Объем дренажного стока, фактическая и возможная средняя расчетная площади увлажнения дренажным стоком по управлению «Томскмелиоводхоз»

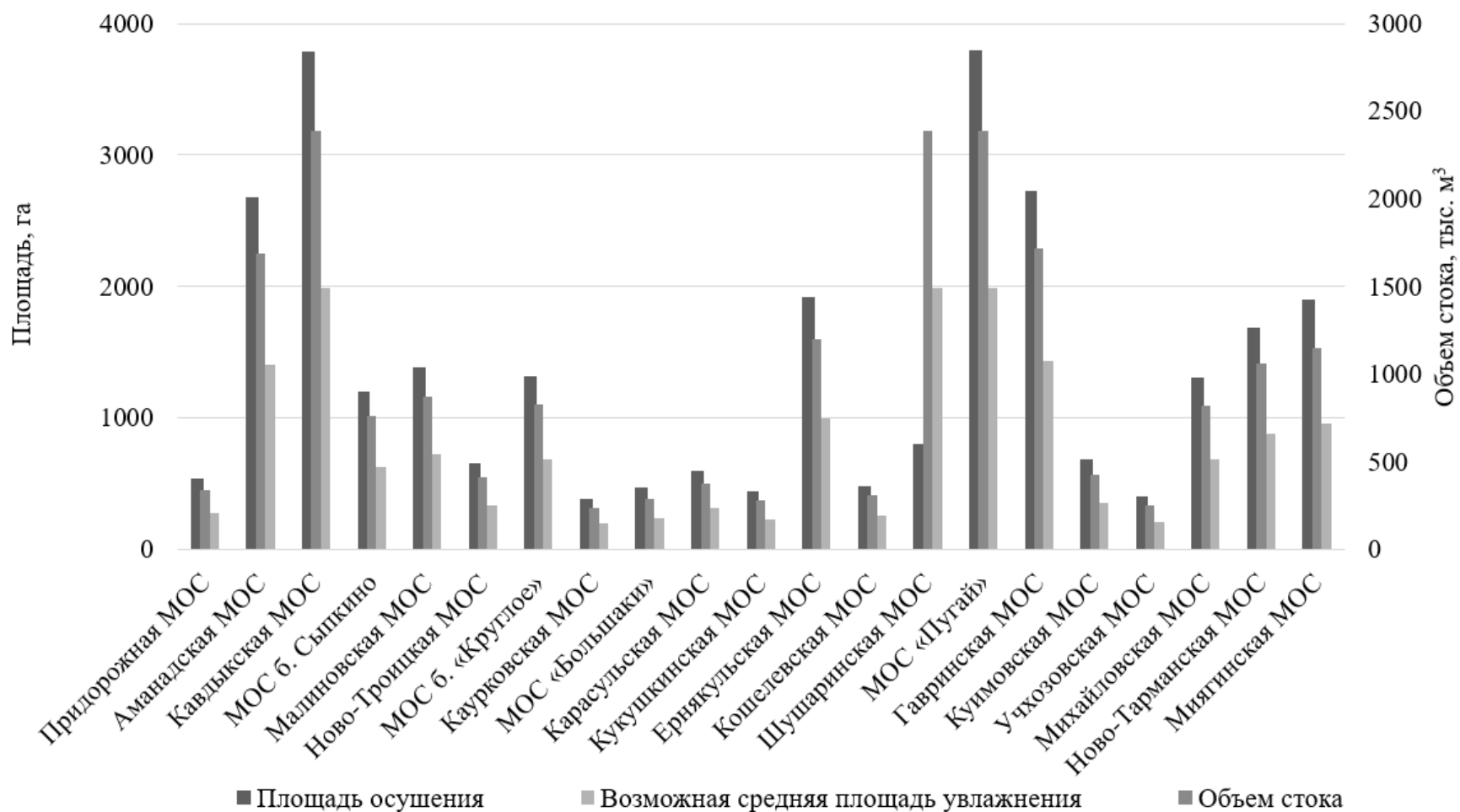


Рисунок 3 – Объем дренажного стока, фактическая и возможная средняя расчетная площади увлажнения дренажным стоком по ФГБУ «Управление «Тюменьмелиоводхоз»

Фактические площади осушения по осушительным системам и возможные средние расчетные площади увлажнения при оросительной норме $1200 \text{ м}^3/\text{га}$ по ФГБУ «Управление «Тюменьмелиоводхоз» приведены на рисунке 3. Анализ полученных данных показал, что возможные площади увлажнения по каждой системе варьируют в пределах 50 % от их обслуживаемой площади. Только на одной межхозяйственной осушительной системе «Шушаринская» объема стока достаточно для увлажнения всей обслуживаемой площади системы и дополнительного накопления дренажного стока в регулирующей емкости с применением в качестве увлажнительной сети разработанных конструктивных решений мелиоративных систем, имеющих в составе пруды-накопители [9, 10]. В связи с этим для увлажнения площадей представленных осушительных систем, кроме «Шушаринской», потребуется дополнительный забор воды из водоисточника. Возможно увеличение увлажняемых площадей на данных системах при выращивании менее влаголюбивых сельскохозяйственных культур (зерновые, кормовые культуры).

Важным моментом в решении одной из задач «Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» может послужить использование излишка дренажного стока с осушительно-увлажнительных систем с созданием регулирующих емкостей в виде водохранилищ или прудов, применяемых для рыборазведения, устройством необходимых комплексов гидротехнических сооружений, что возможно на системах ФГБУ «Управление «Омскмелиоводхоз» с уменьшением оросительной нормы за счет использования кормовых и зерновых культур и получения дополнительного объема воды и на межхозяйственной осушительной системе «Шушаринская».

Выводы. В результате исследований и анализа полученных данных об объемах дренажного стока выявлено, что на 100 % территорий, обслуживаемых осушительными системами в Омской области, возможно проводить увлажнение дренажным стоком в полном объеме всех обслуживаемых площадей с аккумулярованием в регулирующих емкостях, в Томской области площади увлажнения составляют от 6 до 22 %, в Тюменской области около 50 % при оросительной норме $1200 \text{ м}^3/\text{га}$, при снижении оросительной нормы за счет выращивания менее влаголюбивых культур возможно расширение увлажняемых площадей.

В связи с тем, что объем стока в Омской области и на межхозяйственной осушительной системе «Шушаринская» превышает объем воды, необходимый для увлажнения осушенных площадей, имеется возможность дополнительного накопления дренажного стока в различных регулирующих емкостях (пруды-накопители, бассейны-накопители и др.) для его дальнейшего применения в целях рыборазведения.

Показатели минерализации дренажного стока были получены только по Омской области, они находятся в пределах 4,5–4,7 г/л, что говорит о возможности использования для орошения сельскохозяйственных культур, выращиваемых на легких песчаных и супесчаных хорошо дренируемых почвах.

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

Список источников

1. Найденов С. В., Домашенко Ю. Е., Васильев С. М. Обзор водооборотных систем на основе гидромелиоративного рециклинга // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 2(30). С. 95–111. URL: <http://ros>

niipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec548-field6.pdf (дата обращения: 22.03.2021).

2. Яценко К. В., Килиди Х. И. Использование дренажного стока для целей орошения на осушительно-увлажнительной системе // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам X Всерос. конф. молодых ученых, посвящ. 120-летию И. С. Косенко. Краснодар, 2017. С. 1206–1207.

3. 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.

4. 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(01). С. 113–128. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=16> (дата обращения: 22.03.2021).

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

6. 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.

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

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

9. Оросительная система: пат. 2324332 Рос. Федерация: МПК⁶ А 01 G 25/00 / Щедрин В. Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2006134366/12; заявл. 27.09.06; опубл. 20.05.08, Бюл. № 14. 3 с.

10. 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 11.05.2021; одобрена после рецензирования 21.05.2021; принята к публикации 31.05.2021.

The article was submitted 11.05.2021; approved after reviewing 21.05.2021; accepted for publication 31.05.2021.

УДК 631.15:631.58

**К вопросу комплексной цифровой системы управления
сельскохозяйственным производством**

Алексей Николаевич Рыжак, Дмитрий Викторович Мартынов

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

Аннотация. Цель – изучение современного состояния и перспектив использования комплексных цифровых систем сельскохозяйственного производства и точного земледелия. Рассмотрены современные готовые решения и платформы для создания таких информационных систем, представленные в открытых источниках сети Интернет. В данной сфере активнее всего используются системы параллельного вождения, информатизации и мониторинга, картирования урожайности и дифференцированного внесения удобрений, а также создание электронных карт полей с применением спутниковых систем навигации. Разработчиков и организации, которые предоставляют данные цифровые системы, можно разделить на четыре категории: поставщики сельскохозяйственной техники и специализированного оборудования для точного земледелия и телеметрии; разработчики, которые формируют решения для заказчика с возможностью изменения программного обеспечения под заявленные нужды и производят подбор спецоборудования; разработчики готового решения программного обеспечения с интеграцией определенного специализированного оборудования ведущих производителей; разработчики программного обеспечения, предоставляющие платформу, необходимую для создания собственной информационной системы. Все большее распространение и развитие рассмотренных комплексных цифровых систем управления сельскохозяйственным производством обусловлено эффективным применением на практике, которое ведет к сокращению затрат и увеличению производительности.

Ключевые слова: цифровые технологии, точное земледелие, цифровое сельское хозяйство, цифровые системы управления

**On issue of an integrated digital control
system of agricultural production**

Aleksey N. Ryzhakov, Dmitry V. Martynov

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

Abstract. The purpose is to study the current state and prospects of using complex digital systems for agricultural production and precision farming. The modern ready-made solutions and platforms for creating such information systems, presented in public sources on the Internet are considered. In this area, the most actively used systems are parallel driving, information and monitoring, yield mapping and differentiated fertilization, as well as creation of electronic field maps using satellite navigation systems. The developers and organizations that provide these digital systems can be divided into four categories: suppliers of agricultural machinery and specialized equipment for precision farming and telemetry; developers who create solutions for the customer with the ability to change software for the stated needs and make the selection of special equipment; developers of ready-made software solutions with the integration of certain specialized equipment from leading manufacturers; software developers who provide the platform needed to build their own information system. The increasing distribution and development of the considered complex digital agricultural production management systems is due to their effective application in practice, which leads to costs reduction in and an increase in productivity.

Keywords: *digital technologies, precision farming, digital agriculture, digital control systems*

В настоящий момент производится интенсивная цифровая трансформация сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического прорыва в агропромышленном комплексе (АПК) и достижения роста производительности на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях, в т. ч. и в рамках национальной платформы цифрового государственного управления сельским хозяйством «Цифровое сельское хозяйство» [1]. Современный уровень развития цифровых технологий уже сейчас позволяет создавать работоспособные и эффективные сервисы и системы управления сельскохозяйственным производством, что соответствует Указу Президента РФ «О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» от 1 декабря 2016 г. № 642. Согласно ему в настоящее время должна полным ходом вестись реализация второго этапа данной стратегии, в рамках которого должны реализоваться меры, направленные на стимулирование перехода к стадии активной коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности и к масштабному созданию новых продуктов и услуг, основанных на технологиях, отвечающих на большие вызовы [2].

Одним из главных аспектов развития АПК является точное сельское хозяйство (Precision agriculture), в структуру которого входят точное земледелие (Precision farming) и точное животноводство (Precision livestock farming) [3]. Точное земледелие является комплексной высокотехнологичной системой сельскохозяйственного менеджмента, включающей в себя технологии глобального позиционирования (GPS), географические информационные системы (ГИС), технологии оценки урожайности (Yield Monitor Technologies), технологию переменного нормирования (Variable Rate Technology), технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и решения технологии интернета вещей (IoT) [4]. Все чаще в АПК находят свое применение интегрированные сельскохозяйственные производственные системы, основанные на достижениях информационных технологий, использовании системы автоматического управления сельскохозяйственной техникой и ее регулирования, сенсорной техники и общей компьютеризации всех процессов сельскохозяйственного менеджмента и направленные на оптимизацию агротехнологий и стабилизацию продуктивности агроценозов при минимальном отрицательном воздействии на окружающую среду [5].

Применение цифровых интеллектуальных производственных технологий и роботизированных систем создает возможность внедрения новых форм управления производством и уменьшает влияние человеческого фактора, ведет к увеличению эффективности использования сельхозтехники и в результате приводит к сокращению затрат на производство продукции, семена, удобрения, ядохимикаты, а также к повышению урожайности агрокультур [6].

В 2018 г. Центром прогнозирования и мониторинга совместно с Департаментом научно-технологической политики и образования Минсельхоза России организован сбор статистической информации об использовании элементов точного сельского хозяйства в 52 регионах. Лидерами использования точного земледелия, согласно опубликованным данным, являются Краснодарский край и Воронежская область [7, 8]. В Ростовской области, к сожалению, внедрение точного земледелия ведется не так интенсивно. Быстрому внедрению системы точного земледелия в регионе мешает высокий уровень износа сельскохозяйственной техники, 46 % которой эксплуатируется более 10 лет. Для обновления техники рассматривается возможность предоставления субсидий тем производителям, которые внедряют цифровые технологии и используют средства точного земледелия [9].

Несмотря на имеющиеся сложности, информационные системы точного земледелия развиваются и успешно внедряются в сельскохозяйственное производство (агрохолдинги и фермерские хозяйства). В данной сфере активнее всего используются

системы параллельного вождения, информатизации и мониторинга, картирования урожайности и дифференцированного внесения удобрений, а также создание электронных карт полей с применением спутниковых систем навигации [6]. Помимо указанных, перспективными направлениями развития данных информационных систем являются: дифференцированное опрыскивание, мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования, локальный отбор проб почвы в системе координат, мониторинг качества урожая, дифференцированное внесение регуляторов роста, дифференцированный по площади посев, дифференцированная обработка почвы, составление карт электропроводности почв, интернет вещей [10], большие данные (Big Data), беспилотные тракторы (комбайны), искусственный интеллект для АПК.

В Ростовской области в данном направлении успешно работает ряд разработчиков и организаций, различающихся между собой поставляемой продукцией: сельскохозяйственная техника, специализированное оборудование для точного земледелия и телеметрии и программное обеспечение (ПО) (таблица 1).

Таблица 1 – Категории разработчиков и организаций в области точного земледелия

Поставляемый продукт	Категория поставщика и разработчика			
	I	II	III	IV
Сельскохозяйственная техника	+	+		
Специализированное оборудование для точного земледелия и телеметрии	+	+	+	
ПО		+	+	+

I Поставщики сельскохозяйственной техники и специализированного оборудования для точного земледелия и телеметрии.

II Разработчики, которые формируют решения для заказчика с возможностью изменения ПО под заявленные нужды и производят подбор спецоборудования (датчики, терминалы позиционирования, метеостанции, системы параллельного вождения, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и пр.).

III Разработчики готового решения ПО с интеграцией специализированного оборудования ведущих производителей (датчики уровня топлива, терминалы геопространственного позиционирования и пр.).

IV Разработчики ПО, предоставляющие платформу, необходимую для создания собственной информационной системы.

Поставщики сельскохозяйственной техники и специализированного оборудования предоставляют технические решения для контроля в режиме онлайн и управления технологическими процессами на предприятиях АПК и системы точного земледелия: осуществление спутникового мониторинга транспорта, решения GPS, ГЛОНАСС для организации учета контроля топлива на передвижных топливозаправщиках и стационарных АЗС, производство датчиков сыпучих материалов и заглубления орудия, метеостанций, систем параллельного вождения и подруливающих устройств, систем автопилота для техники, систем автоматического отключения секций и переменной нормы для опрыскивателей и разбрасывателей, систем мониторинга урожайности, систем высева, систем дифференцированного внесения удобрений и систем выравнивания (спутниковой планировки поля).

Более гибкий и расширенный спектр услуг и продуктов предоставляют разработчики, формирующие те или иные решения ПО и оборудования, исходя из потребностей заказчика. В зависимости от необходимого оборудования (датчики, терминалы позиционирования, метеостанции, системы параллельного вождения, БПЛА и пр.) формируется и необходимый блок программных решений, вплоть до разработки совершенного нового.

Обычно компании такого рода успешно разрабатывают и внедряют автоматизированные системы контроля многих видов производственного бизнеса и управления ими.

В настоящее время основными направлениями деятельности организаций второй категории являются: создание информационно-аналитических систем на базе ГИС-технологий; проектирование и создание аппаратно-программных комплексов анализа и интерпретации изображений Земли в интересах промышленности, строительства и сельского хозяйства; геодезическая деятельность; картографическая деятельность; космическая деятельность; разработка специального математического обеспечения обработки, анимации и хранения видеоизображений и др. В части точного земледелия предоставляются услуги по следующим направлениям: агронавигаторы и системы параллельного вождения сельхозтехники, профессиональные метеостанции, модернизация сеялок точного высева, программы для сельского хозяйства, мониторинг транспорта, решения контроля высева и сбора урожая, агрохимобследование почв, БПЛА, увеличение точности определения местоположения (дифференциальный (DGPS) сервис), дифференцированное внесение удобрений, картирование, опрыскивание и системы контроля высева.

Наиболее приемлемым и доступным для фермерского хозяйства является применение уже готового решения ПО с интеграцией специализированного оборудования (датчиков уровня топлива, терминалов геопространственного позиционирования и пр.). Такое решение для цифровизации сельского хозяйства предназначено для повышения производительности и позволяет снизить объем потерь горюче-смазочных материалов (ГСМ) и влияние человеческого фактора на любой процесс.

Организации третьей категории обычно являются не только разработчиком ПО, но и интегратором ведущих производителей оборудования.

Задача таких компаний – повысить эффективность сельского хозяйства за счет оцифровки всех процессов. Благодаря использованию технологий интернета вещей (IoT) платформа в режиме реального времени фиксирует и обрабатывает данные с множества датчиков, установленных на сельскохозяйственной технике и на рабочих местах. Анализ информации позволяет более точно планировать сельхозработы, ставить задачи и контролировать их выполнение для принятия оперативных решений руководителями, производственниками, финансистами, агрономами и юристами.

Обычно ПО предоставляется в нескольких решениях. Можно воспользоваться комплексным решением «все в одном» (ведение оперативных планов и графиков учета работ и агроопераций, мониторинг техники и контроль перемещений и результативности работ, агрономический блок, инструменты формирования отчетности и анализа, кадастровый учет) или приобрести отдельные наборы инструментов для бюджетирования, контроля урожая и составления планов севооборота, контроля урожая от поля до склада, контроля и учета сельхозработ, а также мобильное приложение для быстрого обследования и контроля состояния полей.

ПО, являющееся платформой, необходимой для создания собственной информационной системы, наиболее доступно по стоимости, но требует наличия специалистов. Уникальные возможности и гибкое лицензирование для применения геоаналитики в бизнесе предлагают крупные иностранные компании, специализирующиеся сугубо на ГИС. Их ПО позволяет использовать специализированные инструменты для анализа и оформления геоданных, обмениваться информацией с помощью карт, мобильных и веб-приложений, дашбордов и отчетов. Благодаря платформенному подходу происходит полное обеспечение геоаналитическими инструментами как небольших хозяйств, так и крупнейших агрохолдингов для управления земельными активами, мониторинга вегетации, адаптивно-ландшафтного и точного земледелия, логистики и мониторинга техники.

В первую очередь подобные ГИС-платформы позволяют создать и поддерживать в корректном состоянии базу геоданных по земельным ресурсам, подключать сервисы Росреестра и автоматизировать загрузку выписок, настроить интеграцию с суще-

ствующими учетными системами (1С или Microsoft Excel), вести учет товарно-материальных ценностей, осуществлять мониторинг урожайности, посевных работ и других показателей во времени.

Инструменты расчета вегетационных индексов в сочетании с инструментами одновременного анализа позволяют накапливать данные о полях, сравнивать эту информацию с показателями урожайности, а также интегрировать дополнительные данные, например визуальные обследования состояния полей и метеоданные.

На основе встроенных или собственных данных о рельефе на рассматриваемых ГИС-платформах проводится автоматизированный расчет морфометрических характеристик (углы наклона, крутизна, экспозиция склонов, направление стока, выделение водосборных бассейнов), позволяющих осуществить классификацию территории и применить комплексные характеристики, основанные на составлении специальных индексов. Данное ПО может помочь выявить закономерности в распределении количественных характеристик, определяющих влажность почвы, содержание солей и удобрений в поверхностном слое почвы, а также позволяет отслеживать текущее местоположение и анализировать архивные треки техники, следить за работой оборудования, выявлять выход техники за установленные зоны работ или нарушения по скорости и другим важным параметрам, оптимизировать размещение складов, строить оптимальные маршруты для парка транспортных средств и решать еще множество логистических задач.

Такая ГИС-платформа отлично подходит для разработки собственных программных инструментов в области сельского хозяйства как самими производителями, так и учреждениями Минсельхоза, включая научные организации. Примером может служить создание геоинформационной базы данных для планирования водохозяйственной деятельности и управления ресурсами водохозяйственного комплекса, разрабатываемой специалистами ФГБНУ «РосНИИПМ» [11–17] в рамках реализации информационной системы «Цифровая мелиорация» [18]. Указанная ГИС после завершения ее разработки, наряду с уже успешно функционирующей Единой федеральной информационной системой о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН) [19], служит для информационно-аналитического обеспечения процессов подготовки и принятия управленческих решений, направленных на сбалансированное и устойчивое развитие сельскохозяйственного производства, учреждениями Министерства сельского хозяйства. Но возможности конструирования собственных сервисов на ГИС-платформе также позволяют разработать и внедрить блок водопользования, способный решать задачи, связанные с орошением (формирование заявок на воду, водоучет, расчет и корректировка поливных и оросительных норм и т. д.).

Вывод. Все большее распространение и развитие рассмотренных комплексных цифровых систем управления сельскохозяйственным производством обусловлено эффективным применением на практике, которое ведет к сокращению затрат и увеличению производительности.

Список источников

1. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: офиц. изд. М.: Росинформагротех, 2019. 48 с.
2. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента Рос. Федерации от 1 дек. 2016 г. № 642. М., 2016. 24 с.
3. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития АПК в области точного сельского хозяйства, автоматизации и роботизации / Е. В. Труфляк, Н. Ю. Курченко, Л. А. Дайбова, А. С. Креймер, Ю. В. Подушин, Е. М. Белая. Краснодар: КубГАУ, 2017. 199 с.
4. Точное земледелие [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Точное_земледелие (дата обращения: 05.04.2021).

-
5. Точное сельское хозяйство (Precision Agriculture): учеб.-практ. пособие / под ред. Д. Шпаара, А. В. Захаренко, В. П. Якушева. СПб.: Пушкин, 2009. 397 с.
6. Труфляк Е. В., Курченко Н. Ю., Креймер А. С. Точное земледелие: состояние и перспективы. Краснодар: КубГАУ, 2018. 27 с.
7. Труфляк Е. В. Использование элементов точного сельского хозяйства в России. Краснодар: КубГАУ, 2018. 26 с.
8. Использование элементов точного сельского хозяйства в России [Электронный ресурс]. URL: <https://agriecomission.com/base/ispolzovanie-elementov-tochnogo-selskogo-hozyaistva-v-rossii> (дата обращения: 05.04.2021).
9. Эрбен А. Аграриев Ростовской области запланировали перевести на «точное земледелие» // Сетевое издание donnews.ru [Электронный ресурс]. URL: https://www.donnews.ru/Agrariev-Rostovskoy-oblasti-zaplanirovali-perevesti-na-tochnoe-zemledelie_96074 (дата обращения: 05.04.2021).
10. Юрченко И. Ф. Перспективы технологий Интернета вещей в агропроизводстве // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 1. С. 67–80. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1178> (дата обращения: 05.04.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-67-80.
11. Рыжаков А. Н., Кузьмичёв А. А., Мартынов Д. В. Разработка геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 4(76). С. 110–118.
12. Рыжаков А. Н. Предложения по дополнительному использованию геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 1(77). С. 43–50.
13. Рыжаков А. Н. К вопросу развития и усовершенствования геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 2(78). С. 65–70.
14. Рыжаков А. Н., Кузьмичёв А. А., Мартынов Д. В. Подготовка базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» для создания водохозяйственной модели распределения водных ресурсов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 2(78). С. 92–98.
15. Рыжаков А. Н., Кузьмичёв А. А. Методика сбора информации о сооружениях оросительных систем с помощью приложений для полевых географических исследований // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 4(80). С. 5–10.
16. Рыжаков А. Н. К вопросу внедрения геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 3(79). С. 97–104.
17. Рыжаков А. Н., Кузьмичёв А. А. Интеграция базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и ГТС» в Единую федеральную информационную систему о землях сельскохозяйственного назначения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2021. № 1(81). С. 21–27.
18. На пути к цифровой мелиорации / С. М. Васильев, В. Н. Щедрин, А. В. Слабунова, В. В. Слабунов // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 4. С. 5–9.
19. Официальный сайт Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения [Электронный ресурс]. URL: http://efis.mcx.ru/landing/docs/obshie_svedenia/ (дата обращения: 05.04.2021).
-

Информация об авторах

А. Н. Рыжаков – научный сотрудник;

Д. В. Мартынов – младший научный сотрудник.

Information about the authors

A. N. Ryzhakov – Researcher;

D. V. Martynov – Junior Researcher.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 28.04.2021; одобрена после рецензирования 18.05.2021; принята к публикации 26.05.2021.

The article was submitted 28.04.2021; approved after reviewing 18.05.2021; accepted for publication 26.05.2021.

УДК 631.675; 631.671

Фактическое водопотребление как определяющий параметр эксплуатационного режима орошения

Владимир Игоревич Ольгаренко, Валерий Алексеевич Монастырский

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

Аннотация. Цель исследований – обоснование использования фактического водопотребления как функции влагозапасов для расчета эксплуатационных режимов орошения различных сельскохозяйственных культур. Базой являлась серия полевых опытов, проводимых в 2012–2014 гг., а также аналитические исследования, определена схема опыта, почвенные и гидрометеорологические характеристики, динамика водного баланса, обеспеченность осадками и общая влагообеспеченность орошаемого массива, водопотребление по фазам развития картофеля летнего срока посадки. Устанавливаются критические пороги увлажнения (режима орошения), температуры и дефицита влажности воздуха, длительности вегетационного и межполивного периодов, на основании чего происходит расчет водопотребления выбранной культуры в зависимости от фазы роста. По имеющимся данным рассчитывается эксплуатационный режим орошения: поливная норма и разница влагозапасов, сравнение которых с критическим порогом позволяет сделать вывод о необходимости проведения полива либо спрогнозировать в близкой перспективе количество дней (до пяти), через которые полив будет необходим. Нормирование водопотребления на основании двух гидрометеорологических факторов, учитываемых по фазам роста и развития рассматриваемой культуры, позволяет обосновать фактический расчет соответствующих норм и сроков полива сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: влагозапасы, эксплуатационные режимы орошения, динамика влажности почвы, динамика фактического водопотребления, пойма Нижнего Дона

Actual water consumption as determining irrigation operating mode parameter

Vladimir Ig. Olgarenko, Valeriy A. Monastyrskiy

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

Abstract. The purpose of the research is to substantiate the use of actual water consumption as a function of moisture reserves for calculating the irrigation operating modes of various crops. The basis was a series of field experiments conducted in 2012–2014, as well as

analytical studies, the scheme of the experiment, soil and hydrometeorological characteristics, water balance dynamics, precipitation and total moisture supply of the irrigated project, water consumption by the phases of potato development during the summer planting period were determined. Critical thresholds of humidification (irrigation regime), temperature and air humidity deficit, duration of the growing and inter-irrigation periods were determined, on the basis of which the water consumption of the selected crop is calculated depending on the growth phase. According to the available data, the irrigation operating mode is calculated: the irrigation rate and the difference in moisture reserves, the comparison of which with the critical threshold allows to conclude that irrigation is necessary or to predict in the near future the number of days (up to five) after which irrigation will be needed. Rationing of water consumption on the basis of two hydrometeorological factors, taken into account by the phases of growth and development of the crop under consideration, makes it possible to substantiate the actual calculation of the corresponding norms and terms of irrigation of agricultural crops.

Keywords: moisture reserves, irrigation operating modes, soil moisture dynamics, actual water consumption dynamics, the Lower Don floodplain

Введение. Значительной проблемой в планировании и организации орошаемого земледелия является разработка и обоснование эксплуатационных 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 [1–5].

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 [6–11].

Определение параметров эксплуатационных режимов орошения и нормирование водопотребления сельскохозяйственных культур позволяет обосновать наиболее важные критерии природопользования в условиях орошаемого земледелия, в то же время имеет большое значение для повышения урожайности и обеспечения продовольственной безопасности населения, экологического баланса эксплуатируемого природного объекта [12] при учете разумных допусков к вызываемым антропогенным рискам, неизбежно проявляющимся при интенсивном и современном сельскохозяйственном производстве, что в итоге имеет высокую актуальность для развития мелиоративной науки и практики [13–17].

Целью исследований являлось обоснование использования фактического водопотребления как функции влагозапасов для расчета эксплуатационных режимов орошения различных сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы. Решению этой важной проблемы были посвящены экспериментальные исследования, проведенные в ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области при возделывании картофеля летнего срока посадки в условиях поймы Нижнего Дона в период 2012–2014 гг. Годы исследований по влагообеспеченности орошаемого массива за вегетационный период характеризовались по гидротермическому коэффициенту Г. Т. Селянинова как средневлажный, средний и среднесухой (соответственно 2012, 2013 и 2014 гг.) (коэффициент принимал значения 0,95; 0,65 и 0,34). В период вегетации выпало соответственно 162,8; 122,1; 65,2 мм осадков. Относительная влажность воздуха в среднем составила 51, 53 и 50 % соответственно. Сумма среднесуточных температур – 1781, 1837 и 1889 °С соответственно. Поливная норма составила 350 м³/га с поддержанием влажности 0,8–1,0 НВ

в расчетном слое почвы 0,6 м. Более детально динамика влагозапасов, гидрометеорологическая и почвенная характеристика рассматриваются в предыдущих работах [5, 18–23].

Результаты и обсуждение. Рассматриваемая проблема включает создание информационной базы данных, на основании которой происходит управление режимом орошения при возделывании сельскохозяйственных культур. Устанавливаются: культура, фазы роста и развития и их соответствующие показатели водопотребления, плотность сложения почвы, влажность почвы фактическая и при наименьшей влагоемкости, эффективные осадки, расчетный слой почвы вместе с выбором предполивной влажности, влагозапасы при наименьшей влагоемкости, при критическом пороге и фактические. Также необходимо учитывать длительность вегетационного периода, длительность межполивного периода, сумму среднесуточных температур воздуха и среднюю влажность воздуха за рассматриваемый период.

На основании полученных данных производится расчет эксплуатационного режима орошения (рисунок 1), который состоит из определения поливной нормы (m , мм) (блок 1) и разницы влагозапасов (ΔW , мм) (блок 2), их сравнение с влагозапасами при установленном критическом пороге ($W_{кр}$, мм) позволяет сделать вывод о необходимости проведения полива (блок 3), далее в блоках 4–7 вводятся: $T_{пр}$ – расчетное количество дней до полива, сут; t'_i – переменная для расчета количества дней до полива, натуральное число от 1 до 5; $\overline{\Delta ET_i}$ – среднесуточное водопотребление за рассматриваемую фазу, мм.

Предусмотрено, что в день окончания полива $W_{\phi} = W_{нв}$, тогда разница влагозапасов (ΔW , мм) не нуждается в инструментальном определении, а рассматривается как снижение фактических влагозапасов, равных влагозапасам при наименьшей влагоемкости, вследствие воздействия фактического водопотребления культуры, представленного криволинейной функцией суммы дефицитов влажности и температуры воздуха по фазам ее роста и развития, за установленное количество дней, прошедших после полива (блок 2).

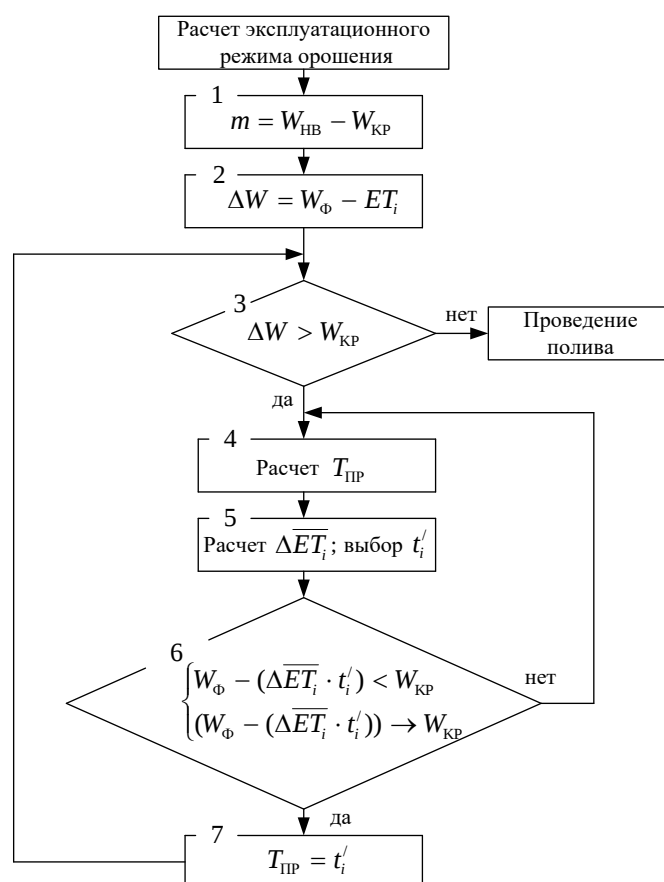


Рисунок 1 – Алгоритм расчета эксплуатационного режима орошения

Выводы. Анализ данных показал, что расчет эксплуатационного режима орошения, построенный на использовании суммы дефицитов влажности и суммы температур воздуха как основных параметров при расчете водопотребления и соответствующей разницы влагозапасов в системе, учитываемых по фазам роста и развития рассматриваемой культуры, позволяет обосновать фактические нормы и сроки полива сельскохозяйственных культур. Предусматривается не только расчет сроков проведения полива, но и прогноз водопотребления на ближайшую перспективу.

Список источников

1. Васильев С. М. Повышение экологической безопасности способов орошения для формирования устойчивых агроландшафтов в аридной зоне: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02. Волгоград, 2006. 35 с.
2. Лихацевич А. П. Использование обобщенной математической модели для анализа результатов многофакторных агрономических опытов // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 1. С. 19–23.
3. 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.
4. Солодунов А. А., Бандурин М. А. Вопросы безопасной эксплуатации внутрихозяйственной сети рисовых оросительных систем // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. тез. по материалам всерос. (нац.) конф. 2019. С. 492–493.
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. 37–19. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=506&id=509> (дата обращения: 28.03.2021).
6. Щедрин В. Н., Васильев С. М. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., г. Барнаул, 27–28 февр. 2017 г. Новосибирск: СФНЦ РАН, 2017. Т. 2. С. 167–169.
7. Васильев С. М., Домашенко Ю. Е. Регулирование управленческих процессов в структурированных проблемных ситуациях АПК // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 12–13.
8. Васильев С. М., Митяева Л. А. Мониторинг орошаемого агроландшафта с учетом калибровки данных дистанционного зондирования в рамках геоинформационных технологий // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. 2017. № 131. С. 216–231. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf> (дата обращения: 28.03.2021).
9. Ольгаренко И. В. Методология функционирования экологически сбалансированных оросительных систем // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2010. № 6(27). С. 181–186.
10. Эффективность ресурсосберегающих приемов возделывания лука репчатого при орошении в условиях Нижнего Поволжья / Е. В. Калмыкова, А. А. Новиков, Н. Ю. Петров, О. В. Калмыкова // Овощи России. 2020. № 1. С. 58–63.
11. Бубер А. Л., Бубер А. А., Бубер В. Б. Водоресурсное обеспечение мелиоративных систем // Основные результаты научных трудов института за 2017 год: сб. науч. тр. М.: ВНИИГиМ, 2018. С. 89–94.
12. Ольгаренко В. И., Ольгаренко Г. В., Ольгаренко И. В. Оптимизация процессов водопользования на основе методологии ландшафтно-экологического подхода: монография. Новочеркасск: Лик, 2019. 624 с.

-
13. 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.
14. Обоснование эффективности применения дождевальных машин / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, В. М. Игнатьев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. 2014. № 06(100). С. 956–973. URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/16.pdf> (дата обращения: 28.03.2021).
15. Ольгаренко И. В. Оценка качества планирования и реализации водопользования на оросительных системах // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. № 4. С. 35–37.
16. Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В. Техничко-экономические показатели эффективности водопользования на оросительных системах // Природообустройство. 2009. № 4. С. 102–107.
17. Mbatha N., Xulu S. Time series analysis of MODIS-Derived NDVI for the Hluhluwe-Imfolozi Park, South Africa: Impact of recent intense drought // Climate. 2018. Vol. 6, iss. 4. Number of article: 95. <https://doi.org/10.3390/cli6040095>.
18. Long-term evapotranspiration rates for rainfed corn versus perennial bioenergy crops in a mesic landscape / M. Abraha, J. Chen, S. Hamilton, G. Robertson // Hydrological Processes. 2019. Vol. 34, iss. 3. P. 810–822. <https://doi.org/10.1002/hyp.13630>.
19. Водный баланс и урожайность посадок картофеля в условиях орошаемой поймы Нижнего Дона / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. Иг. Ольгаренко, В. Т. Ткаченко // Вестник Алтайского государственного университета. 2019. № 6(176). С. 47–52.
20. Методика определения фактического водопотребления сельскохозяйственных культур на примере картофеля летнего срока посадки для условий аридной зоны юга России / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. Иг. Ольгаренко, С. Д. Дзезюра // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 2(38). С. 18–34. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=660&id=662> (дата обращения: 28.03.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-18-34.
21. 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.
22. 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/article?n=913> (дата обращения: 28.03.2021).
23. Ольгаренко В. И., Ольгаренко И. В., Ольгаренко В. Иг. Оценка эффективности использования отечественной дождевальной техники // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2015. Т. 1. С. 8–14.
-

Информация об авторах

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

В. А. Монастырский – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the authors

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

V. A. Monastyrskiy – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 14.05.2021; одобрена после рецензирования 25.05.2021; принята к публикации 31.05.2021.

The article was submitted 14.05.2021; approved after reviewing 25.05.2021; accepted for publication 31.05.2021.

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.67:338.43:635.655

Методика расчета эффективности возделывания сельскохозяйственных культур при орошении

Роман Степанович Масный, Георгий Трифонович Балакай

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

Аннотация. Целью исследований являлось изучение методов определения экономической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур и разработка методики технико-экономического обоснования применения отдельных элементов технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур в производственных условиях. Установлено, что имеется множество методических разработок по определению экономической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур, однако большинство из них не утверждены в установленном порядке и они являются научными работами отдельных ученых. Одной из утвержденных и апробированных в производстве методик расчета экономической эффективности является «Методика расчета экономической эффективности от применения нормативно-методической документации в области мелиорации бюджетными учреждениями, подведомственными Минсельхозу России, проектными, научными и образовательными учреждениями (на примере Южного федерального округа)», разработанная в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПМ») в 2019 г., которая рассмотрена и одобрена на заседании секции мелиорации научно-технического совета Минсельхоза России (протокол от 23.12.2019 № 26) и рекомендована для использования. Расчеты, проведенные по данной методике, показали, что в 2020 г. экономический эффект от внедрения элементов сортовой технологии возделывания нового сорта сои СК Риана с урожайностью 4,51 т/га (против 3,86 т/га у стандарта Донская 9) составил 50,62 тыс. руб./га, а при внедрении нескольких усовершенствованных элементов технологии возделывания сои на орошаемых землях – в среднем 85,9 тыс. руб./га по сравнению с базовым вариантом.

Ключевые слова: методика, экономическая эффективность, соя, элементы технологии возделывания, расчет экономической эффективности

Calculation method of efficiency of agricultural crops cultivation at irrigation

Roman S. Masnyi, Georgiy T. Balakay

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

Abstract. The aim of the research was to study methods for determining the economic efficiency of agricultural crops cultivation and the development of a methodology of technical and economic feasibility for the use of individual elements of the technological process of agricultural crops cultivation in a production environment. It was found that there are many methodological developments for determining the economic efficiency of the agricultural crops cultivation, but most of them are not approved in the prescribed manner and they are

scientific works of individual scientists. One of the approved and tested in production methods for calculating economic efficiency is the “Methodology for calculating economic efficiency from the application of regulatory and methodological documentation in the field of land reclamation by budgetary institutions subordinate to the Ministry of Agriculture of Russia, design, scientific and educational institutions (on example of the Southern Federal District)”, developed in Federal State Budget Scientific Establishment “Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems” (FSBSE “RSRILIP”) in 2019, which was considered and approved at a meeting of the reclamation section of the Scientific and Technical Council of the Ministry of Agriculture of Russia (protocol of December 23, 2019, no. 26) and is recommended for use. Calculations carried out by this method showed that in 2020 the economic effect from the introduction of elements of varietal technology for cultivation of a new soybean variety SK Riana with a yield of 4.51 t/ha (versus 3.86 t/ha for the Donskaya 9 standard) was 50.62 thousand rubles/ha, and with the introduction of several improved elements of the soybeans cultivation technology on irrigated lands – an average of 85.9 thousand rubles/ha in comparison with the base case.

Keywords: methodology, economic efficiency, soybeans, elements of cultivation technology, economic efficiency calculation

Введение. Обоснование эффективности агротехнических мероприятий на орошаемых землях, разработанных при усовершенствовании элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур в результате научно-исследовательских работ (НИР), – один из рычагов повышения рентабельности производства сои и других культур и убеждения сельхозтоваропроизводителей в необходимости их широкого внедрения в производство.

Экономическая эффективность отдельных элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур определяется на основании проведенных полевых исследований и производственной проверки или при необходимости прогноза состояния и перспектив увеличения валового производства культур – на основании экспертной оценки эффективности предлагаемых мероприятий.

Методика. В настоящее время отсутствуют нормативные документы (методики, инструкции и пр.), утвержденные в установленном порядке, для расчета экономического эффекта от внедрения усовершенствованных элементов возделывания сои и других сельскохозяйственных культур.

Экономическая эффективность внедрения НИР определяется по методикам, разработанным учеными из научно-исследовательских институтов и вузов России, но не утвержденным в установленном порядке. Наиболее известными и получившими распространение в сельскохозяйственной науке являются методики: оценки инвестиционных проектов [1]; определения экономической эффективности сельскохозяйственного производства [2–4]; определения эффективности отдельных элементов технологии возделывания: удобрений [5] и нескольких факторов (орошения и удобрений) при программировании урожая [6, 7]; методы экологической оценки среды [8] и качества почвы как фактора, влияющего на урожайность [9]; оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе [10].

В литературных источниках, касающихся определения экономической эффективности, основным показателем эффективности предлагаемых мероприятий является доход или рентабельность производства продукции на орошаемых землях.

Экономический эффект ($\mathcal{E}_{\text{экон}}$) от внедрения технологии возделывания сои рассчитывается по фактическим данным, полученным в конкретном сельхозпредприятии, например, по известной формуле Т. С. Печениной, 2014 [11]:

$$\mathcal{E}_{\text{экон}} = Y \cdot Ц - З = Д_{\text{ч}},$$

где Y – урожайность сельскохозяйственных культур, ц/га;

Ц – цена реализаций 1 ц продукции, руб.;

З – общехозяйственные затраты на возделывание и уборку сельскохозяйственных культур, руб./га;

Д_ч – чистый доход, руб./га.

Общехозяйственные затраты включают: затраты прямые (на приобретение семян, удобрений, пестицидов, регуляторов и стимуляторов роста и др.), затраты общехозяйственные (содержание АУП, амортизация и текущий ремонт мелиоративной сети, зернохранилищ, зданий и сооружений общехозяйственного назначения, проценты по кредитам и пр.) и другие затраты, связанные с производством продукции.

Результаты. При выборе технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур основываются на имеющейся технике в сельхозпредприятии, и при необходимости решается вопрос о приобретении новой техники.

Например, для внедрения разработанного усовершенствованного технологического процесса возделывания сои не требуется приобретение какой-либо специальной сельскохозяйственной или мелиоративной техники и оборудования. При выполнении работ используется имеющаяся в сельхозпредприятии техника общего назначения (тракторы, сеялки, плуги, поливная техника, культиваторы и пр.) и оборудование (устройства для очистки семян, протравливатели семян, сушилки, транспортеры и пр.).

Технологический процесс возделывания, использование конкретной техники по видам работ, их производительности и затраты на ее эксплуатацию отражаются в технологических картах возделывания сои и других культур через отчисления на амортизацию и текущий ремонт. В связи с этим не требуется дублирования и отдельного учета затрат на эксплуатацию техники при возделывании сои.

Не требуется также отдельный учет затрат на эксплуатацию поливной техники, так как затраты на содержание и эксплуатацию поливной сети, отчисления амортизационные и на текущий ремонт учитываются в рамках общехозяйственных затрат, а затраты на приобретение и эксплуатацию поливной техники отображены в технологической карте через отчисления на амортизацию и текущий ремонт, затраты на горюче-смазочные материалы (ГСМ) или электроэнергию, заработную плату с начислениями.

Для определения эффективности внедрения усовершенствованных элементов технологии возделывания сои предлагается использовать положения «Методики расчета экономической эффективности от применения нормативно-методической документации в области мелиорации бюджетными учреждениями, подведомственными Минсельхозу России, проектными, научными и образовательными учреждениями (на примере Южного федерального округа)», разработанной в ФГБНУ «РосНИИПМ» в 2019 г. по государственному заданию Минсельхоза России (тема 2.1.5.2). Данная методика рассмотрена и одобрена на заседании секции мелиорации научно-технического совета Минсельхоза России (протокол от 23.12.2019 № 26) и рекомендована для использования в ФГБУ, подведомственных Депмелиорации Минсельхоза России¹.

В соответствии с рассматриваемой методикой экономический эффект Э_д, полученный в качестве дохода от продажи продукции, произведенной в результате внедрения комплекса новых или усовершенствованных элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур (пример по сое), определяется в соответствии с формулой:

¹Провести исследования и разработать методику расчета экономической эффективности от применения нормативно-методической документации в области мелиорации бюджетными учреждениями, подведомственными Минсельхозу России, проектными, научными и образовательными учреждениями (на примере Южного федерального округа): отчет о НИР (заключ.): 2.1.5.2 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Щедрин В. Н. Новочеркасск, 2019. 117 с. Исполн.: Щедрин В. Н. [и др.]. Рег. № НИОКТР АААА-А19-119021190100-1. Рег. № ИКРБС АААА-Б20-220012790143-5.

$$\mathcal{E}_d = [(B_2 - \mathcal{Z}_2) - (B_1 - \mathcal{Z}_1)] \cdot S, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_d$ – экономический эффект, тыс. руб./га;

B_1 и B_2 – стоимость произведенной продукции в базовом варианте и новом варианте в рыночных ценах на год внедрения, тыс. руб./га;

$\mathcal{Z}_1$ и $\mathcal{Z}_2$ – затраты на возделывание сельскохозяйственной культуры соответственно до и после внедрения новой либо усовершенствованной технологии, тыс. руб./га;

S – площадь, с которой была собрана рассматриваемая сельскохозяйственная продукция, га.

Пример расчета. Для примера представляем расчет экономического эффекта от внедрения усовершенствованной технологии возделывания сои при орошении (элементы технологии: новые сорта, способы посева и нормы высева новых сортов сои, расчетные нормы удобрений, регуляторы роста и новые штаммы ризоторфина) в ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» в 2020 г. из расчета на 1 га по формуле (1).

Затраты на возделывание сои рассчитываются по фактическим данным 2020 г. (таблица 1).

Таблица 1 – Расчет фактического экономического эффекта от внедрения усовершенствованной технологии возделывания сои (в ценах на 30.03.2021)

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Базовый вариант	Новый вариант	$\pm\Delta$, новый минус базовый вариант
Площадь	S	га	1	1	–
Урожайность:					
- новый вариант	Y_2	т/га	-	3,5	+1,8
- базовый вариант	Y_1	т/га	1,7	-	-
Затраты на возделывание сои:					
- новый вариант	$\mathcal{Z}_2$	тыс. руб./га	-	42,8	+4,09
- базовый вариант	$\mathcal{Z}_1$	тыс. руб./га	38,7	-	-
Реализационная цена урожая*:					
- новый вариант	B_2	тыс. руб./га	-	175,0	+90,0
- базовый вариант	B_1	тыс. руб./га	85,0	-	-
Себестоимость продукции:					
- новый вариант	C_2	тыс. руб./т	-	12,23	–10,53
- базовый вариант	C_1	тыс. руб./т	22,76	-	-
Доход:					
- новый вариант	D_2	тыс. руб./га	-	132,2	+85,9
- базовый вариант	D_1	тыс. руб./га	46,3	-	-
Экономический эффект на 1 га	$\mathcal{E}_d$	тыс. руб./га	-	85,9	-
Рентабельность:					
- новый вариант	P_2	%	-	210,0	+90,46
- базовый вариант	P_1	%	119,6	-	-

Примечание – * Реализационная цена сои на 01.11.2020 составила 25,0 тыс. руб./т, на 30.03.2021 цена возросла до 50–53 тыс. руб./га.

Расчет экономического эффекта производится по формуле (1):

$$\mathcal{E}_d = [(175 - 42,8) - (85 - 38,7)] \cdot 1 = 85,9 \text{ тыс. руб./га.}$$

Экономический эффект от внедрения усовершенствованных элементов технологии возделывания сои на орошаемых землях в среднем на 1 га составил 85,9 тыс. руб. Срок окупаемости затрат на внедрение усовершенствованной технологии возделывания сои при затратах 42,8 тыс. руб./га составляет менее 1 года. Необходимо отметить, что термин «срок окупаемости» применим в тех случаях, когда имелись капитальные затраты, и тогда рассчитывается показатель окупаемости, но при выращивании сельскохозяйственных культур более корректны показатели «доход» и «рентабельность». Если доход превышает затраты или получена положительная рентабельность, то окупаемость затрат менее 1 года. Для расширенного производства продукции рентабельность должна быть выше 50 %, но лучше 100 % и более.

Экономическая эффективность какого-либо нового отдельного элемента технологии возделывания сои определяется путем исключения этого элемента в технологической карте базового варианта возделывания сои и, соответственно, внесения нового элемента, последующего перерасчета всех показателей затрат технологического процесса с этим новым элементом с учетом затрат на технологический процесс, прямых затрат и накладных расходов (таблица 2).

Таблица 2 – Расчет экономического эффекта от внедрения нового элемента технологии возделывания сои на орошаемых землях

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Базовый вариант	Новый вариант	±Δ, новый минус базовый вариант
Площадь внедрения (из расчета на 1 га)	S	га	1	1	-
Урожайность:					
- новый вариант	Y_2	т/га	-	4,51	0,65
- базовый вариант	Y_1	т/га	3,86	-	-
Затраты на возделывание сои с использованием нового элемента технологии:					
- новый вариант	Z_2	тыс. руб./га	-	39,08	+0,38
- базовый вариант	Z_1	тыс. руб./га	38,7	-	-
Реализационная цена урожая*:					
- новый вариант	B_2	тыс. руб./га	-	225,5	+51,0
- базовый вариант	B_1	тыс. руб./га	174,5	-	-
Себестоимость продукции:					
- новый вариант	C_2	тыс. руб./т	-	8,66	-1,84
- базовый вариант	C_1	тыс. руб./т	10,5	-	-
Доход:					
- новый вариант	D_2	тыс. руб./га	-	186,42	+50,62
- базовый вариант	D_1	тыс. руб./га	135,8	-	-
Экономический эффект от внедрения элемента технологии на 1 га	$\mathcal{E}_d$	тыс. руб./га	-	50,62	-
Рентабельность элемента технологии:					
- новый вариант	P_2	%	-	490	+140
- базовый вариант	P_1	%	350	-	-

По данным полевых исследований, при одном и том же технологическом процессе возделывания сои урожайность нового сорта сои СК Риана составила 4,51 т/га, в то время как у стандартного сорта Донская 9 – 3,86 т/га. Прибавка урожая составила 0,65 т/га. По сравнению с сортом Донская 9 дополнительные затраты на уборку и транспортировку дополнительного урожая (прибавки урожая) составили 380 руб./га.

Расчет экономического эффекта производится по формуле (1):

$$\text{Э}_д = [(225,5 - 39,08) - (174,5 - 38,7)] \cdot 1 = 50,62 \text{ тыс. руб./га.}$$

Экономический эффект от внедрения одного элемента сортовой технологии возделывания сои, подбора сортов составляет 50,62 тыс. руб./га. Окупаемость всех затрат на внедрение элемента сортовой технологии составляет менее 1 года, так как рентабельность нового варианта превышает рентабельность базового варианта на 140 %.

Такие расчеты производятся при оценке отдельных вариантов опыта, например, опытов с различными сортами, или нормами удобрений, или способами полива, режимами орошения и т. д.

Выводы. Экономический эффект от внедрения усовершенствованной технологии возделывания сельскохозяйственных культур рассчитывается как разница между стоимостью урожая и общехозяйственными затратами на возделывание сельскохозяйственной культуры.

Эффективность отдельных элементов технологии возделывания культуры (подбор сортов, нормы удобрений, способы полива и пр.) определяется как разница между стоимостью урожая при использовании нового элемента технологии минус затраты на возделывание после внедрения нового элемента и стоимостью урожая минус затраты на возделывание культуры в базовом варианте (по формуле (1)).

При сравнительном расчете эффективности отдельных элементов возделывания сельскохозяйственной культуры составляется технологическая карта и рассчитываются затраты на базовый элемент, используемый в конкретном сельхозпредприятии, и на новый элемент технологии возделывания на конкретный период или год. Стоимость урожая для базового и нового варианта определяется в ценах текущего года. Доход (экономический эффект) определяется как разница между стоимостью урожая и общехозяйственными затратами.

Следует учесть, что внедрение отдельных усовершенствованных элементов технологии возделывания сои дает меньший эффект, чем внедрение нескольких элементов в общем комплексе технологического процесса возделывания культуры, например сои, так как они все взаимосвязаны и в комплексе факторов оказывают большее влияние на рост, развитие и урожайность сои и других культур.

Список источников

1. Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. М.: Экономика, 2000. 421 с.
2. Методические рекомендации по определению эффективности сельскохозяйственного производства. М.: ВНИЭСХ, 1997. 68 с.
3. Макарец Л. И., Макарец М. Н. Экономика производства сельскохозяйственной продукции: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2002. 224 с.
4. Экономическая оценка технологий возделывания сельскохозяйственных культур: метод. указания / Г. А. Медведев [и др.]; Волгогр. гос. с.-х. акад. Волгоград, 1994. 24 с.
5. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И. М. Богдевич [и др.]. Минск, 1988. 30 с.
6. Методические рекомендации ВАСХНИЛ по постановке опытов и проведению исследований по программированию урожая полевых культур. М.: Колос, 1978. 64 с.

7. Методические указания по программированию технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Северного Кавказа: рекомендации / А. Н. Кан [и др.]. Новочеркасск, 1985. 120 с.

8. Коваленко Н. Я., Боровик Е. А. Экономика окружающей среды в сельском хозяйстве / под ред. Н. Я. Коваленко. М.: Агроконсалт, 2000. 116 с.

9. Методы контроля качества почв: пособие для вузов / сост.: Д. Л. Котова, Т. А. Девятова, Т. А. Крысанова, Н. К. Бабенко. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2007. 106 с.

10. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе / В. М. Володин [и др.]; под ред. В. М. Володина. Курск: ВНИИЗ и ЗПЭ, ЮМЕКС, 1999. 48 с.

11. Печенина Т. С. Методология оценки экономической эффективности применения ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2014. № 2. С. 88–92.

Информация об авторах

Р. С. Масный – врио директора, кандидат военных наук;

Г. Т. Балакай – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Information about the authors

R. S. Masnyi – Acting Director, Candidate of Military Sciences;

G. T. Balakay – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.05.2021; одобрена после рецензирования 24.05.2021; принята к публикации 31.05.2021.

The article was submitted 13.05.2021; approved after reviewing 24.05.2021; accepted for publication 31.05.2021.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.674.6:627.83

Водозаборно-очистное сооружение для систем капельного орошения с селективным забором воды из каналов

Виктор Николаевич Шкура, Андрей Сергеевич Штанько

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

Аннотация. Цель – разработка конструкции фильтрующего водозаборно-очистного сооружения с забором воды из различных горизонтов водного потока в каналах. Необходимость создания и использования разноглубинного водоотбора вызвана разными режимами функционирования каналов в части содержания в них различного вида перемещаемых водным потоком засорителей, наносов, плавника, водорослей и водных биогенов. За основу конструкции водозабора для капельной оросительной сети принято фильтрующее водозаборно-очистное сооружение с откосно расположенным водоприемником. В результате исследований предложено устройство с фильтрующими панелями, расположенными на разных ярусах водного потока в канале. Доступ воды к фильтрующим панелям регулируется водонепроницаемым полотном, оборудованным водопропускающим окном. Применение предложенной конструкции позволит снизить интенсивность загрязнения фильтрующих панелей, повысить надежность работы водозабора, уменьшить затраты на очистку поливной воды и обеспечить качественное функционирование системы капельного орошения.

Ключевые слова: водозаборно-очистные сооружения, селективный водозабор, фильтрующие панели, горизонты водозабора, противосорное устройство

Water intake and treatment facilities for drip irrigation systems with selective water intake from canals

Viktor N. Shkura, Andrey S. Shtanko

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

Abstract. The goal is to develop the design of a filtering water intake and treatment facilities with water intake from various water in canals. The need to form and use a different-depth water withdrawal is caused by different modes of canal operation in terms of various types of weeds, sediments, drifts, driftwood, algae and aquatic biogens contained in them. The design of the water intake for the drip irrigation network is based on a filtering water intake and treatment facilities with a sloping water intake. As a result of the research, a device with filtering panels located on different tiers of water flow in canal was proposed. Water access to the filtering panels is regulated by a waterproof canvas equipped with a water-permeable window. The use of the proposed design will reduce the intensity of pollution of the filtering panels, increase the reliability of the water intake, reduce the cost of cleaning irrigation water and ensure the high-quality functioning of the drip irrigation system.

Keywords: water intake and treatment facilities, selective water intake, filtering panels, water intake horizons, anti-litter device

Введение. Определяющим условием высокой надежности функционирования поливных устройств систем капельного орошения является качественная очистка поливной воды от попадания в нее механических загрязнителей [1, 2]. В современных системах капельного орошения применяются одно-, двух- и трехступенчатые системы очистки изымаемой из природных источников воды от механических, химических и микробиологических загрязняющих ее тел и веществ. На различных стадиях подготовки подаваемой в капельную поливную сеть воды осуществляется ее предварительная, грубая и тонкая очистка от макро- и микрозагрязнителей различного вида и происхождения [3–6]. Задача предварительной очистки забираемой из водных источников воды может быть решена устройством водозаборно-очистных сооружений [7]. Одним из видов таких сооружений является фильтрующий водозабор для капельных оросительных систем, представляющий собой конструкцию водозаборно-очистного сооружения с откосным расположением водоприемника в канале [8, 9]. Водозаборный оголовок водозаборно-очистного сооружения по патенту № 2728352 [8, 9] предназначен для забора воды из оросительного канала, дно и откосы которого облицованы железобетоном. Оголовок включает в себя водоприемник, водозаборный фронт которого находится в плоскости откоса канала. На входе в водоприемник в одной плоскости с облицовкой канала установлены фильтрующие панели, расположенные на откосе в три яруса по высоте, каждый из которых предназначен для забора воды из определенного горизонта потока (верхнего, среднего или нижнего). Конструкция указанного водозаборно-очистного сооружения предусматривает разноуровневое расположение водоприемных фильтрующих панелей, учитывающее горизонтальное расположение и концентрации различных видов засорителей в водном потоке водотока. Несмотря на работоспособность, данная конструкция имеет существенный недостаток, заключающийся в необходимости переустройства водоприемной части водозаборного оголовка.

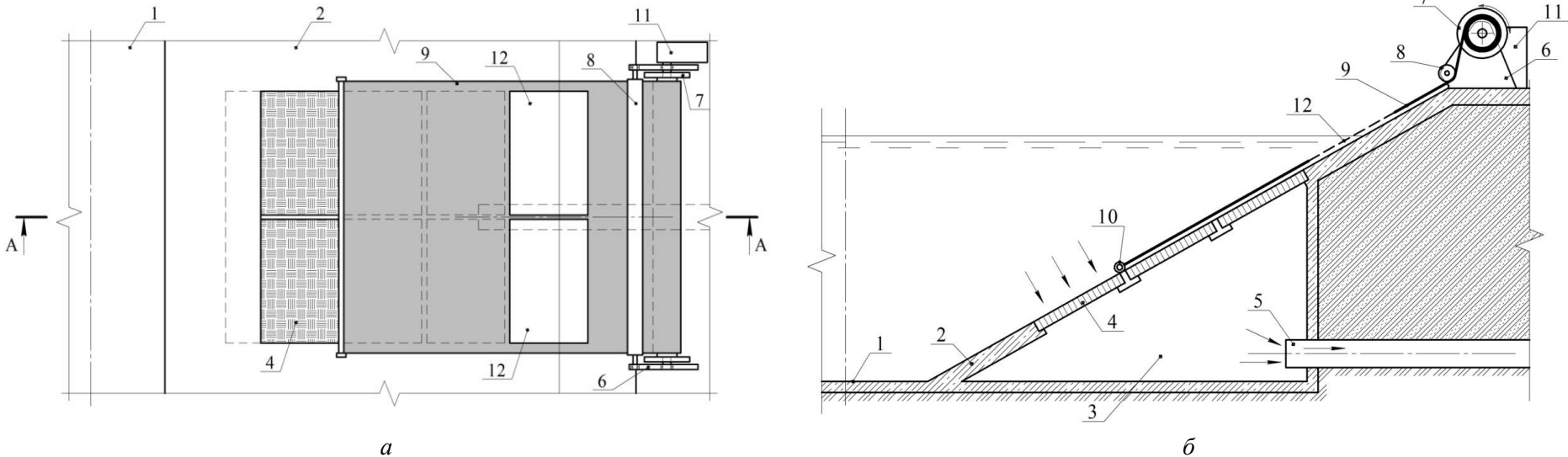
Результаты и обсуждение. Для устранения вышеуказанного недостатка предложена и разработана конструктивная схема водозаборного оголовка (водоприемника) с селективным отбором воды из канала, которая проиллюстрирована рисунками 1–3.

Водозаборный оголовок оснащен регулирующей водонепроницаемой мембраной 9, оборудованной проемом (окном) 12. Забор воды из требуемого горизонта водного потока в канале обеспечивается определенным положением водонепроницаемой регулирующей мембраны, при котором открыт доступ воды к фильтрационной панели верхнего, среднего или нижнего водоприемного яруса водозаборного сооружения.

Положение проема 12 относительно горизонтов водного потока (на откосе канала) регулируется путем намотки или отдачи водонепроницаемой мембраны 9 на барабан лебедки 7, который установлен на устоях 6 и оборудован редуктором привода 11.

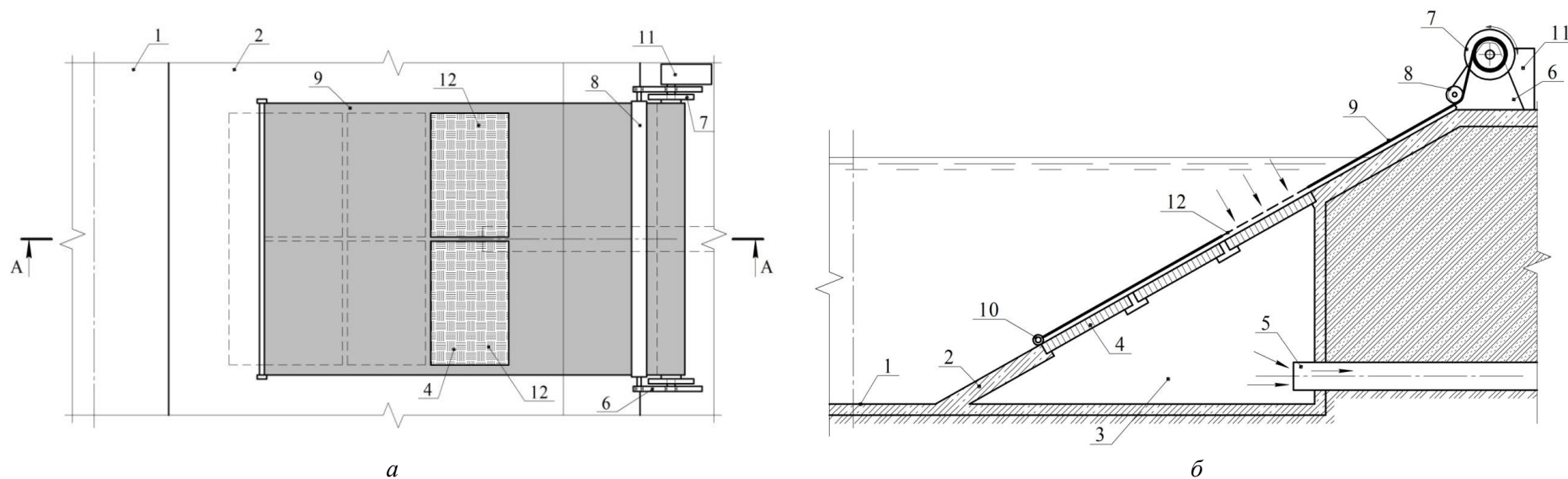
Функционирование фильтрующего водозаборного оголовка обеспечивается при выполнении нижеследующих основных положений. Перед началом вегетационного периода орошаемых сельскохозяйственных культур водозаборный оголовок приводится в исходное состояние. Фильтрующие панели устанавливаются на свои места в водоприемнике. Барабан 7 с намотанной на него регулирующей водонепроницаемой мембраной 9 и направляющий вал 8 устанавливаются на подъемное устройство. Изменение положения регулирующей водонепроницаемой мембраны 9, оборудованной проемом 12, осуществляется путем ее перемещения вверх или вниз по откосу канала. Перемещение мембраны 9 вниз по откосу канала обеспечивается балластовым элементом 10, который под действием силы тяжести стремится скатиться вниз по бетонному креплению откоса и увлекает за собой мембрану 9, которую отдает барабан лебедки 7.

Подъем регулирующей водонепроницаемой мембраны по откосу канала обеспечивается ее намоткой на барабан лебедки 7. При этом мембрана (полотно) проходит через направляющий вал 8 и поднимается вверх по поверхности откоса канала.



a – план; *б* – разрез А – А;
1 – дно канала; 2 – откос канала; 3 – водоприемник; 4 – фильтрующие панели; 5 – водоотводящий трубопровод;
6 – лебедка для сматывания регулирующей мембраны; 7 – барабан лебедки для намотки регулирующей мембраны;
8 – направляющий вал; 9 – регулирующая водонепроницаемая мембрана; 10 – балластовый элемент;
11 – привод лебедки; 12 – окно в регулирующей мембране

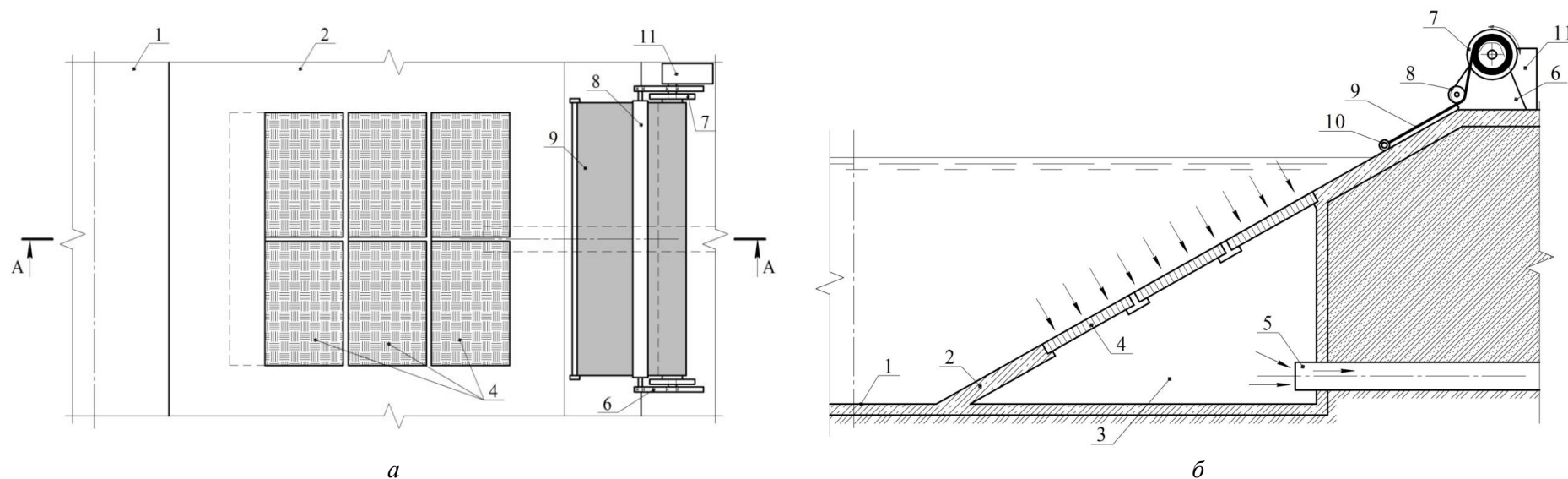
Рисунок 1 – Схема фильтрующего водозаборного оголовка, иллюстрирующая положение регулирующей мембраны при заборе воды из нижнего горизонта водного потока



a – план; *б* – разрез А – А;

- 1 – дно канала; 2 – откос канала; 3 – водоприемник; 4 – фильтрующие панели; 5 – водоотводящий трубопровод;
6 – лебедка для сматывания регулирующей мембраны; 7 – барабан лебедки для намотки регулирующей мембраны;
8 – направляющий вал; 9 – регулирующая водонепроницаемая мембрана; 10 – балластный элемент;
11 – привод лебедки; 12 – окно в регулирующей мембране

Рисунок 2 – Схема фильтрующего водозаборного оголовка, иллюстрирующая положение регулирующей мембраны при заборе воды из верхнего горизонта водного потока



а – план; *б* – разрез А – А;

1 – дно канала; 2 – откос канала; 3 – водоприемник; 4 – фильтрующие панели; 5 – водоотводящий трубопровод;
6 – лебедка для сматывания регулирующей мембраны; 7 – барабан лебедки для намотки регулирующей мембраны;
8 – направляющий вал; 9 – регулирующая водонепроницаемая мембрана; 10 – балластный элемент; 11 – привод лебедки

**Рисунок 3 – Схема фильтрующего водозаборного оголовка,
иллюстрирующая регулируемую мембрану в смотанном положении**

Для уменьшения величины сил трения при регулировании положения водонепроницаемой мембраны 9 необходимо остановить забор воды из водоисточника в оросительную систему. После установления требуемого положения проема регулирующей мембраны забор воды для нужд капельной оросительной системы возобновляется.

Кроме этого, при отсутствии в водном потоке канала явно выраженного распределения загрязнителя по его горизонтам данный фильтрующий водозаборный оголовок может работать в режиме, когда водонепроницаемая регулирующая мембрана 9 намотана на барабан 7, а балластный элемент (в соответствии с рисунком 3) располагается непосредственно перед направляющим валом 8. При этом забор воды из канала осуществляется через все ярусы водозаборных фильтрующих панелей.

Выводы

1 Предложена рациональная и эффективная конструкция водозаборно-очистного сооружения, обеспечивающего изъятие воды из канала с различным и изменяющимся расположением загрязняющих компонентов, влекомых водным потоком, и предварительную очистку воды непосредственно на водозаборе.

2 Конструкция предусматривает регулирование расположения работающих водоприемных панелей в соответствии с разным уровнем перемещаемых водным потоком различных видов засорителей.

Список источников

1. Капельное орошение: пособие к СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения»: утв. Союзводпроект 11.04.86. М.: Союзводпроект, 1986. 149 с.

2. Ясонида О. Е. Капельное орошение: монография / НГМА. Новочеркасск: Лик, 2011. 322 с.

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

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

5. Якубов В. В., Мещеряков М. П. Совершенствование технологии очистки поливной воды на системах капельного полива // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 3. С. 238–242.

6. Система капельного орошения: учеб. пособие / М. Л. Ромащенко [и др.]; под ред. М. Л. Ромащенко. Днепропетровск: Оксамит, 2007. 175 с.

7. Водозаборно-очистные сооружения и устройства: учеб. пособие / М. Г. Журба, Ю. И. Вдовин, Ж. М. Говорова, И. А. Луцкий; под ред. М. Г. Журбы. М.: Астрель, 2003. 569 с.

8. Водозаборное сооружение низконапорной системы капельного орошения: пат. 2728352 Рос. Федерация: МПК 6 А 01 G 25/00, СПК 20 А 01 G 25/00 / Васильев С. М., Шкура В. Н., Штанько А. С.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. № 2019125077; заявл. 06.08.19; опубл. 29.07.20, Бюл. № 22. 11 с.

9. 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.

Информация об авторах

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

А. С. Штанько – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук.

Information about the authors

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

A. S. Shtanko – Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.03.2021; одобрена после рецензирования 20.05.2021; принята к публикации 31.05.2021.

The article was submitted 22.03.2021; approved after reviewing 20.05.2021; accepted for publication 31.05.2021.