

ISSN 2313-2248

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал

Выпуск № 3(79)/2020

Новочеркасск

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

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

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

Выпуск № 3(79)/2020

Июль – сентябрь 2020 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор – доктор сельскохозяйственных наук А. Н. Бабичев

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

Ответственный секретарь – Л. И. Юрина

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

Технический редактор, выпускающий – Е. А. Бабичева

Литературный редактор – А. И. Литовченко

Переводчик – В. В. Кульгавюк

Адрес редакции: 346421, Ростовская область,
г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190

Тел.: (8635) 26-65-00

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

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 18.09.2020. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 18,49. Тираж 500 экз. Заказ № 27

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

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

ISSN 2313-2248



9

772313 224008

Дата выхода в свет 30.09.2020

Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

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

Безбородов Ю. Г., Хожанов Н. Н., Ауганбаева Ж. С. Резервы повышения продуктивности сельскохозяйственных культур в орошаемом земледелии.....	5
Комарова Е. В., Слабунова А. В. Проблема диффузного загрязнения водных объектов Ростовской области.....	9
Рыжко С. Н., Шишенин Е. А., Рыжко Н. Ф., Смирнов Е. С. Совершенствование технологии полива многоопорными дождевальными машинами кругового действия	16
Власенко М. В. Состояние лесомелиорированных аридных пастбищных угодий.....	21
Шепелев А. Е., Васильченко А. П. К вопросу гидравлического расчета водопроводящего трубопровода комбинированной многоопорной широкозахватной дождевальной техники	26
Балакай Г. Т., Кулаева Я. И. Эрозионные процессы на землях сельскохозяйственного назначения, занятых виноградниками, в ООО «Абрау-Дюрсо» Краснодарского края	32
Удовидченко Я. Е., Куприянов А. А. О схемах размещения яблоневых растений с округлой кроной, культивируемых в садовых насаждениях.....	38
Лытов М. Н. Подходы к оптимизации комплекса агротехнологий регулирования водного режима почвы при производстве органической сельскохозяйственной продукции.....	44
Кожанов А. Л., Воеводин О. В., Кириленко А. А., Слабунов В. В. Структура системы документов по стандартизации в области мелиорации земель	49
Трубакова К. Ю. Влияние мелиоративно-кормовых насаждений на фитопродуктивность пастбищ в засушливой зоне Нижнего Поволжья	54
Кузнецов О. Н., Коржов В. И., Кожанов А. Л. Структура базы данных и программы-справочника по режимам орошения сельскохозяйственных культур.....	58
Гарбуз А. Ю. Натурные обследования технического состояния каналов Багаевской распределительной системы	63
Кузьмичёв А. А., Мартынов Д. В., Бреева А. В. Анализ структуры использования водных ресурсов и охраны водных объектов Республики Крым.....	67
Шевченко А. В. Контейнерный рыбоуловитель для облова рыбоводных бассейнов и технология его функционирования.....	73
Домашенко Ю. Е., Ляшков М. А., Митяева Л. А., Арискина Ю. Ю. Анализ и оценка изменения почвенного плодородия черноземов в границах Южного и Северо-Кавказского федеральных округов	79
Гловацкий О. Я., Хамдамов Б., Исмаилов Н. М., Сапаров А. Б. Экологические аспекты разработки новых материалов для мелиоративных насосных станций	86
Куприянов А. А., Удовидченко Я. Е. О проектировании садовых кварталов в яблоневых садах с округлой формой кроны растений	92
Рыжаков А. Н. К вопросу внедрения геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений»	97

Ламскова М. И., Новиков А. Е., Филимонов М. И., Бородычев С. В. Разработка двухкамерного гидроциклона для узлов водоподготовки оросительных систем	104
Малюгина И. А., Домашенко Ю. Е. Критерии оценки приоритетности разработки системы водопользования на мелиоративных системах	109
Скляренко Е. О., Сильченко В. Ф. Расчет противofильтрационной завесы накопителя промышленных отходов	114
Зеленый Ю. М. Особенности формирования и перезимовки травостоя клевера ползучего в одновидовых и совместных посевах с райграсом однолетним при возделывании на семена	120
Шевченко А. В., Куприянов А. А. Живорыбный контейнер для рыбоуловителей рыбоводных прудов и бассейнов	126
Сафронова Т. И., Приходько И. А., Канцур Д. А., Маслов Р. В. Математическая модель выбора эксплуатационных мероприятий на рисовой оросительной системе	131
Редина А. В., Васильев С. М., Домашенко Ю. Е. Экологически безопасная утилизация животноводческих стоков от свиноводческих комплексов в сельском хозяйстве	137

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Слабунов В. В., Кириленко А. А., Воеводин О. В. Направления конструирования инновационного комплекса автономного энергообеспечения для дождевальных машин	142
Кириленко А. А., Воеводин О. В., Слабунов В. В. К вопросу формирования автоматизированной системы управления базой данных проектной документации мелиоративных объектов	146

ЭКОНОМИКА МЕЛИОРАЦИИ

Власов М. В. Влияние масштабности оросительной системы на стоимость ее строительства или реконструкции	150
---	-----

НАУКА – ПРАКТИКЕ

Талызов А. А. Методика отображения территорий затопления по растровой модели рельефа	155
---	-----

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

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

УДК 631.559.2

Ю. Г. Безбородов

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева,
Москва, Российская Федерация

Н. Н. Хожанов, Ж. С. Ауганбаева

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

РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Представлены результаты исследований, посвященных использованию энергетических ресурсов сельскохозяйственными культурами в Жамбылской области Республики Казахстан, которые подтверждают необходимость создания научного направления, способствующего повышению показателя использования энергетических ресурсов в 2–3 раза. Намеченная цель достигается путем расчета математических моделей формирования продуктивности зерновых культур на фоне биоэнергетической оценки эффективности использования биостимуляторов роста, биомелиорантов при возделывании сельскохозяйственных культур. Предлагаемая технология, основанная на фундаментальных законах природы, позволит усовершенствовать систему земледелия и интенсифицировать сельское хозяйство, направлена на быстрый рост производства зерновых, технических, кормовых и овощных культур.

Ключевые слова: энергетический ресурс; радиационный баланс; математическая модель; зеленая масса растений; ресурсосберегающая технология.

Yu. G. Bezborodov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow,
Russian Federation

N. N. Khozhanov, Zh. S. Auganbaeva

Taraz Regional University named after M. Kh. Dulati, Taraz, Republic of Kazakhstan

RESERVES FOR INCREASING THE AGRICULTURAL CROPS PRODUCTIVITY IN IRRIGATED AGRICULTURE

The results of investigations devoted to the use of energy resources by agricultural crops in Zhambyl region of the Republic of Kazakhstan which confirm the need to create a scientific direction that will increase energy resources efficiency ratio by 2–3 times are presented. The intended goal is achieved by calculating mathematical models for formatting the productivity of grain crops against the background of bioenergetic assessment of the efficiency of using growth biostimulants, biomeliorants in agricultural crop cultivation. The proposed technology, based on the fundamental laws of nature, will improve the farming system and intensify agriculture and is aimed at a rapid increase in the production of grain, industrial, forage and vegetable crops.

Key words: energy resource; radiation balance; mathematical model; green mass of plants; resource-saving technology.

Введение. В числе основных направлений экономического и социального развития Казахстана – увеличение выпуска всех видов сельскохозяйственной продукции, и в качестве ключевой идеи в осуществлении продовольственной программы выдвигается решение проблем зернового хозяйства, так как именно оно определяет уровень развития и животноводства, и системы хлебопродуктов, и пищевой промышленности. В частности, производство зерна предусматривается довести до 26,5–28,5 млн т/год, в т. ч. пшеницы до 15,5–17,5 млн т. Основным резервом наращивания производства зерна при сохранении стабильности его посевных площадей является широкое использование интенсивных методов технологии возделывания зерновых культур.

Потребность в зерне кукурузы испытывают животноводство и птицеводство, а также пищевая, микробиологическая, медицинская промышленность и другие отрасли народного хозяйства.

На огромной территории Казахстана геофизические и агроклиматические условия весьма разнообразны. Климат Казахстана резко континентальный. Погодные условия на территории республики очень неустойчивы. Влажные годы нередко сменяются резко засушливыми с интенсивными вспышками засух и суховеев. Во многих районах республики, где возделывается яровая пшеница, значительный ущерб урожаю наносит засуха. Отрицательно влияет на урожай кормовых культур резкое повышение температуры воздуха в летний период, сопровождающееся суховеями при интенсивной инсоляции. Особенно большой недобор урожая получается при сочетании почвенной и атмосферной засухи. Проблема устойчивости зерновых и кормовых культур к засухе – одна из наиболее актуальных проблем в современной биологии. Изучению засухоустойчивости растений в онтогенезе в последнее время посвящено много работ как в Казахстане, так и за рубежом.

Основной целью настоящего исследования является разработка ресурсосберегающей технологии возделывания кукурузы на силос на фоне рационального использования энергетических ресурсов конкретной местности. Намеченная цель достигается путем расчета математических моделей формирования продуктивности зерновых культур на фоне биоэнергетической оценки эффективности использования биостимуляторов роста, биомелиорантов при возделывании сельскохозяйственных культур.

Кукуруза – одна из ведущих зерновых и кормовых культур в мировом земледелии. У нее огромные возможности, и при соблюдении технологии возделывания она может давать урожай в 2–3 раза выше зернофуражных культур. Под посевы кукурузы в Азии отведено около 42 млн га, в Латинской Америке – 30 млн га, в Африке – 26 млн га.

В современных условиях сельское хозяйство должно быть ориентировано на увеличение урожая зерна и зеленой массы кукурузы, рациональное использование земельно-водных и природных ресурсов. В связи с этим регулирование энергетических ресурсов и биологических особенностей кормовых культур районированных сортов и гибридов представляет как научную, так и практическую значимость. Более того, с усилением дефицита водных ресурсов и истощением почвенной микрофлоры на сегодняшний день вопросы решения данной проблемы приобретают особую актуальность.

Анализ проведенных исследований, посвященных изучению элементов технологии возделывания кукурузы на зерно и зеленую массу в южной зоне Казахстана, свидетельствует, что в формировании высокопродуктивных агрофитоценозов особое значение придается площади листовой поверхности, которая в условиях юга Казахстана регулируется улучшением водообеспеченности, минерального питания и густоты стояния растений [1–3].

Разумный подход к земледелию заключается, как считает Х. Т. Тооминг [4], в понимании закономерностей продукционного процесса, а именно в понимании того, что все приемы агротехники и использования удобрений необходимо направить на то, чтобы наилучшим образом организовать и поддержать фотосинтетическую деятель-

ность растений, получить наибольшее количество продуктов фотосинтеза и эффективно использовать их в процессе формирования урожая.

Фотосинтез – основной процесс питания растений. По расчетам А. А. Ничипоревича [5], в процессе фотосинтеза образуется 30–35 % сухой массы биологического урожая и аккумулируется 100 % энергии солнечной радиации.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате анализа многолетних исследований нами установлено, что показатели использования энергетических ресурсов сельскохозяйственными культурами в Жамбылской области можно выразить в виде:

$$K_3 = R_H / K_t.$$

где R_H – радиационный индекс абсолютной высоты местности;

K_t – коэффициент теплообеспеченности.

Для рассматриваемой зоны данный показатель колеблется в пределах 5–25 % (таблица 1). Поэтому дальнейшее научное развитие – создание современной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, способствующей повышению показателя использования энергетических ресурсов в 2–3 раза.

Таблица 1 – Коэффициент использования энергетических ресурсов сельскохозяйственными культурами в Жамбылской области Республики Казахстан

В кДж/см²

Культура	Метеорологическая станция					
	Кордай	Акыртобе	Кулан	Тараз	Мерке	Жуалы
Яровая пшеница	0,13	0,10	0,12	0,10	0,06	0,08
Овес	0,11	0,08	0,09	0,08	0,05	0,06
Ячмень	0,11	0,08	0,10	0,08	0,06	0,06
Картофель	0,11	0,09	0,09	0,08	0,05	0,06
Морковь	0,12	0,09	0,11	0,09	0,06	0,07
Капуста	0,12	0,08	0,10	0,09	0,06	0,07
Сахарная свекла	0,25	0,18	0,22	0,19	0,13	0,15
Кормовая свекла	0,13	0,09	0,11	0,09	0,06	0,07
Кукуруза на зерно	0,23	0,16	0,20	0,17	0,11	0,13
Кукуруза на силос	0,20	0,15	0,18	0,16	0,10	0,12
Зерновые травы	0,05	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03
Клевер	0,08	0,06	0,07	0,06	0,04	0,05
Люцерна	0,07	0,05	0,06	0,05	0,03	0,04
Просо	0,14	0,10	0,12	0,10	0,07	0,08
Озимая рожь	0,13	0,09	0,11	0,09	0,06	0,07
Озимая пшеница	0,13	0,09	0,11	0,10	0,06	0,07
Подсолнечник	0,19	0,13	0,16	0,14	0,09	0,11
Гречиха	0,12	0,08	0,10	0,09	0,06	0,07
Горох	0,12	0,08	0,10	0,09	0,06	0,07

Связь суммы температур выше 10 °С с основными показателями, характеризующими формирование урожая сельскохозяйственных культур (радиационным балансом R , испаряемостью E_0 и коэффициентом k , учитывающим продолжительность вегетационного периода культуры), позволяет более подробно оценить принципы размещения и корректировать схемы районирования сельскохозяйственных культур.

С. И. Харченко и М. С. Азарий [6], проводившие исследования элементов теплового и водного балансов на орошаемых рисовых полях, выяснили, что за вегетационный период суммарное испарение с орошаемых полей можно определить из соотношения:

$E_0 = k \cdot R/L$, где R – годовой радиационный баланс (ккал/см²); L – скрытая теплота испарения; k – коэффициент, учитывающий продолжительность вегетационного периода культуры. По Г. Т. Селянинову [7], величина испаряемости определяется из соотношения: $E_0 = 0,1 \sum t$, а по М. И. Будыко [8], она выражается в виде: $E_0 = 0,18 \sum t$. Однако расчеты свидетельствуют, что для условий Казахстана наиболее подходящим считается соотношение: $E_0 = 0,30 \sum t$.

Используя вышеприведенные уравнения и сравнивая их между собой, мы уточнили качественные показатели суммы эффективных температур ($\sum t$) для каждой составляющей энергетических ресурсов (радиационный баланс R , испаряемость E_0 и k – коэффициент, учитывающий продолжительность вегетационного периода культуры в каждой конкретной местности) (таблица 2). Выяснили, что из всей суммы эффективных температур больше 10 °С на формирование радиационного баланса в Жамбылской области расходуется 34 %, на испаряемость – 30 % и на формирование зеленых растений – 36 %.

Таблица 2 – Расчет составляющих энергетических ресурсов Жамбылской области Республики Казахстан в связи с суммой температур выше 10 °С

Метеостанция	$\sum t$, сумма положительных температур, °С	R , радиационный баланс, кДж/см ²	E_0 , испаряемость, мм	Составляющая энергетических ресурсов		
				R (34 %)	E_0 (30 %)	k (36 %)
Кулан	3386	170,4	1051	1151,2	1015,8	1218,9
Тараз	3492	173,9	1048	1187,2	1047,8	1257,1
Мерке	3472	173,2	1041	1180,4	1041,6	1249,9
Жуалы	2766	149,9	830	940,4	829,8	995,7
Шокпак	2871	153,3	861	976,1	861,3	1033,5

Отсюда следует, что из рекомендованных сельскохозяйственных культур по сумме активных температур сахарная свекла, кукуруза на зерно и силос, озимая пшеница и подсолнечник значительно превышают показатели коэффициента k . Это дает основание предположить, что рассматриваемые культуры по своим биологическим особенностям для данной области не подходят, т. е. полностью не созревают, это приводит к снижению питательности кормов, сахаристости, масличности и т. д.

Нами на основе анализа материалов многолетних исследований установлено, что связь между динамикой накопления зеленой массы одним растением кукурузы и радиационным балансом представлена следующей зависимостью, кг:

- для сорта Казахстанская 43ТВ: $M_p = 1,61 - R/24,9$;

- для сорта Узбекская зубовидная: $M_p = 1,93 - R/23,8$,

где M_p – масса одного растения кукурузы, кг;

R – показатель радиационного баланса конкретной территории, кДж/см².

Отсюда следует, что потенциал продуктивности зеленой массы одного растения для рассматриваемых сортов составляет 1,61–1,93 кг. Поэтому агротехника должна исходить из теории поддержания радиационного баланса на уровне 24,9 и 23,8 кДж/см² в периоды образования 9–14 настоящих листьев растений. Для этого предлагаем использовать биостимуляторы, которое ускоряют появление всходов растений, и биомелиоранты, которое способствуют усилению микробиологических процессов в ризосферной зоне [9, 10].

Выводы. В многолетнем разрезе из-за нерационального использования энергетических ресурсов усилились процессы антропогенного опустынивания, что резко от-

разилось на валовом урожае и устойчивости сельскохозяйственного производства. Поэтому назрела необходимость перехода на новый уровень оценки основных принципов и методов системы земледелия.

Предлагаемая технология, основанная на фундаментальных законах природы, позволяет совершенствовать систему земледелия и интенсифицировать сельское хозяйство, направлена на ускорение роста производства зерновых, технических, кормовых и овощных культур. Представленная разработка показывает необходимость пересмотра структуры посевных площадей сельскохозяйственных культур в зависимости от радиационного индекса абсолютной высоты местности.

Список использованных источников

1 Сулейменова, М. Ш. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность кукурузы на зерно в условиях юго-востока Казахстана / М. Ш. Сулейменова, Д. А. Сыдыков // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1982. – № 3. – С. 10–16.

2 Сыдыков, Д. А. Режим орошения районированных гибридов кукурузы на светло-каштановых почвах юго-востока Казахстана: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Сыдыков Д. А. – Ташкент, 1983. – 23 с.

3 Дианов, В. И. Влияние питательного режима и площади питания на урожай зерна кукурузы / В. И. Дианов, М. И. Исаков // Некоторые вопросы химизации сельского хозяйства на юге Казахстана. – 1980. – С. 36–39.

4 Тооминг, Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая / Х. Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.

5 Ничипорович, А. А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности / А. А. Ничипорович // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. – М.: Изд-во АН СССР, 1972. – С. 522–527.

6 Харченко, С. И. Методика расчета суммарного водопотребления и оросительных норм по уравнениям водного и теплового балансов / С. И. Харченко, М. С. Азарий // Тр. ГГИ. – 1966. – Вып. 135. – С. 24–27.

7 Селянинов, Г. Т. К методике сельскохозяйственной климатологии / Г. Т. Селянинов // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. – 1930. – Вып. 22, № 2. – С. 32–35.

8 Будыко, М. И. Тепловой баланс земной поверхности / М. И. Будыко. – Л.: Гидрометеиздат, 1948. – 125 с.

9 А. с. 87603. Способ повышения полевой всхожести семян риса / Н. Н. Хожанов. – 31.12.13.

10 Полезная модель 2019/0905.2. Способ получения биомелиоранта с использованием навоза, фосфогипса и верблюжьей колючки / Н. Н. Хожанов, Х. И. Турсунбаев, Г. Н. Хожанова.

УДК 504.4.054

Е. В. Комарова, А. В. Слабунова

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

ПРОБЛЕМА ДИФфуЗНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Целью исследований являлась оценка воздействия диффузного загрязнения с сельскохозяйственным стоком на качество воды водных объектов в границах Ростовской области. Доказано, что основную нагрузку в виде диффузного загрязнения водных объектов за счет поверхностного смыва с сельхозугодий испытывают именно малые водные объекты, но без мониторинга гидрохимического состояния невозможно

достоверно определить степень данного воздействия и разработать мероприятия по охране водных ресурсов. Так как земельный фонд Ростовской области составляет более 10096,7 тыс. га и на земли сельхозназначения приходится большая часть, то смыв с таких территорий будет достигать значительных величин, это опасно тем, что 30–70 % пестицидов и минеральных удобрений, вносимых на сельхозугодья, попадают в водные объекты. Данные вещества способствуют нарушению кислородного режима водоема и «цветению» водных объектов. Качество поверхностных вод бассейна р. Дон за период 2013–2018 гг. оценивалось низким 3-м и 4-м классом, анализ проводился на 48 водных объектах на площади четырех областей, а Ростовская область насчитывает около 5277 водных объектов, следовательно, более 99 % водных объектов бассейна р. Дон не наблюдаются службой Росгидромет и другими службами мониторинга. Поэтому возникает острая необходимость проведения специального мониторинга малых рек, на которых не ведутся гидрохимические наблюдения, с дальнейшей разработкой системы мониторинга источников диффузного загрязнения, его классификации и контроля.

Ключевые слова: диффузные источники загрязнения; диффузное загрязнение; водные объекты; сельскохозяйственные угодья; качество воды водных объектов.

E. V. Komarova, A. V. Slabunova

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

THE ISSUE OF DIFFUSE POLLUTION OF WATER BODIES IN ROSTOV REGION

The aim of the research was to assess the impact of diffuse pollution from agricultural runoff on water quality of water bodies within the boundaries of Rostov region. It is proved that the main load in the form of diffuse pollution of water bodies due to sheet wash from farmland is on small water bodies, but it is impossible to determine the degree of this impact and develop measures for the protection of water resources reliably without monitoring the hydrochemical state. As the land fund of Rostov region is more than 10096.7 thousand hectares and farm lands account for a large part, the soil loss from such territories will reach significant values, and it is dangerous because 30–70 % of pesticides and mineral fertilizers applied to agricultural lands get into water bodies. These substances contribute to the disruption of the reservoir oxygen regime and the “blooming” of water bodies. The quality of surface waters of the Don for the period 2013–2018 was assessed by the low 3rd and 4th class, the analysis was carried out on 48 water bodies in the area of four regions, and Rostov region has about 5277 water bodies, therefore, more than 99 % of water bodies in the basin of the river Don are not monitored by the Roshydromet service and other monitoring services now. Therefore, there is an urgent need for special monitoring of small rivers, where hydrochemical observations are not conducted, with the further development of monitoring system for diffuse pollution sources, its classification and control.

Key words: diffuse sources of pollution; diffuse pollution; water bodies; farm land; water quality of water bodies.

Введение. Одним из основных источников загрязнения водных объектов считается поверхностный сток, формирующийся на водосборной территории малых рек, особенно значительный и опасный в сельскохозяйственных регионах, вследствие чего поверхностный сток является диффузным источником загрязнения воды водных объектов в силу своих особенностей, а именно рассредоточенности по площади и временного проявления.

Диффузное загрязнение водных объектов на протяжении нескольких десятилетий является актуальной проблемой, изучением которой занимаются многие россий-

ские ученые [1–5], и, несмотря на длительность изучения данной проблемы, как таковых путей ее решения и методик контроля в настоящее время в России нет.

Несмотря на наметившуюся в последние годы положительную тенденцию уменьшения влияния промышленных и коммунальных хозяйств на водные объекты, сложившийся положительный эффект пока не выявлен, так как состояние качества воды некоторых больших, средних и особенно малых водных объектов России в целом остается крайне неблагоприятным. Результаты множества исследований [1–11] доказывают, что помимо загрязненных стоков промышленных и коммунальных хозяйств на качество воды водных объектов оказывают влияние поверхностные (диффузные) стоки с территории водосборных бассейнов в зоне сельскохозяйственной деятельности.

Целью исследований являлась оценка воздействия диффузного загрязнения с сельскохозяйственным стоком на качество воды водных объектов в границах Ростовской области как одного из ведущих аграрных регионов России.

Материалы и методы. В статье были проанализированы материалы по качеству воды водных объектов Ростовской области за ряд лет (2013–2018 гг.), а также многие работы по исследованию зависимости качества воды от диффузного стока с сельскохозяйственных земель [6–11].

Результаты и обсуждения. По данным «Экологического вестника Дона» [12], земельный фонд Ростовской области на 2019 г. составил 10096,7 тыс. га и на категорию сельскохозяйственного назначения приходится большая часть территории (рисунок 1). Количество диффузного смыва с 8865,3 тыс. га сельскохозяйственных земель в водные объекты должно быть весьма значительным, так как большинство водных объектов Ростовской области имеют питание в основном от вод, образующихся в результате таяния снежного покрова (60–65 %), в значительно меньшей степени – грунтовое (25–30 %) и дождевыми водами (3–5 %) [11].

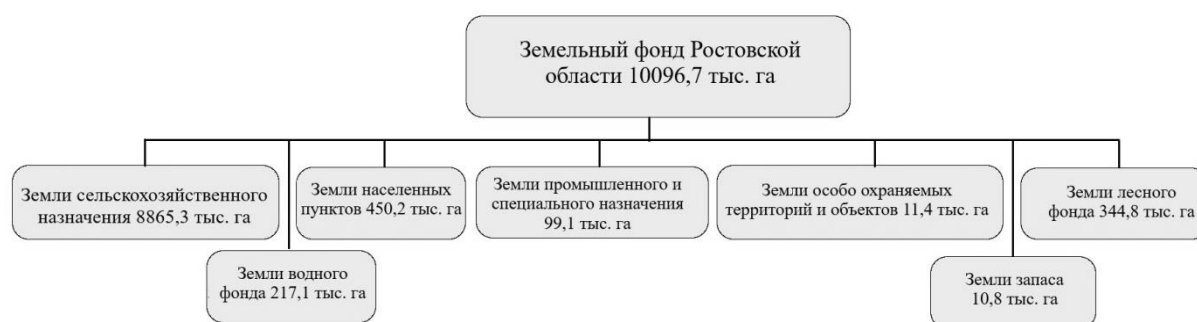


Рисунок 1 – Распределение земельного фонда Ростовской области по категориям земель на 2019 г. [12]

В сельхозпроизводстве Ростовской области насчитывается 1,2 тыс. сельхозорганизаций различных видов собственности, более 7,7 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей, 546 тыс. личных подсобных хозяйств граждан [13].

Ростовская область находится в числе лидеров России по валовым сборам зерна и подсолнечника (рисунок 2), так как расположена в степной зоне, что является благоприятным фактором для выращивания данных культур. Севооборот этих культур должен быть не менее 2–4 лет для пшеницы и 7–10 лет для подсолнечника, однако такие сроки часто не выдерживаются и культуры выращиваются поочередно друг за другом, а иногда и несколько лет подряд, что влечет за собой необходимость внесения дополнительных стимулирующих повышение урожайности минеральных удобрений и средств для борьбы с вредителями и болезнями выращиваемых культур. Так, для повышения урожайности сельхозтоваропроизводители вносят минеральные удобрения с преобладанием азота и фосфора, а для борьбы с вредоносными организмами, болез-

нями и сорняками используются химические обработки пестицидами. Не все сельхозпроизводители являются сторонниками экологизации выращивания сельхозпродукции, их деятельность направлена на экономическую прибыль, а соблюдение требований экологически безопасных технологий и методов считают нецелесообразным и экономически невыгодным вложением.

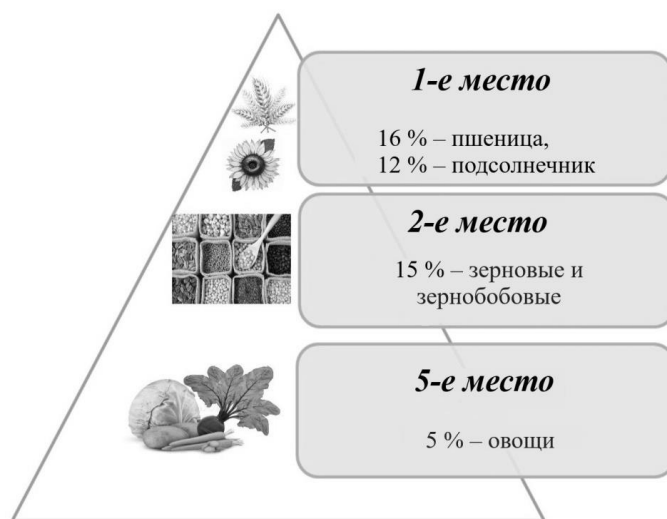


Рисунок 2 – Рейтинг Ростовской области в общероссийском производстве сельскохозяйственной продукции [12]

Установлено, что от 30 до 70 % всех применяемых пестицидов и минеральных удобрений попадают в водные объекты посредством смыва с сельскохозяйственных угодий [14]. Поэтому диффузное загрязнение водных объектов в зоне сельскохозяйственной деятельности является серьезной народно-хозяйственной проблемой, так как смыв с сельскохозяйственных угодий представляет собой комплекс минеральных веществ из удобрений (преимущественно соединения азота, фосфора), соединений металлов (мышьяк, кадмий, хром, медь, свинец, цинк, никель), а также химически действующих веществ пестицидов, включающих в себя инсектициды (дихлордифенилтрихлорметилметан (ДДТ) и др.), фунгициды и гербициды. Перечисленные вещества, попадая в водные объекты, способствуют нарушению кислородного режима водоема и создают условия для интенсивного развития патогенной микрофлоры и сине-зеленых водорослей. Нарушение режима растворенного в воде кислорода, в свою очередь, ведет к нарушению процессов трансформации загрязняющих веществ в водоеме, что способствует снижению самоочищающей способности водного объекта, а также является причиной возникновения заморов рыб на мелководье.

Высокий процент водообеспеченности Ростовской области достигается за счет водных ресурсов малых рек, что характерно для степной зоны. Малые реки региона имеют малый расход воды и низкую скорость течения, кроме того, они характеризуются высоким коэффициентом меандрированности, одной из причин которой является пологоволнистый рельеф области [15], поэтому в малых реках интенсивность диффузного загрязнения и его объем выражены отчетливее, чем в крупных водных объектах.

По итогам мониторинга водных объектов, проводимого в 2013–2018 гг. [6–11], качество поверхностных вод бассейна р. Дон оценивалось низким 3-м и 4-м классом, и по данным ФГБУ «Гидрохимический институт», водные объекты именно центральной части Ростовской области испытывают наибольшую нагрузку (рисунок 3).

В последние несколько лет в водных объектах бассейна р. Дон отмечаются [6–11] такие характерные загрязняющие вещества, как органические вещества (по БПК₅ и ХПК), соединения железа, меди, аммонийный и нитритный азот, в некоторых створах к ним добавляются нефтепродукты, фосфор и фосфаты. В качестве одного из основных

источников загрязнения водных объектов данными веществами авторы ежегодников [6–11] указывают поверхностный сток с сельскохозяйственных земель.

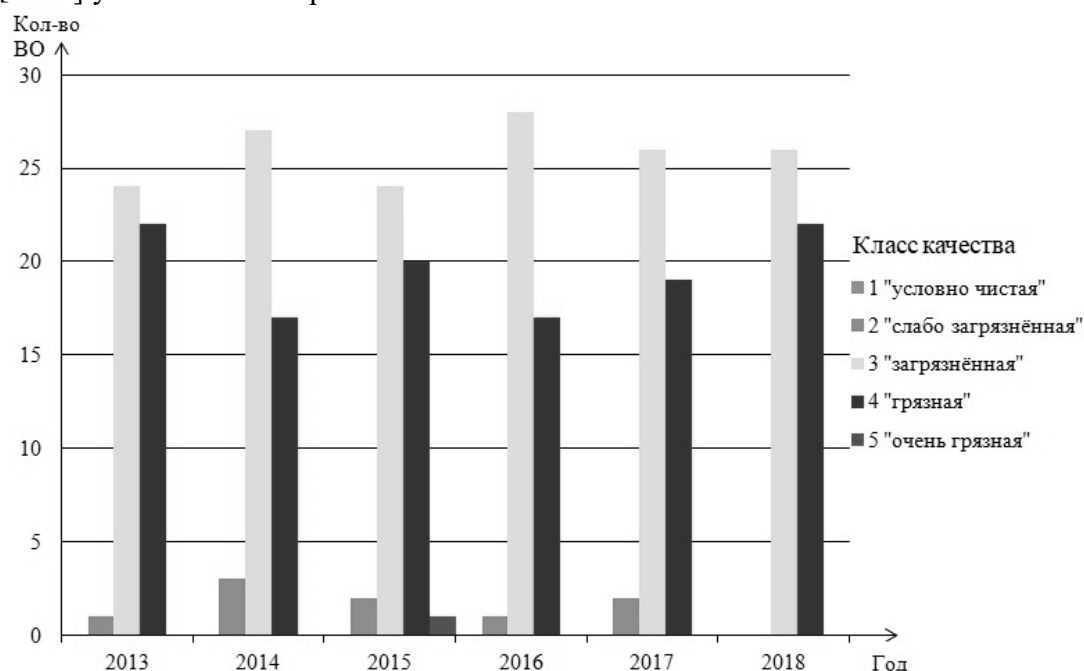


Рисунок 3 – Динамика оценки классов качества воды, проведенной по результатам отбора проб воды на 47–49 водных объектах бассейна р. Дон в 2013–2018 гг. [6–11]

На карте (рисунок 4) представлены пункты Ростовской области, в которых вода преимущественно оценивалась в 2018 г. как грязная, 4-го класса качества (17 из 20 пунктов) [11]. Однако на карте представлены водные объекты 1-го и 2-го порядка; малые реки, являющиеся притоками р. Дон 3-го порядка, в большинстве случаев не наблюдаются, в то время как именно на них сосредоточена основная нагрузка диффузного стока.

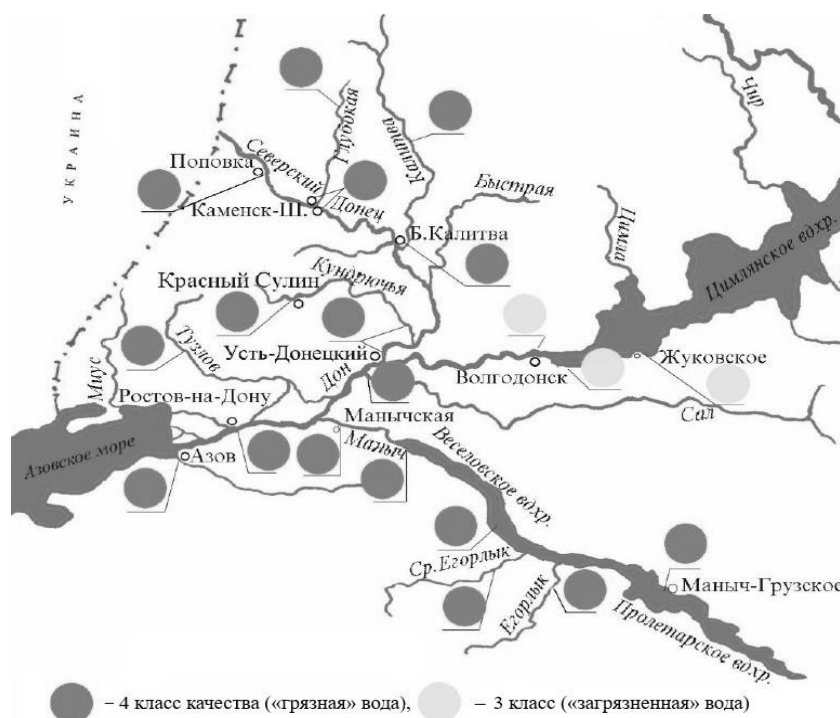


Рисунок 4 – Качество воды водных объектов центральной части Ростовской области [11]

В 2017–2018 гг. анализ качества воды бассейна р. Дон проводился на 48 водных объектах на площади четырех областей, Ростовская область насчитывает в общей сложности 5277 водных объектов, из них 165 малых и средних водных объектов. Гидрометеорологическая сеть наблюдений в период 1980–1992 гг. охватывала лишь 20 % площадей бассейнов малых рек, в то время как гидрохимические наблюдения велись менее чем на 1 % территории. В настоящее время картина изменилась в плане снижения количества пунктов наблюдений, в итоге получается, что более 99 % водных объектов бассейна р. Дон не наблюдаются службой Росгидромет и другими службами мониторинга, исключением являются редкие экспедиции в рамках научных исследований [6–11, 16, 17].

Анализ результатов исследований, посвященных современному состоянию водных ресурсов Ростовской области [18, 19], а именно бассейнов р. Дон, Северский Донец [20], Тузлов [21] и Цимлянского водохранилища [22], также показал, что на многих водных объектах наблюдается тенденция к снижению качества воды, в некоторых водных объектах наблюдается стабилизация низкого качества воды. Проведенный анализ также показал, что решение задач рационального использования водных ресурсов Ростовской области связано с изучением пространственно-временных закономерностей изменения качества воды в тесной взаимосвязи с сезонной изменчивостью водного стока, содержанием в воде загрязняющих веществ, из которых наибольшее значение имеет уровень концентраций соединений минерального азота и фосфора. Существующая сеть и периодичность гидрохимических наблюдений на водных объектах Ростовской области не позволяют обеспечить достаточный объем информации для проведения фундаментальных исследований происходящих изменений, включая процессы самоочищения [21–23].

На данном этапе изучения зависимости качества воды от воздействия диффузного загрязнения водных объектов путем смыва с сельскохозяйственных земель возникла острая необходимость проведения специального мониторинга малых рек, на которых не ведутся гидрохимические наблюдения по причинам закрытия или отсутствия пунктов наблюдения, недостаточного финансирования, отсутствия специалистов, неудовлетворительного оборудования и т. п.

Доказано, что основную нагрузку диффузного загрязнения водных объектов за счет поверхностного смыва с сельскохозяйственных угодий испытывают именно малые водные объекты, но без мониторинга гидрохимического состояния невозможно достоверно определить степень данного воздействия и разработать мероприятия по охране водных ресурсов.

Выводы. Наметившаяся тенденция к ухудшению качества воды водных объектов и стабилизации низкого его класса под влиянием антропогенной деятельности влечет за собой острую необходимость получения достоверной информации об источниках загрязнения водных объектов и объемах поступления в них загрязняющих веществ. И если контроль влияния стационарных источников загрязнения на водные объекты строго регламентируется, то с диффузными источниками проблема контроля в Российской Федерации является нерешенной уже на протяжении многих десятилетий, так как отсутствует даже система мониторинга диффузного загрязнения.

Приведенные в данной статье исследования состояния водных объектов Ростовской области подчеркивают актуальность проблемы диффузного загрязнения водных объектов в связи с обширными посевными площадями сельскохозяйственных земель и количеством водных объектов, питание которых в большей степени происходит за счет поверхностного смыва с сельскохозяйственных угодий. Совокупность процессов поступления загрязняющих веществ от точечных источников и рассеянного (диффузного) загрязнения в системе «водосбор – водный объект» приводит к ускоренному эвтрофированию, а также к общему обширному загрязнению водных объектов [4].

Дальнейшие наши исследования диффузного загрязнения водных объектов будут проводиться на малых реках центральной части Ростовской области, испытываю-

щих влияние сельскохозяйственной деятельности и относящихся к категории грязных рек, с выездом на полевые участки. Организация и проведение режимных наблюдений за диффузным загрязнением водных объектов в дальнейшем будет способствовать разработке системы мониторинга источников диффузного загрязнения, его классификации и контроля.

Список использованных источников

1 Факторы влияния диффузного загрязнения на водные объекты / Л. Д. Раткович, В. Н. Маркин, И. В. Глазунова, С. А. Соколова // Природообустройство. – 2016. – № 3. – С. 64–75.

2 Коронкевич, Н. И. Сток с водосбора как источник диффузного загрязнения рек / Н. И. Коронкевич, С. В. Долгов // Вода и экология: проблемы и решения. – 2017. – № 4(72). – С. 103–110.

3 Слабунова, А. В. О проблеме диффузного загрязнения водных объектов / А. В. Слабунова, А. П. Суровикина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2020. – № 2(38). – С. 124–139. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=660&id=668>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-124-139.

4 Ясинский, С. В. Диффузное загрязнение водных объектов и оценка выноса биогенных элементов при различных сценариях землепользования на водосборе / С. В. Ясинский, Е. В. Веницианов, И. А. Вишневская // Водные ресурсы. – 2019. – Т. 46, № 2. – С. 232–244. – DOI: 10.31857/S0321-0596462232-244.

5 Яшин, В. М. Исследования источников диффузного загрязнения в бассейне реки Яхрома (Московская область) / В. М. Яшин // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие»: материалы конф. – СПб., 2019. – С. 31–35.

6 Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2013 [Электронный ресурс] / Е. Е. Лобченко [и др.]; под ред. А. М. Никанорова. – Ростов н/Д., 2014. – 567 с. – Режим доступа: <http://gidrohim.com/sites/default/files/Ежегодник%202013.pdf>, 2020.

7 Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2014 [Электронный ресурс] / Е. Е. Лобченко [и др.]. – Ростов н/Д., 2015. – 529 с. – Режим доступа: <http://gidrohim.com/sites/default/files/Ежегодник%202014.pdf>, 2020.

8 Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2015 [Электронный ресурс] / Е. Е. Лобченко [и др.]. – Ростов н/Д., 2016. – 551 с. – Режим доступа: <http://gidrohim.com/sites/default/files/Ежегодник%202015.pdf>, 2020.

9 Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2016 [Электронный ресурс] / Е. Е. Лобченко [и др.]. – Ростов н/Д., 2017. – Режим доступа: <http://gidrohim.com/sites/default/files/Ежегодник%202016.pdf>, 2020.

10 Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2017 [Электронный ресурс] / Е. Е. Лобченко [и др.]; под ред. М. М. Трофимчука. – Ростов н/Д., 2018. – 554 с. – Режим доступа: http://gidrohim.com/sites/default/files/Ежегодник%202017_0.pdf, 2020.

11 Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2018 [Электронный ресурс] / Е. Е. Лобченко [и др.]; под ред. М. М. Трофимчука. – Ростов н/Д., 2019. – 560 с. – Режим доступа: http://gidrohim.com/sites/default/files/Ежегодник%202018_2.pdf, 2020.

12 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.

13 Сельское хозяйство и АПК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://don-land.ru/activity/193/>, 2020.

14 Пестициды. Современные проблемы природопользования: учеб. пособие для вузов / сост. В. Д. Логвиновский, О. П. Негрбов, Т. В. Логвиновская; М-во образования Рос. Федерации, Воронеж. гос. ун-т. – Воронеж, 2003. – 32 с.

15 Антонова, Н. А. Борьба с наносами на закрытых оросительных системах при водозаборе из малых рек / Н. А. Антонова, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 53. – С. 7–10.

16 Водные ресурсы Ростовской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dpchs.donland.ru/Default.aspx?pageid=48589>, 2020.

17 Малые реки Донского района. Аналитический обзор научно-исследовательских работ АЗНИИРХ, выполненных в 1980–1992 гг. по малым рекам Донского района / С. В. Жукова, В. М. Шишкин, А. П. Куропаткин, Л. А. Лутынская, И. Ф. Фоменко, Т. И. Подмарева, О. В. Стрельченко, И. Ф. Ковтун, А. А. Корнеев. – Ростов н/Д.: Медиа-полис, 2007. – 83 с.

18 Никаноров, А. М. Качество воды в водных объектах юга России со стабильно высоким уровнем химического загрязнения / А. М. Никаноров, Т. А. Хоружая // География и природные ресурсы. – 2012. – № 2. – С. 40–45.

19 Долгов, С. В. Современное состояние водных ресурсов в Ростовской области / С. В. Долгов, С. И. Шапоренко, Н. И. Сенцова // Аридные экосистемы. – 2010. – Т. 16, № 4(44). – С. 39–52.

20 Васта Ахмед, Х. А. Комплексная оценка современного состояния речных экосистем в бассейне Северского Донца (в пределах Ростовской области) / Х. А. Васта Ахмед, О. С. Решетняк, В. Е. Закруткин // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2019. – № 2. – С. 47–54. – DOI: 10.23683/0321-3005-2019-2-47-54.

21 Васильев, С. М. Проблема подготовки водных ресурсов малых рек для сельскохозяйственного водопользования / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко, М. А. Ляшков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 53. – С. 10–13.

22 Бакаева, Е. Н. Токсичность донных отложений малых рек бассейна реки Тузлов по набору биотестов / Е. Н. Бакаева, М. Н. Тарадайко // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 4. – С. 31–36.

23 Динамика качества воды Цимлянского водохранилища (за период с 1979 по 2014 годы) / Е. Е. Лобченко, Л. И. Минина, И. П. Ничипорова, О. А. Первышева // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2016. – № 6. – С. 74–92.

УДК 631.347

С. Н. Рыжко, Е. А. Шишенин, Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА МНОГООПОРНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ

Цель исследований – обоснование схемы полива малорасходными дождевальными насадками на первых пролетах дождевальных машин кругового действия. Проведенный анализ работы многоопорных дождевальных машин кругового действия свидетельствует о недостаточной равномерности и качестве полива дефлекторными насадками на первых четырех пролетах, что вызвано небольшим расходом воды через насадки (0,03–0,35 л/с) и использованием насадок с соплами малого диаметра (1,5–2,5 мм), которые подвержены частому засорению мусором. Малорасходные дефлекторные насадки имеют небольшой радиус полива (1,5–2,5 м) и не обеспечивают требуемого перекры-

тия струй даже при учащенной расстановке, через 6 м, на трубопроводе машины. Для повышения равномерности и качества полива в начальной части машины предлагается цикличная технология полива дождевальными насадками. Для дождевальной машины «Фрегат» марки ДМУ-Б длиной 463 м с расходом воды 80 л/с приведены расчеты работы дождевальных насадок на первых четырех пролетах. Определена последовательность работы четырех групп насадок, при этом время полива и паузы для каждой группы дождевателей задает реле времени. Увеличение диаметра сопла насадок до 4,1–4,7 мм в каждой группе дождевателей обеспечит достаточное перекрытие струй, хорошую равномерность полива и снизит вероятность засорения насадок мусором, что значительно повысит эффективность и качество полива многоопорными дождевальными машинами кругового действия.

Ключевые слова: дождевальные машины; цикличная технология полива дождевальными насадками; вероятность засорения; равномерность полива; эффективность полива; надежность работы.

S. N. Ryzhko, E. A. Shishenin, N. F. Ryzhko, E. S. Smirnov

Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russian Federation

IRRIGATION TECHNOLOGY IMPROVEMENT WITH MULTI-TOWER CENTRE-PIVOT SPRINKLING MACHINES

The purpose of the research is to substantiate the irrigation scheme with low-flow sprinkler nozzles on the first spans of centre-pivot sprinkling machines. The analysis of the multi-tower centre pivot sprinkler performance indicates insufficient uniformity and quality of irrigation with deflector nozzles on the first four spans, which is caused by a small water flow through the nozzles (0.03–0.35 l/s) and the use of nozzles with small diameter heads (1.5–2.5 mm), which are subject to frequent clogging with debris. Low-flow deflector nozzles have a small irrigation radius (1.5–2.5 m) and do not provide the required overlap of sprays even with frequent spacing, in 6 m on the machine pipeline. To increase the uniformity and quality of irrigation a cyclical technology of irrigation with sprinkler nozzles is proposed in the front part of the machine. Calculations of the sprinkler nozzles performance on the first four spans for the DMU-B brand “Fregat” sprinkler with a length of 463 m with water discharge of 80 l/s are given. The sequence of operation of four groups of nozzles was determined, while the watering time and pause for each group of sprinklers are set by a time relay. Increasing the diameter of nozzles to 4.1–4.7 mm in each group of sprinklers will provide sufficient overlapping of sprays, good irrigation uniformity and reduce the probability of clogging of nozzles with debris, which will significantly increase the efficiency and quality of irrigation with multi-tower centre-pivot sprinkling machines.

Key words: sprinkler machines; cyclical irrigation technology with sprinkler nozzles; probability of clogging; irrigation uniformity; irrigation efficiency; performance reliability.

Введение. Многоопорные дождевальные машины (ДМ) являются основными в мелиоративном комплексе страны и обеспечивают полив порядка 56 % орошаемых земель [1–3]. В нашей стране эксплуатируется большое количество современных ДМ «Фрегат» и «Кубань-ЛК», которые обеспечивают полив в автоматическом режиме. В последние годы стали широко внедряться иностранные электрифицированные многоопорные ДМ (Zimmatic, Valley, Bauer, T-L) и новые (аналогичные) машины российского производства – «Кубань-Т», «Каскад», «Казанка», «Орсис», «Ахтуба» и др. [1, 2].

В многоопорных ДМ для полива используются устройства приповерхностного дождевания, на концах которых установлены дождевальные насадки кругового и секторного полива (патенты № 169912, 184629) [2–4]. Особенность ДМ кругового дей-

ствия в том, что по мере удаления от неподвижной опоры площадь колец [5–7], поливаемая каждой дождевальной насадкой, увеличивается по квадратичной зависимости и для обеспечения равномерного полива на первых пролетах устанавливаются малорасходные дождевальные насадки с небольшим расходом воды 0,03–0,13 л/с и диаметром сопла 1,5–2,5 мм. Такие сопла имеют высокую вероятность засорения [2, 6, 8], не обеспечивают равномерный полив и будут требовать постоянной очистки от мусора, подающегося с поливной водой. Известно сложное и дорогостоящее техническое предложение по снижению засорения за счет применения на машине всех насадок с максимальным диаметром сопла, а управление их работой осуществляется блоком управления и электромагнитными клапанами [9]. Исследованиями ВолжНИИГиМ, ВНИИ «Радуга» и др. установлено, что вероятность засорения значительно снижается, если диаметр сопла насадки более 4 мм [2, 6, 9]. Поэтому совершенствование схемы полива малорасходными дождевальными насадками является актуальным для машин кругового действия.

Цель исследований – обосновать схему полива малорасходными дождевальными насадками на первых пролетах дождевальных машин кругового действия.

Материалы и методы. Исследования эффективности работы многоопорных ДМ проводились на оросительных системах Саратовской области. Лабораторные и полевые исследования проводились в соответствии с требованиями СТО АИСТ 11.1-2010. Равномерность полива и интенсивность дождя определялись при помощи дождемеров. Расход воды дождевальными насадками и всей машиной в целом определялся объемным способом с использованием мерного бака. Обработка опытных данных проводилась с использованием методов математической статистики.

Результаты и обсуждение. Для 16-опорной ДМ «Фрегат» марки ДМУ-Б-463-80 длиной 463 м с расходом воды 80 л/с средний расход воды на первых четырех пролетах небольшой и изменяется от 0,123 до 0,352 л/с. Диаметр сопла дождевальных насадок в начале машины небольшой и изменяется от 2,29 до 3,90 мм (таблица 1). Такие насадки имеют радиус полива в пределах 2,2–3,9 м и при монтаже на расстоянии 6 м между ними не обеспечивают требуемого перекрытия струй для равномерного полива. Также такие насадки будут подвержены частому засорению, что еще больше снижает равномерность полива, и будет возникать необходимость в периодической их очистке от мусора. В концевой части машины диаметр сопла дождевальных насадок изменяется от 7,8 до 9,3 мм, они обеспечивают хорошее перекрытие струй и имеют низкую вероятность засорения. Длина первых четырех пролетов машины ДМУ-Б-463-80 равна соответственно 20, 30, 30 и 25 м (рисунок 1). На втором, третьем и четвертом пролетах монтируется по пять дождевальных насадок. Карта настройки дождевальных насадок для начальной и концевой части машины приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Карта настройки 16-опорной дождевальной машины «Фрегат» в начале и конце машины (расход воды 80 л/с, давление на входе $P_{вх} = 0,6$ МПа, марка ДМУ-Б-463-80)

Номер насадки	Диаметр насадки, мм	Давление в трубопроводе P_t , МПа	Средний расход воды через насадку на пролете q_n , л/с
1	2	3	4
Начало машины			
1	2,29	0,594	0,123
2–6	2,36	0,582	0,129
7–11	3,25	0,565	0,241
12–16	3,9	0,550	0,352
17–21	4,5	0,536	0,464

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Концевая часть машины			
52–56	7,8	0,453	1,244
57–61	8,2	0,440	1,356
62–66	8,5	0,431	1,467
67–71	9,0	0,425	1,579
72–76	9,3	0,421	1,690

Чтобы улучшить равномерность и качество полива, на первых четырех пролетах ДМ «Фрегат» предлагается изменить схему полива насадками. Здесь необходима комплектация четырех групп насадок (рисунок 1). Суммарный расход воды через первые 16 насадок на четырех пролетах составляет 3,6 л/с. На данном участке машины планируется поочередная работа сразу двух групп насадок. Подача воды осуществляется через электроуправляемые клапаны, время работы которых (полив и пауза) задает реле времени. Общий расход воды через две группы насадок по 1,8 л/с, чтобы суммарный расход воды не изменялся. В каждую группу входят по четыре насадки, две первые насадки имеют диаметр сопла 4,1 мм, две следующие – 4,7 мм, они обеспечивают расход воды соответственно 0,39 и 0,51 л/с. Суммарный расход воды по четырем насадкам составляет 1,8 л/с. Такие насадки обеспечат радиус полива порядка 4,1–4,7 м, практически двойное перекрытие струй и хорошую равномерность полива. Кроме того, насадки с диаметром сопла 4,1 и 4,7 мм имеют низкую вероятность засорения мусором.

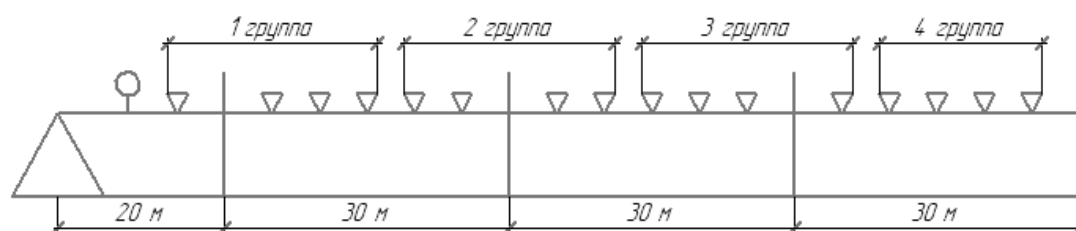


Рисунок 1 – Схема расположения групп насадок (1–4) на первых четырех пролетах дождевальной машины «Фрегат» марки ДМУ-Б-463-80

Чтобы обеспечить равномерный полив, на первых четырех пролетах время полива ($T_{п}$) каждой группой насадок должно быть пропорционально площади полива (таблица 2). Зона полива 1-й и 2-й группой насадок составляет 0–38 и 38–62 м, а площади полива равны соответственно 1444 и 2400 м². Зона полива 3-й и 4-й группой насадок составляет 62–85 и 85–105 м, а площади полива равны соответственно 3380 и 3800 м².

Таблица 2 – Время ($T_{п}$) и площадь (S) полива каждой группой насадок в зависимости от расположения на четырех пролетах дождевальной машины «Фрегат»

Зона полива, м	S , м ²	Число насадок, шт.	Группа насадок	$T_{п}$, с	Зона полива, м	S , м ²	Число насадок, шт.	Группа насадок	$T_{п}$, с
0–38	1444	4	1-я	722	62–85	3380	4	3-я	1690
38–62	2400	4	2-я	1200	85–105	3800	4	4-я	1900

Для обеспечения постоянного расхода воды на пролете группы насадок должны работать парно: 1-я и 4-я, 2-я и 3-я. Через 722 с полива насадками 1-й группы должна включиться 4-я группа насадок, которая будет поливать 1900 с. Общее время полива 1-й и 4-й группой насадок составит 2622 с (рисунок 2). Общее время полива для 2-й и 3-й группы насадок: 1200 + 1690 = 2890 с.

Предложенная технология работы дождевальных насадок значительно повысит

равномерность полива ДМ «Фрегат», снизит вероятность засорения насадок мусором и повысит эффективность орошения на первых четырех пролетах машины.

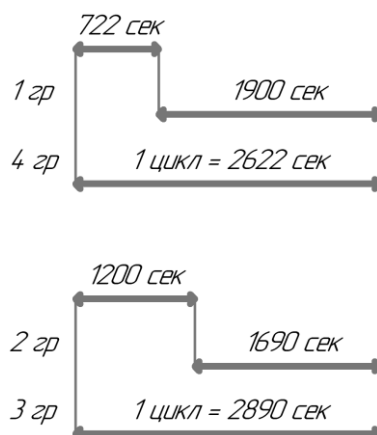


Рисунок 2 – График последовательности работы групп насадок (1–4) на первых четырех пролетах дождевальной машины «Фрегат»

Заключение. Разработана схема циклического полива на первых четырех пролетах машины «Фрегат», которая обеспечит равномерный полив при достаточном перекрытии струй и значительное уменьшение вероятности засорения насадок при увеличении диаметра сопла до оптимальной величины – 4,1–4,7 мм. Такую схему полива предлагается использовать на дождевальных машинах кругового действия.

Список использованных источников

- 1 Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические орошения: справочник / Г. В. Ольгаренко [и др.]; под ред. Г. В. Ольгаренко. – М.: Росинформагротех, 2015. – 264 с.
- 2 Рыжко, Н. Ф. Совершенствование дождеобразующих устройств для многоопорных дождевальных машин / Н. Ф. Рыжко. – Саратов: Саратовский ГАУ, 2009. – 176 с.
- 3 Пат. 169912 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н. Ф. [и др.]; заявитель и патентообладатель Волж. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации. – № 2016136589; заявл. 12.09.16; опубл. 06.04.17, Бюл. № 10.
- 4 Пат. 184629 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н. Ф. [и др.]; заявитель и патентообладатель Волж. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации. – № 2018124423; заявл. 03.07.18; опубл. 01.11.18, Бюл. № 31.
- 5 Новые технические разработки для обеспечения ресурсосбережения при поливе многоопорными дождевальными машинами / Н. Ф. Рыжко, Н. В. Рыжко, С. Н. Рыжко, Е. А. Шишенин // Орошаемое земледелие. – 2019. – № 4. – С. 13–16.
- 6 Рыжко, Н. Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания и совершенствование дождевальных машин «Фрегат» в условиях Саратовского Заволжья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Рыжко Николай Федорович. – Саратов, 2012. – 47 с.
- 7 Особенности низконапорных ДМ «Фрегат» в зависимости от условий эксплуатации / Н. Ф. Рыжко, С. Н. Рыжко, С. А. Хорин, С. В. Ботов, Н. В. Рыжко // Научная жизнь. – 2018. – № 11. – С. 6–15.
- 8 Совершенствование устройств приповерхностного дождевания для ДМ «Фрегат» / Д. А. Соловьев, О. В. Карпова, Н. Ф. Рыжко, С. Н. Рыжко // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 3. – С. 65–68.
- 9 Пат. 2291610 Российская Федерация, МПК⁶ А 01 G 25/09. Способ полива и машина для его осуществления / Ольгаренко Г. В., Городничев В. В.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга». – № 2005111322; заявл. 19.04.05; опубл. 20.01.07, Бюл. № 2.

УДК 633.2.03

М. В. Власенко

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

СОСТОЯНИЕ ЛЕСОМЕЛИОРИРОВАННЫХ АРИДНЫХ ПАСТБИЩНЫХ УГОДИЙ

Направление исследований актуально в связи с тем, что аридные пастбищные угодья являются основной кормовой базой животноводства и занимают большие территории. Цель исследований – установление продуктивности и питательности пастбищного корма на лесомелиорированных территориях в аридных условиях. При геоботаническом обследовании растительного покрова проводились фенологические наблюдения, выявлялась видовая принадлежность, учитывались продуктивность и питательность надземной фитомассы в течение всего вегетационного периода. Урожайность и структура фитоценозов определялись укосным методом. Зоотехнический анализ воздушно-сухой массы растительных образцов проводился в химической лаборатории Прикаспийского аграрного федерального научного центра Российской академии наук. Выявлено, что растительные сообщества аридных пастбищ включают 81 вид из 19 семейств, в т. ч. полукустарников – 12 видов (15 %), многолетников – 38 (47 %), одно- и двулетников – 31 (38 %), кормовых видов – 42 (52 %), ядовитых – 4 (5 %), лекарственных – 16 (20 %), рудеральных – 19 (23 %). Наиболее встречаемы виды из семейств Poaceae (20), Asteraceae (14), Brassicaceae (9), Chenopodiaceae (10). Питательность корма (в 1 кг сухого вещества) в среднем за вегетационный период составила 0,74 к. е., в т. ч. весной – 0,86 к. е., летом – 0,73 к. е., осенью – 0,74 к. е. Лучшим периодом для выпаса отар на пастбищах является весна и первая половина лета.

Ключевые слова: аридные пастбищные экосистемы; лесопастбище; пастбищный корм; фитоценозы; продуктивность; питательность; обменная энергия.

M. V. Vlasenko

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

STATE OF FORESTRY RECLAIMED ARID PASTURE LANDS

The direction of research is relevant due to the fact that arid pasture lands are the main fodder base for animal husbandry and occupy large territories. The purpose of the research is to determine the productivity and nutrient value of pasture fodder in forest-reclaimed areas under arid conditions. The phenological observations were carried out during the geobotanical survey of the vegetation cover, the species was identified, the productivity and nutrient value of the aboveground phytomass were taken into account during the entire growing season. The yield and structure of phytocenoses were determined by the mowing method. Zootechnical analysis of the air-dry mass of plant samples was carried out in the chemical laboratory of the Caspian agricultural federal research center of the Russian Academy of Sciences. It was revealed that plant communities of arid pastures include 81 species from 19 families, including semi-shrubs – 12 species (15 %), perennials – 38 (47 %), annuals and biennials – 31 (38 %), forage species – 42 (52 %), poisonous – 4 (5 %), medical – 16 (20 %), ruderal – 19 (23 %). The most common species are from the families Poaceae (20), Asteraceae (14), Brassicaceae (9), Chenopodiaceae (10). The nutritional value of fodder (in 1 kg of dry matter) averaged 0.74 c. u. for the growing season, including 0.86 c. u. in spring, 0.73 c. u. in summer, and autumn – 0.74 c. u. The best period for grazing flocks on pastures is spring and the first half of summer.

Key words: arid pasture ecosystems; forest pasture; pasture fodder; phytocenoses; productivity; nutrient value; exchange energy.

Введение. Кормовые ресурсы аридных территорий РФ, которые являются основной кормовой базой животноводства и занимают большие территории, всегда находились в сфере важных государственных интересов [1]. В связи с этим адаптивное управление ресурсами пастбищных экосистем аридных зон является актуальной задачей. Лесомелиоративные мероприятия в аридных условиях положительно влияют на пастбищное природопользование, так как продлевают жизненный цикл эфемеров и злаков на 2,5 недели, что позволяет более эффективно использовать гидротермический потенциал, приводит к повышению урожайности [2].

Для анализа состояния пастбищ по-прежнему важной является их инвентаризация. Экспериментальные данные по изучению аридных пастбищных экосистем позволяют прогнозировать деградационные процессы [3–7], с учетом адаптивно-ландшафтного природообустройства разрабатывать мероприятия по восстановлению деградированных пастбищ, повышению их продуктивности и биоразнообразия, а также оценивать уже проведенные мелиоративные мероприятия [8–11].

Целью исследований являлось установление продуктивности и питательности пастбищного корма для овцепоголовья на лесомелиорированных территориях в аридных условиях.

Материалы и методы. Исследования проводились на бурых супесчаных почвах с низким запасом продуктивной влаги (лесопастбищные экосистемы Черноярского района Астраханской области). Лесопастбище площадью 311 га было создано в 1977 г. на бурых супесчаных почвах посадками вяза приземистого. В настоящее время 20 % рядов древостоя изрежены до саванного типа. Конструкция лесопастбища в последние десятилетия не поддерживается, лесохозяйственные мероприятия не проводятся.

Урожайность и структура фитоценозов определялись укосным методом. При оценке корма в течение всего вегетационного периода учитывались фаза развития растений, продуктивность, химический состав и питательность. Оценка содержания обменной энергии и зоотехнический анализ воздушно-сухой массы растительности проводились в химической лаборатории ФГБНУ «ПАФНЦ РАН».

Территория относится к Прикаспийской провинции сильно и крайне аридной биоклиматической зоны. Вероятность сухих и засушливых лет здесь составляет более 30 %. Сумма осадков за год 280 мм. Продолжительность периода с температурой выше 10 °C – 175 дней. Сумма температур больше 10 °C – 3500 °C. Условия влагообеспеченности растений следующие: отношение осадков к испаряемости за год – менее 0,22, отношение испаряемости к осадкам за год – более 4,5, гидротермический коэффициент (ГТК) – менее 0,4. Преобладающий тип водного режима почв непромывной, сильно засушливый. Глубина залегания грунтовых вод 5–14 м. Рельеф равнинный, местами слабобугристый. Отмечается наличие солонцовых пятен. В связи с легкомеханическим составом почв территория подвержена ветровой эрозии.

Результаты и обсуждения. Продуктивность в растительных ассоциациях аридной зоны имеет свои особенности благодаря преобладанию полукустарников и заметной роли эфемеров и эфемероидов. Особенностью биологической продуктивности растительности территории исследований является невысокая фитомасса, разнотравная и разносезонная динамика надземной массы [12]. В разные по метеорологическим условиям годы и сезоны наблюдается резкое изменение травянисто-кустарникового яруса растительности (в засушливые годы – уменьшение, во влажные – увеличение). Густота и высота травостоя нарастает до середины июля, затем начинает выгорать. К июлю продуктивность лесопастбища увеличивается до 3 т/га за счет дальнейшего нарастания фитомассы полыней, злаков, бобовых, разнотравья. В благоприятные годы в зоне влияния защитных лесных насаждений эфемеры и эфемероиды сохраняются до середины лета.

Питательность пастбищного корма в большой степени определяет принадлеж-

ность растений к тому или иному семейству, роду, виду. Растительный покров пастбищ характеризуется изреженностью травостоя, в основном состоит из засухоустойчивых и солевыносливых видов [13]. На учетных площадках в злаково-полынно-разнотравном сообществе доминантами являются: овсяницы Беккера (*Festuca beckeri* (Hack.) Trautv.) и бороздчатая (*Festuca rupicola* Heuff.), ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana* Trin.), полынь белая (*Artemisia lerchiana* Web.), ромашник тысячелистниковый (*Tanacetum achilleifolium* (Bieb.) Sch. Bip.), мятлик луковичный (*Poa bulbosa* L.). Всего выявлен 81 вид из 19 семейств, в т. ч. полукустарников – 12 видов (15 %), многолетников – 38 (47 %), одно- и двулетников – 31 (38 %), кормовых видов – 42 (52 %), ядовитых – 4 (5 %), лекарственных – 16 (20 %), рудеральных – 19 (23 %). Наиболее встречаемы виды из семейств *Poaceae* (20), *Asteraceae* (14), *Brassicaceae* (9), *Chenopodiaceae* (10). Средняя урожайность сухой массы за вегетационный период – 7 ц/га.

Определение возможности удовлетворения выпасающегося скота нормативным количеством питательных веществ должно базироваться на том, что корм должен содержать необходимое количество питательных веществ и его масса не должна быть больше, чем вмещает в себя желудок. Расчеты, основанные только на учете количества потребляемого скотом пастбищного корма, приводят к ошибкам, риску перерасхода кормов и снижению количества животноводческой продукции [14, 15].

Чем более обводнен корм, тем он менее питателен и тем больше его нужно. Большое значение имеет содержание сырого протеина, клетчатки. При 100% обеспечении рациона овцеголовья за счет пастбища в корме должно содержаться сырого протеина при выпасе маток не менее 12 % от сухого вещества, молодняка в возрасте 4–6 месяцев – 14 %, в возрасте 10–12 месяцев – 13 % (таблица 1).

Таблица 1 – Требования, предъявляемые к качеству корма для овец (при 100% обеспеченности рациона за счет пастбища)

Показатель	Валухи	Матки	Молодняк	
			4–6 мес.	10–12 мес.
Обменная энергия, МДж/кг сухого вещества, не менее	7–8	7–8	8–9	8–9
Сырой протеин, % от сухого вещества, не менее	–	12	14	13
Сырая клетчатка, % от сухого вещества, не более	–	25–26	8–13	18–20
Сырой жир, г/к. е., не ниже	28–30	32–34	–	–
Кормовые единицы в 1 кг сухого вещества, не менее	0,6	0,6–0,7	–	0,7–0,8
Переваримый протеин, г/к. е.	110–120*	90–100**	120–130	100–110
Переваримость сухого вещества, %, не менее	–	64	74–79	70–72

* – в случной период; ** – подсосные матки до 170 дней.

Наиболее питателен пастбищный корм весной, когда в 100 кг абсолютно сухого вещества содержится в среднем 70–85 к. е., летом это количество снижается до 65 к. е., осенью – до 40 к. е. При выпасе скота следует учитывать, что снижение питательности корма от весны к осени происходит не у всех видов растений (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание обменной энергии в пастбищных кормах

В МДж/кг сухого вещества

Группа растений	Май	Июль	Сентябрь
1	2	3	4
Кустарники и полукустарники (12 видов)	11,8	11,4	9,5
Злаки однолетние (5 видов)	10,5	9,2	7,1
Злаки многолетние (15 видов)	11,4	9,8	10,7

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Разнотравье (45 видов)	10,5	7,3	7,2
Полыни (4 вида)	10,2	8,7	5,4
В среднем (81 вид)	10,9	9,2	8,1

Таким образом, по содержанию обменной энергии (МДж га/кг) исследуемые аридные кормовые угодья во все сезоны года соответствуют требованиям, предъявляемым к качеству корма для овец всех возрастных категорий при 100% обеспеченности рациона за счет пастбища. По содержанию сырого протеина на аридных пастбищах для овец пригодны весной 94 % произрастающих видов растений, летом – 33 %, осенью и зимой – 8 %.

Продуктивность аридных пастбищ в среднем за год составила 3,7 ц к. е./га. Питательность корма (в 1 кг сухого вещества) достигла 0,74 к. е., в т. ч. весной – 0,86 к. е., летом – 0,73 к. е., осенью – 0,74 к. е. (таблица 3).

Таблица 3 – Зоотехнический анализ воздушно-сухой массы растительности лесомелиорированных аридных пастбищ

Месяц, № образца		Р, %	К, %	Зола, %	Са, %	Mg, %	Н об- щий, %	Сырой жир, %	Клет- чатка, %	Про- теин, %	БЭВ, %	К. е.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Май	1	0,24	1,44	7,58	0,48	0,43	2,19	2,64	21,08	13,68	46,43	0,81
	2	0,21	1,40	7,53	0,43	0,41	2,15	2,60	21,03	13,54	46,37	0,83
	3	0,29	1,54	7,68	0,52	0,48	2,23	2,72	21,12	13,83	46,68	0,78
	4	0,20	1,34	7,32	0,39	0,39	2,11	2,59	21,01	13,48	46,29	0,80
	5	0,31	1,55	7,62	0,57	0,49	2,25	2,74	21,14	13,86	46,74	0,82
	6	0,27	1,24	7,30	0,38	0,37	2,10	2,57	21,00	13,45	46,27	0,91
	7	0,28	1,48	7,65	0,51	0,47	2,21	2,67	21,11	13,79	46,62	0,89
	8	0,25	1,46	7,60	0,50	0,44	2,19	2,65	21,09	13,70	46,48	0,94
	9	0,19	1,38	7,55	0,43	0,40	2,13	2,61	21,06	13,51	46,34	0,92
	10	0,23	1,41	7,54	0,44	0,42	2,16	2,62	21,04	13,56	46,39	0,90
	Среднее	0,25	1,42	7,54	0,46	0,43	2,17	2,64	21,06	13,64	46,46	0,86
Июль	1	0,11	0,68	7,45	0,48	0,29	0,79	3,70	33,48	4,94	43,57	0,69
	2	0,10	0,65	7,43	0,46	0,31	0,71	3,74	33,43	4,83	43,49	0,81
	3	0,09	0,67	7,43	0,45	0,27	0,70	3,68	33,46	4,86	43,45	0,73
	4	0,12	0,66	7,46	0,48	0,25	0,76	3,71	33,52	4,91	43,59	0,70
	5	0,11	0,67	7,85	0,50	0,28	0,77	3,74	33,48	4,74	43,34	0,63
	6	0,10	0,68	7,51	0,47	0,34	0,69	3,70	33,49	5,02	43,74	0,76
	7	0,13	0,68	7,46	0,43	0,27	0,70	3,67	33,50	4,93	43,55	0,75
	8	0,10	0,69	7,66	0,52	0,24	0,74	3,71	33,46	4,97	43,63	0,78
	9	0,12	0,70	7,54	0,49	0,30	0,79	3,77	33,47	4,64	43,32	0,74
	10	0,09	0,69	7,77	0,51	0,28	0,78	3,63	33,51	4,92	43,59	0,69
	Среднее	0,14	0,68	7,56	0,48	0,28	0,74	3,71	33,48	4,88	43,53	0,73
Сентябрь	1	0,11	0,41	8,07	0,51	0,33	0,78	3,09	36,11	4,85	41,02	0,63
	2	0,09	0,36	7,98	0,47	0,27	0,74	3,00	36,07	4,67	40,89	0,60
	3	0,11	0,39	8,09	0,51	0,31	0,79	3,08	36,12	4,84	41,03	0,59
	4	0,09	0,38	8,04	0,49	0,30	0,76	3,02	36,09	4,71	40,92	0,64
	5	0,08	0,33	7,84	0,41	0,23	0,69	2,93	35,84	4,32	40,78	0,55
	6	0,12	0,40	8,08	0,50	0,32	0,79	3,06	36,15	4,86	41,10	0,66
	7	0,10	0,42	8,07	0,49	0,30	0,76	3,00	36,09	4,72	40,93	0,61

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	8	0,12	0,39	8,10	0,52	0,31	0,77	3,06	36,11	4,75	40,90	0,68
	9	0,08	0,35	7,99	0,46	0,27	0,73	3,03	36,00	4,62	40,83	0,65
	10	0,10	0,39	8,06	0,52	0,32	0,77	3,07	36,09	4,78	40,92	0,62
	Среднее	0,10	0,38	8,03	0,49	0,30	0,76	3,03	36,09	4,71	40,93	0,62
Среднее за год												0,74

Установлено, что с увеличением по сезонам года в корме клетчатки (%) количество обменной энергии (МДж/кг сухого вещества) снижается (таблицы 2, 3).

Закключение. Выпас скота на пастбищах должен базироваться на принятых в зоотехнии нормах кормления с учетом качества корма и сбалансированности рациона животных по основным показателям. Итоги исследований свидетельствуют о том, что питательность корма лесомелиорированных аридных пастбищ непостоянна по сезонам года и зависит от вида произрастающих растений и фазы их развития. По содержанию обменной энергии (МДж га/кг) аридные кормовые угодья во все сезоны года соответствуют требованиям, предъявляемым к качеству корма для овец всех возрастных категорий при 100% обеспеченности рациона за счет пастбища. Несмотря на то, что на лесомелиорированных пастбищах доминируют долго вегетирующие виды семейств *Asteraceae* (14 видов) и *Poaceae* (20), много протеина у полыни и других видов, сырого протеина в корме для животных достаточно лишь весной. Лучшим сроком выпаса овец и коз на аридных пастбищах можно считать весну и первую половину лета.

Список использованных источников

1 Кулик, К. Н. К 30-летию Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ / К. Н. Кулик // Аридные экосистемы. – 2018. – Т. 24, № 1(74). – С. 5–12.

2 Власенко, М. В. Оценка экологического состояния и потерь продуктивности аридных пастбищных экосистем Сарпинской низменности / М. В. Власенко, А. К. Кулик, А. Н. Салугин // Аридные экосистемы. – 2019. – Т. 25, № 4(81). – С. 71–81.

3 Кулик, К. Н. Моделирование дефляции аридных пастбищ с помощью марковских цепей / К. Н. Кулик, А. Н. Салугин // Экосистемы: экология и динамика. – 2017. – № 1(4). – С. 5–22.

4 Салугин, А. Н. Численное моделирование сукцессионных переходов в агро-экологии / А. Н. Салугин // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – № 1. – С. 62–65.

5 Нейросетевое прогнозирование динамики агроэкосистем / А. Н. Салугин, А. К. Кулик, А. С. Хныкин, Р. Н. Балкушкин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 2(74). – С. 22–26.

6 Шинкаренко, С. С. Прогнозно-картографическое моделирование продуктивности пастбищ Волгоградской области на основе данных дистанционного зондирования / С. С. Шинкаренко, О. Ю. Кошелева, Д. А. Солодовников // Юг России: экология, развитие. – 2020. – Т. 15, № 1(54). – С. 69–78.

7 Турко, С. Ю. Математическое моделирование в оптимизации использования пастбищ / С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2(42). – С. 30–34.

8 Турко, С. Ю. Рост и развитие растений на пастбищах аридной зоны и вопрос их эксплуатации (на примере искусственно созданных моделей) / С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 4(183). – С. 27–34.

9 Турко, С. Ю. Методы и принципы оптимизации пастбищных экосистем / С. Ю. Турко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2(70). – С. 230–234.

10 Турко, С. Ю. Некоторые вопросы оптимизации распределения ресурсов при создании пастбищного хозяйства / С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 1(69). – С. 30–34.

11 Шахмедов, И. Ш. Подбор сортов многолетних трав для возделывания на засоленных и деградированных пастбищах в Северном Прикаспии / И. Ш. Шахмедов // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2016. – № 2(27). – С. 14–17.

12 Вдовенко, А. В. Фитомелиоративное состояние кормовых угодий в Астраханской области / А. В. Вдовенко, М. В. Власенко, С. Ю. Турко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 3(31). – С. 86–91.

13 Власенко, М. В. Изменения растительного покрова под влиянием выпаса сельскохозяйственных животных на пастбищных угодьях Астраханской области / М. В. Власенко // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12-4. – С. 757–759.

14 Власенко, М. В. Видовое разнообразие и устойчивость фитоценозов песчаных пастбищ Ростовской области / М. В. Власенко // Аграрная Россия. – 2019. – № 3. – С. 17–21.

15 Власенко, М. В. Ведение животноводства в степной и полупустынной зонах европейской территории России на различных по степени задернованности песках / М. В. Власенко, А. Т. Варакин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 1(69). – С. 25–30.

УДК 631.347

А. Е. Шепелев, А. П. Васильченко

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

К ВОПРОСУ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ВОДОПРОВОДЯЩЕГО ТРУБОПРОВОДА КОМБИНИРОВАННОЙ МНОГООПОРНОЙ ШИРОКОЗАХВАТНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Целью исследования являлась разработка гидравлического расчета параметров водопроводящего трубопровода комбинированной многоопорной широкозахватной дождевальной машины. На основе разработанного алгоритма расчета в среде Microsoft Excel создана программа для ЭВМ в виде «Калькулятора», которая позволяет осуществлять процесс расчета при выполнении работ по подбору параметров водопроводящего трубопровода в зависимости от условия орошения. Программа для расчета параметров водопроводящего трубопровода позволит автоматизировать подбор требуемых параметров при разработке новых экологически безопасных и ресурсосберегающих конструкций комбинированной многоопорной широкозахватной дождевальной техники.

Ключевые слова: гидравлический расчет; параметр; орошение; дождевальная машина; трубопровод; конструкция.

A. E. Shepelev, A. P. Vasilchenko

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

ON ISSUE OF HYDRAULIC CALCULATION OF WATER CONDUCTING PIPELINE OF COMPLEX MULTI-TOWER WIDE-CUT SPRINKLING MACHINES

The aim of the study was to develop a hydraulic calculation of the parameters of a water-conducting pipeline of a complex multi-tower wide-cut sprinkling machine. On the basis of the developed calculation algorithm in the Microsoft Excel environment, a computer program

in the form of a "Calculator" was created, which allows the calculation process when performing work on the selection of the parameters of a water-conducting pipeline depending on the irrigation conditions. The program for calculating the parameters of a water-conducting pipeline will allow automating the selection of the required parameters when developing new environmentally friendly and resource-saving designs for complex multi-tower wide-cut sprinklers.

Key words: hydraulic calculation; parameter; irrigation; sprinkler; pipeline; design.

Введение. Сложные почвенно-рельефные условия сельскохозяйственных угодий предъявляют дополнительные требования к применению поливной техники, которая должна иметь хорошее качество дождя, высокий коэффициент эффективного полива, работать по различным технологическим схемам орошения [1].

В настоящее время наиболее возможное направление развития дождевальной техники – это разработка новых конструкций комбинированной поливной техники, способной адаптироваться к предъявляемым условиям орошения даже на орошаемом участке путем быстрой смены основных рабочих органов. Разработка экологически безопасных и ресурсосберегающих конструкций комбинированной поливной техники реализуется путем создания сменного водопроводящего пояса многоопорной широкозахватной дождевальной машины [2, 3].

Учитывая необходимые условия орошения, а именно размеры поливного участка и орошаемую сельскохозяйственную культуру, производят расчет длины водопроводящего пояса и задают диаметр напорного трубопровода комбинированной дождевальной машины. Автоматизация данной работы с использованием калькулятора, реализованного в виде программы для ЭВМ, позволит ускорить и упростить выбор оптимальных параметров. Также, по мнению С. М. Васильева, В. Н. Щедрина [4], внедрение и применение программ для ЭВМ в дальнейшем даст толчок развитию мелиоративной отрасли агропромышленного комплекса Российской Федерации.

Материалы и методы. Для определения гидравлических параметров водопроводящего трубопровода под конкретный поливной участок проводится гидравлический расчет согласно ГОСТ 32388-2013 «Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия», СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*» и пособиям по технической механике жидкостей [5, 6].

Результаты и обсуждение. Для реализации возможности гидравлического расчета водопроводящего трубопровода комбинированной многоопорной широкозахватной дождевальной машины в зависимости от условия орошения в ФГБНУ «РосНИИПМ» разработана программа (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019615998, дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 16.05.2019) [7].

При разработке программы для расчета параметров водопроводящего трубопровода была составлена последовательность решения, согласно которой, исходя из параметров водозабора и водоподачи на дождевальную машину, принимается напор и расход, а также диаметр и длина конструктивных элементов водопроводящего пояса.

Далее рассчитываем площадь живого сечения водопроводящего трубопровода $\omega_{тр}$, мм² [8]:

$$\omega_{тр} = \frac{\pi D_{тр}^2}{4},$$

где π – математическая константа, равная отношению длины окружности к длине ее диаметра ($\pi = 3,14$);

$D_{тр}$ – наружный диаметр трубы, мм.

Площадь живого сечения штуцера $\omega_{шт}$, мм² [8]:

$$\omega_{шт} = \frac{\pi D_{шт}^2}{4},$$

где π – математическая константа, равная отношению длины окружности к длине ее диаметра ($\pi = 3,14$);

$D_{шт}$ – наружный диаметр трубы, мм.

Определяем путевой расход Q по длине водопроводящего трубопровода, м³/с:

$$Q = Q_n - q,$$

где Q_n – путевой расход на участке, м³/с;

q – расход дождеобразующего устройства на участке, м³/с.

Находим скорость потока V поливной воды в трубопроводе, м/с:

$$V = \frac{Q}{\omega_{тр}},$$

где Q – путевой расход водопроводящего трубопровода, м³/с;

$\omega_{тр}$ – площадь поперечного сечения трубы до сужения, мм².

Коэффициент сжатия потока ε по формуле [9]:

$$\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - n},$$

где $n = \frac{\omega_{тр}}{\omega_{шт}}$ – степень сжатия потока;

$\omega_{тр}$ и $\omega_{шт}$ – площади поперечного сечения трубы до сужения и после сужения, м².

Для определения местных потерь по длине водопроводящего трубопровода рассчитываем коэффициент местного сопротивления ξ , который может учитываться как коэффициент внезапного сужения трубы и коэффициент плавного поворота трубопровода:

$$\xi = \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2,$$

где ε – коэффициент сжатия потока.

Определяем местные потери водопроводящего трубопровода h_m , м:

$$h_m = \xi \frac{V^2}{2g},$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления, может учитываться как коэффициент внезапного сужения трубы и коэффициент плавного поворота трубопровода;

V – скорость потока поливной воды в трубопроводе, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Для определения коэффициента сопротивления по длине водопроводящего трубопровода находим число Рейнольдса Re :

$$Re = \frac{Vd}{\nu},$$

где V – скорость потока поливной воды в трубопроводе, м/с;

d – внутренний диаметр трубопровода, мм;

ν – кинетический коэффициент вязкости воды (м²/с), при температуре 20 °С равный 0,000001 (1,01·10⁻⁶).

Коэффициент сопротивления по длине трубопровода λ :

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{K_3}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25},$$

где $K_3 = 0,001$ (определяется в соответствии с регламентом СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования» [10]);

d – внутренний диаметр трубопровода, мм;

Re – число Рейнольдса.

Потери напора по длине трубопровода h_l , м, рассчитываем по формуле:

$$h_l = \lambda \frac{lV^2}{D_{\text{тр}} 2g},$$

где λ – коэффициент сопротивления по длине трубопровода;

l – длина трубопровода, м;

V – скорость потока поливной воды в трубопроводе, м/с;

$D_{\text{тр}}$ – наружный диаметр трубы, мм;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Далее находим общие потери по трубопроводу водопроводящего пояса дождевальной машины $h_{\text{общ.}}$, м:

$$h_{\text{общ.}} = h_l + h_m,$$

где h_l – потери по длине трубопровода, м;

h_m – местные потери трубопровода, м.

Рассчитываем потери напора по длине трубопровода дождевальной машины H_i , м, равные:

$$H_i = H - h_{\text{общ.}},$$

где H – напор перед насадкой, м;

$h_{\text{общ.}}$ – общие потери по трубопроводу водопроводящего пояса, м.

Для определения характеристик распада струи на капли используется отношение H/D (H – напор перед соплом насадки, м; D – диаметр струи, м). При постоянном отношении H/D получается однотипный распад на капли, и чем выше результат этого отношения, тем капли мельче.

В таблице 1 показан характер распада струи искусственного дождя на капли [11].

Таблица 1 – Характер распада струи искусственного дождя на капли

H/D	Характеристика струи
до 900	Сплошная струя без образования капель
900–1500	Структура дождя непригодна для орошения
1500–1600	Средняя крупность капель пригодна только для орошения лугов и пастбищ
1700–1800	Мелкая крупность капель пригодна только для взрослых сельхозкультур
2000–2200	Мелкая структура капель пригодна для орошения всех сельскохозяйственных культур
2400–2600	Структура капель пригодна для орошения рассады и приживочных поливов мелкосеменных культур
3000 и выше	Применение для орошения нецелесообразно по экономическим показателям

Пример подбора параметров водопроводящего трубопровода комбинированной многоопорной широкозахватной дождевальной машины приведен на рисунке 1.

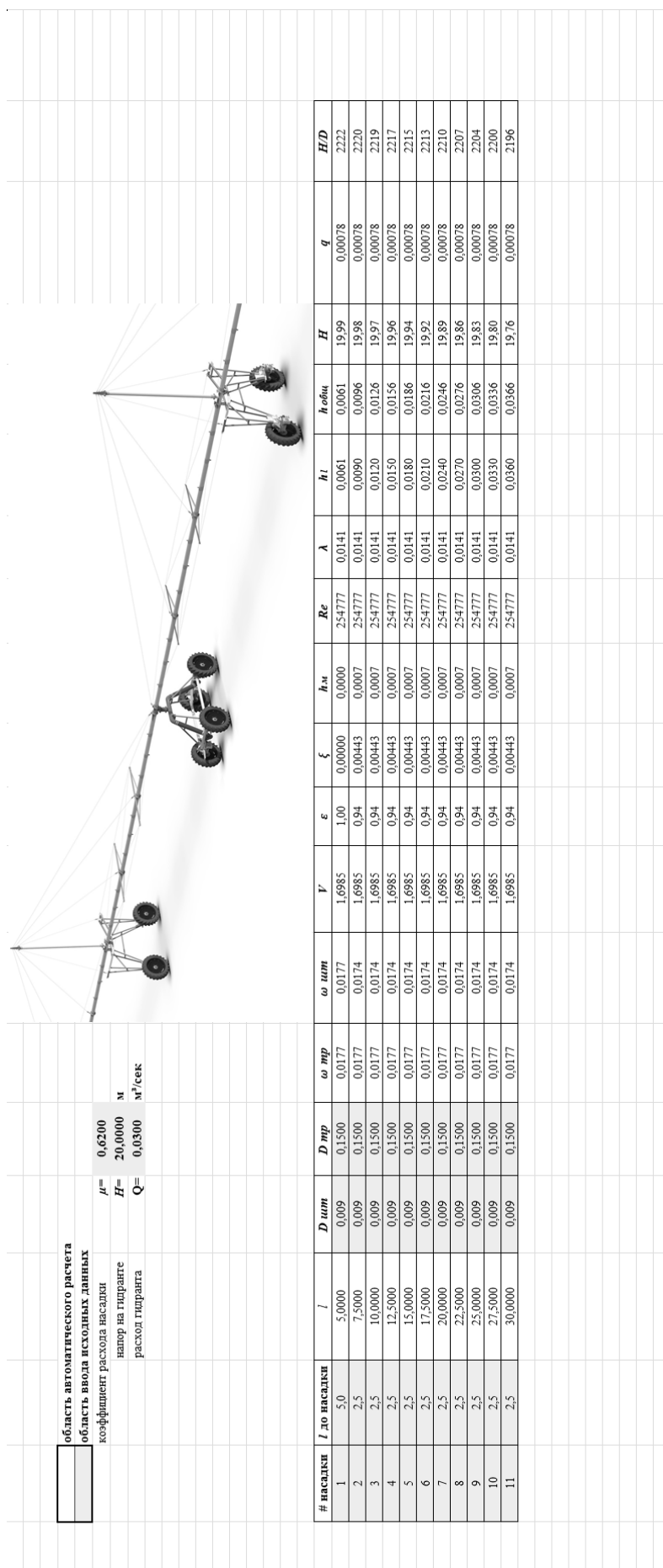


Рисунок 1 – Пример расчета параметров водопроводящего трубопровода
комбинированной многоопорной широкозахватной дождевальной машины в программе для ЭВМ

Выводы. В настоящее время наиболее возможное направление развития дождевальной техники заключается в разработке новых комбинированных конструкций, способных адаптироваться к предъявляемым условиям орошения. Разработка экологически безопасных и ресурсосберегающих конструкций комбинированной поливной техники реализуется путем создания сменного водопроводящего трубопровода многоопорной широкозахватной дождевальной машины.

Разработанное в среде Microsoft Excel программное обеспечение для расчета параметров водопроводящего трубопровода в виде «Калькулятора» позволит облегчить процесс подбора требуемых параметров при разработке новых экологически безопасных и ресурсосберегающих конструкций комбинированной многоопорной широкозахватной дождевальной техники.

Список использованных источников

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

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

3 Теоретический расчет дождеобразующих устройств для 3-опорной широкозахватной дождевальной машины / А. А. Чураев, Ю. Ф. Снопич, Л. В. Юченко, М. В. Вайнберг // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 4(68). – С. 126–132.

4 Щедрин, В. Н. Концептуально-методологические принципы (основы) стратегии развития мелиорации как национального достояния России / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(33). – С. 1–11. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=983>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11.

5 ГОСТ 32388-2013. Межгосударственный стандарт. Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия. – Введ. 2014-08-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 143 с.

6 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*: СП 31.13330.2012: утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации 30.04.15: введ. в действие с 30.04.15. – М.: Кодекс, 2015. – 128 с.

7 Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2019615998. Программа гидравлического расчета напорного пояса широкозахватной многоопорной дождевальной машины / Чураев А. А., Шепелев А. Е., Юченко Л. В., Снопич Ю. Ф., Кореновский А. М., Вайнберг М. В., Филимонова В. М.; правообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2019614647; заявл. 25.04.19; опубл. 16.05.19.

8 Альтшуль, А. Д. Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости) / А. Д. Альтшуль, П. Г. Киселев. – М.: Стройиздат, 1965. – 274 с.

9 Альтшуль, А. Д. Гидравлические сопротивления / А. Д. Альтшуль. – М.: Недра, 1970. – 216 с.

10 Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования: СП 40-102-2000. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2001. – 34 с.

11 Теоретическое и экспериментальное обоснование параметров дефлекторной насадки / Ю. Ф. Снопич, А. А. Чураев, Л. В. Юченко, М. В. Вайнберг, В. М. Филимонова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 2(34). – С. 104–120. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=598&id=605>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-104-120.

УДК 631.6.02:631.421

Г. Т. Балакай

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

Я. И. Кулаева

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

ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ЗЕМЛЯХ СЕЛЬХОЗНАЗНАЧЕНИЯ, ЗАНЯТЫХ ВИНОГРАДНИКАМИ, В ООО «АБРАУ-ДЮРСО» КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Цель исследований – определение влияния уклонов поверхности почвы и географического расположения рядов виноградников на эрозию и мощность плодородного слоя почвы в условиях ООО «Абрау-Дюрсо» Краснодарского края. Для выявления степени деградации пахотных земель была использована площадная оценка территории виноградников, потенциально затронутой эрозионным процессом, по методике Г. В. Добровольского. Основными формами рельефа изучаемых участков являются предгорья Кавказа, виноградники расположены на участках между горами с уклонами от пологих (2–3°) до покатых (3–5°) и крутых (5–10°). Почвенный покров исследуемых участков представлен в основном черноземами южными. Установлено, что эрозия почвы наблюдается на всех участках, но в большей мере на участках с покатыми и крутыми склонами, где смыто до 20 % почвы в слоях A + B, а также наблюдается аккумуляция наносов до 30 % (слои A + B) в нижней части склона. На участках № 3 и 4, где для обеспечения лучшей освещенности и повышения качества винограда посадка рядов виноградников производилась по направлению восток – запад, но при этом вдоль уклона, мощность горизонтов A + B уменьшилась на 7 см на участке № 3 и на 4 см на участке № 4 по сравнению с участком № 1 (целина, контроль), где посадки рядов и обработка почвы произведены поперек склона.

Ключевые слова: эрозия; профиль почвы; уклоны поверхности; мощность горизонтов почвы A + B; виноградники; Абрау-Дюрсо.

G. T. Balakay

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

Ya. I. Kulaeva

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

EROSION PROCESSES ON AGRICULTURAL LANDS UNDER VINEYARDS IN “ABRAU-DYURSO” LLC KRASNODAR TERRITORY

The purpose of the research is to determine the influence of the soil surface slopes and the vineyard rows geographic location on the erosion and fertile soil thickness under the conditions of LLC “Abrau-Dyurso” Krasnodar Territory. To identify the degree of arable land degradation, an area assessment of the vineyard areas potentially affected by the erosion process was used, according to the method of G. V. Dobrovolsky. The main landforms of the studied areas are the Caucasus foothills, vineyards are located in areas between mountains with slopes from gentle (2–3°) to sloping (3–5°) and steep (5–10°). The soil cover of the studied areas is represented mainly by southern chernozems. It was found that soil erosion is observed in all areas, but it is to a greater extent in areas with sloping and steep slopes, where

up to 20 % of the soil in layers A + B is washed away, and sediment accumulation is observed up to 30 % (layers A + B) in the lower parts of the slope. On plots 3 and 4, where vineyard rows were planted in the east-west direction, but at the same time along the slope to ensure better light and to improve the grape quality, fertile soil thickness A + B decreased by 7 cm in plot number 3 and 4 cm in plot no. 4 compared to plot no. 1 (virgin land, control), where planting rows and tillage were performed across the slope.

Key words: erosion; soil profile; surface slopes; solum depth; vineyards; Abrau-Dyurso.

Введение. Термин «эрозия почв» происходит от лат. *erosio* – разъедание. Процессы эрозии начинаются прежде всего на тех землях, где уничтожается растительный покров, выполняющий защитные функции [1]. По мнению Г. П. Сурмача [2], водная эрозия – это единый процесс формирования временного поверхностного стока вод, отрыва частиц почвы или породы и их переноса водными струями или потоками. М. Н. Заславский под термином «эрозия почв» понимает смыв и размыв почв, а иногда и почвообразующих пород поверхностным стоком временных водных потоков [3, 4]. Аналогичные определения этому термину дают другие ученые [5–9].

Среди всех причин деградации почвы на долю эрозии приходится 56 % деградированных земель, на долю дефляции – 28 %, химической – 12 % и физической – 4 % [10].

Ежегодно в России деградирует 2 млн га земель, что приводит к потерям до 3,9 млн т сельхозпродукции (в эквиваленте). Ущерб только из-за почвенных эрозий может достигать 25 млрд руб./год. Чаще всего причиной снижения плодородия почв становится нерациональное использование земель сельскохозяйственного назначения человеком. Наибольший видимый нами вред почвам наносит эрозия от талых, дождевых и ирригационных вод, когда смывается самый плодородный верхний слой почвы [11, 12]. Во всем мире именно антропогенная деятельность оказывает самое большое влияние на поверхностный сток и эрозию почвы [13, 14].

Материал и методы. Объект исследования – почвы ООО «Абрау-Дюрсо».

Предмет исследования – деградация почвенного покрова в насаждениях виноградников от водной эрозии.

Цель исследований – определение влияния уклонов поверхности почвы и географического расположения рядов виноградников на эрозию и мощность плодородного слоя почвы в условиях ООО «Абрау-Дюрсо» Краснодарского края, входящего в группу компаний ПАО «Абрау-Дюрсо». Участок территориально относится к землям г. Новороссийска, приурочен к Северо-Черноморской провинции и занимает северную часть Черноморского побережья Кавказа.

Почвенный покров исследуемых участков представлен в основном черноземами южными. Используемые под сельскохозяйственное производство участки разрознены между собой и расположены на пологих участках между горами. Полевые исследования, посвященные определению степени эродированности почвы, проводились на четырех земельных участках, занятых виноградниками (рисунок 1).

Для выявления степени деградации пахотных земель была использована площадная оценка территории виноградников ООО «Абрау-Дюрсо», потенциально затронутой эрозионным процессом, по методике Г. В. Добровольского [1, 15].

На каждом из изучаемых участков закладывались разрезы по уклону участка сверху вниз от слабопологого склона (1–2°), до покатых (3–5°) и крутых склонов (5–10°) и зоны аккумуляции мелкозема (внизу участка, уклон менее 1°). На каждом разрезе сверху вниз по склону отрывали экскаватором шурфы в трехкратной повторности поперек склона с расстоянием между ними 20 м, зачищали вручную рабочую сторону шурфов, проводили инструментальные измерения и описание почвенно-геоморфологического профиля.

Полученные материалы исследований могут быть использованы при составлении прогнозов развития эрозии почв в зависимости от вида и состояния угодья и природно-климатических условий региона и при разработке почвенно-охранных мероприятий.

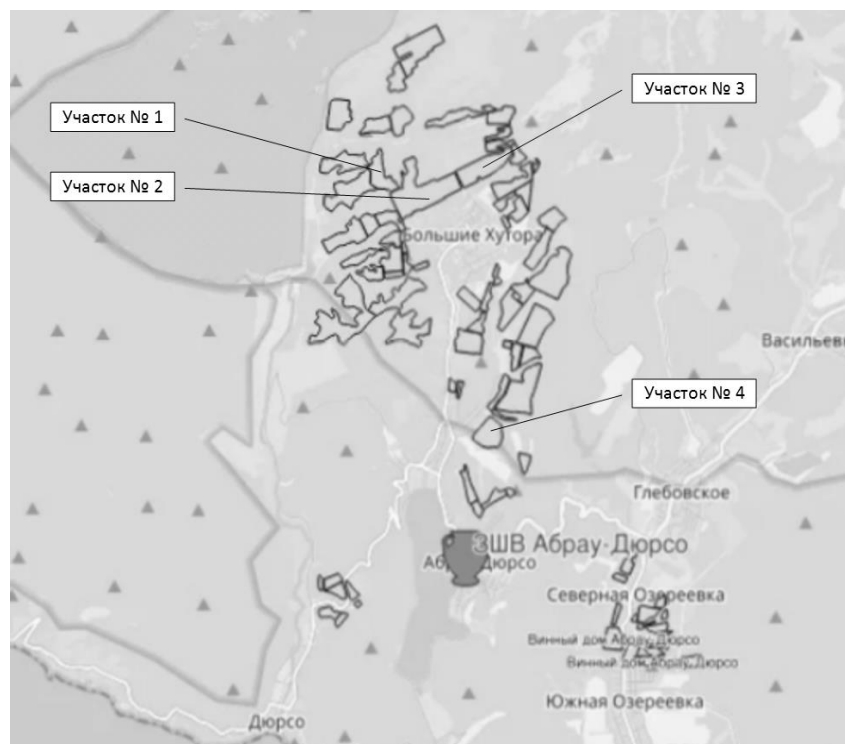


Рисунок 1 – Схема расположения исследуемых участков в ООО «Абрау-Дюрсо» (Краснодарский край)

Результаты и обсуждение. Полевые исследования, посвященные определению степени эродированности, проводились на земельных участках № 1 со средними уклонами поверхности почвы 0,048–0,050 и на участке № 2 со средними уклонами 0,100–0,120, где посадка виноградника произведена поперек склона, а также на участке № 3 со средним уклоном 0,055–0,058 и № 4 со средним уклоном 0,110–0,120 с посадкой виноградников вдоль склона. Типы склонов (пологие, покатые, крутые) приведены по Г. В. Добровольскому и др. [1]. Схема расположения участков приведена выше на рисунке 1.

На всех участках развита эрозия в слабой и средней степени. Оказали различное влияние на эрозию почвы и географическое направление посадки и экспозиция склона.

Участок № 1 расположен на северо-западе от пос. Большие Хутора. Общая экспозиция участка западная, центральная часть участка имеет пологие склоны (2–3°). Постепенно пологие склоны переходят в слабопокатые склоны (3–5°), покатые (5–8°) и реже крутые склоны (10–15°).

Участок № 2 расположен на северо-западе от пос. Большие Хутора. Экспозиция всего участка западная, в восточной части участка крутые склоны крутизной 10–15° постепенно переходят в покатые склоны 5–8°, и в западной части участка отмечены пологие склоны (2–3°).

Участок № 3 расположен на севере от пос. Большие Хутора. На обследованной территории с северо-запада на юго-восток протянулось плато водораздела. От плато водораздела в разные стороны идут склоны различных экспозиций и различной крутизны от слабопокатых (3–5°), покатых (5–8°) до крутых склонов (10° и более).

Участок № 4 расположен к северо-востоку от пос. Абрау-Дюрсо. В средней части участка отмечены крутые склоны (до 10°), в верхней и нижней части участка – покатые склоны (5–8°).

На этих участках получили распространение почвы со средней и сильной степенью смывости. В качестве примера на рисунке 2 приводятся результаты исследований почвенно-геоморфологического профиля на участке № 1 в четырех разрезах сверху вниз по уклону.

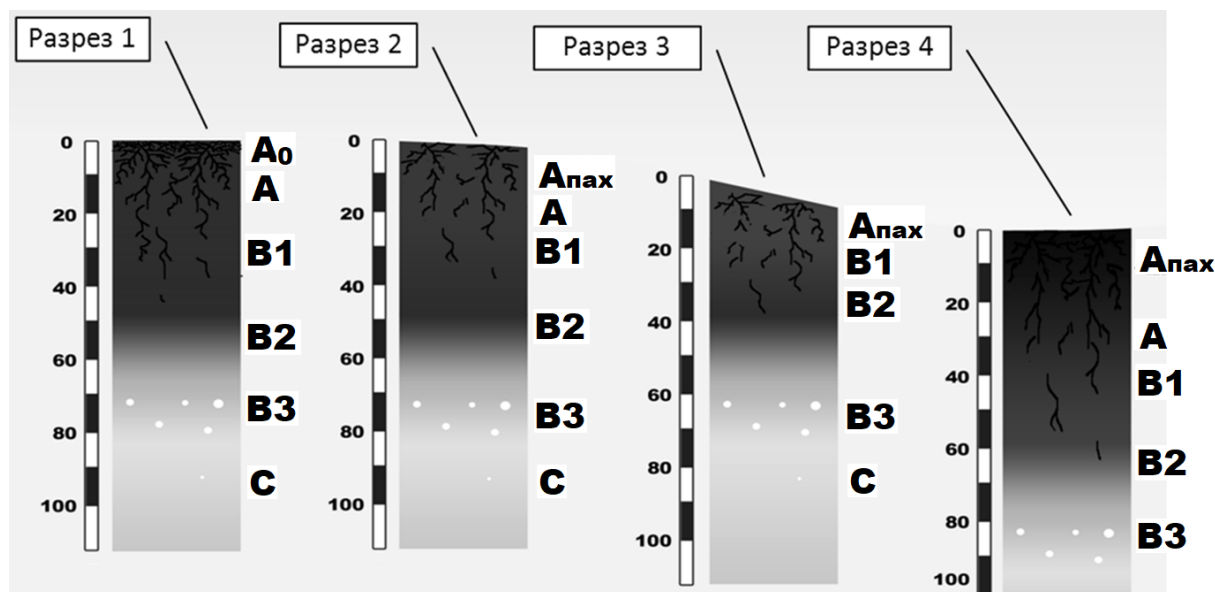


Рисунок 2 – Почвенно-геоморфологический профиль

Идентичные показатели профилей получены и на других разрезах и участках. На примере, представленном выше, по морфологическим описаниям разрезов видно, как по склону меняется мощность и цвет поверхностных горизонтов почвы. Самая темная почва (темно-серая) находится в нижней части склона, самая светлая – в средней части склона. По склону меняется не только окраска верхнего пахотного горизонта, но и мощность гумусового горизонта (A + B₁): в верхней части склона (профили № 1, 2) она составляет 52 и 47 см, в средней части – 30 см, в нижней части склона – 57 см (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели мощности горизонтов почвенно-геоморфологических профилей разрезов 1–4 на земельном участке № 1

Горизонт	Средняя мощность горизонта				В см
	Разрез 1	Разрез 2	Разрез 3	Разрез 4	В среднем
A ₀	3	–	–	–	0,8
A _{пах}	0	14	15	12	10,3
A	19	8	–	16	6,0
B ₁	30	25	15	29	24,8
A + B ₁	52	47	30	57	41,8
B ₂	18	18	11	24	17,8
B ₃	17	17	25	26	21,3
C (материнская порода)	87	82	66	107	85,5

В нижней части склона морфологические признаки почв свидетельствуют о наличии процессов аккумуляции продуктов смыва.

Полученные данные об изменении мощности горизонтов A + B на целине (разрез 1, контроль) и на других профилях подтверждают, что происходит смыв почвы при стоке талых и дождевых вод (эрозии), уменьшаются на 20 % горизонты почвы A + B на разрезе 3 (крутой склон, уклон 10–15°) при одновременном увеличении мощности этих горизонтов на 30 % в профиле 4, где происходит осаждение и аккумуляция смываемого мелкозема при эрозии почвы (рисунок 3).

Анализ данных показал, что наблюдается прямая взаимосвязь между мощностью горизонтов A + B и уклонами поверхности, выраженная уравнением $y = x^2 - 17,8x + 122,2$ при $R^2 = 0,96$ (рисунок 4).

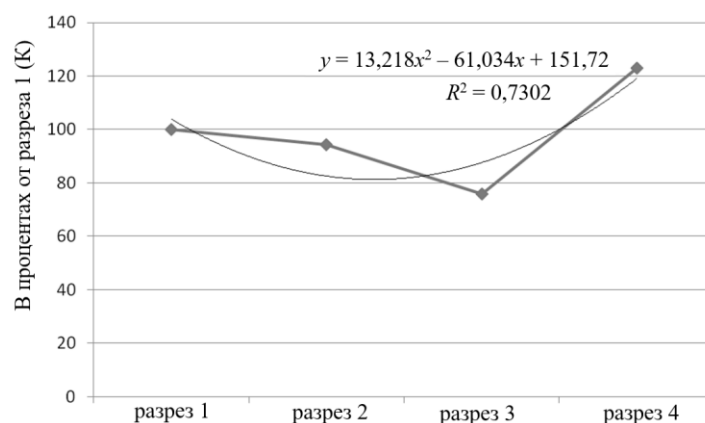


Рисунок 3 – Изменение мощности горизонтов А + В на разрезах 1–4 по склону исследуемого участка (в процентах от показателя разреза 1)

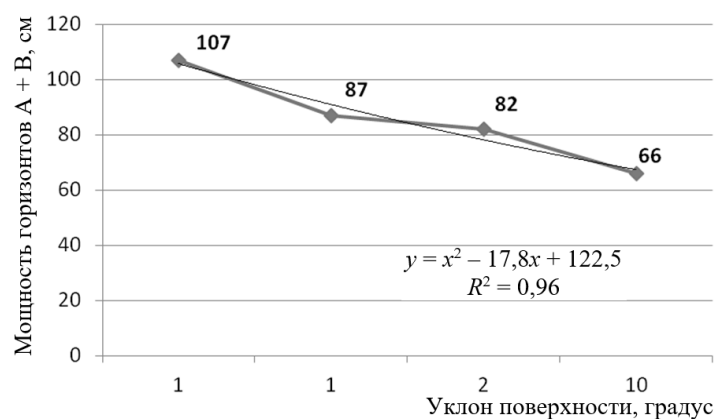


Рисунок 4 – Взаимосвязь между уклоном поверхности и мощностью горизонтов А + В

Исследования на других участках (№ 2–4) также показали идентичные данные о мощности горизонтов А + В. При этом отмечается снижение мощности данных горизонтов на участках № 3 и 4, где основным фактором, определяющим направления посадки рядов, являлся биологический – лучшая освещенность и качество винограда обеспечиваются при посадке рядов в направлении восток – запад. В этом случае посадка виноградников была произведена вдоль уклона, и так же производилась обработка почвы. Такая посадка привела к большей эрозии почвы, и средняя мощность горизонтов А + В на участке № 3 была меньше, чем на участке № 1, на 7 см, а на участке № 4 – на 4 см (рисунок 5).

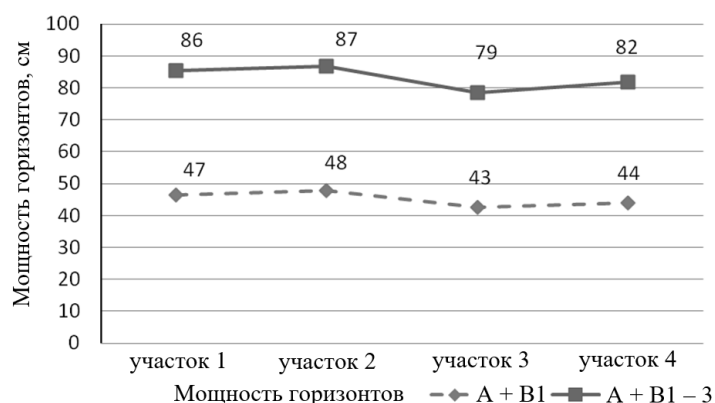


Рисунок 5 – Средние показатели мощности горизонтов А + В на исследуемых участках № 1–4

Выводы. Исследование сельскохозяйственных угодий ООО «Абрау-Дюрсо» показало, что основными формами рельефа являются предгорья Кавказа со склонами различной крутизны и преимущественно западной экспозиции. Склоны на всех участках от пологих ($2-3^\circ$) в верхней части до крутых ($10-15^\circ$) в средней и опять пологих ($1-2^\circ$) в нижней части. В полевых условиях наличие процессов эрозии почвы определялось по изменению мощности горизонтов А + В на целине (разрез 1, контроль) в сравнении с другими разрезами вдоль склона каждого участка. Установлено, что наибольший смыв почвы (до 20 % мощности горизонтов почвы А + В) наблюдается в средней части участков на крутых склонах с уклонами $10-15^\circ$, при этом в нижней части участков происходит аккумуляция наносов и увеличение мощности этих горизонтов на 30 %. Посадка рядов виноградников на участках № 3 и 4 вдоль уклона по направлению восток – запад для обеспечения лучшей освещенности и получения высокого качества винограда приводит к большей эрозии почвы, что подтверждается уменьшением мощности горизонтов А + В на участке № 3 на 7 см, а на участке № 4 – на 4 см по сравнению с участком № 1, где посадка рядов и обработка почвы в междурядьях производились поперек склона.

Список использованных источников

- 1 Добровольский, Г. В. Деградация и охрана почв / Г. В. Добровольский, С. А. Шоба, П. Н. Балабко; под ред. Г. В. Добровольского. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 654 с.
- 2 Сурмач, Г. П. Водная эрозия и борьба с ней / Г. П. Сурмач. – Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 254 с.
- 3 Заславский, М. Н. Эрозиоведение. Основы противоэрозионного земледелия: учебник / М. Н. Заславский. – М.: Высш. шк., 1987. – 376 с.
- 4 Заславский, М. Н. Эрозиоведение / М. Н. Заславский. – М.: Высш. шк., 1983. – 320 с.
- 5 Мирцхулава, Ц. Е. Разработка методики прогноза водной эрозии для расчета противоэрозионных гидротехнических сооружений / Ц. Е. Мирцхулава. – Т. 2. – М., 1971. – 282 с.
- 6 Полуэктов, Е. В. Эрозия и дефляция агроландшафтов Северного Кавказа / Е. В. Полуэктов. – Новочеркасск, 2003. – 297 с.
- 7 Повышение экологической устойчивости различных типов агроландшафтов к деградации почвы на основе применения мелиоративных мероприятий: рекомендации / В. Н. Щедрин [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2009. – 78 с.
- 8 Зыков, И. Г. Защита склонов от эрозии / И. Г. Зыков, В. М. Ивонин, В. К. Духнов. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 74 с.
- 9 Захаров, П. С. Эрозия почв и меры борьбы с ней / П. С. Захаров. – М.: Колос, 1971. – 191 с.
- 10 Ковальчик, А. Опустынивание и деградация земель в странах СНГ / А. Ковальчик // Лесное и охотничье хозяйство. Экология. – 2010. – Вып. 2. – С. 17.
- 11 Методические указания по определению ущерба, наносимого поверхностным водным объектам поверхностным стоком / В. Н. Щедрин [и др.]. – М.: Мелиоводинформ, 2009. – 78 с.
- 12 Условия формирования поверхностного стока. Прогноз причиняемого ущерба. Компенсационные мелиоративные мероприятия: монография / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов, Н. И. Балакай. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 450 с.
- 13 Global estimates of water withdrawals and availability under current and future «business-as-usual» conditions / J. Alcamo, P. Doell, T. Henrichs, F. Kaspar, B. Lehner, T. Roesch, S. Siebert // Hydrological Sciences J. – 2003. – 48(3). – P. 339–348. – DOI: 10.1623/hysj.48.3.339.45278.
- 14 Liebscher, H.-L. Conflict over water – Can hydrology contribute anything toward

their solution? / H.-L. Liebscher // The Basis of Civilization – Water Science? (Proc. of the UNESCO/IAHS/IWHA symposium held in Rome. December 2003). IAHS Publ. – 2004. – № 286. – P. 238–245.

15 Добровольский, Г. В. Избранные труды по почвоведению. Общие вопросы теории и развития почвоведения / Г. В. Добровольский. – Т. 1. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 525 с.

УДК 634.11:631.674.6

Я. Е. Удовидченко

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

А. А. Куприянов

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

О СХЕМАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ЯБЛОНЕВЫХ РАСТЕНИЙ С ОКРУГЛОЙ КРОНОЙ, КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В САДОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

Цель исследования – проведение анализа и уточнение схем посадки плодовых древесных культур в промышленных садах на предмет их использования при проектировании поливных сетей капельных систем орошения яблоневых растений. Базу для анализа и обобщений составили известные рекомендации по параметрам схем размещения яблони в промышленных садах и материалы обследования плодоносящих насаждений, культивируемых на черноземных почвах сухостепной зоны Ростовской области. В результате анализа рекомендаций и материалов обследования установлено, что применяемые схемы размещения яблоневых растений различных сорто-подвойных комбинаций имеют отличия в соотношениях междурядовых расстояний и расстояний между растениями в рядах и характеризуются значительными диапазонами их значений. Геометрические параметры схем в сложившейся практике принимаются из условия минимизации затенения крон соседствующих растений и не учитывают параметров корневых систем, что не соответствует требованию создания оптимальных условий для жизнедеятельности, роста, развития и продуктивности яблоневых растений. Установлено несоответствие между площадями жизненного пространства для обеспечения фотосинтезирующей деятельности крон и площадями водно-минерального питания корневых систем, что требует корректировки существующих подходов к схемам размещения культур и должно учитываться при разработке компоновочно-конструктивных решений капельных систем орошения.

Ключевые слова: древесные плодовые культуры; яблоневые растения; схемы посадки растений; параметры крон; корневые системы; капельное орошение.

Y. E. Udovidchenko

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

A. A. Kupriyanov

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

ON SCHEMES OF PLACING APPLE PLANTS WITH ROUND CROWNS CULTIVATED IN GARDEN STANDS

The purpose of the study is to analyze and specify the planting schemes for fruit tree crops in industrial gardens for their using in design of irrigation networks of drip irrigation systems for apple plants. The well-known recommendations on the parameters of the schemes

for apple trees placing in industrial gardens and the survey data of fruiting plants cultivated on chernozem soils of the dry steppe zone of Rostov region were made. As a result of the analysis of the recommendations and survey data, it was found that the applied schemes for placing apple plants of various variety-rootstock combinations have differences in the ratios of inter-row distances and distances between plants in rows and are characterized by significant ranges of their values. The geometric parameters of the schemes in the current practice are taken from the condition of minimizing the shading of the crowns of neighboring plants and do not take into account the parameters of root systems, which does not correspond to the requirement to create optimal conditions for apple plants life, growth, development and productivity. A discrepancy between the areas of living space to ensure the photosynthetic activity of crowns and areas of water-mineral nutrition of root systems was established, which requires adjusting the existing approaches to crop placement schemes and should be taken into account when developing layout-design solutions for drip irrigation systems.

Key words: tree fruit crops; apple plants; planting schemes; crown parameters; root systems; drip irrigation.

Введение. Одним из наиболее дорогостоящих в строительстве и затратных при эксплуатации компонентов садовых насаждений, культивируемых в условиях дефицита их естественного увлажнения и потребности в фертигации, являются системы капельного орошения. Отметим, что использование таких систем в южной зоне плодородия является необходимым и обеспечивает существенное (по сравнению с богарным садоводством) повышение продуктивности плодовых древесных культур. При этом продукционная и хозяйственно-экономическая эффективность применения средств и технологий искусственного полива древесных культур и внесения удобрений с поливной водой в значительной степени определяется соответствием конструктивных решений оросительных сетей и режимов их функционирования условиям садового насаждения [1, 2].

Обязательным условием достижения экономически обоснованного и соответствующего ожиданиям садоводов продукционного результата является соответствие конструктивно-компоновочного исполнения поливных линий и поливных устройств схемам размещения древесных плодовых культур и их возможностям по обеспечению потребностей растений в воде и элементах питания. В связи с этим при определении количества и размеров капельных линий и конструкционного исполнения капельных устройств одним из определяющих и подлежащих учету факторов и условий является «схема расположения древесных плодовых растений в садовом насаждении». Под «схемой размещения (древесно-плодовых) растений» (культивируемых в садовом насаждении при их рядовой посадке) понимается типичное, формируемое при посадке пространственно-плановое расположение растений, характеризующееся расстояниями между ними в рядах (L_p) и междурядьях ($B_{м/р}$). В садах с индустриальной технологией их культивирования («промышленных садах») схема их посадки характеризует взаимное расположение не менее четырех соседствующих деревьев, произрастающих в двух смежных рядах одного садового насаждения. Параметры схем посадки растений в садах должны приниматься с учетом исключения негативного влияния соседствующих растений в части затенения их крон, исключения их конкурентного за жизненное пространство и средства, обеспечивающие жизнедеятельность растительных организмов (влагу и потребляемые растениями минеральные вещества). И при этом взаимное размещение растений в садах должно отвечать современным потребностям агротехники их культивирования (культуры плодородия) и использования (производства уходовых работ и сбора урожая) и соответствовать требованиям по их продуктивности (по качеству и количеству плодовой продукции) и экономичности ведения садоводства. Схема размещения растений (в количественных ее показателях) описывается в виде обозначения $B_{м/р} \times L_p$

(например, $3,5 \times 3,0$ м) и определяет плановые размеры жизненного пространства, выделяемого для роста и развития растения в садовом насаждении при посадке («площади питания»), и плотность их размещения на единице площади (например, на 1 га).

В современном плодоводстве при культивировании интенсивных садовых насаждений на равнинных и пологосклоновых земельных участках применяется «прямоугольная схема размещения растений», предусматривающая плотное размещение растений в рядах при большем междурядовом расстоянии (т. е. $B_{м/р} > L_p$). К настоящему времени садоводами предложены схемы размещения яблоневых растений, культивируемых в промышленных садах, для широкого спектра их сорто-подвойных комбинаций, условий их возделывания и различных форм крон плодовых деревьев [3–8].

По Ю. В. Трунову и др. [3], схемы размещения плодовых деревьев в саду определяются размером крон, их сорто-подвойными комбинациями и шириной «светового и технологического коридора». По обобщению Н. М. Куренного и др. [4], ширина междурядий ($B_{м/р}$) в прямоугольных схемах размещения плодовых деревьев, произрастающих в промышленных садах южной зоны плодоводства, культивируемых на равнинных и пологосклоновых участках, может составлять 1,5–2,0 расстояния между растениями в ряду (L_p), т. е. $B_{м/р} = (1,5..2,0) \cdot L_p$. По мнению Н. М. Куренного и др. [4], при назначении ширины междурядий ($B_{м/р}$) и расстояний между растениями в ряду (L_p) «не должно быть излишней затененности растений», а «ширина междурядий должна быть не менее полуторной высоты деревьев». По рекомендациям Б. С. Гегечкори и др. [5], ширина «рабочего коридора» (обеспечивая свободный проход машин и механизмов) принимается в пределах 2,0–2,5 м. При «толщине (формируемой растением) плодовой стенки», составляющей 1,5–2,5 м (зависящей от сорто-подвойной комбинации культур и формы кроны), ширина междурядий может составить 3,5–5,0 м. По обобщению В. И. Будаговского, при выборе схем размещения плодовых древесных культур «руководствуются максимальным размером (диаметра крон и высоты деревьев), которого достигают отдельные сорта в саду» [8]. При этом необходимо учитывать природно-климатические условия района произрастания растений, так как в разных зонах садоводства и при разной технологии культивирования растения одного и того же сорта могут иметь разные значения морфометрических показателей их крон и соответствовать критериям как низко-, так и высокорослых. По В. И. Будаговскому [8], для южной зоны садоводства рекомендуются прямоугольные схемы посадки яблоневых культур с параметрами 7×5 м для полукарликовых яблоневых садов и 5×3 м для карликовых растений яблони.

При проектировании садов используются зональные схемы размещения древесных растений в садовых насаждениях. В связи с этим отметим, что даже для одной «южной плодородно-климатической зоны» в известных рекомендациях приводятся отличающиеся параметры схем посадки растений. Указанное обстоятельство объясняется наличием определенных отличий (в пределах даже одной природно-климатической плодородно-климатической зоны) условий произрастания яблоневых культур и отличий в видах выращиваемых районированных сортов растений и типах подвоев, что при обобщениях повлияло на количественные значения показателей $B_{м/р}$ и L_p . Указанное обстоятельство предопределило необходимость проведения анализа рекомендаций по назначению параметров схем размещения растений в садах с промышленной технологией их возделывания и выработки авторского подхода к их установлению.

Материалы и методы. Факторологическую основу обобщения составили рекомендации по зональным схемам размещения яблоневых культур в садовых насаждениях и данные обследования яблоневых садов в южной зоне Ростовской области.

Результаты и обсуждение. Обобщение рекомендаций по схемам размещения растений и данных обследований насаждений позволяет отметить следующее.

1 Схема размещения древесных плодовых растений определяет их взаимное расположение в индустриальных садовых насаждениях и характеризуется шириной междурядий ($B_{м/р}$), расстоянием (L_p) между отдельными растениями в ряду ($B_{м/р} \times L_p$).

2 К настоящему времени разработан ряд рекомендаций по выбору схем размещения плодовых древесных растений, культивируемых в индустриальных садовых насаждениях, для различных плодово-климатических зон и различных видов культур. При этом наряду со сходностью форм рекомендаций в различных публикациях для одной и той же («южной») зоны садоводства и одинаковых сорто-подвойных комбинаций растений по их рослости и форм крон имеют место отличия в рекомендуемых значениях ширины междурядий и расстояний между растениями в ряду.

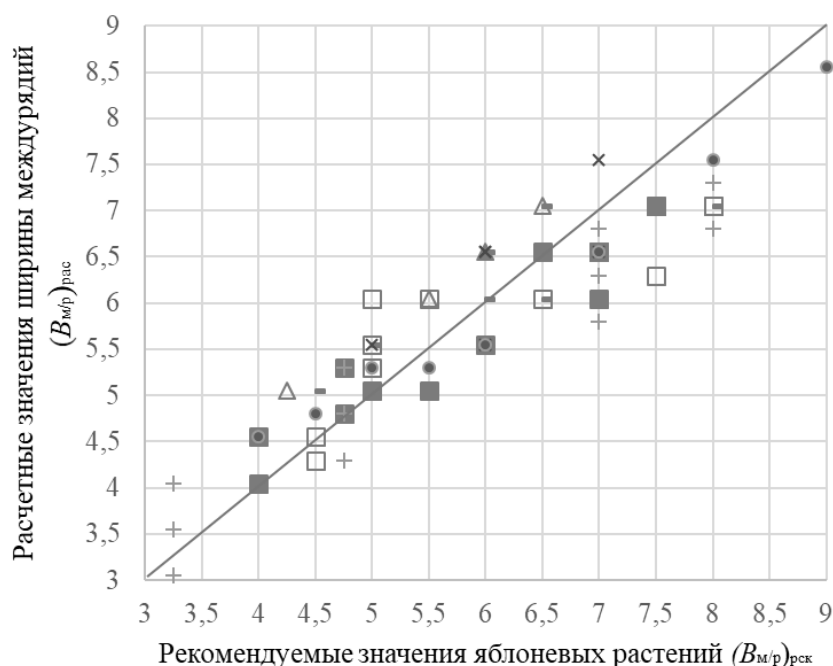
3 При разработке схем размещения деревьев в насаждении учитываются: природно-климатические условия территории; вид сорто-подвойных комбинаций древесных плодовых культур, характеризующихся сочетаниями рослости сорта и подвоя; агротехнические условия устройства садового насаждения. При этом в качестве определяющих факторов влияния принимаются: морфометрические параметры форм крон растений, требования по обеспечению размеров транспортного коридора и обеспечению лучшего освещения деревьев при допущении смыкания крон деревьев в ряду.

4 Известные рекомендации и подходы к определению количественных значений ширины между рядами и расстояний между растениями в ряду для деревьев с «естественно улучшенной» округлой формой кроны (при минимальной текущей обрезке ответвлений) учитывают виды сорто-подвойных комбинаций, характеризующиеся количественно неопределенными показателями, в качестве которых используются сочетания рослости сорта и подвоя в виде: «сильно- × сильнорослые», «сильно- × среднерослые», «средне- × среднерослые», «средне- × слаборослые», и другие сходные с ними двух- и однословные («сильнорослые», «среднерослые», «слаборослые», «карликовые») обобщающие названия яблоневых культур. Отсутствие количественных критериев данного фактора влияния затрудняет понимание инженерами-гидротехниками принципа формирования количественных значений соотношения $B_{м/р} \times L_p$ и имеющих место в рекомендациях значительных диапазонов возможных количественных флуктуаций этих параметров. Более строго подход к определению значений L_p и $B_{м/р}$ мог бы быть оформлен при замене словных названий значениями высоты (H_p) и (или) диаметра кроны ($D_{кр}$) растения, соответствующими определенному сорто-подвойному сочетанию для определенной зоны ведения садоводства. Тогда расстояние между растениями с округлой кроной в ряду составит $L_p = D_{кр}$, а междурядовое расстояние будет $B_{м/р} = D_{кр} + B_{т/к}$, где $B_{т/к}$ – ширина технологического (транспортного) коридора, соответствующая габариту применяемых машин и механизмов.

Статическая обработка известных предложений по значениям параметров $B_{м/р}$ и L_p позволила установить их функциональную взаимосвязь, описываемую зависимостью, м:

$$B_{м/р} = L_p \pm 2,55. \quad (1)$$

Приемлемость зависимости проиллюстрирована данными, приведенными на рисунке 1, в виде соотношения $(B_{м/р})_{рас} \Leftrightarrow (B_{м/р})_{рек}$, где $(B_{м/р})_{рас}$ – расчетные значения ширины междурядий по зависимости (1), а $(B_{м/р})_{рек}$ – рекомендуемые значения $B_{м/р}$, приведенные в работах разных авторов [3–5, 7, 8].



Δ – орошаемые сады (Б. С. Гегечкори); ▲ – неорошаемые сады (Б. С. Гегечкори);
□ – орошаемые сады (Н. М. Куренной); ■ – неорошаемые сады (Н. М. Куренной);
+ – по Ю. В. Трунову; – – по В. А. Потапову; × – по Н. П. Кривко; • – авторские данные

Рисунок 1 – Данные сопоставления рекомендуемых и расчетных значений расстояний между рядами яблоневых растений в садовых насаждениях

5 Принятые значения параметров схемы размещения растений ($B_{м/р}$ и L_p) позволяют установить объем ($W_{ж/п} = \omega_{пит} \cdot H_p$) и площадь (площадь питания $\omega_{пит} = B_{м/р} \cdot L_p$) жизненного пространства, приходящиеся на одно растение (один растительный организм). Из двух указанных характеристик среды обитания определяющим параметром является «площадь питания», под которой понимается площадь земельного участка, выделенного растению в насаждении при посадке для его произрастания или освоенного растением в процессе его роста и развития. В соответствии с вышеприведенным определением термина рассматривается выделенная растению и освоенная (фактически используемая) растением площадь питания. По данным В. А. Колесникова, для яблоневых культур необходимая (для обеспечения жизнедеятельности растений с округлой формой кроны и произрастающих на черноземах южной зоны плодородства) площадь питания для сортов на сильнорослых подвоях составляет для сильнорослых привоев $(35 \pm 3) \text{ м}^2$, для среднерослых $(34 \pm 2) \text{ м}^2$ и для слаборослых привоев $(23 \pm 2) \text{ м}^2$ [9].

Отметим, что площадь питания яблоневых растений зависит от генетических свойств и возраста культур (сорто-подвойной комбинации), климатических, почвенно-рельефных и других факторов влияния и может изменяться в широком диапазоне значений. В сложившейся практике организации территории садовых (древесно-плодовых) насаждений площадь питания растений (схема их взаимного расположения) принимается по морфометрическим показателям крон и с учетом создания благоприятных условий для фотосинтезирующей деятельности растительного организма. При таком подходе по существу устанавливается «площадь светового питания» («радиационного», «инсоляционного» или «солнечного» питания). В связи с этим отметим, что жизнедеятельность растения (как живого организма) определяется не только за счет продуктов синтезирующих процессов и использования солнечной (фотонной) энергии, но и качеством и количеством потребляемых минеральных веществ (воды и элементов минерального питания). Указанные элементы водно-минерального питания из почвогрунтового про-

странства добываются и поставляются в надземную часть растений корневой системой растения. Для эффективного функционирования корневой системы необходимы соответствующие условиям и потребностям растений «объем» и «площадь водно-минерального питания» («площадь минерального питания»). Рост, развитие и продуктивность плодовых растений определяются совокупностью, взаимосвязью и взаимозависимостью условий их светового и минерального питания. При несоответствии площадей питания, определенных по фотосинтезирующим показателям, т. е. площади инсоляционного питания, площадям корнеосвоенного почвенного пространства функционирование растения (как источника плодовой продукции) будет ограничено «лимитирующей площадью». Указанное обстоятельство предопределяет целесообразность достижения баланса условий для обеспечения фотосинтезирующей и «минерально-добывающей» деятельности растения, т. е. при соответствии продукционных показателей «световой» и «минеральной» площадей питания. В идеале площади питания, установленные по морфометрии кроны, должны соответствовать потребной площади питания, установленной по морфометрическим показателям корневых систем.

В связи с этим отметим, что наукой и практикой садоводства разработаны и используются технологии управления морфометрией кроновых и корневых систем (регулирования их морфометрических показателей) и условиями функционирования растений (их фотосинтезирующей и минерально-добывающей деятельностью). И в частности, для улучшения освещенности крон используется ориентированное по частям света расположение рядов растений, обрезка отрастающих ветвей и направленное формирование крон деревьев. Для улучшения условий функционирования корневых систем растений организуются поливы и внесение удобрений в зоны потребления воды и минеральных веществ корнями. И при всем при этом необходимое соответствие возможностей и условий указанных видов питания растений не всегда обеспечивается.

Применяемые схемы расположения древесных плодовых растений в насаждении предусматривают асимметричность формы «площади питания» с меньшими размерами по направлению ряда растений и большими размерами в междурядье (от полуторадо двукратного превышения размеров $B_{м/р}$ над размерами L_p). Указанное обстоятельство предопределяет неравномерность удаленности корней растения по указанным направлениям и соответствующую схему (прямоугольную, а точнее эллипсоидную, вытянутую в междурядное пространство) форму корневой системы. Это, в свою очередь, побуждает растение трансформировать форму и размеры корневой системы в соответствии с асимметричностью формы выделенного ему для произрастания участка.

Отметим, что плановые размеры корневых систем, как правило, превышают таковые для крон деревьев. Так, удаленность окончаний корней от корневой шейки яблоневых растений превышает удаленность окончаний ветвей кроны от ствола дерева в 1,5–2,5 раза, т. е. $D_k = (1,5..2,5) \cdot D_{кр}$, где D_k – диаметр корневой системы, а $D_{кр}$ – диаметр кроны древесного растения. При таких соотношениях удаленностей корней и ветвей крон и при схемах с расстояниями между растениями, равными диаметру кроны, и шириной междурядий, равной $B_{м/р} = D_{кр} + B_{т/к}$ м, имеются ограничения для распространения корневых ветвей как во вдольрядовом направлении, так и в междурядье. Отметим, что дефицит добываемых корневой системой влаги и элементов питания сдерживает развитие надземной части и продукционный потенциал.

Выводы

1 Используемые схемы размещения яблоневых растений в садах, культивируемых по индустриальным технологиям, разработаны с учетом параметров их крон и не обеспечивают условий для формирования их корневых систем, что не соответствует оптимальным условиям для роста, развития и продуктивности возделываемых культур.

2 Рассмотренные рекомендуемые к использованию в южной зоне плодоводства

схемы размещения яблоневых культур характеризуются отличиями в их количественных параметрах. Систематизация рекомендаций, авторских данных позволила предложить аппроксимирующую данные о количественных параметрах схем расчетную зависимость для определения величины ширины междурядий.

Список использованных источников

- 1 Васильев, С. М. Дождевание / С. М. Васильев, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 352 с.
- 2 Колганов, А. В. Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора: терминолог. слов. / А. В. Колганов, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин; под ред. В. Н. Щедрина. – В 2 ч. Ч. 1 (А–Н). – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 422 с.
- 3 Трунов, Ю. В. Плодоводство / Ю. В. Трунов, Е. Г. Самощенко, Т. Н. Дорошенко; под ред. Ю. В. Трунова, Е. Г. Самощенко. – М.: КолосС, 2012. – 415 с.
- 4 Куренной, Н. М. Плодоводство / Н. М. Куренной, В. Ф. Колтунов, В. И. Черепакхин. – М.: Агропромиздат, 1985. – 399 с.
- 5 Гегечкори, Б. С. Плодоводство: курс лекций. Ч. 3. Закладка плодовых насаждений и технология производства плодов / Б. С. Гегечкори. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 49 с.
- 6 Плодоводство: учеб. пособие / Н. П. Кривко, В. В. Чулков, В. В. Турчин, Е. В. Агафонов; под ред. Н. П. Кривко. – СПб.: Лань, 2014. – 416 с.
- 7 Плодоводство / В. А. Потапов, В. В. Фаустов, Ф. Н. Пильщиков, А. С. Ульянцев, Е. Г. Самощенко, Ю. В. Крысанов, Н. П. Гладышев, Н. В. Пильщикова, Ю. В. Трунов; под ред. В. А. Потапова, Ф. Н. Пильщикова. – М.: Колос, 2000. – 432 с.
- 8 Будаговский, В. И. Промышленная культура карликовых плодовых деревьев / В. И. Будаговский. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 383 с.
- 9 Колесников, В. А. Корневая система плодовых и ягодных растений / В. А. Колесников. – М.: Колос, 1974. – 509 с.

УДК 631.67:504.064.36

М. Н. Лытов

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

ПОДХОДЫ К ОПТИМИЗАЦИИ КОМПЛЕКСА АГРОТЕХНОЛОГИЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Целью исследований является разработка методологических подходов к оптимизации комплекса агротехнологий для обеспечения благоприятных условий водного питания сельскохозяйственных растений в условиях органического сельского хозяйства. Методология исследований опирается на анализ известных приемов регулирования водного обмена на сельскохозяйственном поле с формализацией целевых и технологических функций на уровне математической абстракции. Использование системного подхода обеспечивает наиболее полный учет ограничений на применение технологий в условиях органического сельского хозяйства. По результатам исследований сформулированы целевая и технологические функции, позволяющие системно оценивать комплексное влияние технологий на различные факторы жизни растений. Использование системы технологических уравнений в соответствии с поставленной целевой функцией позволяет получить оптимальные решения по агротехнологическому комплексу возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающие благоприятные условия водного питания растений при соблюдении ограничений, накладываемых спецификой производства органической продукции.

Ключевые слова: водный режим; комплексы агротехнологий; методология оптимизации; целевая и технологическая функции; органическое сельское хозяйство.

M. N. Lytov

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

APPROACHES TO OPTIMIZATION OF THE AGROTECHNOLOGIES COMPLEX FOR REGULATING SOIL WATER REGIME DURING ORGANIC FARM PRODUCTION

The aim of the research is to develop methodological approaches to optimize the complex of agricultural technologies to ensure favorable conditions for water nutrition of agricultural plants in organic agriculture. The research methodology is based on the analysis of known methods for regulating water exchange in an agricultural field with the formalization of target and technological functions at the level of mathematical abstraction. The use of systematic approach provides the most complete account of restrictions on the technologies application in organic agriculture. Based on the results of the research, the target and technological functions have been formulated, which make it possible to assess systematically the complex effect of technologies on various factors of plant life. The use of technological equation system in accordance with the set target function allows obtaining optimal solutions for the agro-technological complex of agricultural crops cultivation, providing favorable conditions for plants water nutrition while observing the restrictions imposed by the specifics of organic production.

Key words: water regime; complexes of agricultural technologies; optimization methodology; target and technological functions; organic farming.

Введение. Создание оптимального режима водообеспечения сельскохозяйственных растений является одним из проблемных факторов организации производства на принципах органического сельского хозяйства в зонах неустойчивого и недостаточного увлажнения [1–3]. В России засушливым климатом характеризуется преобладающая часть аграрных регионов. Коренным способом увеличения продуктивности и стабильного получения высоких урожаев в условиях засухи является орошение [4, 5]. Однако оросительные мелиорации, как правило, нога в ногу идут с интенсификацией сельскохозяйственного производства. Применяются повышенные дозы минеральных (в т. ч. синтетических) удобрений, обеспечивающие синергетический рост урожайности и приемлемую рентабельность производства, требуется расширенный спектр мер по защите растений, включающий применение высокотоксичных химических соединений, изменяется динамика образования и минерализации почвенной органики. Хотя прямого запрета на орошение в органическом сельском хозяйстве нет, совокупность указанных выше факторов делает практическое применение гидротехнических мелиораций весьма и весьма проблематичным. Цель исследований состоит в разработке методологических подходов к оптимизации комплекса агротехнологий для обеспечения благоприятных условий водного питания сельскохозяйственных растений в условиях органического сельского хозяйства.

Материалы и методы. Органическое сельское хозяйство в решении проблемы оптимального водного питания растений как никакая другая система земледелия опирается на системный подход [6]. Ставка делается не на один, а на целую совокупность агротехнических факторов, обеспечивающих сбор, сохранение и рациональное использование водных ресурсов. Мелиоративные технологии как технический регулятор водного режима земель в этой системе являются одним из равных компонентов, использование которых ограничивается требованиями к производству в условиях органического сельского хозяйства. Методология исследований базируется на анализе имеющихся тех-

нологий регулирования водного режима почвы, применяемых в соответствии с принципами органического земледелия, с формализацией целевых и технологических функций на уровне математической абстракции [2, 4, 6, 7]. При этом целевая функция формулирует задачи достижения определенного уровня по критериям – факторам жизни растений, регулирование которых подразумевается технологией. В свою очередь технологические функции определяют параметры, используемые в целевой функции, формируемые во взаимосвязи с используемой технологией, а также в зависимости от режима применения технологии.

Результаты и обсуждение. Условия оптимального водного питания растений в первую очередь определяются доступностью почвенной влаги растениям, причем параметр этот следует рассматривать в динамике, как непрерывно изменяющуюся величину. Доступность почвенной влаги зависит от уровня ее содержания в почве, свойств самой почвы и биологических особенностей растений. Свойства почвы в значительной мере определяют степень связанности почвенной влаги и ту силу, которая необходима для отбора влаги корнями растений. Но эти – водные – характеристики почвы имеют существенно меньшую динамику в сравнении с динамикой уровня содержания почвенной влаги; их, безусловно, необходимо учитывать, но в долгосрочных моделях мелиоративного режима земель. Уровень почвенного влагосодержания наиболее динамично изменяется в течение всего вегетационного периода растений, чем преимущественно и определяются условия водного питания для каждого конкретного вида растений. Растения имеют собственную регуляторную (адаптационную) функцию относительно потребления почвенной влаги. Эта функция позволяет им приспосабливаться и без ущерба физиологической активности отбирать почвенную влагу при определенном диапазоне влагосодержания. Этот диапазон и характеризует условия оптимального водного питания сельскохозяйственных растений. Формально условие оптимального водного режима почвы можно записать в виде:

$$\beta_{\min} < \beta_{\text{opt}} < \beta_{\max} \text{ или } \beta_{\text{opt}} \in [\beta_{\min}; \beta_{\max}],$$

где $\beta_{\min}$ – минимальный уровень оптимального диапазона содержания почвенной влаги;

β_{opt} – оптимальный уровень содержания почвенной влаги;

$\beta_{\max}$ – максимальный уровень оптимального диапазона содержания почвенной влаги.

Тогда отклонение фактических условий водообеспечения от оптимальных определится разностью:

$$\Delta\beta = \beta_a - [\beta_{\min}; \beta_{\max}],$$

где β_a – актуальный (фактический) уровень содержания почвенной влаги.

При этом если фактический уровень почвенного влагосодержания меньше оптимального диапазона, то $\Delta\beta$ определится как разность:

$$\Delta\beta = \beta_a - \beta_{\min},$$

а если больше оптимального диапазона, то:

$$\Delta\beta = \beta_a - \beta_{\max}.$$

Если фактический уровень влагосодержания β_a находится внутри диапазона $[\beta_{\min}; \beta_{\max}]$, то условия водного питания растений признаются оптимальными, а отклонение $\Delta\beta$ принимается равным нулю.

Мера оптимальности водного режима может быть представлена среднеквадратичным отклонением влажности почвы от видоспецифически оптимального диапазона влагосодержания:

$$K_{\beta} = \sqrt{\frac{\Delta\beta^2}{n-1}},$$

где K_β – величина среднеквадратичного отклонения влажности почвы от оптимального для возделываемой культуры уровня.

Тогда целевую функцию комплекса агротехнологий, направленных на создание оптимальных условий водного питания сельскохозяйственных растений, можно записать как:

$$F_\beta^T = \min_{\sum Pr_j \rightarrow 0} K_\beta, \quad (1)$$

где F_β^T – целевая функция разрабатываемого технологического комплекса относительно создания оптимальных условий водного питания растений;

Pr_j – затраты j -го вида ресурсов на реализацию технологии (технологического комплекса).

Фактический уровень влагосодержания почвы определяется поступлением метеорологически обеспеченной влаги, ресурсов влаги регулятора гидромелиоративных технологий, различного рода водообменными процессами в над- и подпочвенном пространстве, а также расходом влаги на физическое испарение с поверхности почвы и транспирацию растений:

$$\begin{aligned} \beta_a &= f((\Delta W_R - ET_{crop} + \Delta W_{MS} \pm \Delta W_{SG}); \sum S_i^F) \\ &\text{или} \\ \beta_a &= f((\Delta W_R - ET_{crop} + \Delta W_N); \sum S_i^F), \end{aligned} \quad (2)$$

где ΔW_R – ресурсы влаги, обеспечиваемые регулятором гидромелиоративных технологий;

ET_{crop} – суммарное водопотребление;

ΔW_{MS} – метеорологически обеспеченная влага;

ΔW_{SG} – суммарный вектор почвенно-гидрологических водообменных процессов;

S_i^F – почвенный фактор i -го порядка, характеризующий водные и физические свойства почвы;

ΔW_N – суммарный вектор процессов водообмена, образуемый совокупностью факторов географически локализованного природного (нерегулируемого) характера.

Как видно из приведенного выражения, гидромелиоративные технологии в общем и орошение в частности являются лишь одним из звеньев в системе факторов, определяющих актуальную (фактическую) влажность почвы. Другие точки приложения агротехнологий – регулирование компоненты ET_{crop} , а также оптимизация совокупности факторов S_i^F . Регулирование этих компонентов, определяющих в совокупности актуальный уровень влагосодержания почвы, посредством применяемых агротехнологий формализованно можно представить в виде следующей системы уравнений:

$$\begin{aligned} \Delta W_R &= \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{WR}(T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr), \\ ET_{crop} &= \sum_{j=1}^{j=n} f_j^{ET_{crop}}(T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr), \\ S_i^F &= \sum_{i,j=1}^{i=m, j=n} f_{i,j}^{S_i^F}(T_j \cdot \int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr), \end{aligned}$$

где f_j^{WR} – функции j -й технологии как техногенного источника дополнительного ресурса влаги;

T_j – технология, предполагающая влияние на вышеперечисленные процессы;

$\int_{Pr=0}^{Pr_{thr}} Pr$ – функция регуляции интенсивности технологии при затратах производ-

ственных ресурсов от нуля ($Pr = 0$) до порогового уровня (Pr_{thr});

$f_j^{ET_{crop}}$ – функции воздействия j -й технологии как регулятора потерь влаги на испарение и транспирацию;

$f_{i,j}^{S_i^F}$ – функции воздействия j -й технологии на i -й почвенный фактор S_i^F .

Использование системы уравнений с учетом выражения (2) и в соответствии с поставленной целевой функцией (1) позволяет получить оптимальные решения по агротехнологическому комплексу возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающие благоприятные условия водного питания растений при соблюдении ограничений, накладываемых спецификой производства органической продукции.

Подтвердившие уже сегодня свою эффективность технологии регулирования водного обмена на сельскохозяйственном поле при производстве органической продукции включают систему мероприятий, в совокупности позволяющих максимально использовать влагу естественных осадков, минимизировать затраты воды на физическое испарение и – с особой осторожностью – использовать некоторые способы орошения. Повышение эффективности сбора влаги атмосферных осадков предполагает проведение различных мероприятий, направленных на улучшение водно-физических свойств почвы; в этом плане используются региональные системы обработки почвы, большое значение имеет насыщение почв органикой, которая увеличивает их вододерживающую способность, важно предотвращать возможность переуплотнения поверхности почвы в течение вегетационного периода сельскохозяйственных растений. Большое значение имеет степень выравненности поверхности почвы, для повышения которой могут применяться капитальные планировки; при наличии микрорельефа или уклонов эффективным является профилирование поверхности почвы в совокупности с поделкой внутрпочвенных щелей. В этом плане могут использоваться борозды или гребневое профилирование поверхности почвы, поделка гряд, лунок, полулунок (на склоновых поверхностях).

Снижение физического испарения влаги с поверхности почвы обеспечивается мульчированием. Мульча также предотвращает образование корок на поверхности почвы, что существенно повышает ее впитывающую способность. Другим способом сокращения эвапотранспирации сельскохозяйственного поля является снижение ветровой активности, в частности путем формирования кулис, искусственных ограждений, лесных полос и т. д. Известны технологии изменения альбеда растительного покрова, что положительно влияет на гидротермический режим и снижает эвапотранспирацию сельскохозяйственного поля. Технология предусматривает использование известкования, что допускается регламентом производства органической продукции.

К сожалению, не всегда указанная система мероприятий способна компенсировать дефицит водного питания сельскохозяйственных растений. Коренным решением проблемы является использование орошения. Среди различных способов орошения в органическом сельском хозяйстве предпочтение отдается капельному. Вода при таком способе полива подается непосредственно в прикорневую зону сельскохозяйственных растений, не имеет кинетической энергии и не уплотняет поверхность почвы. Междурядья остаются сухими, что предотвращает всходы и рост сорных растений. Вода, используемая для капельного орошения, проходит несколько этапов очистки, что заведомо исключает возможность попадания семян сорняков при поливе, как это свойственно другим способам орошения. Вегетативная часть сельскохозяйственных растений не увлажняется, что сокращает риски распространения болезней растений. Благодаря этим качествам капельное орошение создает возможность производства сельско-

хозяйственной продукции без химии, что принципиально важно для органического сельского хозяйства.

Заключение. Исследованиями формализованы условия оптимизации комплекса агротехнологий для регулирования водного режима почвы при организации производства органической продукции. Сформулированы целевая и технологические функции, позволяющие системно оценивать комплексное влияние технологий на различные факторы жизни растений и зависимость целевых критериев от совокупного действия ряда технологий из состава проектируемого технологического комплекса. Использование системы технологических уравнений в соответствии с поставленной целевой функцией позволяет получить оптимальные решения по агротехнологическому комплексу возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающие благоприятные условия водного питания растений при соблюдении ограничений, накладываемых спецификой производства органической продукции.

Список использованных источников

1 Состояние, перспективы и проблемы развития органического сельского хозяйства в Словакии и России / С. В. Щукин, А. М. Труфанов, М. Лацко-Бартошова, В. И. Дорохова // Вестник АПК Верхневолжья. – 2020. – № 1(49). – С. 17–21.

2 Перспективы развития органического сельского хозяйства России и Монголии на основе биотехнологий / В. А. Кундиус, Г. Гантулга, Н. Баярсүх, Б. Дэмид // Grand Altai Research & Education. – 2020. – № 1(12). – С. 63–74.

3 Саменбетова, Д. С. Органическое сельское хозяйство в условиях участия России в ВТО: анализ, проблемы и перспективы / Д. С. Саменбетова, О. Ю. Патласов // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2019. – № 2(36). – С. 212–222.

4 Бородычев, В. В. Современные алгоритмы создания интенсивного кормопроизводства в условиях орошения / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 2(46). – С. 20–28.

5 Щедрин, В. Н. Концептуально-методологические принципы (основы) стратегии развития мелиорации как национального достояния России / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(33). – С. 1–11. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=983>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11.

6 Аллахвердиев, С. Р. Современные технологии в органическом земледелии / С. Р. Аллахвердиев, В. И. Ерошенко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 1-1. – С. 76–79.

7 Кирейчева, Л. В. Мировой опыт эффективного использования водных ресурсов в сельском хозяйстве / Л. В. Кирейчева, И. В. Глазунова // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2010. – № 6(30). – С. 72–77.

УДК 631.6.006

А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин, А. А. Кириленко, В. В. Слабунов

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

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТОВ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Целью исследования является разработка структурной систематики нормативно-методического обеспечения в области мелиорации земель. Построение структуры проводили, опираясь на законодательную базу РФ, а также путем использования материалов по стандартизации. Методы обработки исходной информации: ана-

лиз, синтез, логика и обобщение. Для установления функциональной взаимосвязи между объектами стандартизации в области мелиорации необходимо прибегнуть к единому принципу классификации, подразделяя их на: систему, подсистему, комплекс и направление нормирования. Описание и регламентация классификационной группы стандартизации может осуществляться с помощью набора нормативных документов, объединенных общими классификационными признаками и функциональным значением. Среди них выделяют национальные стандарты, своды правил, а также положения по организации и технологии производства мелиоративных мероприятий и работ. Состав системы предполагает разработку нормативных документов согласно ГОСТ Р 1.0-2012 и Федеральному закону № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Приведенная в статье система документов по стандартизации в области мелиорации земель представляет собой единую и упорядоченную совокупность взаимосвязанных нормативных документов в области мелиорации земель и требований к ним, применяемых на всех этапах жизненного цикла мелиоративных объектов и выполнения мелиоративных мероприятий в целях защиты прав и охраняемых законом интересов потребителей, общества и государства.

Ключевые слова: стандартизация; система; структура; нормативный документ; объект стандартизации; мелиоративный объект.

A. L. Kozhanov, O. V. Voevodin, A. A. Kirilenko, V. V. Slabunov

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

STANDARDIZATION DOCUMENT SYSTEM STRUCTURE IN THE FIELD OF LAND RECLAMATION

The aim of the study is to develop a structural systematics of regulatory and methodological support in the field of land reclamation. The structuring was carried out on the basis of the legislative base of the Russian Federation, as well as by the use of standardization materials. Initial information processing methods are analysis, synthesis, logic and generalization. To determine a functional relationship between the standardization objects in the field of land reclamation, it is necessary to resort to a single principle of classification, dividing them into: system, subsystem, complex and direction of standardization. Description and regulation of the classification standardization group can be carried out using a set of regulatory documents, united by common classification features and functional meaning. Among them there are national standards, sets of rules, as well as provisions on the organization and technology of production of reclamation measures and works. The composition of the system involves the development of regulatory documents in accordance with GOST R 1.0-2012 and Federal Law no. 162-FZ "On Standardization in the Russian Federation". The system of documents on standardization in the field of land reclamation given in the article is an integration and ordered set of interrelated regulatory documents in the field of land reclamation and requirements for them, applied at all stages of the life cycle of reclamation facilities and the implementation of reclamation measures to protect the rights and legally protected interests of consumers, society and the state.

Key words: standardization; system; structure; regulatory document; standardization object; reclamation object.

Введение. Существующая в данный момент база документов по стандартизации в области мелиорации разрабатывалась еще в 70-е гг. прошлого столетия, в значительной степени устарела и не соответствует сегодняшним реалиям. В частности, не соответствует требованиям Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [1, 2]. В современной социально-экономической обстановке требуется обоснова-

ние и развитие системы стандартизации в мелиоративном комплексе с необходимостью унификации, обобщения и доступности новых результатов исследований и разработок в мелиоративной отрасли в форме нормативно-технической документации. Отсутствие в настоящее время единых подходов к разработке и внедрению нормативных документов системы стандартизации в мелиоративном комплексе сужает потенциал эффективного использования имеющихся ресурсов, стратегического планирования, контроля мероприятий и технологий в мелиоративной области [3–5].

Выработка и организация современной системы стандартизации в мелиоративном комплексе даст толчок использованию единых важнейших методических подходов к разработке и совершенствованию документов по стандартизации, созданию системы управления качеством [2].

В монографии В. Н. Щедрина и др. [6] приводятся основные принципы и задачи развития национальной системы стандартизации, которые следует учитывать при разработке системы стандартизации в области мелиорации.

Материалы и методы. В качестве исходных материалов использовались: законодательная база РФ, база документации по стандартизации и труды российских исследователей в области стандартизации. В качестве методов обработки исходной информации и разработки структуры системы документов по стандартизации использовались: анализ, синтез, логика и обобщение.

Результаты и обсуждение. Выбор объектов стандартизации в области мелиорации земель осуществляется на основе единых принципов их классификации, систематизации и структурирования с учетом обязательного установления функциональной взаимосвязи между ними и возможности расширения их номенклатуры.

Структура системы документов по стандартизации в мелиорации земель подразделяется на систему, подсистемы, комплексы и направления нормирования.

Система подразделяется на подсистемы по типам мелиорации земель [7]:

- техническая мелиорация;
- земельная мелиорация;
- водная мелиорация;
- воздушная мелиорация;
- растительная мелиорация;
- химическая мелиорация;
- зоологическая мелиорация;
- другие виды мелиораций.

К подсистемам системы могут предъявляться как обязательные, так и добровольные требования.

К комплексам системы относятся основные и вспомогательные объекты стандартизации.

Основные объекты стандартизации и нормирования в системе:

- продукция (природные объекты (мелиорируемые земли и водные ресурсы), технические объекты (мелиоративные системы, сооружения мелиоративного назначения и оборудование));

- процессы (мелиоративные мероприятия);
- резерв.

Вспомогательные объекты стандартизации и нормирования в системе:

- терминология;
- условные обозначения;
- технормирование;
- классификация;
- маркировка;
- исследования (испытания) и измерения объекта;

- методы исследований (испытаний) и измерений объекта;
- методы контроля;
- правила;
- резерв.

Направлениями нормирования в системе являются процессы, применяемые к основным объектам стандартизации в соответствии с их жизненным циклом, например, эксплуатация мелиоративных объектов и изделий, проектирование (изыскания) мелиоративных объектов и изделий, производство (строительство и изготовление) мелиоративных объектов и изделий.

Система формируется как открытая для дальнейшего развития единой системы правил и стандартов, а также других нормативных документов в области мелиорации земель, разрабатываемых на общей методической и научно-технической основе.

Формирование состава и численности стандартов и других видов нормативных документов для каждого комплекса и направления нормирования должно увязываться с реальными потребностями.

Каждая классификационная группа объектов стандартизации в области мелиорации земель может описываться и регламентироваться набором нормативных документов, объединенных общими классификационными признаками и функциональным назначением.

В составе системы разрабатываются нормативные документы согласно ГОСТ Р 1.0-2012 и ст. 14 Федерального закона № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации».

В национальных стандартах системы в зависимости от их классификационной группы устанавливают требования к нормативной, проектной, технологической и другим видам документации в области мелиорации земель, требования к терминологии в области мелиорации земель, требования к размерной и функциональной совместимости и взаимозаменяемости мелиоративных объектов, контролируемые характеристики и параметры, классификации мелиоративных мероприятий и объектов, общие требования (положения) к группам однородной продукции мелиоративных объектов и сырья, строительных материалов (изделий), объемно-планировочные и конструктивные решения мелиоративных объектов.

В случае, когда в развитие технических регламентов или объектов технического регулирования в области мелиорации земель нет национальных стандартов, то необходимо рассматривать вопрос разработки свода правил.

Своды правил разрабатываются с условием обеспечения соблюдения обязательных требований технических регламентов и должны содействовать удовлетворению потребностей общества. В сводах правил отражают технологии и правила выполнения мелиоративных мероприятий на всех стадиях жизненного цикла мелиоративных объектов (инженерные изыскания, проектирование, строительство, эксплуатация), методы контроля (измерений и испытаний), правила приемки мелиоративных объектов и мероприятий, методы контроля при производстве сырья, строительных материалов либо изделий, а также методы проектирования и расчета мелиоративных объектов. В положениях сводов правил можно включать извлечения из обязательных положений технических регламентов, в развитие которых эти своды правил разрабатываются.

Стандарты различных организаций вводят для использования в данной организации положений по организации и технологии производства мелиоративных мероприятий и работ, обеспечению выполнения мелиоративных мероприятий, качества продукции, а также для распространения и использования полученных в области мелиорации знаний, результатов исследований (испытаний), измерений и разработок.

В составе нормативных документов следует предусматривать положения, определяющие эксплуатационные характеристики мелиоративных объектов, сырья, строи-

тельных материалов (изделий), которые должны быть обеспечены на всех стадиях жизненного цикла мелиоративных объектов.

Вне зависимости от формы, размеров, применяемых материалов или технологии производства, а также конструктивного устройства эксплуатационные положения должны быть созданы по требованиям потребителей и устанавливаться в соответствии с различными условиями эксплуатации мелиоративных объектов или уровнями потребностей.

В документах по стандартизации необходимо предусмотреть метод контроля и оценки степени удовлетворения соответствующей потребности для любой эксплуатационной характеристики. При невозможности прямого нормирования обязательных эксплуатационных характеристик, а также в случае отсутствия методов контроля данные характеристики могут регламентироваться косвенно – путем определения соответствующих описательных положений. Разрабатываемые документы системы не должны нарушать положений, установленных законодательством РФ.

Заключение. Приведенная в статье система документов по стандартизации в области мелиорации земель представляет собой единую и упорядоченную совокупность взаимосвязанных нормативных документов в области мелиорации земель и требований к ним, применяемых на всех этапах жизненного цикла мелиоративных объектов и выполнения мелиоративных мероприятий в целях защиты прав и охраняемых законом интересов потребителей, общества и государства. Разработанная система документов, утвержденная как национальный стандарт, позволит обеспечить применение единых методических подходов к формированию и разработке отраслевого информационного фонда нормативно-методических документов в области мелиорации земель.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Принципы и подходы к формированию нормативной базы мелиоративного комплекса России / В. Н. Щедрин, В. В. Слабунов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2011. – № 3(03). – 15 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=447>.

2 Принципы и подходы к формированию системы документов в области стандартизации мелиоративного комплекса: науч. обзор / В. В. Слабунов, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, С. Л. Жук; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2012. – 52 с.

3 Кожанов, А. Л. Современное состояние обеспечения документацией в области стандартизации по проектированию мелиоративных объектов / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 3(59). – С. 65–68.

4 Воеводин, О. В. Современное состояние системы стандартизации в мелиоративном комплексе / О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 4(60). – С. 26–29.

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

6 Техническое регулирование в мелиорации: проблемы и решения: монография / В. Н. Щедрин [и др.]; ФГНУ «РосНИИПМ». – М.: Мелиоводинформ, 2009. – 247 с.

7 Классификация мелиоративных мероприятий и работ / С. М. Васильев, В. Н. Щедрин, В. В. Слабунов, А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин, А. С. Штанько, С. Л. Жук; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2019. – 39 с. – Деп. в ВИНТИ РАН 17.01.19, № 4-B2019.

УДК 633.2.038

К. Ю. Трубакова

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

ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАТИВНО-КОРМОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ФИТОПРОДУКТИВНОСТЬ ПАСТБИЩ В ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЕ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

*Цель исследований – изучить влияние мелиоративно-кормовых насаждений на фитопродуктивность пастбищ без участия и с участием кустарникового яруса, представленного *Eurotia ceratoides* (L.) С. А. Меу. В результате двухлетних исследований анализ соотношения пастбищной нагрузки (с учетом периода года) и возможности бездеградационного изъятия фитомассы показал, что наилучший прирост и наибольшая фитопродуктивность при имитации стравливания получены на черноземовидном супесчаном субстрате на пастбище летнего типа (вариант житняка + овсяницы + люцерны): без участия кустарникового яруса – 5,3 т/га, с участием – 6,9 т/га. Наименьшая фитопродуктивность сухой массы отмечена на бажиганских песках на весенне-летнем пастбище (вариант житняка + пырея + костра): без участия кустарникового яруса – 1,3 т/га, с участием – 2,0 т/га. Исследованиями установлено, что стравливание животным 2/3 и более фитомассы растений приводит к деградации растительного покрова. Следовательно, необходимо произвести расчет допустимой пастбищной нагрузки в зависимости от его типа, вегетационного периода развития растений, погодных условий и плодородия почв. Выбранные травосмеси на разных типах пастбищ показали положительную динамику по приросту, продуктивности и устойчивости в засушливых условиях зоны Нижнего Поволжья.*

Ключевые слова: мелиоративно-кормовые насаждения; пастбища; фитопродуктивность; ярусность; засушливая зона; Нижнее Поволжье.

К. Yu. Trubakova

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

IMPACT OF RECLAMATION AND FODDER PLANTINGS ON PASTURE PHYTOPRODUCTIVITY IN THE ARID ZONE OF THE LOWER VOLGA REGION

*The aim of the research is to study the effect of reclamation and fodder plantations on pasture phytoproductivity with and without shrub layer participation of the represented by *Eurotia ceratoides* (L.) S. A. Mey. As a result of two-year studies, the analysis of the ratio of pasture load (taking into account the period of the year) and the possibility of non-degradation removal of phytomass showed that the best growth and the highest phytoproductivity when imitating grazing were obtained on a chernozem-like sandy loam substrate on a summer-type pasture (variant of wheatgrass + blue grass + alfalfa): without the shrub layer – 5.3 t/ha, with the shrub layer – 6.9 t/ha. The lowest phyto productivity of dry matter was noted on the Bazhigan sands on the spring-summer pasture (wheatgrass + blue grass+ brome): without the shrub layer – 1.3 t/ha, with the shrub layer – 2.0 t/ha. Studies have shown that grazing by animals of 2/3 or more of the plants phytomass leads to degradation of the vegetation cover. Therefore, it is necessary to calculate the permissible grazing load depending on its type, vegetation period of plant development, weather conditions and soil fertility. The selected grass mixtures on different types of pastures showed a positive trend in growth, productivity and stability in arid conditions in the Lower Volga region.*

Key words: reclamation and fodder plantings; pastures; phyto-productivity; stratification; arid zone; Lower Volga region.

Введение. С каждым годом антропогенное воздействие на пастбищные экосистемы приобретает все большие масштабы и обостряет уже сложившиеся природно-экологические проблемы [1]. Бессистемный выпас животных на пастбище приводит к уменьшению биоразнообразия растительных сообществ, замене высокопитательных растений на малопоедаемые, ухудшению почвенного плодородия и ко многим другим проблемам, которые выходят далеко за пределы интересов животноводства [2]. Деградация земель сопровождается дефляцией, засолением, эрозией почв, что в свою очередь порождает деструкцию природных экосистем и ухудшение экологической обстановки.

Современное состояние сельскохозяйственных угодий не позволяет стабильно обеспечивать засушливые регионы высококачественной кормовой базой. Решением теоретических и прикладных проблем адаптивного природопользования в аридной зоне РФ является усовершенствование и создание технологии мелиорации с учетом адаптивно-ландшафтного природопользования, предусмотренного национальными программами действий по борьбе с опустыниванием и деградацией земель [1]. Эколого-экономически эффективным способом восстановления деградированных пастбищ и повышения их продуктивности является лесо- и фитомелиорация, в частности конструирование мелиоративно-кормовых насаждений.

Материалы и методы. Объекты исследований представляют собой пастбищные мелиоративно-кормовые насаждения, созданные на вегетационных площадках гидрологического комплекса ФНЦ агроэкологии РАН. Для проведения исследований были выбраны основные полупустынные и степные почвенные субстраты, на которых смоделированы пастбища весенне-летнего, летнего и летне-осеннего типов использования [3, 4]. Почвенные субстраты представлены черноземовидной супесью, кумскими и бажиганскими песками. Делянки размером 1,75 × 3,60 м.

Закладка опытов и наблюдения за ростом и продуктивностью растений проводились по общепринятым методикам [5, 6]. Конструкции пастбищных экосистем представлены полидоминантными фитоценозами, сочетанием многолетних трав с кустарниками [7]. Посевы представлены четырехлетними смесями злаковых, злаково-бобовых и злаково-полынно-бобовых видов. Основу травосмесей составляют: *Agropyron elongatum* (Host.) P. B., *Bromus inermis* Leyss., *Agropyron cristatum* L., *Festuca pratensis* Huds., *Artemisia arenaria* D. C., *Medicago sativa* L. Кустарниковый ярус представлен *Eurotia ceratoides* (L.) C. A. Mey. С учетом пастбищного периода состав травосмесей варьируется: весенне-летний тип (житняк + пырей + костер); летний тип (житняк + овсяница + люцерна); летне-осенний тип (житняк + полынь + люцерна) [3].

Учет урожайности фитоценоза проводили укосным методом на всех вегетационных площадках искусственно созданных моделей пастбищ, учитывая сезонность и ярусность. После изъятия 1/3, 1/2, 2/3 части фитомассы проводили замер высоты растений, анализируя тем самым наилучший прирост через определенные временные интервалы.

Результаты и обсуждения. Погодные условия 2018 г. можно охарактеризовать как экстремально нестабильные. Температура в мае и июне поднималась до 30–33 °С. Сумма осадков за этот период составила 13 мм. При этом сумма осадков июля этого же года достигла рекордных 126 мм.

Вегетационный период 2019 г. был более благоприятным. Сумма осадков за апрель и май составила 58,9 мм (в апреле – 27,2 мм, в мае – 31,7 мм). Отклонение температуры от нормы было в пределах 0,5 °С. В начале апреля зафиксирован температурный максимум +4 °С, в мае максимум зафиксирован на отметке +26,4 °С.

Анализ двухлетних исследований показал, что лучший результат по приросту и продуктивности растений получен на черноземовидном почвенном субстрате. Фитопроductивность сухой массы травянистого яруса в среднем составила 4,6 т/га, а травянисто-кустарникового – 5,8 т/га. Наименьшие средние показатели получены на бажиганских песках: травянистый ярус – 1,6 т/га, травянисто-кустарниковый – 2,5 т/га (рисунок 1).

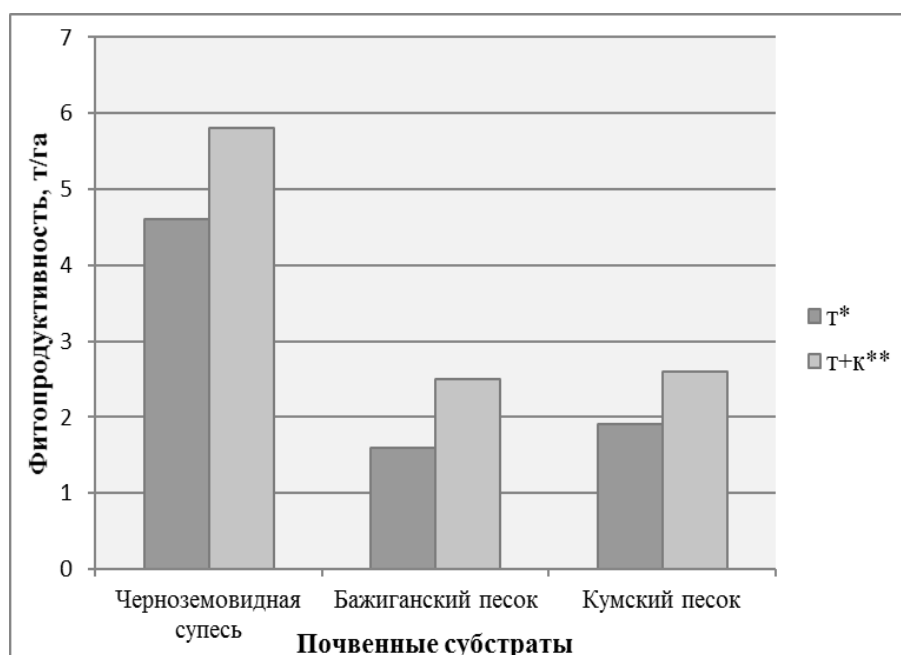


Рисунок 1 – Среднегодовая фитопродуктивность пастбищ на различных почвенных субстратах с учетом ярусности (т* – травянистый ярус; т + к – травянисто-кустарниковый ярус)**

Прирост злаковых видов при разных долях изъятия фитомассы учитывался с учетом ярусности. По результатам 2018–2019 гг. наибольший прирост фитомассы по высоте отмечен на пастбищах летнего типа с черноземовидным супесчаным субстратом. На рисунке 2 представлены средние показатели динамики отрастания фитомассы злаковых трав.

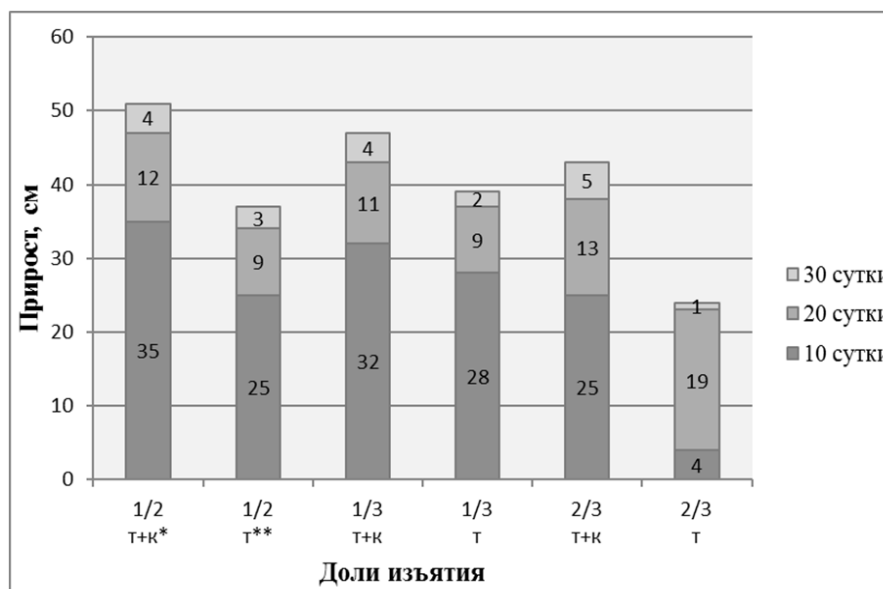


Рисунок 2 – Динамика отрастания фитомассы злаковых трав при разных долях изъятия с участием (т + к*) и без участия кустарникового яруса (т) на пастбищах летнего типа (черноземовидная супесь)**

Максимальный прирост злаковых трав зафиксирован при изъятии фитомассы на 1/2. На 10-е сутки он составил около 35 см в травянисто-кустарниковом ярусе и 25 см в травянистом ярусе. При этом через 30 дней прирост фитомассы злаков с учетом

изначального изъятия составил около 51 см в травянисто-кустарниковом ярусе и 37 см в травянистом ярусе.

По результатам двухлетних исследований наименьший прирост фитомассы отмечен на модели весенне-летнего пастбища с использованием бажиганских песков (рисунок 3).

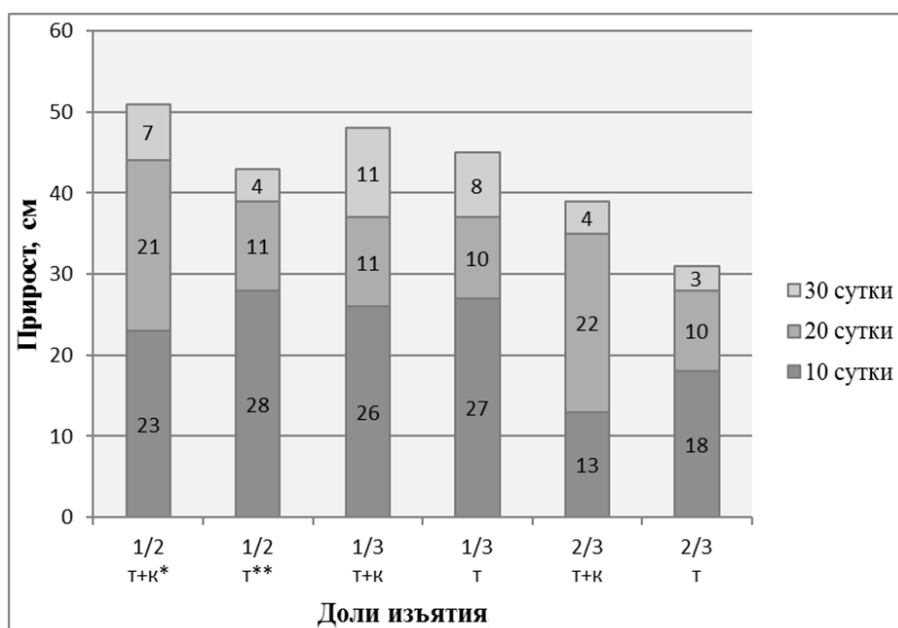


Рисунок 3 – Динамика отрастания фитомассы злаковых трав при разных долях изъятия с участием (т + к*) и без участия кустарникового яруса (т) на пастбищах весенне-летнего типа (бажиганские пески)**

Прирост травянистого яруса спустя 30 суток с учетом изначального изъятия в среднем составил 43 см. Отметим, что вариант с долей изъятия 1/2 показал наилучшую динамику прироста (в среднем по итогу 47 см). Кустарниковый ярус, как и на черноземовидной супеси, оказал благоприятное воздействие на динамику прироста злаковых трав. Прирост за весь период исследований во всех трех вариантах изъятия в среднем составил 46 см.

Выводы. При решении вопроса о нагрузке на пастбище следует ориентироваться на кормовую норму, необходимую для сбалансированного питания животных, количество выпасаемых животных и производящую способность пастбища с учетом поедаемой фитомассы растений. Установлена оптимальная доля изъятия фитомассы на пастбищах различного сезона использования, которая поможет замедлить процесс деградации. Оптимальный результат лежит в пределах 1/2...1/3. Не стоит забывать о необходимости установления нагрузки на пастбища в зависимости от складывающихся погодных условий вегетационного периода, типа пастбищ и факторов плодородия почв. Выбранные смеси трав показали положительную динамику по приросту и фитопродуктивности с учетом засушливых условий региона. Полученные данные о терескеновых мелиоративно-кормовых насаждениях подтверждают их устойчивость к нагрузкам скота. Эти насаждения способствуют повышению продуктивности, продлению сезонности использования кормовых угодий, а также сами являются источником дополнительного корма.

Наилучшая фитопродуктивность сухой массы травянистого яруса получена на черноземовидном почвенном субстрате. В среднем в травянистом ярусе она составила 4,6 т/га, а в травянисто-кустарниковом – 5,8 т/га. Наименьшая продуктивность выявлена на бажиганских песках: травянистый ярус – 1,6 т/га, травянисто-кустарниковый – 2,5 т/га.

Результаты исследования динамики прироста на примере злаковых трав показали, что оптимальную кормовую базу с учетом нагрузки на пастбище можно получить при стравливании не более 33–50 % фитомассы растений.

Список использованных источников

1 Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство): нац. докл. / под ред. Р. С.-Х. Эдельгериева. – Т. 2. – М.: Изд-во МБА, 2019. – 476 с.

2 Лапенко, Н. Г. Присельские пастбища – важная кормовая база для животных индивидуального сектора / Н. Г. Лапенко, Л. Р. Оганян // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 11(190). – С. 9–17.

3 Турко, С. Ю. Рост и развитие растений на пастбищах аридной зоны и вопрос их эксплуатации (на примере искусственно созданных моделей) / С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 4(183). – С. 27–34.

4 Турко, С. Ю. Мелиоративная эффективность кормовых трав на песчаных землях аридной зоны / С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 4(76). – С. 26–30.

5 Методика опытов на сенокосах и пастбищах / В. Г. Игловиков [и др.]. – М.: Группа ВИК, 1971. – Ч. 2. – 173 с.

6 Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе / В. М. Володин, Р. Ф. Еремина, А. Е. Федорченко, А. А. Ермакова. – Курск: ЮМЕКС, 1999. – 48 с.

7 Власенко, М. В. Факторы среды, определяющие продуктивность и видовое разнообразие аридных пастбищ / М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 3(67). – С. 63–68.

УДК 631.67:519.252

О. Н. Кузнецов, В. И. Коржов, А. Л. Кожанов

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

СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ И ПРОГРАММЫ-СПРАВОЧНИКА ПО РЕЖИМАМ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Целью исследований являлось повышение качества и оперативности определения режимов орошения сельскохозяйственных культур путем использования современных информационно-технологических средств. Разработана структура таблицы базы данных по режимам орошения сельскохозяйственных культур, включившая в себя адресную (область – район – хозяйство – зона водообеспеченности) и информационную части (вид, сроки и нормы полива). Предложен вариант реализации программы-справочника по режимам орошения сельскохозяйственных культур, включающий в себя функции управления выбором информации, ее отображением, редактированием и обработкой. Определен алгоритм работы с программой. Приведен пример отображения результатов ее работы. Разработанные средства ориентированы на использование их в виде автономных компьютерных приложений, а также в виде отдельных программных модулей в составе отраслевых информационно-технологических систем поддержки принятия решений, связанных с проектированием и эксплуатацией оросительных и осушительно-увлажнительных систем и объектов различного уровня. Могут использоваться организациями и физическими лицами, занимающимися вопросами проектирования и эксплуатации этих систем и объектов.

Ключевые слова: осушительно-увлажнительная система; сельскохозяйственная

культура; режим орошения; справочник; информационно-технологическая поддержка; база данных; компьютерная программа.

O. N. Kuznetsov, V. I. Korzhov, A. L. Kozhanov

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

DATABASE AND PROGRAM-DIRECTORY STRUCTURE ON IRRIGATION SCHEDULE OF AGRICULTURAL CROPS

The purpose of the research was to improve the quality and efficiency of determining the irrigation schedules for agricultural crops by using modern information technology tools. The structure of the database table on irrigation regimes of agricultural crops including the address part (region – district – economy – water supply zone) and information part (irrigation type, time interval and rates) was developed. A variant of the implementation of the reference program on irrigation schedules of agricultural crops which includes the functions of managing selection of information, its display, editing and processing, is proposed. The algorithm for operation with the program has been determined. An example of displaying the results of its work is given. The developed tools are focused on their use as autonomous IT applications, as well as separate software modules as part of branch IT systems of decision-support related to the design and operation of irrigation and complex irrigation systems and facilities of various levels. They can be used by organizations and individuals involved in the design and operation of these systems and facilities.

Key words: complex irrigation system; agricultural crop; irrigation schedule; directory; IT support; database; computer program.

Введение. Одним из основных условий принятия эффективных технических решений является наличие данных о параметрах проектируемых и эксплуатируемых объектов и режимах их работы. При этом зачастую эти данные хранятся на разных носителях, в разных форматах, в разных документах (ТР, СНиП, СП, ГОСТ, типовые проекты, справочники, отчеты о НИР и т. п.). В условиях же использования средств информационно-технологической поддержки («цифровой экономики») возникает потребность в «оцифровке» этих данных и представлении, хранении их в соответствующих электронных форматах. Одновременно с этим возникает потребность и в создании самих средств информационно-технологической поддержки, позволяющих компетентно и оперативно использовать эти данные в условиях реальной практической деятельности специалистов [1].

Одним из ключевых параметров, используемых как на оросительных, так и на осушительно-увлажнительных системах, являются режимы орошения сельскохозяйственных культур [2]. Именно они составляют ту основу, вокруг которой строится большинство работ на этих системах. При этом их значения могут использоваться как при решении общесистемных задач, связанных с управлением всей мелиоративной системой (водопользование, водораспределение, режимы работы технических средств и сооружений и т. п.), так и при принятии решений отдельно взятыми пользователями (фермерами) при производстве ими отдельной сельскохозяйственной культуры на отдельно взятом поле и участке [3]. Это означает, что возникает потребность в специализированных электронных справочниках, которыми могли бы пользоваться простые пользователи с помощью простых и широкодоступных информационно-технологических средств (мобильных средств связи, ноутбуков, персональных компьютеров и т. п.).

Исходя из этого, задача настоящих исследований состояла в разработке информационных и программных средств, обеспечивающих возможность оперативного поиска и обработки информации, связанной с использованием сведений о режимах орошения сельскохозяйственных культур в различных областях и регионах РФ.

Материалы и методы. Информационную и методологическую основу работ, связанных с подготовкой электронного справочника по режимам орошения сельскохозяйственных культур, составили:

- справочники по режимам орошения сельскохозяйственных культур [4–7];
- нормативные документы [8] и рекомендации [9] по разработке информационных технологий;
- методы сбора и обработки информации;
- методы систематизации информации;
- опыт создания и эксплуатации имеющихся в отрасли средств информационно-технологической поддержки задач проектирования и эксплуатации мелиоративных систем [10].

Результаты и обсуждение. При определении структуры программы-справочника по режимам орошения сельскохозяйственных культур были сформулированы следующие требования, предъявляемые к ее функциональному обеспечению:

- оперативный поиск необходимой информации, содержащейся в базах данных;
- просмотр полученной информации в удобной для пользователя форме;
- ввод и редактирование всех необходимых данных о режимах орошения сельскохозяйственных культур, предусматриваемых структурой базы данных;
- подготовка и печать необходимых справок, полученных по результатам работы с программой.

Исходя из этого, при определении структуры электронной базы данных было определено, что она должна включать в себя адресную часть и содержательную (информационную) часть.

Адресная часть должна обеспечивать оперативный поиск сведений о режиме орошения выбранной сельскохозяйственной культуры применительно к местоположению и (или) зоне влагообеспеченности ее возделывания.

Содержательная часть должна включать в себя сведения о самих режимах орошения выбранной сельскохозяйственной культуры: видах, сроках и нормах полива.

Примерная структура электронной базы данных по режимам орошения сельскохозяйственных культур представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Структура таблицы базы данных

«Режимы орошения сельскохозяйственных культур»

Имя поля	Значение поля	Тип поля и вариант его значения
1	2	3
Адресная часть		
NAME	Наименование сельскохозяйственной культуры	символьный: пшеница озимая, кукуруза на зерно, соя на зерно и т. д.
OBL	Наименование области (края)	символьный: Новосибирская, Нижегородская, Омская и т. д.
RAJ	Наименование района (региона)	символьный: Барабинский, Болотнинский, Куйбышевский и т. д.
HOZ	Наименование хозяйства	символьный: ООО «Победа», СХП «Заря», ИП Иванов и т. д.
ZON	Зона влагообеспеченности	числовой, ед.: 4 – полусухая, 5 – слабозасушливая, 6 – полувлажная, 7 – влажная и т. д.
Содержательная часть		
N_P	Номер полива	числовой, ед.
VID_P	Вид полива	символьный: ВЗР – влагозарядковый, ВЕГ – вегетационный, ПРП – предпосевной и т. д.

Продолжение таблицы 1

1	2	3
D_N	Ориентировочная начальная дата начала полива	дата: ДД.ММ
D_K	Ориентировочная конечная дата начала полива	дата: ДД.ММ
P_N	Поливная норма	числовой: м ³ /га
Примечание – При использовании таблицы в составе единой базы данных «цифровой мелиорации» возможно использование единых, общепринятых в отрасли кодификаторов.		

Вариант экранного интерфейса программы представлен на рисунке 1.

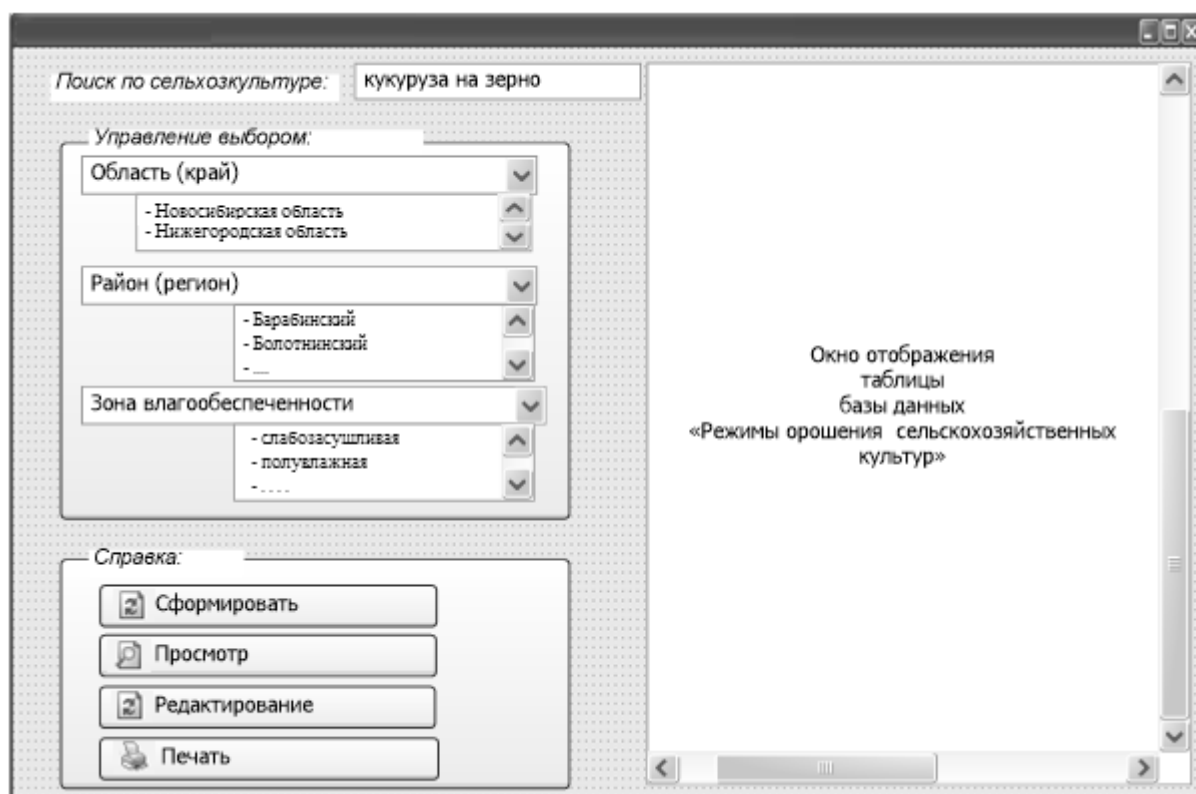


Рисунок 1 – Вариант экранного интерфейса программы-справочника по режимам орошения сельскохозяйственных культур

Алгоритм работы с программой сводится к следующему.

1 В окно редактирования «Поиск по сельхозкультуре» вводится наименование сельскохозяйственной культуры, для которой будет производиться поиск ее режима орошения.

2 В окнах панели «Управление выбором» определяются условия выборки данных: по области (краю), по району (региону), по зоне влагообеспеченности.

Примечание – Каждое из условий выборки может формироваться как путем ручного ввода в соответствующие поля редактирования экранной формы модуля, так и путем выборки нужных значений из их «выпадающего» списка.

3 Осуществляется программный переход на соответствующую запись таблицы базы данных «Режимы орошения сельскохозяйственных культур».

4 В окне «Отображение таблицы базы данных «Режимы орошения сельскохозяйственных культур»

зяйственных культур» осуществляется просмотр сведений о режимах орошения выбранной сельскохозяйственной культуры.

Пример отображения выбранных данных в окне «Отображение таблицы базы данных «Режимы орошения сельскохозяйственных культур» приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Пример отображения выбранных данных в окне «Отображение таблицы базы данных «Режимы орошения сельскохозяйственных культур» [4]

NAME	OBL	RAJ	HOZ	ZON	N_P	VID_P	D_N	D_K	P_N
Кукуруза на зерно	Новосибирская	Баранский	Прогресс	7	0	ВЗР	01.10	15.10	800
Кукуруза на зерно	Новосибирская	Баранский	Прогресс	7	1	ВЕГ	15.06	20.06	400
Кукуруза на зерно	Новосибирская	Баранский	Прогресс	7	2	ВЕГ	15.07	20.07	400
Кукуруза на зерно	Новосибирская	Баранский	Прогресс	7	4	ВЕГ	15.08	20.08	300
...									

5 По результатам выборки при необходимости формируются выходные документы (справки) установленной формы («Сформировать»).

6 Сформированные документы могут быть просмотрены («Просмотр»), отредактированы («Редактирование») и выведены на печать («Печать»).

В заключение отметим, что предложенные структуры базы данных и компьютерной программы не только обеспечивают их автономную работу, но и могут использоваться в виде подключаемых программных модулей в составе других программных комплексов «цифровой мелиорации».

Выводы

1 При решении задач проектирования и эксплуатации как оросительных, так и осушительно-увлажнительных систем возникает потребность в определении режимов орошения сельскохозяйственных культур и связанных с ними режимов водопользования и водораспределения на этих системах.

2 Для повышения оперативности и точности решения задач, связанных с обеспечением заданных режимов орошения сельскохозяйственных культур, в настоящее время целесообразно использовать средства их информационно-технологической поддержки.

3 Предложенная структура базы данных и программы-справочника по режимам орошения сельскохозяйственных культур ориентирована на использование их в виде автономного приложения в составе общедоступных средств информационно-технологической поддержки: гаджетов, ноутбуков, персональных компьютеров и т. п.

4 При незначительных доработках данная структура может быть использована в составе крупных (отраслевых) информационно-технологических систем поддержки принятия решений, связанных с проектированием и эксплуатацией больших осушительно-увлажнительных и оросительных систем, в виде встроенных в их структуру словарей и справочников.

5 Разработанные средства могут использоваться организациями и физическими лицами, занимающимися вопросами проектирования и эксплуатации осушительно-увлажнительных и оросительных систем и объектов.

Список использованных источников

1 Юрченко, И. Ф. Системы поддержки принятия решений как фактор повышения эффективности управления мелиорацией / И. Ф. Юрченко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 2(26). – С. 195–209. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec325-field12.pdf.

2 Васильев, С. М. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК / С. М. Васильев // 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.

3 Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России / В. Н. Щедрин [и др.]; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 222 с.

4 Режим орошения сельскохозяйственных культур на юге европейской части РСФСР: рекомендации. – Ростов н/Д.: Кн. изд-во, 1986. – 64 с.

5 Маслов, Б. С. Справочник по мелиорации / Б. С. Маслов, И. В. Минаев, К. В. Губер. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 384 с.

6 Сенчуков, Г. А. Ландшафтно-экологические и организационно-хозяйственные аспекты обоснования водных мелиораций земель / Г. А. Сенчуков. – Новочеркасск, 2001. – 351 с.

7 Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / Б. Б. Шумаков [и др.]; под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 432 с.

8 ГОСТ 34.601-90. Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. – Введ. 1992-01-01. – М.: Стандартинформ, 2009. – 6 с.

9 К вопросу создания электронных баз данных по типовым проектным решениям мелиоративных систем и сооружений / В. Н. Щедрин, В. И. Коржов, А. А. Белоусов, А. В. Шевченко, Т. В. Матвиенко, А. Б. Белоусов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 2(34). – С. 121–136. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec974-field12.pdf. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-121-136.

10 Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений / В. Н. Щедрин [и др.]; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 171 с. – Деп. в ВИНТИ 14.04.14, № 96-B2014.

УДК 626.82/.83

А. Ю. Гарбуз

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

НАТУРНЫЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КАНАЛОВ БАГАЕВСКОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Целью натурных обследований являлась оценка текущего технического состояния распределительных каналов Багаевской оросительной системы (Бг-Р-5, Бг-Р-6, Бг-Р-7). Объект исследования – бетонная противofильтрационная облицовка, русло и откосы каналов гидромелиоративных систем. Предмет исследования – противofильтрационные облицовки из бетонных и бетоноплочных покрытий, выполненные на некоторых участках каналов. По результатам проведенных натурных обследований выявлены существенные повреждения противofильтрационных облицовок: смещение защитного бетонного покрытия, повреждения противofильтрационного плочного элемента, трещинообразование бетона, коррозия арматуры, а также разрушения деформационных швов и стыков плит.

Ключевые слова: канал; фильтрация; облицовка; противофильтрационный экран; бетонопленочное покрытие.

A. Ju. Garbuz

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

FIELD SURVEYS OF TECHNICAL STATE OF THE BAGAEVSKY DISTRIBUTION SYSTEM CANALS

The purpose of field surveys was to assess the current technical condition of the distribution canals of the Bagaevsky irrigation system (BG-R-5, BG-R-6, BG-R-7). The object of research is concrete impervious lining, canal beds and slopes of hydro-reclamation systems. The subject of the study is impervious lining from concrete and concrete film coatings, made on some canal sections. As a result of field surveys, significant damage to the impervious linings was detected: protective concrete coating displacement, impervious film element damage, concrete cracking, reinforcement corrosion, as well as destruction of deformation seams and joints of plates.

Key words: canal; filtration; lining; impervious screen; concrete coating.

Введение. В настоящее время проблема долговечности бетонных и железобетонных элементов гидротехнических сооружений на оросительных системах является наиболее актуальной и важной. За время длительной эксплуатации (более 30–50 лет) на облицованных оросительных каналах образовалось большое количество повреждений в виде трещин, сколов и разрушенных швов, через которые происходят значительные потери воды. На некоторых участках наблюдается оползание и смещение плит, образование размывов на откосах и подплитного пространства. Продольные трещины, как правило, появляются в нижней половине плит монолитной облицовки на высоте 1/3 откоса канала. В более глубоких каналах данные повреждения образуются и в зоне уреза воды [1, 2].

Материалы и методы. При выполнении натурных обследований участков Багаевской распределительной системы использовались следующие материалы: мерная лента, щелемер (для измерения величины развития трещин на бетонной облицовке), молоток Кашкарова, нивелир и мерная рейка.

Результаты и обсуждение. Багаевские распределительные каналы (Бг-Р-5, Бг-Р-6 и Бг-Р-7) обустроены бетонной и бетонопленочной облицовкой. За время эксплуатации сечения каналов деформировались и имеют приближенную к параболической форму [3]. По результатам натурных обследований на рисунках 1–3 приведено текущее техническое состояние.



**Рисунок 1 – Поворотный участок Багаевского
распределительного канала Бг-Р-5 (автор фото А. Ю. Гарбуз)**



Рисунок 2 – Разрушение поверхности бетонной облицовки участка Багаевского распределительного канала Бг-Р-6 (автор фото А. Ю. Гарбуз)



Рисунок 3 – Разрушение поверхности и оголение противофильтрационного элемента бетонной облицовки участка Багаевского распределительного канала Бг-Р-7 (автор фото А. Ю. Гарбуз)

При обследовании распределительных каналов были выявлены дефекты: зарастание водной растительностью, частичное и полное разрушение деформационных швов, обрушение и сползание плит, раскрытие трещин различной длины и ширины, сколы и выбоины на бетонной поверхности, оголение арматуры, донные отложения [4].

Средняя глубина в распределительных каналах Бг-Р-5, Бг-Р-6 и Бг-Р-7 изменяется от 1,3 до 1,5 м, данные участки канала устроены с бетонопленочной облицовкой (с пленочным экраном и защитным покрытием из предварительно напряженных плит НПК).

Наряду с этим обнаружены участки канала с заилинием дна и толщиной наносов от 0,15 до 0,35 м, что свидетельствует о низкой гидравлической эффективности и малой пропускной способности (расходе) в руслах каналов. Колебания уровня грунтовых вод приводят к смещению плит крепления по откосу, нарушению их устойчивости, выпору плит облицовки под действием фильтрационного потока со стороны береговой зоны.

По результатам проведенных натурных обследований отмечено, что при длительном сроке эксплуатации около 65 % каналов находятся в неудовлетворительном техническом состоянии и нуждаются в проведении реконструкции, при этом коэффициент полезного действия большинства каналов не превышает 0,75–0,80, а потери воды на фильтрацию достигают 25–30 %.

Износ бетонной облицовки обусловлен поверхностным разрушением бетона

в результате воздействия на отдельные элементы облицовки сил трения и динамических (ударных) воздействий. Обеспечение надежности бетонных облицовок может достигаться за счет применения износостойких конструкций, например сборных железобетонных плит, изготовленных в заводских условиях. Кроме того, износ железобетонных и бетонных облицовок в значительной степени зависит от условий их эксплуатации, воздействия водных потоков, а также наносов преимущественно крупных фракций.

С целью уменьшения потерь воды на фильтрацию и снижения вероятности образования аварийных ситуаций, подтопления, вторичного засоления и заболачивания приканальных территорий необходимо проведение реконструкции каналов с созданием надежных и долговечных противофильтрационных облицовок [5].

Высокоэффективный метод ремонта и восстановления бетонных поверхностей – технология нанесения битумно-полимерной эмульсии [6]. Данная технология позволяет восстановить бетонные поверхности (устранение утечек через трещины вследствие фильтрации, гидроизоляция «холодных» швов, устройство противофильтрационных экранов и др.). Главное преимущество данного способа ремонта перед рулонными полимерными материалами – высокая эластичность, гибкость, необходимая прочность и значительное относительное удлинение, что предотвращает отслаивание материала от поверхности вследствие неблагоприятных воздействий воды, циклических изменений температуры, резких ударов и вибрации. Этот материал можно считать бесшовной полимерной мембраной, которая после укладки плотно прилегает по всей площади к поверхности бетона и обеспечивает высокую адгезию к нему. Мембрана отличается малым весом, который в 4 раза меньше рулонных материалов, но срок службы в 5 раз больше.

Технические характеристики однокомпонентной и двухкомпонентной жидкой резины отечественного производства представлены в таблице 1 [7].

Таблица 1 – Технические характеристики жидкой резины

Техническая характеристика	Показатель	
	Однокомпонентная	Двухкомпонентная
Расход компонента (мастики) для создания слоя толщиной 1 мм в сухом остатке, кг/м ²	1,39	1,61
Условная прочность при разрыве, МПа	2,9	0,5
Относительное удлинение при разрыве, %	1500	
Прочность сцепления с бетоном, МПа	0,4	1,0
Прочность сцепления с металлом, МПа	1,0	1,7
Водопоглощение за 24 ч, %	0,4	0,5
Гибкость без образования трещин на брусе радиусом 5 мм при температуре, °С	–42	–25
Температура хрупкости по Фраасу, °С	–60	–65
Теплостойкость, °С	110	
Водонепроницаемость при давлении 0,03 МПа	Отсутствие мокрого пятна	
Температура нанесения, °С	–10...+50	+5...+50
Коррозионная стойкость, pH	2–12	

Выводы

1 Анализ проведенных обследований и статистика облицованности оросительных каналов показывает, что в связи с крайне значительным сроком эксплуатации около 65 % каналов находятся в неудовлетворительном техническом состоянии, это подразумевает проведение текущего ремонта или реконструкции, причем коэффициент полезного действия большинства функционирующих каналов достигает 0,70–0,75 от проектных значений, а потери воды на фильтрацию – до 30 % от всего транспортируемого объема.

2 Реконструкция каналов Багаевской распределительной системы, выполненных

в бетонной и бетоноплочной облицовке, позволит практически полностью исключить потери воды на фильтрацию на поврежденных и разрушенных участках, стыках и швах, повысить водообеспеченность системы до 70–90 %, КПД – до 0,85–0,90. Ремонт мелких повреждений на бетонном защитном покрытии рекомендуется выполнять битумно-полимерными материалами путем их распыления или ручного нанесения на очищенную и заранее подготовленную поверхность [7].

Список использованных источников

1 Высоконадежные конструкции противofильтрационных 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-В2014.

2 Основные принципы и методы эксплуатации магистральных каналов и сооружений на них: монография / В. Н. Щедрин [и др.]; под общ. ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – 361 с.

3 Резник, В. Б. Новые материалы и конструкции на основе полимеров в водохозяйственном строительстве / В. Б. Резник. – Киев: Будивельник, 1987. – 176 с.

4 Косиченко, Ю. М. Классификация геосинтетических материалов и их применение для противofильтрационных устройств / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Актуальные вопросы гидротехники и мелиорации на юге России: сб. ст. / ФГБОУ ВПО «НГМА». – Новочеркасск: Лик, 2013. – С. 108–117.

5 Баев, О. А. Противofильтрационные покрытия с применением бетонитовых матов для накопителей жидких отходов / О. А. Баев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2013. – № 3(11). – С. 115–124. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=681>.

6 Гарбуз, А. Ю. Ремонт повреждений облицовок длительно работающих каналов с использованием полимерных композиций / А. Ю. Гарбуз // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 2(58). – С. 33–39.

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

УДК 631.672.4

А. А. Кузьмичёв, Д. В. Мартынов, А. В. Бреева

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

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Целью данного исследования являлась подготовка рекомендаций по повышению эффективности использования водных ресурсов водосборных территорий Внешней горной гряды Республики Крым. Рассмотрено современное состояние водохозяйственного комплекса Республики Крым, оценены площади орошаемых земель. Проанализированы государственные программы, предложенные правительством Республики Крым в качестве основного комплексного решения развивающихся проблем в водохозяйственном секторе республики. Предложено увеличить площади орошения до 58,9 тыс. га, используя водные ресурсы местного стока. В качестве основных источников предполагается использовать водные ресурсы р. Качи и Бельбек, суммарный объем стока которых на замыкающих створах составляет 44 млн м³ в год 95% обеспеченности.

Ключевые слова: Республика Крым; водохозяйственный комплекс; системы во-

доснабжения и водоотведения; местный сток; оросительная сеть; Внешняя горная гряда.

A. A. Kuzmichev, D. V. Martynov, A. V. Breeva

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

WATER RESOURCES CONSERVATION AND WATER BODIES STRUCTURE ANALYSIS OF THE REPUBLIC OF CRIMEA

The purpose of this study was to prepare recommendations for improving the efficiency of water resources use in the catchment areas of the Outer Mountain Range of the Republic of Crimea. The current state of water management complex of the Republic of Crimea is considered; the area of irrigated lands is estimated. The state programs proposed by the government of the Republic of Crimea as the main comprehensive solution of developing problems in the water sector of the republic are analyzed. It was proposed to increase the irrigated area to 58.9 thousand hectares, using water resources of local runoff, and to use water resources of the rivers Kachi and Belbek as the main source, the total runoff of which at the outlet sections is 44 million m³ per year, 95% of the supply.

Key words: Republic of Crimea; water management complex; water diversion and discharge systems; local runoff; irrigation network; Outer Mountain range.

В рамках тематического плана проведения прикладных научных исследований федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПМ») по государственному заданию Министерства сельского хозяйства РФ в 2019 г. проводились исследования, целью которых являлась подготовка рекомендаций по повышению эффективности использования водных ресурсов местного стока водосборных территорий Внешней горной гряды Республики Крым.

Для решения поставленной задачи в первую очередь проведен научный аналитический обзор, включающий анализ современного состояния водохозяйственного комплекса, систем орошения, водоснабжения и водоотведения Республики Крым.

Водохозяйственный комплекс Республики Крым включает в себя всех водопотребителей и водопользователей, использующих водные объекты и водные ресурсы как с изъятием, так и без изъятия стока, и является одним из определяющих факторов жизнедеятельности населения, всей социально-экономической, производственной и рекреационной инфраструктуры региона.

Экологическая ситуация на Крымском полуострове в последние годы усложняется. Усиливается техногенная нагрузка на окружающую природную среду его промышленных зон. Нерационально используется существующий природно-ресурсный потенциал – отсутствуют системные природоохранные меры по сохранению уникальной флоры и фауны Крымского полуострова.

Повышается уровень загрязнения поверхностных и подземных вод, в результате чего под угрозой оказываются многочисленные санаторные комплексы, жилые дома, инженерно-транспортные коммуникации и сооружения [1].

Эксплуатацию систем водоснабжения и водоотведения на территории Республики Крым осуществляет около 80 организаций, наиболее крупными из которых являются: ГУП РК «Вода Крыма», ГУП РК «Водоканал Южного берега Крыма» и ООО «Крымская водная компания». Реестр организаций, предоставляющих услугу водоснабжения, ведется Государственным комитетом по ценам и тарифам Республики Крым.

На системах водоснабжения на территории республики выявлены следующие проблемы:

- отклонения от требований СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», в основном по показателям жесткости, общему содержанию и хлоридам;

- низкий уровень бесперебойности предоставления услуг водоснабжения – высокие показатели удельного количества аварий и повреждений;

- наличие территорий и потребителей, не охваченных централизованным водоснабжением;

- высокие затраты энергии в системе водоснабжения;

- высокие потери воды при ее транспортировке.

Водоснабжение г. Евпатории, Саков, Джанкоя, Армянска, Красноперекопска, Бахчисарая, Севастополя (частично), а также большинства поселков городского типа и сельских населенных пунктов осуществляется исключительно за счет подземных вод.

На территории полуострова отмечается несколько районов, где подземная вода не соответствует СанПиН 2.1.4.1074-01, – это Ленинский, Первомайский районы и земли г. Керчи. В Первомайском районе по отдельным скважинам минерализация воды достигает $6,0 \text{ г/дм}^3$, местами здесь используются опреснительные установки.

В отдельных районах минерализация подземных вод повышается как вследствие увеличения водоотбора, так и по причине подтягивания соленых вод из нижележащих водоносных горизонтов, со стороны моря и соленых озер. Это районы Красноперекопский, Сакский, Бахчисарайский, частично Раздольненский и Красногвардейский районы [2].

Также следует отметить, что функционирующие сегодня канализационные очистные сооружения и сети морально и технически устарели, работают с большой перегрузкой и не обеспечивают должной степени очистки стоков, что приводит к загрязнению водоемов, подземных вод и ухудшению состояния окружающей среды [3].

В качестве основного комплексного программно-целевого механизма решения указанных проблем постановлениями Совета министров Республики Крым утверждены «Единая схема водоснабжения и водоотведения Республики Крым» и «Государственная программа развития водохозяйственного комплекса Республики Крым на 2017–2020 годы» [2, 4].

Согласно утвержденной «Схеме водоснабжения и водоотведения Республики Крым» перспективное удельное водопотребление принято в размере $140\text{--}160 \text{ л/}(\text{сут}\cdot\text{чел.})$. Перспективная годовая подача воды оценивается в 241 млн $\text{м}^3/\text{год}$.

Для эффективного использования водных ресурсов схемой предусмотрено строительство новых скважин и групповых водозаборов, а также завершение строительства Нежинского, Просторненского и Новогригорьевского водозаборов подземных вод.

Для предотвращения дефицита водных ресурсов в годы малой водности предусмотрено выполнение работ по использованию Межгорного водохранилища и строительство Солнечногорского водохранилища. Предполагаются работы по сокращению сброса неочищенных сточных вод и организация качественной очистки сбрасываемых вод. Примерная стоимость мероприятий по разделу «Водоснабжение», запланированных к реализации в срок до 2030 г., составит 156260,6 млн руб. (в ценах 2017 г.) [3].

В рамках реализации «Государственной программы развития водохозяйственного комплекса Республики Крым» предусмотрены мероприятия по определению границ зон затопления, подтопления территорий, прилегающих к рекам, в границах населенных пунктов Республики Крым, а также разработка региональной программы проведения государственного мониторинга водных объектов, расположенных на территории Республики Крым. Предусмотрено выполнение работ по капитальному ремонту и реконструкции гидротехнических сооружений гидроузлов Межгорного, Феодосийского, Фронтowego, Тайганского, Белогорского, Бахчисарайского, Альминского и других водохранилищ, а также реконструкция трубопроводов, обеспечивающих водными ресур-

сами населенные пункты Республики Крым, строительство гидротехнических сооружений Феодосийского водохранилища, насосной станции на р. Альме и строительство сети водонакопительных бассейнов в Красногвардейском районе. На финансирование программы предполагается направить средства в сумме 8379,5 млн руб. [4].

Для полуострова проблема недостатка пресной воды всегда была актуальной из-за засушливого климата и особенностей развития речной сети. А с 2014 г. в связи с прекращением Северо-Крымского магистрального канала (СКМК) дефицит пресной воды только увеличился, и в республике возникла проблема с выращиванием сельскохозяйственных продовольственных культур в необходимом количестве вследствие сокращения орошаемых площадей (рисунок 1).



Рисунок 1 – Отношение общей площади орошаемых земель к фактически политой

Общая площадь орошаемых земель, фактически политая в 2018 г., составила 12,7 тыс. га, при этом на цели орошения было подано 12,5 млн м³ воды. По источникам орошения объем поданной воды распределился: на реки – 29,4 %, водохранилища естественного стока – 30,3 %, пруды – 12,3 %, артезианские скважины – 28 %. Средняя оросительная норма составила 984 м³/га. В таблице 1 приведена структура использования орошаемых земель.

Таблица 1 – Структура использования орошаемых земель Республики Крым

Сельскохозяйственная культура, многолетнее насаждение	Орошаемая площадь, га	Процентное соотношение, %
Сады, виноградники	7013,6	55,2
Зерновые	772,6	6,1
Овощи закрытого грунта	208,6	1,6
Овощи открытого грунта, картофель, бахчевые	1290,0	10,2
Зерновые, бобовые	867,6	6,8
Многолетние насаждения	752,1	5,9
Лекарственные травы	409,6	3,2
Ягодники	159,6	1,3
Приусадебные участки, огороды	1226,6	9,7
Всего	12700	100

В структуре использования орошаемых земель в 2018 г. наиболее значительные площади заняты под сады и виноградники (55,2 % общей площади политых земель), овощные культуры открытого грунта, включая бахчевые культуры и картофель (10,2 %), садово-огородные приусадебные участки (9,7 %), зернобобовые (6,8 %) и многолетние насаждения (5,9 %).

С учетом блокирования подачи днепровской воды по системе СКМК организация орошаемого земледелия возможна на основе водных ресурсов местного стока водосборных территорий Внешней горной гряды Республики Крым. Перспективные площади орошения могут составить 58,9 тыс. га. Именно на такой площади было организовано орошение на местном стоке до строительства СКМК в 1961 г. Распределение орошаемых площадей по районам в 1961 г. приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение орошаемых площадей по районам Республики Крым в 1961 г.

В тыс. га

Наименование района	Площадь орошения
Алуштинский	4,0
Бахчисарайский	14,24
Белогорский	6,4
Джанкойский	11,2
Сакский	3,8
Красногвардейский	4,8
Красноперекоский	5,4
Ленинский	0,4
Нижнегорский	6,1
Черноморский	0,7
Сельскохозяйственная зона г. Севастополя	1,3
Сельскохозяйственная зона г. Ялты	0,6
Всего	58,9

Реки Внешней горной гряды Республики Крым не так уж многоводны, чтобы их воду использовать и в целях водоснабжения, и в целях орошения. Вегетационный период – период наибольшей потребности в оросительной воде – характеризуется низкими объемами стока [5]. Основной объем формируется в весенний и осенний периоды.

Результаты НИР, проведенной в 2018 г. ФГБНУ «РосНИИПМ» на р. Альме, Каче и Бельбек, показывают, что суммарный объем стока рассматриваемых рек на замыкающих створах составляет 51,7 млн м³ в год 95% обеспеченности. Наиболее обеспеченными свободными водными ресурсами являются бассейны р. Бельбек и Качи (30 и 14 млн м³/год соответственно). Наименее водообеспеченным является бассейн р. Альмы с объемом стока 7,7 млн м³/год [6–8].

Использование свободных ресурсов р. Качи и Бельбек, образующихся в период паводков, возможно только при условии реализации мероприятий по устройству дополнительных регулирующих сооружений, повышения эффективности эксплуатации Альминского и Бахчисарайского водохранилищ, а также для влагозарядковых поливов в весенний период.

Выводы

1 В настоящее время в условиях блокирования подачи воды по системе СКМК экологическая ситуация на Крымском полуострове усложняется. Усиливается техногенная нагрузка на окружающую природную среду. Повышается уровень загрязнения поверхностных и подземных вод.

На системах водоснабжения на территории республики наблюдается угроза дефицита воды в отдельных городских округах и муниципальных районах, качество воды не соответствует санитарным нормам и правилам, в плохих гидрохимических условиях находятся 184 водозабора, в т. ч. шесть водозаборов с утвержденными запасами.

2 В качестве основного комплексного программно-целевого механизма решения указанных проблем Советом министров Республики Крым предложено две программы развития водохозяйственного комплекса. Это «Единая схема водоснабжения и водоот-

ведения Республики Крым» и «Государственная программа развития водохозяйственного комплекса Республики Крым на 2017–2020 годы». В программах предусмотрен комплекс мероприятий по реконструкции и восстановлению крупных гидротехнических сооружений и водохранилищ, а также строительство новых и ремонт существующих скважин и групповых водозаборов. На финансирование программ планируется направить средства в общей сумме более 24 млрд руб. в срок до 2030 г.

3 В связи с перекрытием СКМК в республике существенно уменьшились площади орошаемых земель. Количество орошаемых площадей сократилось более чем в 14 раз с 181,7 до 12,7 тыс. га. Перспективное восстановление площади орошаемых земель возможно к уровню 1961 г. до 58,9 тыс. га.

4 В качестве основных источников возможно использовать водные ресурсы р. Качи и Бельбек, суммарный объем стока которых на замыкающих створах составляет 44 млн м³ в год 95% обеспеченности. Однако на этих реках вегетационный период – период наибольшей потребности в оросительной воде – характеризуется низкими объемами стока. Поэтому использование свободных ресурсов р. Качи и Бельбек, образующихся в период паводков, возможно только при условии реализации мероприятий по устройству дополнительных регулирующих сооружений, повышения эффективности эксплуатации Альминского и Бахчисарайского водохранилищ, а также для влагозарядковых поливов в весенний период.

Список использованных источников

1 Об утверждении федеральной целевой программы «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2022 года»: Постановление Правительства РФ от 11 августа 2014 г. № 790: по состоянию на 5 сентября 2018 г. // Гарант Эксперт 2018 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2018.

2 Об утверждении единой схемы водоснабжения и водоотведения Республики Крым: Постановление Совета Министров Республики Крым от 26 декабря 2017 г. № 714 // Гарант Эксперт 2018 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2018.

3 Кобечинская, В. Г. Экологические проблемы рационального водопользования в Республике Крым: динамика и перспективы / В. Г. Кобечинская, О. Б. Ярош // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. – 2017. – № 2. – С. 42–49.

4 Об утверждении государственной программы развития водохозяйственного комплекса Республики Крым на 2017–2020 годы: Постановление Совета Министров Республики Крым от 22 ноября 2016 г. № 566 // Гарант Эксперт 2018 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2018.

5 Тищенко, А. И. Рациональное использование водных ресурсов Крыма для целей мелиорации / А. И. Тищенко, А. А. Кузьмичёв, Т. С. Пономаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 1(29). – С. 188–207. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=921>.

6 Пономаренко, Т. С. Гидрологическая характеристика реки Бельбек / Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева, А. А. Кузьмичёв // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 3(71). – С. 131–135.

7 Прогнозирование внутригодового распределения стока на реке Каче с использованием различных расчетных методов / Г. А. Сенчуков, Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева, А. А. Кузьмичёв // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 4(72). – С. 42–48.

8 Пономаренко, Т. С. Результаты компьютерного моделирования прохождения максимальных расходов редкой повторяемости в русле реки Альма / Т. С. Пономаренко, А. Н. Рыжаков // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2019. – № 1. – С. 49–54.

УДК 626.88

А. В. Шевченко

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

КОНТЕЙНЕРНЫЙ РЫБОУЛОВИТЕЛЬ ДЛЯ ОБЛОВА РЫБОВОДНЫХ БАССЕЙНОВ И ТЕХНОЛОГИЯ ЕГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Целью настоящего исследования является разработка компоновочно-конструктивного решения рыбоуловителя, предназначенного для облова рыб по контейнерной технологии. В результате обследований действующих рыбоводных хозяйств было установлено, что большинство контейнерных рыбоуловителей устраиваются с рыбо-накопительной камерой в верхней части сооружения при расположении обловной в нижней. Подобной компоновке контейнерных рыбоулавливающих сооружений присущ ряд известных недостатков, на устранение которых и направлена данная научная работа. Основу информационной базы данных составили обследования действующих бассейновых и прудовых рыбоводных хозяйств, оснащенных рыбоуловителями; при анализе исходной информации использовались общепринятые методы научного поиска, анализа и синтеза, технологии поискового и модельно-макетного конструирования. Выявленные при проведении исследований недостатки существующих конструкций рыбоуловителей предопределили необходимость разработки конструктивного решения, полностью их исключающего. Особенностью предлагаемого контейнерного рыбоуловителя является расположение камеры облова в головной части сооружения, оснащение каждой из ее секций индивидуальным регулируемым водорыбовпуском, наличие камеры для долговременного содержания гидробионтов и водогрязенакопительного колодца. Предложено конструктивное решение кубельного рыбоуловителя, допускающее облов рыб по гибридной технологии и устраняющее недостатки предшествующих разработок.

Ключевые слова: рыбоводство; рыбоводно-мелиоративный комплекс; рыбоводный бассейн; рыбоулавливающее сооружение; живорыбный контейнер; камера облова.

A. V. Shevchenko

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

CONTAINER FISH TRAP FOR FISH PONDS SEINING AND ITS PERFORMANCE TECHNOLOGY

The objective of this study is to develop a layout structural solution for a fish trap designed for catching fish using container technology. As a result of surveys of existing fish farms, it was found that most of the container fish traps are arranged with a fish-collecting chamber in the upper part of the structure, while the catching chamber is located in the lower one. A number of well-known drawbacks are inherent in such a layout of container fish-catching facilities, the elimination of which is the aim of this scientific work. The basis of the information database was made up of surveys of existing basin and pond fish farms equipped with fish traps; when analyzing the initial information, the generally accepted methods of scientific search, analysis and synthesis, technologies of search and model-and-mock-up method of design were used. The drawbacks of the existing designs of fish traps revealed during the research led to the need to develop a constructive solution that completely excludes them. A feature of the proposed container fish trap is the location of the fish catching chamber in the head of the structure, equipping each of its sections with an individual adjustable fish water inlet and the presence of a chamber for long-term keeping of aquatic organisms and a wa-

ter-mud accumulating well. A constructive solution of a kyubel fish trap which allows fishing by a hybrid technology and eliminates the drawbacks of previous developments is proposed.

Key words: fish farming; fishing-reclamation complex; fish breeding pool; fish catching structure; live fish container; fish catching chamber.

Введение. В составе объектов приводохранилищного рыбоводно-мелиоративного комплекса предусмотрено устройство специальных гидротехнических сооружений – рыбоуловителей, предназначенных для концентрации, кратковременного содержания и облова рыб, выпускаемых из рыбоводных прудов и (или) бассейнов [1]. По способу или технологии функционирования рыбоуловители подразделяются на контейнерно и неводно облавливаемые. Отметим, что применяемая на действующих рыбоводных объектах неводная технология облова характеризуется низкой интенсивностью облова рабочего пространства сооружения, травмирующим воздействием на рыб средств лова, высокой трудозатратностью процесса и другими негативными явлениями [2, 3]. С учетом указанных обстоятельств более перспективными являются контейнерные рыбоуловители. К преимуществам рыбоуловителей данного типа относится возможность ведения высокоинтенсивного облова рабочего пространства механизированным способом при минимальном физическом воздействии на рыб на всех стадиях технологического процесса. Выявленными недостатками известных конструкций [4–7] являются: невозможность осуществления дозированного впуска водорыбной массы в каждую из секций обловной камеры и рыболовный контейнер, расположение камеры облова в нижней части сооружения, приводящее к нерегулированному заходу и незаходу определенной части гидробионтов в ее объем и отсутствие акваториального пространства для длительного содержания рыб. Указанные обстоятельства предопределили необходимость и целесообразность усовершенствования известных и разработки новых конструктивных решений рыбоуловителей, используемых для вылова выпускаемых из рыбоводных и рыбоводно-мелиоративных комплексов рыб (рыбопосадочного материала и (или) товарной рыбы).

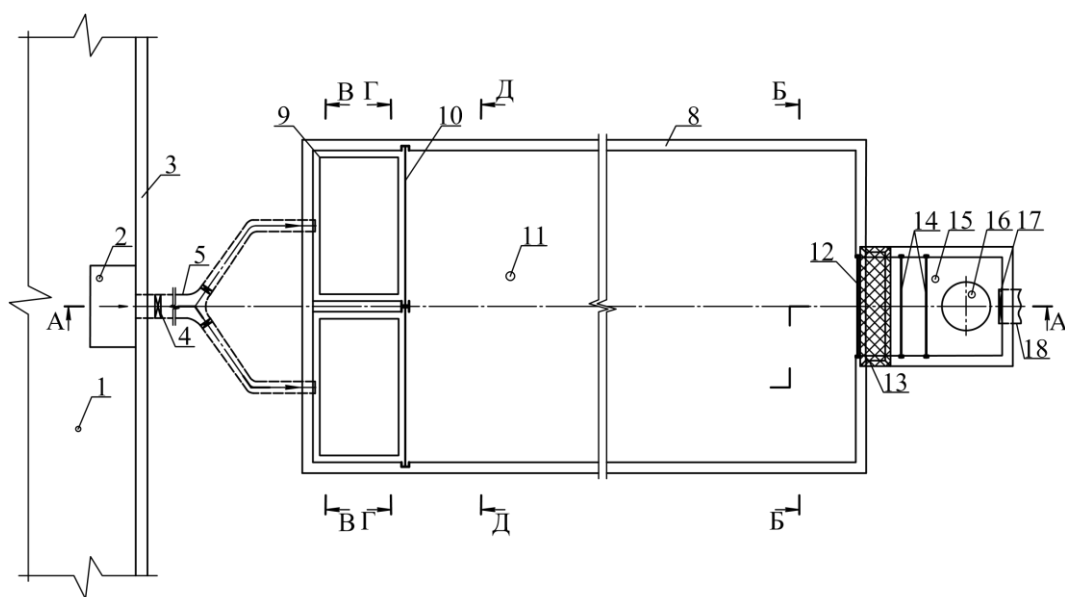
В соответствии с современными представлениями конструктивное решение рыбоуловителя должно: обеспечивать безопасный для выращенных в рыбоводных объектах рыб (рыбопосадочного материала и (или) товарной рыбы) их вылов и перемещение в рыботранспортирующие устройства, высокий уровень механизации технологического процесса облова рыб, формировать в акваториальном пространстве и камерах облова необходимые для жизнедеятельности рыб условия. И при этом конструкции рыбоуловителей должны соответствовать требованиям, предъявляемым к конструкциям гидротехнических сооружений в части их функциональной принадлежности, прочности и устойчивости, простоты строительства и эксплуатации, экологичности и экономичности.

Материалы и методы. Основой исследовательского материала послужили авторские данные полевых обследований действующих рыбоуловителей, устроенных в составе прудовых рыбоводных хозяйств в Семикаракорском, Октябрьском и Азовском районах Ростовской области, и материалы по их конструктивным решениям из открытых информационных источников. Для обработки полученной базы данных применялся метод общенаучного анализа и синтеза. При разработке конструкции использовались технологии поискового конструирования и модельно-макетного проектирования.

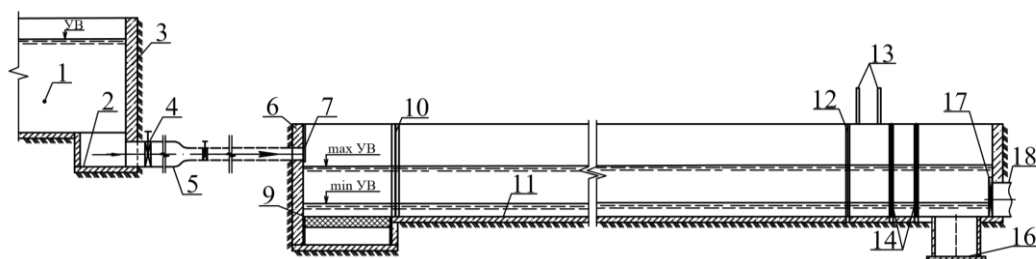
Результаты и обсуждение. Принимая во внимание вышеописанные требования, разработали гибридный вариант конструкции рыбоулавливающего сооружения, обеспечивающей функциональные возможности для его неводного и контейнерного облова. Заявленный результат достигается нижеследующим образом: устройством камеры облова в головной части сооружения, разделением магистрального водорыбовыпускного трубопровода на две симметричные ветви, оснащением индивидуальных труб водорыбоподачи регулирующими устройствами, сооружением камеры для длительного содержания рыб в нижней части сооружения с возможностью ее облова по неводной технологии.

Предлагаемое компоновочно-конструктивное решение двухконтейнерного рыбоуловителя с контейнерно-неводной технологией облова рыбы приведено на рисунке 1.

План

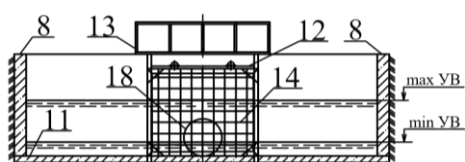


Разрез А – А

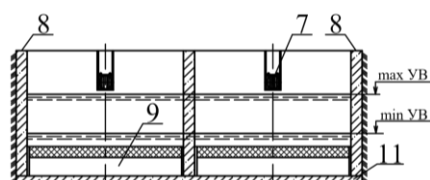


Разрез Б – Б

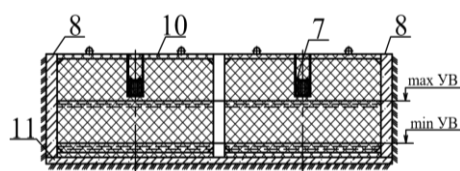
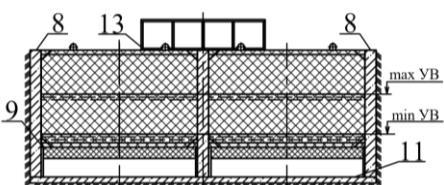
Разрез В – В



Разрез Г – Г



Разрез Д – Д



- 1 – рыбоводный бассейн; 2 – рыбоаккумулятивный приямок; 3 – поперечный устой чаши рыбоводного бассейна; 4 – задвижка трубопровода; 5 – труба впуска водорыбной массы; 6 – поперечный устой; 7 – рыбоудерживающая решетка; 8 – продольный ограждающий устой; 9 – водонепроницаемый рыболовный контейнер; 10 – сетчатое ограждение секции обловной камеры; 11 – днище рыбоулавливающего сооружения; 12 – рыбазаградительная решетка; 13 – смотровой мостик; 14 – деревянные шандоры; 15 – водорегулирующая камера; 16 – водогрязенакопительный колодец; 17 – плоский затвор; 18 – водосбросная труба

**Рисунок 1 – Двухконтейнерный рыбоуловитель
с гибридной технологией облова рыб**

Чаша проиллюстрированного на рисунке 1 рыбоулавливающего сооружения образована верхним и нижним поперечными 6 и продольными 8 вертикальными ограждающими устоями. Подача водорыбной массы в рыбоуловитель осуществляется через два одинаковых по размерам, параллельно расположенных трубопровода 5, оснащенных индивидуальными задвижками 4, регулирующими подачу водорыбных масс в каждую из секций камеры облова. При этом чаша камеры (рабочий объем), расположенная в головной части устройства, разделена на равные части – секции продольным водопроницаемым сетчатым загораждением. В поперечном направлении секции ограждаются съёмными перфорированными загораждениями 10 для предупреждения выхода рыб. Рабочее пространство камеры облова обтягивается сетным полотном с размером ячеек меньше габаритов облавливаемых гидробионтов. Рыбоулавливающие водонепроницаемые контейнеры 9 устанавливаются в донные ниши (под уровень отметки дна неводно облавливаемой части сооружения). В нижней части сооружения (сразу за поперечными ограждениями камеры облова) предусматривается устройство специальной камеры, предназначенной для длительного содержания рыб с возможностью последующего их облова по неводной технологии. Уровень воды и проточность в рыбоуловителе регулируются расположенными в затворной камере 15 двумя рядами деревянных шандоров 14 и плоским щитовым затвором 17 на трубе водоспуска 18. Для сбора и удаления загрязнений при очистке рыбоулавливающего сооружения и его элементов устраивается водогрязесборный колодец 16, откуда скопившиеся вода и взвеси откачиваются погружным насосом.

Для недопущения проникновения гидробионтов в пространство между стенкой рыболовного контейнера и нишей, предназначенной для его установки, обечайка контейнера обрамляется гибкой резиновой прокладкой, прикрепленной к контейнеру заклепками. Примем нижеследующие обозначения: $L_{\text{ниши}}$, $B_{\text{ниши}}$ – длина, ширина ниши для установки рыболовного контейнера, м; $L_{\text{контейнера}}$, $B_{\text{контейнера}}$ – длина, ширина рыболовного контейнера, м; ΔL , ΔB – зазор между контейнером и нишей для его установки. При этом значения зазоров $\Delta L = L_{\text{ниши}} - L_{\text{контейнера}}$, м, и $\Delta B = B_{\text{ниши}} - B_{\text{контейнера}}$, м, между контейнером и стенкой не должны превышать размеры вылавливаемых особей гидробионтов (рисунок 2).

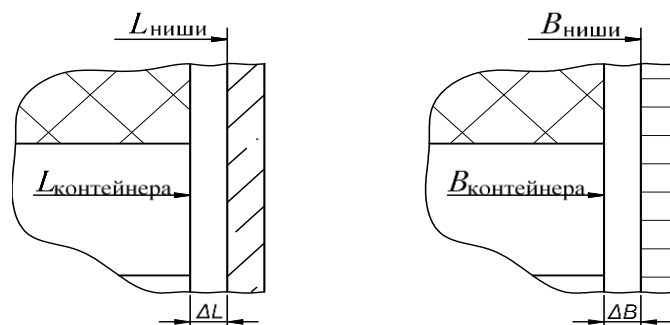
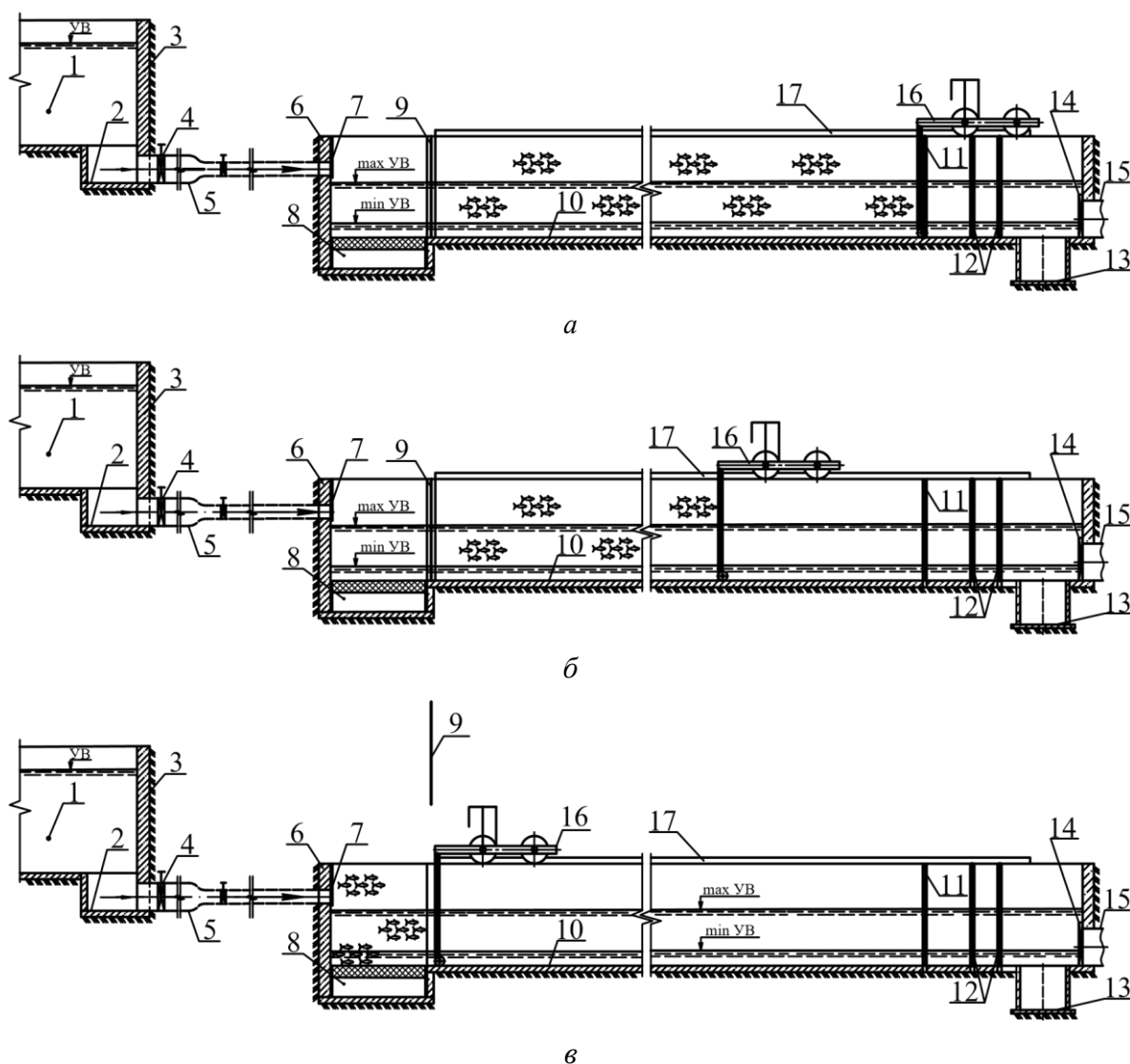


Рисунок 2 – Схематическая иллюстрация расстояния между стенками рыболовного контейнера и ниши для его установки

Геометрические параметры рыбоулавливающего сооружения и его элементов зависят от типа рыбоводного хозяйства, размера и количества облавливаемых рыб.

Облов нижеустроенной рыбонакопительной части сооружения может осуществляться неводом группой из нескольких работников. Учитывая недостатки неводной технологии облова рыбы, конструкцию рыбоуловителя (рисунок 1) доработали путем установки в нем побудительного (рыбоконцентрирующего) устройства, позволяющего осуществлять принудительное перемещение гидробионтов в секции обловной камеры и производить их облов по контейнерной технологии. Для очистки сетного полотна от сора рекомендуется использовать водовоздушное устройство [8].

Побуждающая рыб к перемещению конструкция представляет собой четырехколесную тележку с закрепленной на ней рамой, обшитой сетчатым полотном. Рама устраивается с возможностью ее опускания до дна рыбоуловителя и подъема до поверхности воды в нем (вертикальным перемещением или поворотом вокруг горизонтальной оси). Тележка имеет привод для ее возвратно-поступательного перемещения вдоль рыбоуловителя. Схема работы побуждающего устройства проиллюстрирована рисунком 3.



- 1 – рыбоводный бассейн; 2 – рыбонакопительный приямок; 3 – поперечный устой чаши рыбоводного бассейна; 4 – задвижка трубопровода; 5 – труба впуска водорыбной массы; 6 – поперечный устой; 7 – рыבודерживающая решетка; 8 – водонепроницаемый рыболовный контейнер; 9 – сетчатое ограждение секции обловной камеры; 10 – днище рыбоулавливающего сооружения; 11 – рыбозаградительная решетка; 12 – деревянные шандоры; 13 – водогрязенакопительный колодец; 14 – плоский затвор; 15 – водосбросная труба; 16 – побудительное устройство; 17 – продольные направляющие

Рисунок 3 – Рыбоуловитель с рыбоконцентрирующим устройством:
***а* – исходное положение побудительного устройства; *б* – промежуточное;**
***в* – конечное положение (с извлеченными сетчатыми заградителями)**

Технологические операции по установке сетчатого ограждения, по размещению, выемке контейнеров, их перемещению на платформу контейнеровоза при облове рыб в контейнерной части рыбоулавливающего сооружения проиллюстрированы рисунком 4.

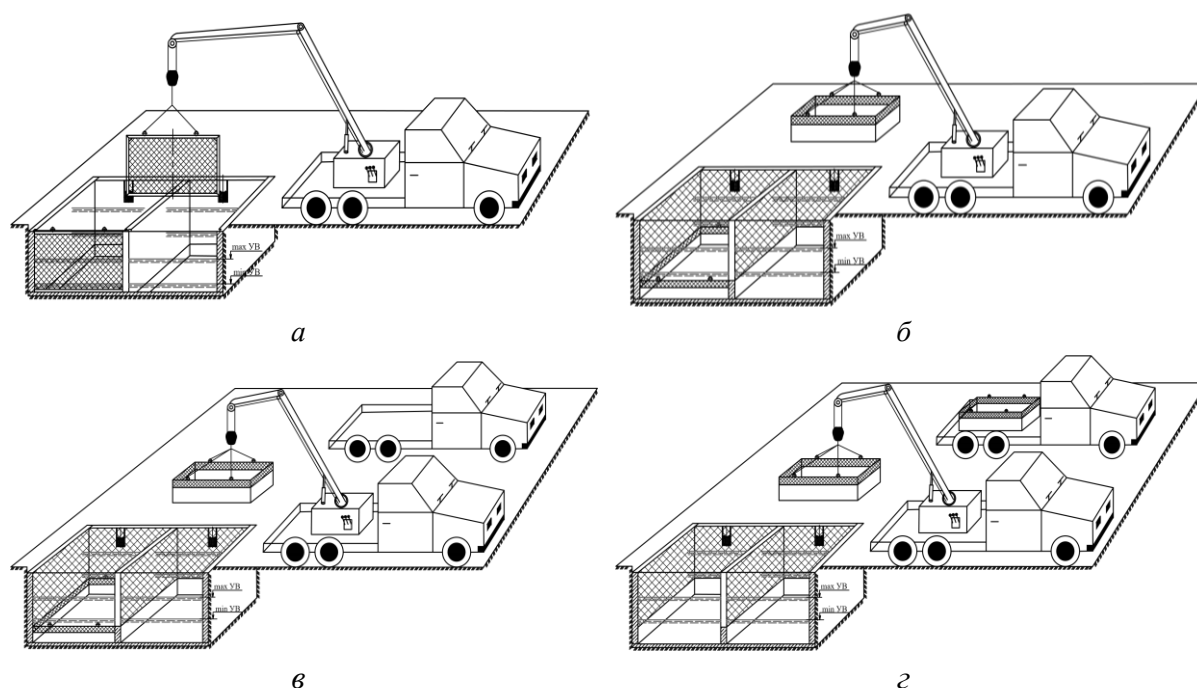


Рисунок 4 – Технологические операции по облову контейнерной части сооружения: а – установка перегораживающей решетки посредством кранового оборудования; б – установка контейнера в секцию обловной камеры; в – извлечение рыболовного контейнера из секции камеры облова; г – погрузка водонепроницаемого контейнера на рыботранспортное средство

Вывод. Разработанное компоновочно-конструктивное решение контейнерного рыбоуловителя позволяет устранить недостатки данного класса сооружений и обеспечивает безусловное попадание и регулируемую подачу гидробионтов в секции камеры облова при создании технической возможности и условий для длительного содержания рыб.

Список использованных источников

- 1 Щедрин, В. Н. Рыбоводный комплекс на базе оросительного канала и малой реки / В. Н. Щедрин, В. Н. Шкура, О. А. Баев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 38–43.
- 2 Шкура, Вл. Н. Рыбоуловитель для рыбоводных прудов, функционирующий в условиях подтопления камеры накопления и облова рыб / Вл. Н. Шкура, А. В. Шевченко // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2020. – № 1(04). – С. 89–104. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm1.ru/article?n=56>. – DOI: 10.31774/2658-7890-2020-1-89-104.
- 3 Нестеров, М. В. Гидротехнические сооружения и рыбоводные пруды: учеб. пособие / М. В. Нестеров, И. М. Нестерова. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2012. – 682 с.
- 4 Типовой проект 820-62/74. Донные водоспуски из сборного железобетона на расход 0,2–2 м³/с и напоры 2–3 м с камерой облова. – М.: Гидрорыбпроект, 1975. – 85 с.
- 5 Шкура, В. Н. Рыбопропускные сооружения низконапорных гидроузлов: учеб. пособие / В. Н. Шкура. – Новочеркасск: НИМИ, 1979. – 98 с.
- 6 Мухачев, И. С. Биотехника ускоренного выращивания товарной пеляди / И. С. Мухачев. – Тюмень, 2003. – 167 с.
- 7 А. с. 114212 СССР, МКИ³ 45h, 27/40. Устройство для облова рыбы / М. В. Тимофеев, Г. М. Жуковский (СССР). – № 569689; заявл. 26.03.57; опубл. 25.03.59. – 2 с.: ил.
- 8 Пат. 1493730 СССР, МПК Е 02 В 8/08, Е 02 В 9/04. Устройство для промывки сетчатого полотна рыбозащитного сооружения / Герман Г. Н., Шкура В. Н., Михеев П. А.,

Чистяков А. А., Ефремкина Л. В.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортюнова. – № 4654844; заявл. 24.08.87; опубл. 15.07.89, Бюл. № 26. – 3 с.: ил.

УДК 631.452:631.445.4

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

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

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ В ГРАНИЦАХ ЮЖНОГО И СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГОВ

Диапазон неблагоприятных свойств черноземов, приобретенных в результате орошения, довольно широк – переувлажнение, вторичное засоление, уплотнение и слитизация, дегумификация почв, обеднение ее элементами питания, ирригационная эрозия. Черноземы страны уже длительное время орошаются, поэтому актуальным остается вопрос о предотвращении деградации таких земель и разработке восстановительных мероприятий. Для этого необходимо провести анализ и оценку динамики почвенного плодородия в результате орошения черноземов в границах Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. Проведенный анализ показал, что значительному изменению при орошении подвергаются водно-физические, агрохимические свойства почв. Сложившаяся ситуация требует срочных мер по проведению систематических мониторинговых исследований орошаемых участков как главного средства оценки и прогнозирования изменений состояния почвы для выработки решений по улучшению условий использования земель, предупреждению и устранению негативных процессов в почвах.

Ключевые слова: черноземы; орошение; почвенная деградация; плодородие; водно-физические свойства; гумус.

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

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

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF CHERNOZEM SOIL FERTILITY CHANGE WITHIN THE BOUNDARIES OF THE SOUTHERN AND NORTH CAUCASIAN FEDERAL DISTRICTS

The range of unfavorable properties of chernozems acquired as a result of irrigation is rather wide – waterlogging, secondary salinization, compaction and merging, soil dehumification, nutrients depletion, irrigation erosion. The country's chernozems have been irrigated for a long time, therefore, the issue of preventing the degradation of such lands and the development of restoration measures remains relevant. It is necessary to analyze and assess the dynamics of soil fertility as a result of chernozem irrigation within the boundaries of the Southern and North Caucasian federal districts. The analysis showed that water-physical, agrochemical properties of soils undergo significant changes during irrigation. The current situation requires urgent measures to conduct systematic monitoring studies of irrigated areas as the main tool for assessing and predicting changes in soil state in order to develop solutions on improving the conditions for land use, preventing and eliminating negative processes in soils.

Key words: chernozem; irrigation; soil degradation; fertility; water-physical properties; humus.

Введение. Фактором, ограничивающим получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур в лесостепной и степной зонах, является влага. Но орошение активно изменяет направление почвенных процессов, и нередко в отрицательную сторону. Тем более многие источники орошения в черноземной зоне имеют повышенную минерализацию и неблагоприятный химический состав, что еще больше снижает плодородие почв. Диапазон неблагоприятных свойств черноземов, приобретенных в результате орошения, довольно широк – переувлажнение, вторичное засоление, уплотнение и слитизация, дегумификация почв, обеднение ее элементами питания, ирригационная эрозия [1, 2].

Имеются отдельные разработки по ликвидации того или иного неблагоприятного процесса, но практика показывает, что, исключая один процесс, мы зачастую усугубляем другие. Проблема сохранения и воспроизводства почвенного плодородия земель является одной из актуальных. Обеспечить страну продовольствием возможно только путем расширения площадей орошения или восстановления плодородия на тех массивах, где оно было утеряно [3, 4].

Черноземы страны уже длительное время орошаются, поэтому также актуальным остается вопрос о предотвращении деградации таких земель и разработке восстановительных мероприятий.

Цель нашего исследования – анализ и оценка изменения почвенного плодородия в результате орошения черноземов в границах Южного и Северо-Кавказского федеральных округов.

Материалы и методы. Наибольшее распространение орошаемые земли на Северном Кавказе получили в Ростовской области (232,2 тыс. га), Ставропольском (224,0 тыс. га) и Краснодарском (401,5 тыс. га) краях (на 1 января 2019 г.) [5].

В процессе исследований нами за объект исследований были приняты орошаемые зоны, приуроченные к наиболее крупным оросительным системам Ростовской области, Ставропольского и Краснодарского края.

Основные методы исследования – системный подход, анализ и синтез, обобщение, интерполяция, описание, сравнение и оценка данных о свойствах орошаемых черноземов из архивных отчетов ФГБНУ «РосНИИППМ».

Черноземы формируются на лессовидных суглинках различного происхождения (делювиального, аллювиального, аллювиально-морского) мощностью от 3 до 10 м в долинах рек и до 40 м – на водоразделах. Они не засолены, однако нередко наблюдается засоление почвообразующих пород на глубине 2–4 м, как правило, мощных лессовидных пород, на которых формируются черноземы [6].

За объект анализа и оценки динамики почвенного плодородия приняты черноземы, которые подвергались наибольшему влиянию длительного орошения в указанных регионах (рисунок 1).

Результаты и обсуждения. Рассмотрим блок информационных показателей свойств черноземов для Ростовской области, в наибольшей степени вовлеченных в орошение, – черноземов южных. Южные черноземы анализировались по предварительным участкам, расположенным на водоразделах Волгодонского и Мартыновского районов. Грунтовые воды расположены глубже 3 м и не оказывают влияния на почвообразовательные процессы. Орошение осуществляется дождевальной техникой донской водой удовлетворительного качества (0,5–0,7 г/дм³). Рассматриваемые южные черноземы не засолены, имеют нейтральную реакцию среды, щелочность отсутствует. Наблюдается недонасыщенность почвенного поглощающего комплекса кальцием, очень много магния, что указывает на присутствие магниевой солонцеватости, натриевая солонцеватость по разбросу проявляется с 20 см и глубже (таблица 1).



Рисунок 1 – Схема объекта исследований (орошаемых черноземов)

Таблица 1 – Показатели водно-физических свойств черноземов южных Ростовской области (богара)

Глубина, см	Физическая глина при гранулометрическом анализе (частиц < 0,01 мм), %		Ил механический (частиц < 0,001 мм), %		Ил микроагрегатный (частиц < 0,001 мм), %		Коэффициент дисперсности		Плотность сложения почвы, т/м ³	
	Среднее	Разброс	Среднее	Разброс	Среднее	Разброс	Среднее	Разброс	Среднее	Разброс
0–20	60	0,09	32	3,20	2	0,003	5	0,005	1,3	0,001
20–40	63	0,03	36	3,28	2	0,572	6	5,780	1,4	0,003
40–60	63	53,30	36	7,14	2	3,001	7	18,605	1,5	0,002
60–80	61	40,90	34	19,53	2	1,201	6	6,160	1,6	0,002
80–100	64	1,50	35	0,63	2	0,061	7	0,720	1,6	0,002

На орошаемых участках карбонаты сдерживают проявление солонцеватости, но в таком количестве могут сдвигать щелочность в неблагоприятную сторону [7]. Наблюдается уплотнение, показатель плотности сложения почвы составляет 1,3–1,5 т/м³. Пашня южных черноземов уплотнена. По содержанию гумуса черноземы имеют низкий уровень, низко и средне обеспечены фосфором. Видимо, нарушен баланс элементов питания, так как калием почвы очень высоко обеспечены.

Блок информационных показателей южных орошаемых и неорошаемых черноземов представлен в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Показатели водно-физических свойств черноземов южных Ростовской области (орошение)

Глубина, см	Физическая глина при гранулометрическом анализе (частиц < 0,01 мм), %		Ил механический (частиц < 0,001 мм), %		Ил микроагрегатный (частиц < 0,001 мм), %		Коэффициент дисперсности		Плотность сложения почвы, т/м ³	
	Среднее	Разброс	Среднее	Разброс	Среднее	Разброс	Среднее	Разброс	Среднее	Разброс
0–20	62	10,4	35	3,5	2	0,8	6,	7,131	1,2	0,010
20–40	64	5,8	36	4,1	3	0,7	8	5,493	1,3	0,002
40–60	63	13,2	37	3,8	3	1,1	9	6,602	1,4	0,002
60–80	62	9,43	35	3,2	2	0,9	6	8,146	1,4	0,001
80–100	64	10,1	35	4,2	2	0,6	7	5,008	1,5	0,002

Таблица 3 – Сравнительная характеристика основных свойств черноземов обыкновенных Ставропольского края на богаре и при орошении в течение 8–10 лет

Свойство почвы	Глубина взятия образца, см	Место взятия образца	Количество определений	Среднее арифметическое, ± ошибка среднего арифметического	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации
Содержание физической глины (частиц < 0,01 мм), %	0–40	богара	70	64,0 ± 0,293	2,34	3,69
		орошение	23	50,3 ± 1,099	5,16	10,48
Содержание гумуса, %	0–40	богара	148	3,83 ± 0,451	0,55	14,33
		орошение	148	3,35 ± 0,489	0,59	17,68
Запасы гумуса, т/га	0–70	богара	147	252 ± 3,187	38,51	15,30
		орошение	32	264 ± 6,601	36,76	14,09
Засоление, %	0–50	богара	25	0,073 ± 0,005	0,024	33,01
		орошение	25	0,006 ± 0,001	0,003	51,05
Запасы питательных веществ, мг/100 г почвы	0–20 P ₂ O ₅	богара	130	1,00 ± 0,368	0,40	40,23
		орошение	130	4,02 ± 0,759	0,32	47,08
	0–20 K ₂ O	богара	130	25,33 ± 0,714	8,02	31,79
		орошение	25	31,57 ± 1,617	7,76	25,10
Карбонатность почвы, %	0–20 CO ₂	богара	46	0,69 ± 0,070	0,47	69,08
		орошение	29	0,90 ± 0,109	0,57	64,01

С целью выяснения возможных изменений, происходящих в черноземах Ставропольского края, были обработаны и проанализированы результаты до орошения на участках междуречья Кубань – Егорлык (1968 г.) и после 8–10 лет после орошения (Новоалександровский район). До орошения почвы на этих участках характеризовались как черноземы обыкновенные мощные и среднемощные глинистые и тяжело-суглинистые, наиболее распространенные на орошаемых массивах Ставропольского края. Почвы были не засолены, несолонцеваты. Грунтовые воды с минерализацией 2,7–8,0 г/дм³ находились на глубине 10–20 м и более [8].

В результате орошения на массивах со слабой естественной дренированностью произошел подъем уровня грунтовых вод до 5–10 м. В пахотном и подпахотном горизонте при орошении уменьшилось количество глинистой фракции ($< 0,01$ мм), а также содержание гумуса, хотя запасы гумуса в слое 0,0–0,7 м увеличились. Органическое вещество, видимо, частично перераспределено в более глубокие горизонты почвенного разреза. Общее количество солей на орошаемых участках в верхних горизонтах почвы несколько уменьшилось, а в слое 1,0–2,0 м – незначительно увеличилось. Несколько уменьшилась емкость поглощения, что, видимо, связано с сокращением количества глинистых частиц и органики в поверхностных горизонтах почвы. Отмечено уменьшение содержания поглощенного натрия и одновременно увеличение карбонатности в поверхностных слоях почвы при орошении (таблица 3).

Можно отметить некоторое ухудшение водно-физических свойств на орошаемых участках. По всему разрезу отмечается увеличение плотности сложения почвы, уменьшение пористости и скорости впитывания, а также небольшое увеличение удельной массы (таблица 4).

Таблица 4 – Водно-физические свойства черноземов обыкновенных Ставропольского края на богаре и при орошении в течение 8–10 лет

Слой почвы	Плотность сложения почвы, т/м ³	Пористость, %	Естественная влагоемкость			Наименьшая влагоемкость		
			Весовые, %	Объемные, %	Суммарные запасы влаги, м ³ /га	Весовые, %	Объемные, %	Суммарные запасы влаги, м ³ /га
0–20	1,08/1,19	58,4/54,8	20,7/24,2	22,3/28,8	484/759	30,2/30,6	33,2/38,7	701/1020
20–40	1,18/1,28	54,9/51,9	21,0/24,7	24,9/31,6	1327/1771	27,7/29,2	33,2/37,0	1839/2224
40–60	1,13/1,23	56,6/53,3	20,8/24,5	23,6/30,2	1254/1511	29,1/29,9	33,3/37,9	1654/1896
60–100	1,15/1,24	56,0/53,0	20,5/24,6	23,4/30,8	2392/3080	28,0/29,0	32,7/37,0	3270/3689
100–200	1,18/1,27	55,3/52,7	17,9/24,7	21,2/31,3	4578/6199	25,7/26,6	26,6	31,3/33,3
Примечание – В числителе – богарные участки (приведены средние значения по восьми опытными площадкам), в знаменателе – земли, орошаемые в течение 8–10 лет (приведены средние значения по пяти опытными участкам).								

Одним из объектов орошения Краснодарского края являются черноземы выщелоченные. Мелиоративная оценка почв в значительной степени зависит от их гранулометрического состава. Гранулометрический состав легкоглинистый крупнопылевато-иловатый. Содержание физической глины в метровом профиле почвы колеблется незначительно (от 63 до 69 %), на фракцию ила приходится 38–41 %. Особенностью гранулометрического состава является почти полное отсутствие в профиле фракций крупного и среднего песка. Гранулометрический состав орошаемых и неорошаемых черноземов отличается относительной гомогенностью. Более высокое содержание водопрочных агрегатов в орошаемом черноземе обуславливает и более низкие величины коэффициента дисперсности [9].

Черноземы выщелоченные характеризуются повышенной плотностью пахотного слоя и ясно выраженной «плужной подошвой». При орошении выделяется более мощный уплотненный слой почвы (1,30–1,35 т/м³). Это затрудняет проникновение корней в нижележащие слои и ограничивает тем самым объем почвы, откуда растения могут извлекать влагу и питательные вещества. Уплотненный слой замедляет фильтрацию воды из верхнего слоя почвы, что может привести к созданию избыточного увлажнения, уменьшению глубины промачивания почвы и в итоге к снижению эффекта от орошения.

Общая порозность почвы, показатель плодородия, тесно связанный с плотностью и определяющий возможность накопления влаги в почве, удовлетворительная для пахотного слоя (51,7–52,3 %) [10]. Почвы имеют удовлетворительные с мелиора-

тивной точки зрения водно-физические свойства (плотность сложения, пористость), что обеспечивает достаточную водопроницаемость и хорошую водоудерживающую способность. Однако тенденция к уплотнению корнеобитаемого слоя почвы при орошении и связанная с ним возможность ухудшения водно-воздушных свойств свидетельствует о необходимости контроля и регулирования почвенных процессов и режимов при орошении (таблица 5).

Таблица 5 – Блок информационных показателей водно-физических свойств чернозема выщелоченного Краснодарского края

Слой почвы, см	Физическая глина при гранулометрическом анализе, %	Ил микроагрегатный (< 0,001 мм), %	Коэффициент дисперсности	Плотность сложения почвы, т/м ³	Пористость почвы, %	Наименьшая влагоемкость, %	Запасы продуктивной влаги, мм/га
Богара							
0–20	68,7	7,5	13,5	1,23	52,3	29,2	38,1
20–40	63,6	8,1	21,3	1,29	50,4	27,7	54,8
40–60	65,1	8,0	20,9	1,28	51,3	28,6	36,6
60–80	66,8	5,5	13,7	1,30	50,6	28,2	39,0
80–100	66,7	6,6	16,9	1,28	51,3	27,9	43,5
Орошение (более 5 лет)							
0–20	62,9	4,5	11,3	1,24	51,7	30,6	40,3
20–40	63,5	4,3	11,0	1,30	50,1	27,8	36,9
40–60	63,6	4,3	11,5	1,35	49,4	27,7	36,2
60–80	63,6	4,4	11,5	1,30	50,0	27,7	37,7
80–100	64,6	5,3	13,7	1,33	49,6	27,5	39,9

По содержанию гумуса относятся к слабогумусированным. Тип гумуса фульвано-гуматный с преобладанием гуминовых кислот над фульвокислотами. Под влиянием орошения происходит некоторое ухудшение качества гумуса. В целом, несмотря на некоторые изменения в групповом составе гумуса, связанные с орошением, гумус сохраняет общие черты, свойственные этим почвам. Черноземы Краснодарского края средне обеспечены подвижным фосфором и имеют среднее и повышенное содержание обменного калия (таблица 6).

Таблица 6 – Блок информационных показателей агрохимических свойств чернозема выщелоченного Краснодарского края

Глубина, см	Общее содержание гумуса, %	Легкогидролизуемый азот, мг/100 г почвы	Нитратный азот, мг/100 г почвы	Подвижный фосфор, мг/100 г почвы	Обменный калий, мг/100 г почвы
Богара					
0–20	3,48	3,4	0,6	12,3	16,8
20–40	3,12	3,2	0,5	12,0	15,4
40–60	2,94	2,9	2,9	11,3	14,7
60–80	2,83	2,5	0,4	11,2	13,4
80–100	2,76	2,3	0,2	10,7	12,1
Орошение					
0–20	3,41	3,9	0,9	15,3	26,0
20–40	3,24	3,5	0,6	13,9	24,5
40–60	3,01	3,4	0,5	13,7	22,7
60–80	2,87	3,1	0,4	12,1	20,7
80–100	2,40	2,5	0,3	10,0	17,8

Выводы

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

2 Разработанные многими научно-исследовательскими организациями рекомендации требуют регионального уточнения и соответственной корректировки с учетом климатических особенностей района орошения. Не разработаны научно обоснованные технологии системы земледелия для орошаемых почв, необходима структура улучшения использования орошаемых угодий.

3 Необходимо выработать последовательность проведения инженерных и почвенных мелиораций, исключаящую отрицательное влияние одного мероприятия на другое.

4 В настоящее время необходимо не только достоверно установить изменения свойств черноземов при длительном орошении, но и разработать способы сохранения плодородия черноземов при орошении. На свойства черноземов влияют многие моменты – тип почвы, месторасположение, режим и технология орошения, проводимые мероприятия и другие условия.

Список использованных источников

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

2 Щедрин, В. Н. Теория и практика альтернативных видов орошения черноземов юга европейской территории России: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 435 с.

3 Скуратов, Н. С. Использование и охрана орошаемых черноземов / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева, О. Ю. Шалашова. – М., 2001. – 246 с.

4 Руководство по выявлению деградированных почв и земель России для целей государственного контроля за их охраной и рациональным использованием. – М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 2000. – 133 с.

5 Сведения о наличии и распределении земель в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.ru/site/activity/sostoyame-zemerrossii/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii/>, 2020.

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

7 Попов, А. А. Мелиоративное состояние орошаемых земель Ростовской области / А. А. Попов // Мелиорация и орошение почв равнинного Кавказа: сборник. – М.: Наука, 1986. – С. 24–28.

8 Влияние орошения на свойства черноземов Северного Кавказа / А. Т. Лисконов [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство: обзор. информ. / ЦБНТИ Минводстроя СССР. – М., 1990. – С. 50.

9 Щедрин, В. Н. Негативные почвенные процессы при регулярном орошении различных типов почв / В. Н. Щедрин, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 1–21. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=542&id=543>.

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

УДК 626.816(83)

О. Я. Гловацкий

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

Б. Хамдамов

Ташкентский государственный технический университет имени И. Каримова, Ташкент,
Республика Узбекистан

Н. М. Исмаилов

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

А. Б. Сапаров

Mott MacDonald-Temelsu, Термез, Республика Узбекистан

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

В статье обосновывается необходимость разработки ресурсосберегающих условий обеспечения экологической безопасности эксплуатации насосных станций мелиоративных систем с новыми материалами, дается обоснование технологических, экологических факторов. Учитывая, что крупные насосные установки являются весьма энергоемкими объектами, даны рекомендации по модернизации водоподводящих сооружений на основе использования современных нетрадиционных методов и материалов. Основной задачей исследований было обоснование возможности использования армированного грунта не только в низовой части откосов, но и для повышения надежности и сокращения объемов верхового откоса каналов. Изучалась работа армированных и неармированных моделей каналов, отсыпаемых из талимарджанского пылеватого песка плотностью $\rho_d = 1,59 \dots 1,60 \text{ г/см}^3$, смеси гравийно-галечниковых грунтов $d = 5 \dots 10 \text{ мм}$. Установлено, что гидростатическое давление не оказывает существенного влияния на несущую способность армированной модели, но имеет место предельное состояние в виде смещения откосов каналов в целом. Новые материалы будут использованы при реконструкции каскадов Амубухарского и Каршинского машинных каналов.

Ключевые слова: технологические факторы; экологические факторы; насосные установки; армированный грунт; водоподводящие сооружения; ресурсосбережение; откосы; каналы.

O. Ya. Glovatskiy

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

B. Khamdamov

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent,
Republic of Uzbekistan

N. M. Ismailov

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

A. B. Saparov

Company Mott Macdonald-Temelsu, Termez, Republic of Uzbekistan

ECOLOGICAL ASPECTS OF NEW MATERIAL DEVELOPMENT FOR RECLAMATION PUMPING STATIONS

The need to develop resource-saving conditions for ensuring the environmental safety of pumping stations operation of reclamation systems with new materials is substantiated. The substantiation of technological, environmental factors is given. Considering that large pump assemblies are very energy-intensive facilities, recommendations for modernization of

water supply facilities based on the use of modern non-traditional methods and materials are given. The main objective of the research was to substantiate the possibility of using reinforced soil not only in the downstream slope, but also to increase reliability and reduce the volume of the upstream slope of canals. The work of reinforced and non-reinforced models of canals filled by Talimarjan dusty sand with a density of $\rho_d = 1,59 \dots 1,60 \text{ g/cm}^3$, and a mixture of gravel and pebble soils $d = 5\text{--}10 \text{ mm}$ has been studied. It was found that hydrostatic pressure does not significantly affect the bearing capacity of the reinforced model, but there is a limit state in the form of a canal slope shift as a whole. New materials will be used in the reconstruction of the Amubukhara and Karshi pumping canals cascades.

Key words: technological factors; environmental factors; pump assembly; reinforced soil; water supply facilities; resource saving; slopes; canals.

Введение. В настоящее время в Республике Узбекистан уделяется особое внимание обеспечению безопасности гидротехнических сооружений, проводятся научно-исследовательские работы, внедряются их результаты в практику. Утверждена «Программа мер по дальнейшему развитию гидроэнергетики на 2017–2021 годы». Данный документ принят в целях создания новых экологически чистых генерирующих мощностей, обеспечения технического и технологического перевооружения существующих гидроэнергетических объектов на базе использования современных технологий.

В связи с резким удорожанием и нарастающим дефицитом энергоресурсов на первый план выдвигается проблема уменьшения их потребления мелиоративными насосными станциями (НС). Это во многом связано с износом и разрушением элементов НС. Отсутствие приоритетных работ по указанной проблеме делает невозможным совершенствование ресурсосберегающих режимов НС на современном уровне эксплуатации. По данным НИИИВП, эксплуатационный КПД НС остается ниже расчетных значений на 5–7 %, экологические требования выполняются на 25–30 %.

Основными причинами этого являются тяжелые климатические условия, связанные с высокой температурой воды и воздуха, значительные габариты и скорости течения воды в элементах проточного тракта, большие подачи воды агрегатов, сложные переходные процессы, сопутствующие их эксплуатации.

Материалы и методы. В процессе исследования при изучении состояния сооружений и оборудования НС использованы системный анализ, обработка результатов натурных и модельных исследований гидротехнических сооружений, методики и техники моделирования новых материалов из армированного грунта для дальнейшего их применения на гидротехнических объектах.

Результаты и обсуждение. Несовершенный уровень эксплуатации насосных агрегатов и сооружений по управлению экологическими условиями работы вызывает значительные потери. Необходим анализ экологических условий крупных каскадов НС.

Центральным понятием системного анализа работ по этим проблемам является понятие системы. В допустимых границах система управления объектом исследуется как единый организм с учетом внутренних связей между отдельными элементами. В общем виде система имеет иерархическую структуру (состоит из подсистем со своими собственными целями и средствами достижения цели более высокого уровня).

Имеющиеся научные работы по экологической устойчивости НС не учитывают связей между отдельными элементами [1, 2]. Авторами были проанализированы критерии устойчивости НС с новыми материалами [3, 4].

На первом уровне оптимизируются состав и основные параметры сооружений водопроводящего тракта НС. Определяется местоположение водопроводящих сооружений, а также устанавливаются внешние параметры НС, характеризующие ее водоподачу и напор. На втором уровне производится обоснование основных параметров оборудования и сооружений НС. Данные параметры полностью характеризуют отдельные сооружения с точки зрения их функциональности и зависимости от других объектов

НС. При этом НС рассматривается как система с заданными внешними главными параметрами и уточненной исходной информацией.

Мелиоративные системы и особенно мелиоративные НС относятся к физическим (искусственным) системам. Основным свойством подобных систем является их совместимость. Мелиоративная НС может быть совместима с энергосистемой, но при изменении окружающей среды не будет в состоянии функционировать. Если в водоисточнике упадет уровень воды (УВ) или резко повысится температура перекачиваемой воды, то насосы из-за кавитации будут отключены эксплуатационным персоналом. Отсюда ведущие ученые-мелиораторы сформулировали проблему оптимизации системы как ее приспособление к окружающей среде или к другой системе для обеспечения наиболее эффективного функционирования системы в определенном отношении. Основная цель сохранения мелиоративной НС – обеспечение ее устойчивости и долговечности. Выполнение цели развития НС – ее реконструкция.

Необходимость энергосберегающих насосных установок обосновывается обычно технологическими и экономическими факторами. В настоящее время выявляются экологические аспекты проблемы. Крупные насосные установки являются весьма энергоемкими объектами. Они ежегодно расходуют примерно 20 % вырабатываемой электроэнергии, что для СНГ составляет около 300 млрд кВт·ч в год [1, 5, 6].

Производство электроэнергии зачастую оказывает вредное влияние на окружающую среду. Распространение энергосберегающих систем позволит сэкономить в мелиоративных системах республики 70–80 млн кВт·ч в год, т. е. примерно 1 % необходимой электроэнергии. Это значит, что при ежегодном приросте выработки электроэнергии в 3–4 % ввод новых энергетических мощностей может быть снижен на треть. Вследствие этого будет предотвращено сжигание 1,8–2,0 млн т условного топлива, или 2–3 млн т реального угля. Таким образом будет получен существенный экологический эффект за счет уменьшения вредных выбросов в воздух и воду. Кроме того, эти системы снижают вероятность возникновения гидравлических ударов, предотвращают разрушение водоподводящих сооружений НС (рисунок 1).



Рисунок 1 – Разрушение откосов подводящего канала насосной станции «Кизил-Тепе» (автор фото НИИИВП)

Устойчивость к разрушениям водоподводящих сооружений НС может быть достигнута при использовании новых материалов [3–5].

Использование критериев подобия при моделировании сооружений из армированного грунта с различными видами арматуры, связывающих между собой физические и геометрические характеристики отдельных составляющих этого композитного строительного материала, позволило бы выполнять исследования с целью получения качественных и количественных оценок работы и несущей способности сооружения более целенаправленно. При этом открывается возможность получения более точных

сравнительных оценок работы сооружения на каждой стадии исследований, а также пересчета результатов исследований на натуру.

Основные положения, касающиеся подобия при моделировании сооружений из армированного грунта, разработаны в НИИИВП и ТашГТУ [6, 7]. Ряд изысканий с целью изучения работы сооружений из армированного грунта с помощью модельных исследований, сведения о которых имеются в литературе, проводились практически без соблюдения критериев подобия [3, 6]. Поэтому в указанных случаях можно говорить лишь о получении качественной картины работы сооружения. Перенос полученных на таких моделях количественных результатов на реальные натурные сооружения представляется весьма спорным.

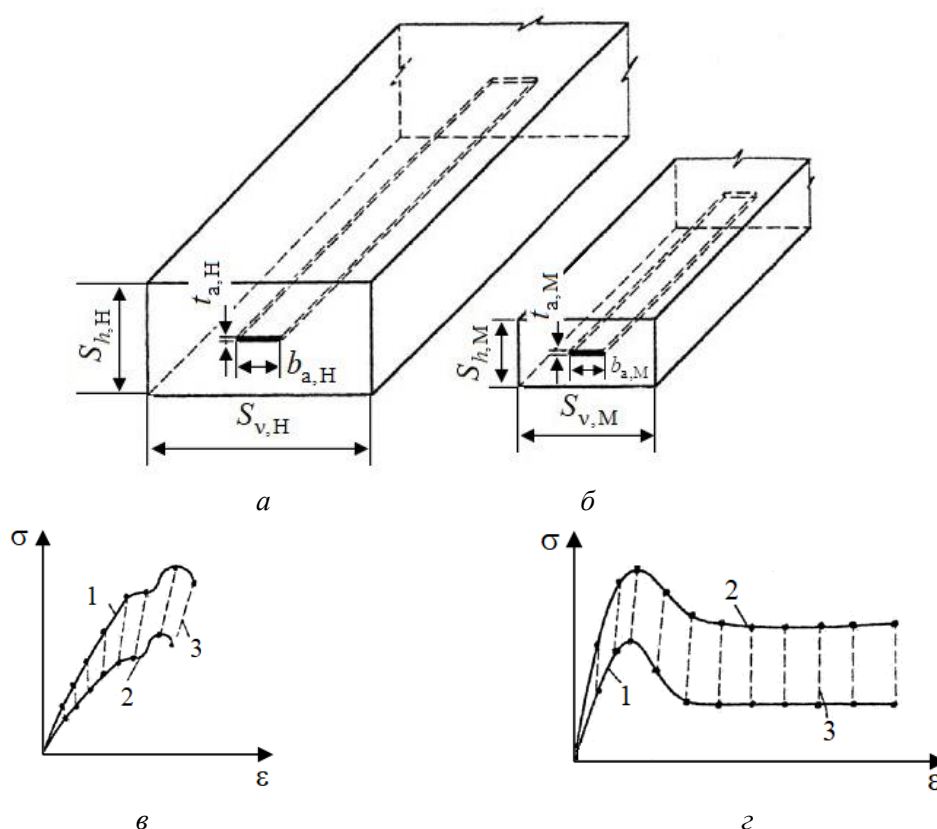
Имеющиеся физические представления о работе армированного грунта позволяют считать необходимым учет при моделировании следующих основных физико-механических характеристик грунта и арматуры:

- для грунта: удельный вес $\gamma_{гр}$, модуль деформации $E_{гр}$, сдвиговые характеристики $tg\varphi$ и c ;

- для армирующих элементов: модуль упругости E_a , прочность на растяжение и срез R_a и τ_a , сдвиговые характеристики на границе «грунт – арматура» $tg\varphi$ и c .

В общем случае между указанными характеристиками грунта и арматуры должны существовать соотношения подобия.

Геометрический масштаб α_L должен соблюдаться для вертикального и горизонтального расстояния между одиночной арматурой, а также для ее размеров (рисунок 2).



a и *б* – армированный грунт соответственно натуре и модели; *в* – подобие индикаторных диаграмм для металлической арматуры; *г* – подобие индикаторных диаграмм для пластмасс и синтетических материалов; 1, 2 – индикаторные диаграммы соответственно натуре и модели; 3 – линии сходственных напряжений

Рисунок 2 – Моделирование армированного грунта

Кроме того, для натуры и модели должны использоваться следующие критерии подобия:

$$S_{v,H} / S_{v,M} = S_{h,H} / S_{h,M} = b_{a,H} / b_{a,M} = t_{a,H} / t_{a,M} = l_H / l_M = \alpha_L,$$

где $S_{v,H}$, $S_{v,M}$ – шаг арматуры в горизонтальной плоскости соответственно натуры и модели;

$S_{h,H}$, $S_{h,M}$ – шаг арматуры по вертикали соответственно натуры и модели;

$b_{a,H}$, $b_{a,M}$ – ширина арматуры соответственно натуры и модели;

$t_{a,H}$, $t_{a,M}$ – толщина арматуры соответственно натуры и модели;

l_H , l_M – длина арматуры соответственно натуры и модели;

$$\gamma_{гр,H} / \gamma_{гр,M} = \alpha_{\gamma,гр}, \quad (1)$$

$$\gamma_{a,H} / \gamma_{a,M} = \alpha_{\gamma,a}.$$

Предполагается, что в связи с относительно небольшой величиной веса арматуры возможно отказаться от его воспроизведения для армирующих элементов, т. е. пренебрегать критерием (1).

$$E_{гр,H} / E_{гр,M} = E_{a,H} / E_{a,M} = \alpha_E = \alpha_\sigma,$$

$$A_{a,H} / A_{a,M} = \alpha_L^2,$$

$$\varphi_{гр,H} = \varphi_{гр,M}, \quad C_{гр,H} / C_{гр,M} = \alpha_C = \alpha_\sigma,$$

$$\varphi'_H = \varphi'_M, \quad C'_H / C'_M = \alpha_C = \alpha_\sigma,$$

$$R_{a,H} / R_{a,M} = \tau_{a,H} / \tau_{a,M} = \alpha_R = \alpha_\sigma = \alpha_\tau,$$

где $\gamma_{гр,H}$, $\gamma_{гр,M}$, $E_{гр,H}$, $E_{гр,M}$ – удельный вес и модуль деформации соответственно грунтов натуры и модели;

$E_{a,H}$, $E_{a,M}$ – модули упругости арматуры натуры и модели;

$A_{a,H}$, $A_{a,M}$ – площади поперечных сечений арматуры натуры и модели;

$\varphi_{гр,H}$, $\varphi_{гр,M}$, $C_{гр,H}$, $C_{гр,M}$ – углы внутреннего трения и удельное сцепление грунтов натуры и модели;

φ'_H , φ'_M , C'_H / C'_M – углы внутреннего трения и сцепление на границе «грунт – арматура» натуры и модели;

$R_{a,H}$, $R_{a,M}$, $\tau_{a,H}$, $\tau_{a,M}$ – временные сопротивления растяжению и срезу арматуры натуры и модели.

Для подобия разрушения сооружений из армированного грунта важно также подобие индикаторных диаграмм материалов арматуры натуры и модели. Авторами изучалась работа армированных и неармированных моделей подводящих каналов и сопрягающих сооружений Каршинского магистрального канала, отсыпаемых из талимарджанского пылеватого песка плотностью $\rho_d = 1,59...1,60$ г/см³, смеси гравийно-галечниковых грунтов $d = 5...10$ мм. Эти материалы будут использованы при реконструкции каскадов НС Амубухарского и Каршинского машинных каналов.

Выводы

1 Проблема уменьшения потребления энергоресурсов мелиоративными насосными станциями во многом связана с износом и разрушением элементов насосных станций. Отсутствие приоритетных работ по указанной проблеме делает невозможным

совершенствование ресурсосберегающих режимов насосных станций на современном уровне их эксплуатации, когда экологические требования выполняются на 25–30 %.

2 Необходимость совершенствования строительства новых и реконструкции существующих гидротехнических объектов приводит к разработке и использованию современных нетрадиционных методов и материалов.

3 В лабораториях НИИИВП и Ташгидропроекта проводились испытания состояния откосов каналов с различными армированными зонами при использовании экспериментально полученных характеристик их состояния. Основной задачей исследований было обоснование возможности использования армированного грунта не только в низовой части откосов, но и для повышения надежности и сокращения объемов верхового откоса.

4 Экспериментальное определение динамических деформаций моделей каналов с различными заложениями откосов и разными способами армирования и исследования различных армированных грунтовых моделей проводились в машине центробежного моделирования. Изучалась работа армированных и неармированных моделей каналов, отсыпаемых из талимарджанского пылеватого песка плотностью $\rho_d = 1,59 \dots 1,60 \text{ г/см}^3$, смеси гравийно-галечниковых грунтов $d = 5 \dots 10 \text{ мм}$.

5 Установлено, что гидростатическое давление не оказывает существенного влияния на несущую способность армированной модели, но имеет место предельное состояние в виде смещения откосов каналов в целом. В связи с этим можно сделать вывод, что собственный вес армированной модели в отличие от гидростатического давления оказывает существенное влияние на ее несущую способность.

Список использованных источников

1 Азимов, А. Экологические аспекты энергосберегающих режимов крупных ирригационных насосных станций / А. Азимов, Ш. Шарипов, О. Гловацкий // Материалы Республиканской научно-практической конференции по инновациям в сельском хозяйстве. – Ташкент, 2010. – С. 63–66.

2 Экспериментальные исследования аванкамер насосных станций / О. Я. Гловацкий, Б. Б. Хасанов, А. И. Азимов, С. З. Аллабердиев, А. И. Джурабеков // Повышение эффективности, надежности и безопасности гидротехнических сооружений: сб. науч. тр. – Ташкент, 2018. – Т. 2. – С. 412–418.

3 Опыт эксплуатации крупных ирригационных каналов с бетоноплочными облицовками / А. А. Газарян, О. Я. Гловацкий, С. Х. Махкамов, Н. А. Тожибеков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 1(73). – С. 154–160.

4 Новые конструкции и технологии для водо- и энергосбережения в системах машинного водоподъема / Ш. Р. Рустамов, О. Я. Гловацкий, С. У. Жанкабылов, С. К. Гадаев // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. – 2017. – № 3–4. – С. 143–148.

5 Насырова, Н. Р. К вопросу реконструкции оросительных систем с машинным водоподъемом / Н. Р. Насырова, О. Я. Гловацкий, А. Б. Сапаров // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 1(69). – С. 58–64.

6 Шарипов, Ш. М. Экологические и энергосберегающие проблемы реконструкции систем машинного водоподъема / Ш. М. Шарипов, Н. Р. Насырова, А. Б. Сапаров // Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК (Костяковские чтения): сб. науч. тр. / ВНИИГиМ, Россельхозакадемия. – М., 2017. – С. 246–249.

7 Хамдамов, Б. Экспериментальные исследования армированного грунта / Б. Хамдамов // Экологическое совершенствование мелиоративных систем: сб. науч. тр. / ВНИИГиМ. – М., 1989. – С. 238–239.

УДК 631.1.047:634.11

А. А. Куприянов

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

Я. Е. Удовидченко

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

О ПРОЕКТИРОВАНИИ САДОВЫХ КВАРТАЛОВ В ЯБЛОНЕВЫХ САДАХ С ОКРУГЛОЙ ФОРМОЙ КРОНЫ РАСТЕНИЙ

Цель исследования – анализ и обобщение рекомендаций по определению размеров и расположения садовых кварталов яблоневых насаждений, культивируемых по индустриальной технологии, на предмет их учета при проектировании систем капельного орошения древесных плодовых растений. Основой для анализа и обобщений являются известные рекомендации по проектированию садовых кварталов в промышленных яблоневых садах и материалы обследования поквартально обустроенных яблоневых насаждений в хозяйствах Ростовской области. Рассмотрены предложения и рекомендации по устройству садовых кварталов в насаждениях, и сделаны соответствующие природно-климатическим условиям южной зоны плодового хозяйства обобщения по установлению формы, линейных и площадных параметров кварталов яблоневых растений, культивируемых на безуклонных и пологосклонных земельных угодьях. Отмечены особенности пространственной ориентации садовых кварталов по направлениям частей света, ветров высокой интенсивности и склонов. Сделанные обобщения послужат основой для разработки проектов организации территории капельно орошаемых яблоневых садов.

Ключевые слова: яблоневый сад; садовый квартал; садовая клетка; размеры садовых кварталов; ориентация садовых кварталов.

A. A. Kupriyanov

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

Y. E. Udovidchenko

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

ON DESIGNING GARDEN QUARTERS IN APPLE GARDENS WITH A ROUND-SHAPED PLANT CROWN

The purpose of the study is to analyze and generalize recommendations for determining the size and location of garden quarters of apple plantations cultivated according to industrial technology, for taking them into account when designing drip irrigation systems for woody fruit plants. The basis for the analysis and generalizations is the well-known recommendations on the garden quarters design in industrial apple gardens and survey data of quarterly equipped apple plantations in the farms of Rostov region. Proposals and recommendations for the arrangement of garden quarters in plantations were considered, and generalizations corresponding to the natural and climatic conditions of the southern zone of fruit growing to establish the shape, linear and areal parameters of apple quarters plants cultivated on firm and sloping land areas were made. The peculiarities of the spatial orientation of garden quarters in the direction of parts of the world, high-intensity winds and slopes are noted. The generalizations made will serve as the basis for the development of projects for organizing the territory of drip irrigated apple gardens.

Key words: apple garden; garden quarter; garden cage; garden quarter size; garden quarter orientation.

Введение. Программы развития садоводства в южных регионах Российской Федерации предусматривают расширение площадей садовых насаждений при одновременной интенсификации плодородного производства. Задача увеличения производства плодов в действующих и вновь закладываемых садах может быть решена при соответствующей культуре их устройства и эксплуатации. Современные достижения научно-технического прогресса в области проектирования яблоневых садов предусматривают оптимизацию организации их территории, обеспечивающую создание условий для роста, развития и плодоношения культивируемых растений и рационализации ведения всех видов агротехнических работ, включая проведение орошения, фертигации [1, 2] и сбора урожая. В работах плодородов и садовых инженеров определены технологии разработки проектов организации территории садовых насаждений, культивируемых по индустриальной технологии в «промышленных» садах [3–10].

Определяющим компоновочно-конструктивным элементом промышленного сада является садовый квартал, по определению параметров которого имеются соответствующие рекомендации. Первичный анализ известных предложений по проектированию садовых кварталов яблоневых садов показывает необходимость проведения более глубокого анализа и обобщения, что и поставлено целью настоящей работы.

Материалы и методы. При проведении аналитического исследования использованы известные рекомендации по выбору форм и размеров и определению пространственного расположения садовых кварталов в садовом насаждении, данные проектных решений и результаты авторского обследования эксплуатируемых яблоневых садов.

Результаты и обсуждение. В соответствии со сложившейся практикой, на начальном этапе разработки проекта промышленного сада осуществляется подбор породы, сорта и сорто-подвойных комбинаций для намеченных к возделыванию яблоневых культур, принимаются схемы их размещения в рядовых садовых насаждениях и системы внутриквартального («внутриклеточного») расположения основных сортов древесных растений и сортов-опылителей. Системы и схемы внутриквартального размещения яблоневых растений в «промышленных» садах (т. е. садах с индустриальной технологией культивирования плодовых древесных культур) предусматривают учет: типа сада; биологических (генетических) особенностей плодовых растений; форм их крон; рельефно-почвенных и природно-климатических условий; технологий посадки, ведения уходовых работ и сбора урожая. Обязательным условием подбора для культивирования однопородных разноразовых (но одного срока созревания) яблоневых растений и их сорто-подвойных комбинаций является получение одинаковых параметров схем их размещения в пределах одного садового квартала.

Под термином «садовый квартал» понимается типичный («модульный» для определенного древесно-плодового насаждения) по форме и площади участок сада, ограниченный («окаймленный») садовозащитными лесными насаждениями и дорогами, с произрастающими на нем плодовыми взаимоопыляющимися культурами одной породы, определенных сорто-подвойных комбинаций, высаженными по определенной системе и схеме расположения растений в насаждении. По существу садовый квартал является модульной (элементной и технологической) территориальной единицей многоквартального садового насаждения – основной структурной единицей территориального устройства садового насаждения. В фитологическом отношении садовый квартал является продукционной компонентой сада, характеризуемой: однопородностью культивируемых древесно-плодовых растений; составом сортов плодовых культур с одной съемной спелостью (одним сроком созревания); подбором сорто-подвойных комбинаций растений, позволяющим обеспечить их культивирование по однопараметрической схеме размещения растений основного и опыляющего сортов; набором культур с равноформенной(ым) и равноразмерной(ым) формой (габитусом) кроны и архитектоникой корневой системы; сходственностью генетических и биологических свойств растений. В плано-пространственном отношении садовые кварталы одного садового насажде-

ния характеризуются: одноформенностью и равновеликостью площадей, наличием оконтуривающих и (или) внутриквартальных (межклеточных) лесных полос, заквартальных и внутриквартальных (при наличии садовых клеток) дорог.

Применение «поквартального землеустройства» (поквартальной организации территории) древесных садовых насаждений отвечает современному модульному подходу к организации природно-техногенных комплексов. При этом в садовом насаждении обеспечивается высокий уровень технологичности производства при плановых показателях продуктивности растений и экономической эффективности садоводства.

Отметим, что от геометрических размеров садовых кварталов, их конфигурации (формы в плане) и расположения (ориентированности их сторон и рядов растений по частям света) зависят: освещенность их крон и защищенность растений от ветровых воздействий; проявления эрозии почвенного покрова; продуктивность культур; возможности орошения и фертигации; производительность посадочных, уходных и уборочных работ; эффективность опыления растений и регулирования снежного покрова.

Конфигурация садовых кварталов, их линейные и площадные размеры зависят: от размеров, конфигурации и пространно-ориентированного расположения садового насаждения (промышленного сада) в целом; рельефных условий садового (земельного) участка в части выравненности его поверхности (наличия, направленности и крутизны склонов); микроклиматических проявлений (интенсивности и направленности ветров); типа садового насаждения (породного и сорто-подвойного состава древесных культур); наличия и расположения коммуникаций и инженерной инфраструктуры, садозащитных лесных полос и водных объектов (как источников возможного орошения); хозяйственно-экономических соображений и экологических требований.

К настоящему времени специалистами в области плодоводства разработан ряд рекомендаций по конструированию и компоновке садовых кварталов в промышленных древесно-плодовых насаждениях, отдельные из которых рассмотрены ниже [3–9].

По В. И. Будаговскому, садовые кварталы рекомендуется проектировать прямоугольной формы с размерами сторон $L_{\text{кв}} \times B_{\text{кв}} = (200 \dots 400) \times (200 \dots 500)$ площадью от 8 до 10 га при культивировании яблоневых растений на карликовых подвоях, в среднерослых («полукарликовых») садах их площадь может быть увеличена до 12–18 га, а на местности «с очень сильными ветрами» должна быть уменьшена до 5 га [3].

Ю. В. Трунов и др. [4] рекомендуют в южной плодовой зоне устраивать крупно-размерные садовые кварталы площадью 15–20 га и более с шириной $B_{\text{кв}} = 300$ м и длиной $L_{\text{кв}} = 500 \dots 700$ м. В центральной садово-климатической зоне площадь квартала может приниматься в пределах 8–15 га при $B_{\text{кв}} = 200 \dots 300$ м и $L_{\text{кв}} = 400 \dots 500$ м. В условиях относительно «сурового» для возделываемой породы и сорта культуры климата площадь садового квартала уменьшают до 5–8 га с $L_{\text{кв}} = 300 \dots 400$ м и $B_{\text{кв}} = 150 \dots 200$ м и даже до 4–6 га с размерами сторон $L_{\text{кв}} \times B_{\text{кв}} = (300 \dots 400) \times (150 \dots 180)$ м.

В «Плодоводстве» Ю. В. Трунова и др. [4] при планировании площадей садовых кварталов рекомендуется учитывать вид садовых насаждений: в экстенсивных (сильно- и среднерослых) яблоневых садах площадь квартала может составлять 15–18 га; в полунтенсивных («полукарликовых») садах $\omega_{\text{кв}} = 12 \dots 15$ га, а в интенсивных и суперинтенсивных садах площади садовых кварталов могут уменьшаться до 8–10 га. При разбивке садовых кварталов на садовые клетки их площади могут быть увеличены в среднерослых и полукарликовых садах до 15–18 га, а в карликовых промышленных садах до $\omega_{\text{кв}} = 8 \dots 12$ га. При этом садовые клетки рекомендуется устраивать площадью $\omega_{\text{кл}} = 3 \dots 5$ га с внутриклеточным размещением односортовых полос яблоневых растений шириной 80–120 м и размещением деревьев-опылителей внутри рядов основного продукционного сорта.

В. А. Потапов и др. рекомендуют устройство садовых кварталов площадью от 8

до 18 га при $L_{\text{кв}} \times B_{\text{кв}} = (400...600) \times (200...300)$ м. По В. А. Потапову и др. [5], размеры кварталов принимаются с учетом общей площади садового насаждения. Так, в крупноплощадных садах с площадью $\omega_c = 300...500$ га площадь садового квартала может приниматься в пределах 12–18 га при $L_{\text{кв}} \times B_{\text{кв}} = (400...600) \times (200...300)$ м, в среднеплощадных садах с $\omega_c = 50...200$ га площадь кварталов уменьшается до 8–12 га с размерами их сторон $(350...500) \times (200...250)$ м, и в малоплощадных садовых насаждениях ($\omega_c < 50$ га), культивируемых в зонах с интенсивными ветрами, площади садовых кварталов рекомендуется уменьшать до 3–5 га при соотношениях $L_{\text{кв}} \times B_{\text{кв}} = (200...300) \times (150...180)$ м [5].

В. И. Копылов [6] для условий Крыма рекомендует проектировать кварталы площадью $\omega_{\text{кв}} = 12...20$ га с размерами $L_{\text{кв}} \times B_{\text{кв}} = (500...600) \times (250...300)$ м. В остро-засушливых климатических зонах с «сильными» ветрами площади садовых кварталов рекомендуется уменьшать до 8–10 га с размерами сторон $(400...250) \times (400...200)$ м.

По рекомендациям А. В. Зарицкого площадь садовых кварталов в условиях «су-рового климата» принимается в пределах 4–6 га и достигает 15–25 га в «южных плодo-водческих зонах» при соотношениях размеров сторон $L_{\text{кв}} / B_{\text{кв}} = 2,5...4,0$ [7].

По Н. П. Кривко и др. [8], при культивировании яблони на карликовых подвоях площадь садового квартала в садах, культивируемых на равнинных (безуклонных) и пологосклонных участках с $\alpha_c < 2,5^\circ$, принимается в пределах 5–8 га, а на сильнорослых подвоях может достигать $\omega_{\text{кв}} = 12...20$ га при соотношении сторон $L_{\text{кв}} / B_{\text{кв}} = 2...3$.

Размеры садовых кварталов принимаются с учетом крутизны склонов земельного угодья. Так, по Н. М. Куренному и др. [9], при $\alpha_c = 3...5^\circ$ рекомендуемая ширина квартала составляет $B_{\text{кв}} = 200...300$ м, при $\alpha_c = 5...8^\circ$ она уменьшается до 150–200 м, при $\alpha_c = 8...12^\circ$ $B_{\text{кв}} = 40...50$ м, и при этом длинная сторона квартала (т. е. ряды растений) трассируется(ются) по направлению, близкому к расположению горизонталей рельефа местности.

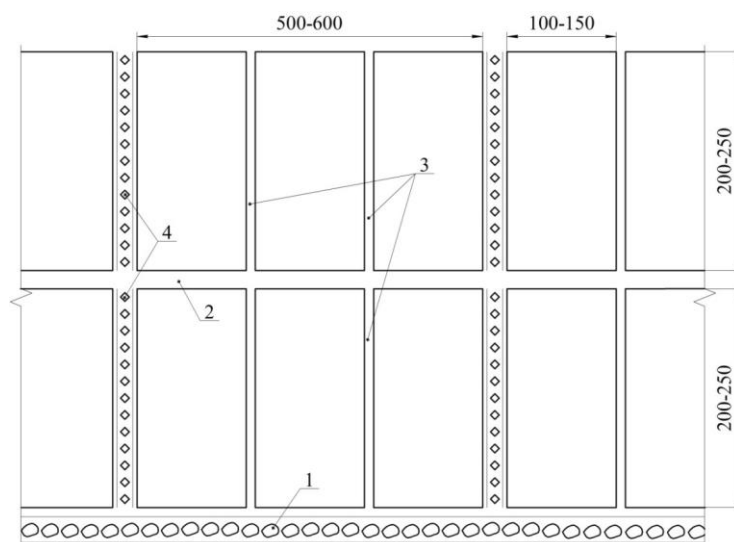
В крупноплощадных садовых кварталах возможно их деление (устройством через каждые 100–150 м внутриквартальных поперекрядовых дорог) на садовые клетки, под которыми понимается модульная (единичная и технологическая) часть садового квартала прямоугольной формы в плане, ограниченная по периметру внутриквартальными дорогами, с типичной для насаждения схемой и системой расположения однопорodных, но разноросовых взаимоопыляющих растений. Садовые клетки площадью $\omega_{\text{кл}} = 2...3$ га характеризуются количеством и протяженностью рядов культивируемых древесных растений, параметрами схемы их посадки ($L_p / B_{\text{мр}}$) и принятой схемой расположения полос культур основного сорта и 2–3 рядов сортов-опылителей [9, 10].

При проектировании насаждений (организации территории садов) в целом и кварталов в частности учитываются фитометрические показатели культивируемых плодовых древесных растений, схемы и системы взаимного расположения деревьев, совокупность рельефно-почвенных, природно-климатических условий сада и хозяйственно-экономических соображений и экологических требований. При принятии решения о размерах и форме кварталов рассматриваются вопросы их пространственного ориентирования по направлениям частей света, «розы ветров» и склонов рельефа.

Так, по Ю. В. Трунову и др. [4], на безуклонных и пологосклонных ($\alpha_c \leq 1...2^\circ$) земельно-садовых угодьях садовые кварталы экстенсивных и полуинтенсивных высоко- и ширококronовых насаждений длинной (вдольрядовой) стороной ориентируются в направлении с севера на юг, а ряды растений интенсивных и суперинтенсивных садов с компактными и сомкнутыми в рядах кронами располагают (трассируют) по направле-

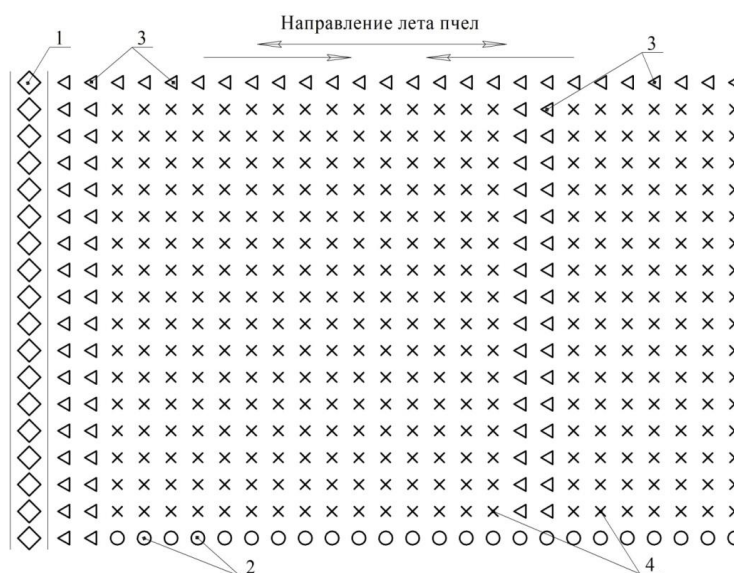
нию «запад – восток». На склоновых земельных участках с крутизной склона от 2 до 6° садовые кварталы протяженной (вдольрядовой) стороной размещаются поперек уклона земной поверхности, а при $\alpha_c = 6...8^\circ$ ряды древесных растений трассируются по горизонталям рельефа. В садах, подверженных сильным по интенсивности ветрам, садовые кварталы длинной (вдольрядовой) стороной располагают перпендикулярно или под острым углом ($\leq 30^\circ$) к направлению господствующих (вредоносных) ветров.

При планировке садового насаждения по модульному подходу стремятся принимать равновеликие по площади садовые кварталы с одинаковыми размерами их сторон. Пример территориальной организации садового квартала и внутриклеточного размещения древесных плодовых культур проиллюстрирован рисунками 1 и 2.



1 – садозащитная лесная полоса; 2 – межкуартальная (внутрисадовая) дорога; 3 – внутриквартальная междоузельная дорога; 4 – межкуартальная защитная лесополоса (размеры в метрах)

Рисунок 1 – Схема компоновочно-конструктивного решения садового квартала по Ю. В. Трунову и др. [4]



× – растения основного сорта; Δ – растения-опылители;
1 – растения межкуартальной защитной лесополосы; 2 – растения первого сорта-опылителя; 3 – растения второго сорта-опылителя; 4 – растения основного сорта

Рисунок 2 – План внутриклеточного расположения растений по Ю. В. Трунову и др. [4]

Выводы

1 Геометрические параметры садового квартала зависят от природно-климатических (рельефных, почвенных, микроклиматических) факторов, фитометрических показателей культивируемых яблоневых растений, систем и схем взаимного расположения деревьев в насаждении, хозяйственно-экономических, экологических и других соображений и ограничений и могут изменяться в широком диапазоне значений – от 4 до 25 га. Крупноплощадные садовые кварталы могут «разбиваться» на садовые клетки, в пределах которых осуществляется соответствующее принятым системам и схемам размещение плодовых растений, культивируемых в промышленных садах.

2 При установлении размеров кварталов и клеток учитываются возможности для соответствующего условиям их пространственно-ориентированного расположения по частям света, уклону земной поверхности и направлению главенствующих ветров.

3 Известные рекомендации по устройству садовых кварталов могут быть приняты за основу при разработке проектов организации территории древесно-плодовых садовых насаждений и при проектировании систем капельного орошения растений.

Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Дождевание / С. М. Васильев, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 352 с.

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

3 Будаговский, В. И. Промышленная культура карликовых плодовых деревьев / В. И. Будаговский. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 383 с.

4 Трунов, Ю. В. Плодоводство / Ю. В. Трунов, Е. Г. Самощенко, Т. Н. Дорошенко; под ред. Ю. В. Трунова, Е. Г. Самощенко. – М.: КолосС, 2012. – 415 с.

5 Плодоводство / В. А. Потапов, В. В. Фаустов, Ф. Н. Пильщиков, А. С. Ульянцев, Е. Г. Самощенко, Ю. В. Крысанов, Н. П. Гладышев, Н. В. Пильщикова, Ю. В. Трунов; под ред. В. А. Потапова, Ф. Н. Пильщикова. – М.: Колос, 2000. – 432 с.

6 Копылов, В. И. Организация территории сада / В. И. Копылов // Система садоводства Республики Крым: сборник / Крым. федер. ун-т им. В. И. Вернадского, Акад. биоресурсов и природопользования. – Симферополь, 2016. – С. 103–106.

7 Зарицкий, А. В. Плодоводство: учеб. пособие / А. В. Зарицкий. – Благовещенск: ДальГАУ, 2010. – 184 с.

8 Плодоводство: учеб. пособие / Н. П. Кривко, В. В. Чулков, В. В. Турчин, Е. В. Агафонов; под ред. Н. П. Кривко. – СПб.: Лань, 2014. – 416 с.

9 Куренной, Н. М. Плодоводство / Н. М. Куренной, В. Ф. Колтунов, В. И. Черепашин. – М.: Агропромиздат, 1985. – 399 с.

10 Гегечкори, Б. С. Плодоводство: курс лекций. Ч. 3. Закладка плодовых насаждений и технология производства плодов / Б. С. Гегечкори. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 49 с.

УДК 626/627:519.256

А. Н. Рыжаков

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

**К ВОПРОСУ ВНЕДРЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ
БАЗЫ ДАННЫХ «ПАСПОРТИЗАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ
СИСТЕМ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ»**

В статье рассмотрены задачи, которые необходимо решить при внедрении геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидро-

технических сооружений». Несмотря на открывающиеся возможности систематизации и анализа данных, наибольшее значение для эффективной реализации проекта имеет наличие достоверной и актуальной информации. Для внесения информации об объектах в ГИС должно быть известно их точное местоположение и конфигурация. Так как мелиоративная система является комплексом взаимосвязанных гидротехнических и других сооружений и устройств, то, соответственно, при ее внесении в ГИС как объекта необходимо иметь представление и о каждом гидротехническом сооружении (ГТС), входящем в ее состав. Так как пространственная информация об объектах паспортизации весьма ограничена, сведений, содержащихся в существующих технических паспортах, может быть недостаточно для создания геоинформационной базы данных. Это может повлечь за собой производство дополнительного объема изысканий для внесения изменений в технические паспорта. В связи с этим рекомендуется после окончания срока действия паспорта, при разработке нового учесть необходимость установления пространственных характеристик для последующего внесения в ГИС. В исследовании рассмотрены требующиеся изменения в составе работ при паспортизации, а также представлен расчет требуемых затрат на проведение данных работ на примере мелиоративных систем Ростовской области.

Ключевые слова: паспортизация; мелиоративные системы; отдельно расположенные гидротехнические сооружения; геоинформационная база данных; цифровая мелиорация; мелиоративный комплекс.

A. N. Ryzhakov

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

ON THE ISSUE OF IMPLEMENTATION OF GEOINFORMATION DATABASE "CERTIFICATION OF RECLAMATION SYSTEMS AND HYDRAULIC STRUCTURES"

The tasks to be solved when introducing the geo-information database "Certification of reclamation systems and hydraulic structures" are considered. Despite the great opportunities for systematization and data analysis, the availability of reliable and relevant information is of the greatest importance for the effective implementation of the project. To enter information about objects in the GIS, their exact location and configuration must be known. Since the reclamation system is a complex of interconnected hydraulic and other structures and devices, then it is necessary to have an idea about each hydraulic structure that is one of its part, when it is introduced into the GIS. Since the spatial information about the objects of certification is very limited, the information contained in the existing technical passports may not be enough to create a geoinformation database. It can entail additional volume of surveys to amend the technical data sheets. In this regard, it is recommended to take into account the need to establish spatial characteristics for subsequent entry into the GIS when developing a new passport after the expiration of the old one. The required changes during certification are considered, and the calculation of the required costs for carrying out these works on the example of reclamation systems of Rostov region is also presented.

Key words: certification; reclamation systems; separately located hydraulic structures; geoinformation database; digital reclamation; reclamation complex.

Согласно ст. 20 Федерального закона от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель» [1], мелиоративные системы (МС) и отдельно расположенные ГТС подлежат паспортизации. Департамент мелиорации осуществляет эксплуатацию и паспортизацию государственных МС и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных ГТС в соответствии с п. 4.3.2 положения, утвержденного Минсельхо-

зом России 28 августа 2009 г. [2]. Результатом проведения паспортизации является создание единой системы учета и мониторингового контроля за состоянием объектов с целью своевременного выявления предаварийных и аварийных ситуаций, а также прекращения эксплуатации аварийно опасных сооружений. Значительно повысить эффективность данных мероприятий способно внедрение ГИС, позволяющих накапливать значительные объемы структурированной информации с ее отображением на цифровой картографической основе. Внедрение цифровых технологий позволит сформировать банк актуальных данных и обеспечить высокую скорость доступа к нему, а наличие эффективных аналитических фильтров позволит увеличить экономическую эффективность мелиоративных мероприятий, что в полной мере соответствует задачам, сформулированным в Указе Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [3].

Для реализации данного направления [4] специалистами ФГБНУ «РосНИИПМ» в рамках государственного задания в 2019 г. была разработана геоинформационная база данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» [5].

Необходимо отметить, что, несмотря на открывающиеся возможности систематизации и анализа данных, наибольшее значение для эффективной реализации проекта при внедрении ГИС имеет наличие достоверной и актуальной информации. Это влечет за собой расходы не только на аппаратное и программное обеспечение для создания ГИС, но и на актуализацию технических паспортов.

Для внесения информации об объектах в ГИС в первую очередь должно быть известно их точное местоположение и конфигурация. Так как МС – это комплекс взаимосвязанных гидротехнических и других сооружений и устройств (каналы, коллекторы, трубопроводы, водохранилища, плотины, дамбы, насосные станции, водозаборы, другие сооружения и устройства на мелиорированных землях) [6], то, соответственно, для внесения МС как объекта в ГИС необходимо иметь представление и о каждом ГТС, входящем в ее состав. Однако по причине обрывочного характера либо вовсе отсутствия информации в технических паспортах о сооружениях, входящих в МС, может возникнуть ряд сложностей.

Таким образом, сведений, содержащихся в существующих технических паспортах, может быть недостаточно для создания геоинформационной базы данных. В связи с этим после окончания срока действия паспорта при разработке нового необходимо учесть необходимость в установлении пространственных характеристик сооружений для внесения в ГИС.

В оперативном управлении подведомственных учреждений Департамента мелиорации согласно данным государственного водного реестра и мониторинга водных объектов по состоянию на 2019 г. находится более 15 тыс. сооружений, как отдельно расположенных, так и в составе почти 1600 водохозяйственных систем. Единовременное выделение средств на мероприятия по паспортизации в масштабе всей страны немыслимо при нынешнем уровне финансирования мелиорации. Рассмотрим предположительный объем затрат на примере одного субъекта РФ – Ростовской области.

Для расчета затрат на проведение мероприятий по паспортизации МС и ГТС в Ростовской области необходимо установить:

- виды работ при проведении паспортизации;
- количество объектов паспортизации и их характеристики (в первую очередь протяженность).

Согласно основному документу, регламентирующему проведение паспортизации, которым является Приказ Минсельхоза от 22 октября 2012 г. № 559 «Об утверждении Административного регламента Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по паспортизации государственных мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности от-

дельно расположенных гидротехнических сооружений» [7], паспортизация состоит из подготовительных, геодезических и замерочных работ, технического обследования сооружений, расчета физического износа объекта, определения стоимости сооружений.

В стоимость работ по паспортизации МС и отдельно расположенных ГТС включены расходы на выполнение следующих видов изыскательских работ: сбор сведений (подготовительные и полевые работы) и камеральные работы (обработка данных изысканий и составление технического отчета).

В состав подготовительных работ входит сбор исходной документации и данных, характеризующих рассматриваемый объект, а именно: проектно-строительная документация и материалы инженерных изысканий на обследуемой территории и площадках строительства, включая строительно-монтажные работы, если они производились, сбор сведений о количестве сооружений на МС (водозаборы, оросительная сеть, количество насосных станций, водохранилищ, мостов и переездов, дамб, дождевальных машин, коллекторно-дренажных сетей), их техническом состоянии и балансовой стоимости, собственности, а также предварительное ознакомление по карте с районом работ, выбор направлений маршрутов, выделение участков для проведения более детальных исследований.

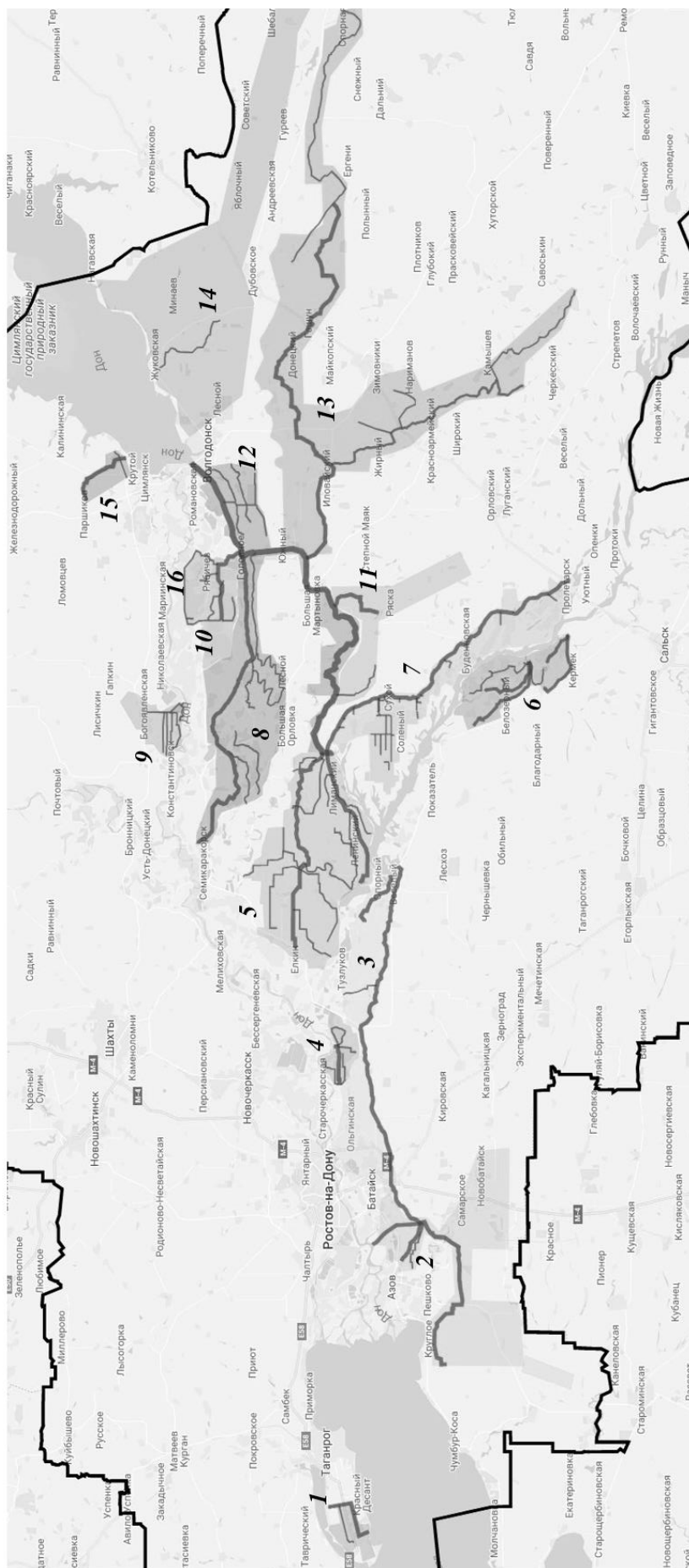
Далее следует сбор рекогносцировочных (маршрутных) данных и материалов инженерных изысканий. Для этого необходимо выполнение полевых работ: осмотр участка изысканий, прилегающей территории (со строгим координированием комплекса взаимосвязанных гидротехнических и других сооружений с учетом специфики и требований к данным, вносимым в ГИС), визуальная оценка рельефа, производство комплекса геологических, геоморфологических, гидрогеологических, экологических и почвенных наблюдений по выбранному маршруту (ведение полевых записей), боковые маршруты для визуального обследования, сбор опросных сведений, выяснение условий производства изысканий.

Потом, соответственно, производятся камеральные работы: обработка и систематизация записей в полевых дневниках, систематизация опросных сведений, анализ материалов инженерных изысканий, оформление материалов в увязке с данными предполевого дешифрирования, составление пояснительной записки (заключения) и, наконец, составление отчета по паспортизации МС и отдельно расположенных ГТС.

Согласно данным монографии «Оросительные системы России: от поколения к поколению», созданной под руководством В. Н. Щедрина, А. В. Колганова, С. М. Васильева и А. А. Чураева [8], в Ростовской области насчитывается 16 основных МС, информация о которых представлена на рисунке 1.

Полнотой отличаются сведения только о Большовской, Манычской, Нижне-Донской и Нижне-Манычской оросительных системах. Имеются данные об общей протяженности оросительных и сбросных сетей на них, в т. ч. и о протяженности магистральных каналов, а также об общем количестве ГТС. Но, к сожалению, данной информации, несмотря на наличие схем местоположения объектов, недостаточно, чтобы оценить объемы полевых изыскательских работ по региону.

Более полная информация о количестве и составе МС имеется в обобщенных данных паспортизации информационного портала ФГБНУ ВНИИ «Радуга» [9], а также в сведениях государственного водного реестра и мониторинга водных объектов. Так как задачей мероприятий по паспортизации, ведению государственного водного реестра и осуществлению мониторинга водных объектов является документальное единоеобразное отражение состава, местоположения, технического состояния, стоимости и принадлежности эксплуатируемых сооружений, то для решения поставленной задачи целесообразней воспользоваться сведениями, содержащимися в таблицах 1.1, 1.2, 2, 3 и формах 5.1–5.3 [10], которые представлены в таблице 1.



Условные обозначения:

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| 1 – Миусская; | 11 – Мартыновская; |
| 2 – Приморская; | 12 – ДМК; |
| 3 – Азовская; | 13 – Верхне-Сальская; |
| 4 – Нижне-Манычская; | 14 – Цимлянская; |
| 5 – Багаевско-Садковская; | 15 – Хорошевская; |
| 6 – Манычская; | |
| 7 – Пролетарская; | |
| 8 – Нижне-Донская; | |
| 9 – Константиновская; | |
| 10 – Большовская; | |

Рисунок 1 – Схема расположения оросительных систем Ростовской области (по данным «Оросительных систем России: от поколения к поколению» [8])

Таблица 1 – Сведения об эксплуатируемых водохозяйственных системах Ростовской области

Код ВХС	Наименование оросительной системы	Протяженность каналов, км	Количество ГТС, шт.	В т. ч. количество каналов, шт.
1ор	1 Азовская	108,57	107	12
2ор	2 Багаевская	123,6	107	22
3ор	3 Багаевско-Садковская	62,5	23	8
4ор	4 Верхне-Сальская	266,8	96	7
5ор	5 Донская	42,9	45	7
6ор	6 Мартыновская	23,71	9	5
7ор/8ор	7 Манычская (1 и 2)	87,2	15	10
9ор	8 Нижне-Донская	63,78	250	14
10ор	9 Нижне-Манычская	1,2	5	1
11ор	10 Константиновская	–	23	–
12ор	11 Приморская	113,56	42	13
14ор	12 Пролетарская	159,7	31	20
15ор	13 Право-Егорлыкская	–	2	–
16ор	14 Хорошевская	18,838	2	2
17ор	15 Цимлянская	7	4	1
18ор	16 Миусская	27,91	49	3
19ор	17 Приазовская	–	3	–
20ор	18 Чирская	–	11	–
21ор	19 Большеовская	61,79	60	4
22ор/23ор	20 Троицкая (1 и 2)	–	6	–
24ор	21 Краснополянская	–	1	–
25ор	22 Зубовская	–	2	–
26ор	23 Летниковская	–	3	–
27ор	24 Темерницкая	–	2	–
28вх	25 ДМК	286,21	79	44
29ор/34ор	26 зерноградская (1 и 2)	11,8	14	1
30ор	27 Николаевская	–	1	–
31ос	28 Аксайская	–	1	–
32вх	29 Веселовская	12,9	2	2
33ос	30 Целинская	–	–	–
35ор	31 Нептун	–	2	–
37ор	32 Вяжа	–	2	–
38ор	33 Поднятая Целина	–	2	–
39ор/40ор	34 БКНС Первомайская (1 и 2)	–	–	–
–	35 Отдельно расположенные ГТС	–	3	–

По ряду указанных в таблице оросительных систем отсутствуют сведения, тем не менее данная информация является официальной, а значит, наиболее приемлемой при проведении предварительной оценки объемов работ по паспортизации. Исходя из полученных данных, общая протяженность каналов составляет 1480 км, а общее количество ГТС – 1004 шт. (в т. ч. 176 каналов).

Согласно «Справочнику базовых цен на инженерные изыскания для строительства», предположительная стоимость инженерных изысканий рассчитывалась для каналов как для линейно-протяженных объектов (руб./км) и для прочих ГТС и прилегающих

к ним территорий (руб./га) по базисному уровню на 01.01.1991 и 01.01.2001 [11, 12]. После приведения базовой стоимости инженерных изысканий к уровню цен текущему периоду (осуществлялось применением к этой стоимости инфляционного индекса, определенного в установленном порядке на IV квартал 2019 г. для изыскательских работ: на 1991 г. – 49,53 и на 2001 г. – 4,35 [13]) величина затрат составила более 20 млн руб.

Неудовлетворительное состояние оросительных систем, наблюдаемое в настоящее время, ведет к падению производства сельскохозяйственной продукции. Восстановление МС невозможно без надлежащей оценки технического и технологического состояния сооружений в их составе. Без создания эффективной единой системы учета и контроля состояния мелиоративных объектов осуществить это будет невозможно. Существующий порядок ведения паспортизации, как показывает практика, не способствует улучшению и развитию мелиоративного комплекса. Поэтому принципиальное решение проблемы заключается в реальном внедрении современных технологий, в т. ч. цифровых, и привлечении соответствующего финансирования.

Список использованных источников

1 О мелиорации земель: Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ: по состоянию на 1 апреля 2011 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/10108787/>, 2020.

2 Положение о Департаменте мелиорации Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mcx.ru/ministry/departments/departament-melioratsii/regulation-document>, 2020.

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

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

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

6 Шкура, В. Н. Природообустройство: терминологический словарь / В. Н. Шкура. – Ростов н/Д.: Книга, 2010. – 768 с.

7 Об утверждении Административного регламента Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по паспортизации государственных мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружений: Приказ Минсельхоза России от 22 октября 2012 г. № 559 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_145827, 2020.

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

9 Паспорт ФГБУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inform-raduga.ru/fgbu/95?report=passport&cur=100775>, 2020.

10 Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=377>, 2020.

11 Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно-гидрографические работы и инженерно-гидрометеорологические изыскания на реках [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/10/10733/#i201742>, 2020.

12 Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно-геодезические изыскания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/41/41743/#i536018>, 2020.

13 О рекомендуемой величине индексов изменения сметной стоимости строительства в IV квартале 2019 года, в том числе величине индексов изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ, индексов изменения сметной стоимости пусконаладочных работ, индексов изменения сметной стоимости проектных и изыскательских работ: Письмо Минстроя России № 46999-ДВ/09 от 9 декабря 2019 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minstroyrf.ru/docs/50208/>, 2020.

УДК 626.81/.84:628.16

М. И. Ламскова

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград,
Российская Федерация

А. Е. Новиков, М. И. Филимонов

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград,
Российская Федерация;

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
Волгоград, Российская Федерация

С. В. Бородычев

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

РАЗРАБОТКА ДВУХКАМЕРНОГО ГИДРОЦИКЛОНА ДЛЯ УЗЛОВ ВОДОПОДГОТОВКИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Предложено в качестве узла водоподготовки оросительных систем использовать двухкамерный гидроциклонный аппарат, обеспечивающий эффективную очистку поливной воды от грубо-, тонкодисперсных и всплывающих примесей при минимальных ее потерях со шламом, т. е. без снижения производительности аппарата по осветленной воде. Разработан алгоритм подбора и оптимизации конструкции сорбционного фильтра гидроциклона предложенной конструкции, обеспечивающего эффективное извлечение загрязнителей из поливной воды. На примере гидроциклона ГНС-100 выполнен расчет сорбционной загрузки сорбента – морденита для извлечения фенола из поливной воды. Поскольку полученное расчетное значение гидравлического сопротивления слоя сорбента (8,160 кПа) меньше рабочего давления аппарата (10,0 кПа), требуемые габаритные размеры сорбционной засыпки обеспечат эффективное извлечение фенола из воды без нарушений расходных характеристик аппарата.

Ключевые слова: гидроциклон; фильтрующий элемент; сорбционный фильтр; нефтепродукты; фенол.

M. I. Lamskova

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

A. E. Novikov, M. I. Filimonov

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation;

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russian Federation

S. V. Borodychev

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

DEVELOPMENT OF A TWO-CHAMBER HYDRAULIC CYCLONE FOR WATER TREATMENT UNITS OF IRRIGATION SYSTEMS

A two-chamber hydrocyclone is proposed to be used as a unit for water treatment of irrigation systems, which provides effective cleaning of irrigation water from coarse, finely dispersed and floating impurities with minimal losses with sludge, i. e. without reducing the unit productivity for clarified water. An algorithm for the selection and optimization of a hydrocyclone sorption filter of the proposed design which ensures efficient extraction of pollutants from irrigation water has been developed. Using the hydrocyclone GNS-100 as an example, the calculation of the sorption loading of the sorbent - mordenite for the extraction of phenol from flood water was carried out. As the obtained calculated value of the hydraulic resistance of the sorbent layer (8.160 kPa) is less than the operating pressure of the unit (10.0 kPa), the required overall dimensions of the sorption filling will ensure the effective extraction of phenol from water without disturbing the consumption characteristics of the unit.

Key words: hydrocyclone; filter element; sorption filter; oil products; phenol.

Поверхностные водоисточники, используемые для орошения, нередко содержат такие всплывающие примеси, плотность которых меньше плотности воды («легкие» примеси). Источники нефтяного загрязнения разнообразны: промышленные стоки, аварии судов, прорывы нефти на буровых установках и пр. Нефтепродукты оказывают негативное воздействие на почву, вызывая существенные изменения в ее морфологических свойствах, снижая биологическую продуктивность и фитомассу растительного покрова. Нефтепродукты, попавшие на поверхность почвы, закупоривают капилляры почвы, нарушая ее аэрацию, водопроницаемость и окислительно-восстановительные реакции.

При загрязнении почвы нефтепродуктами происходит подщелачивание почвенных растворов, увеличивается количество углеводов, что также нарушает процессы, связанные с круговоротом углерода и азота. Даже слабое загрязнение почвы нефтепродуктами приводит к нарушению равновесия почвенной системы, включающей почвенные водоросли и фауну [1].

В настоящее время для очистки воды от нефти применяются различные методы: механические, физико-химические, химические, биологические. Оптимальным способом извлечения из воды диспергированных и растворенных органических примесей и нефтепродуктов является сорбционное фильтрование, поскольку позволяет проводить очистку даже при небольших концентрациях загрязняющих веществ, не требует применения сложного оборудования, высоких давлений, температур, исключает использование токсичных реагентов. Кроме того, благодаря низкой стоимости адсорбентов и возможности их регенерации сорбционное фильтрование является предпочтительным методом удаления органических примесей и нефтепродуктов из воды по экономическим показателям.

В одной из наших предыдущих работ [2] рассмотрена возможность использования гидроциклона с оптимизированными конструктивными параметрами в качестве узла водоподготовки низконапорных оросительных систем. В результате экспериментальных исследований установлено, что замена типовых дисковых фильтров гидроциклонным аппаратом с фильтрующим сливным патрубком позволяет повысить качественные показатели воды. В частности, количество взвешенных веществ снизилось более чем в 3 раза, мутность воды – в 2,5 раза, а цветность воды – более чем на 28 %. Применение в конструкции гидроциклона фильтрующей загрузки из природных сорбентов способствует улучшению агроэкологических свойств оросительной воды. Однако эта конструкция гидроциклона не позволяет извлекать из воды примеси с плотностью меньше плотности воды – всплывающие примеси, например, нефтепродукты, углеводороды и органические соединения. Они будут либо удаляться из аппарата с очищенной водой, тем самым снижая ее качественные показатели, либо концентрироваться в верхней части аппарата и выводиться в шламовую емкость при промывке аппарата обратным потоком воды. В результате возникает необходимость дополнительной очистки и утилизации промывных вод.

С учетом анализа известных технических решений предложена конструкция гидроциклонного аппарата, обеспечивающая эффективную очистку поливной воды от грубо-, тонкодисперсных и всплывающих примесей при минимальных ее потерях со шламом, т. е. без снижения производительности аппарата по осветленной воде (рисунок 1 [3]). Работает аппарат следующим образом.

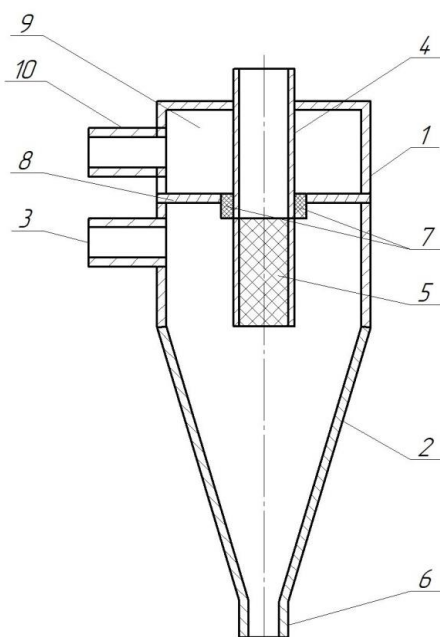


Рисунок 1 – Схема двухкамерного гидроциклона

Поливная вода поступает по тангенциальному вводу 3 в цилиндрическую обечайку 1 корпуса гидроциклона. Поток воды закручивается, грубодисперсные примеси (песок, ржавчина) плотностью больше плотности воды концентрируются у стенки аппарата, далее по конической обечайке 2 опускаются вниз и выводятся через песковый патрубок 6 с небольшим количеством воды. Затем поток воды направляется к сливному патрубку 4, где происходит улавливание тонкодисперсных примесей плотностью больше плотности воды на боковой поверхности фильтрующего элемента 5, и часть осветленной воды выводится по сливному патрубку 4.

«Легкие» примеси, попадая в гидроциклон вместе с поливной водой, под действием центробежной силы направляются от периферии корпуса к боковой поверхности фильтрующего элемента 5 и с частью водного потока поступают в цилиндрический сорбционный фильтр 7. Здесь они задерживаются сорбентом, а очищенная вода поступает в дополнительную камеру 9, которая крепится в корпусе аппарата с помощью стопорной шайбы 8, и выводится через дополнительный сливной патрубок 10 в систему.

Таким образом, оснащение стандартного аппарата фильтрующим элементом и цилиндрическим сорбционным фильтром позволяет проводить комплексную очистку поливной воды от различных типов загрязнений.

В таблице 1 приведены примеры сорбентов, применяемых при очистке воды от нефтепродуктов и органических соединений.

Для гидрофобизации сорбентов применяют парафин, силиконовое и нефтяное масло, моноалкиловые эфиры полиэтиленгликоля, термопластичные гидрофобные полимеры. Придание гидрофобных свойств сорбенту осуществляется путем погружения его в раствор гидрофобного реагента или распыления последних по поверхности [4]. Правильный подбор гидрофобного реагента позволяет повысить ионообменную емкость сорбционной загрузки, снизить частоту операций по регенерации сорбционного фильтра и, следовательно, увеличить срок его работы.

Таблица 1 – Основные категории сорбентов, применяемых при очистке воды от нефтепродуктов и органических примесей

Неорганические	Глины, перлит, песок, цеолиты, пемза, гранулированный активированный уголь, силикагель, оксид алюминия, диоксид кремния, каолин
Органоминеральные и природные органические	Хлопок, торф, торфяной мох, древесные опилки, модифицированные торфа, шерсть, ионообменные смолы
Синтетические	Вискоза, гидратцеллюлоза, формованный полиэтилен с полимерными наполнителями, полиуретан в гранулированном или губчатом виде, полипропилен

В практике водоподготовки высокую эффективность показали сорбционные загрузки на основе природных неорганических сорбентов, например, цеолитов, глауконитов и бентонитов, преимуществом которых является экологичность, что позволяет использовать их для подготовки поливной и питьевой воды. Данная группа сорбентов обладает высокими фильтрующими характеристиками и осветлительной способностью при низкой стоимости, хорошо подвергается регенерации.

Выбор типа загрузки сорбента и его объема определяется как физико-химическими свойствами поливной воды, поступающей на стадию водоподготовки (рН, температура, жесткость и т. д.), так и типом и количеством загрязняющих веществ. Важными факторами в выборе сорбента также являются его сорбционная емкость, селективность, физико-механические свойства (прочность на истирание, насыпная плотность, фракционный состав и пр.), способность к регенерации, безопасность воздействия на сельскохозяйственные культуры, стоимость, доступность, а также возможность использования после срока службы.

Для подбора и оптимизации конструкции сорбционного фильтра гидроциклона, обеспечивающего эффективное извлечение поллютантов из поливной воды, был разработан алгоритм расчета, блок-схема которого представлена на рисунке 2.

При составлении алгоритма расчета нами были сформулированы следующие предположения, которые можно принять за граничные условия:

- восходящий жидкостный поток в гидроциклоне движется в ламинарном режиме;
- действительная и фиктивная траектории жидкости в сорбционном слое одинаковы;
- фактор формы частиц сорбента с течением времени не изменяется.

Исходными данными представленной модели выступают необходимая производительность по загрязненной поливной воде, характер загрязняющего вещества, а также его концентрация.

Реализацию предложенного алгоритма рассмотрим на примере удаления из поливной воды фенола – токсичного органического соединения, попадающего в поверхностные водоисточники с промышленными стоками коксохимического и иных химических производств (фенолформальдегидных смол, лекарственных препаратов, синтетических волокон, автохимии и др.). Фенолы содержатся в осадках городских сточных вод, откуда с жидким стоком поступают в водоемы.

Задаваясь требуемой производительностью $Q = 3 \text{ м}^3/\text{ч}$ и начальной концентрацией фенола $x = 0,1 \text{ мг/л}$, проведем подбор конструкции гидроциклона и оптимизацию его конструктивных особенностей для очистки воды от фенола.

Для принятой производительности по справочным данным примем гидроциклон ГНС-100, работающий в интервале Q от 2,74 до 10,16 $\text{м}^3/\text{ч}$ [5]. Анализируя существующие сорбенты, используемые для извлечения фенола из воды [6], установили, что наибольшую эффективность показывает морденит водородной формы (Н-формы), обладающий поглотительной способностью фенола $E = 0,39 \text{ г/г}$.

Расчеты по алгоритму, представленному на рисунке 2, сведены в таблицу 2.

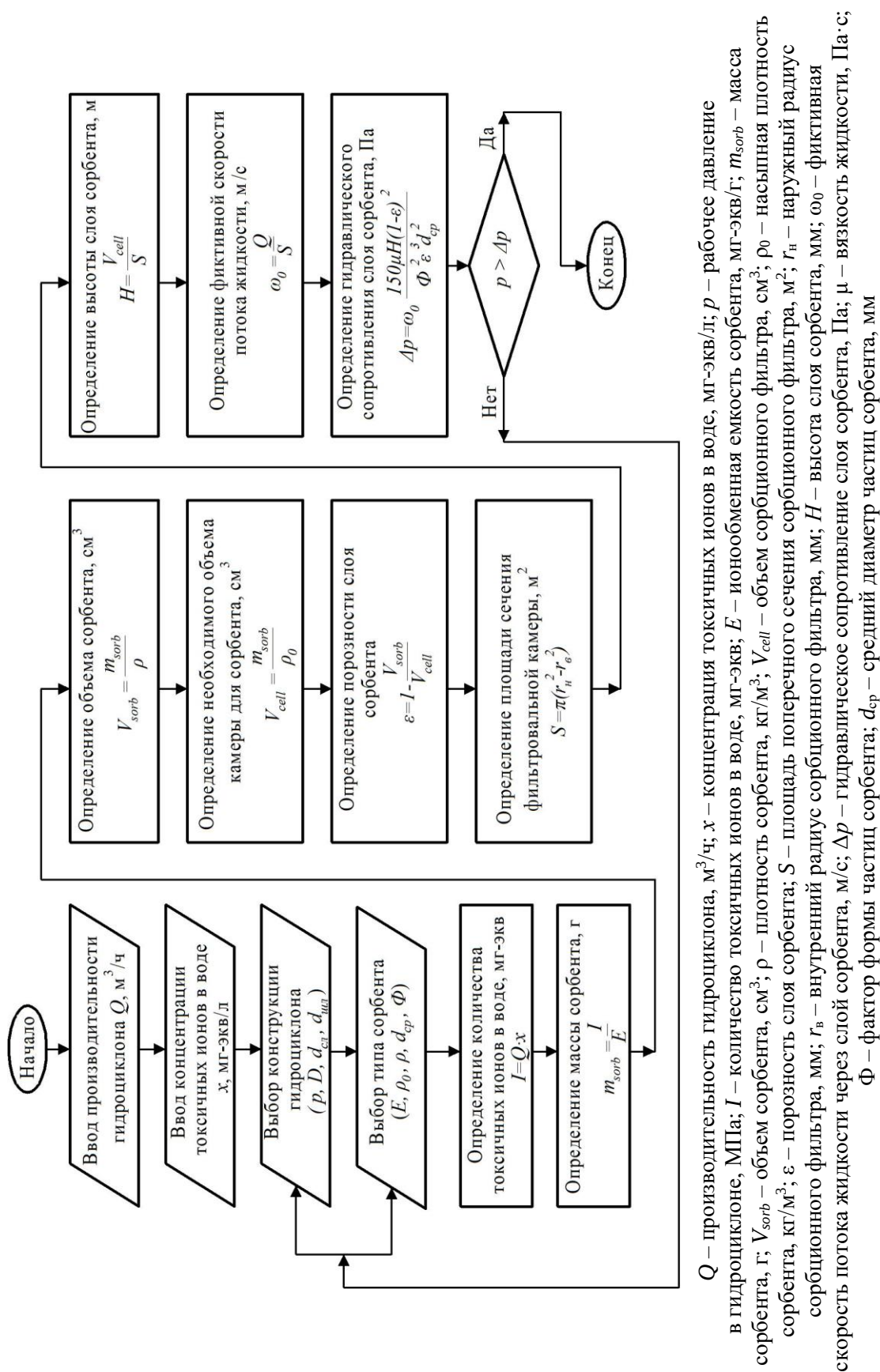


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма расчета двухкамерного гидроциклона с сорбционным фильтром

Таблица 2 – Результаты расчета параметров двухкамерного гидроциклона с сорбционным фильтром

Наименование параметра	Единица измерения	Значение
Масса сорбента	г	7,7
Объем сорбента	см ³	3,6
Объем камеры для засыпки сорбента	см ³	4,27
Порозность слоя сорбента	–	0,16
Высота слоя сорбента	мм	10,6
Гидравлическое сопротивление слоя	Па	8160

Сопоставляя расчетное значение гидравлического сопротивления слоя сорбента с рабочим давлением гидроциклона ГНС-100, равным 0,1 МПа, можно заключить, что найденные габаритные размеры сорбционной засыпки обеспечат эффективное извлечение фенола из воды без нарушений расходных характеристик аппарата.

Список использованных источников

1 Дегтярева, О. Г. Системы механической очистки вод малых водотоков для закрытых оросительных систем: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Дегтярева Ольга Георгиевна. – Краснодар, 2005. – 26 с.

2 Ламскова, М. И. Использование закрученных потоков и сорбционных эффектов при водоочистке в низконапорных оросительных системах с локальной подачей / М. И. Ламскова, М. И. Филимонов, А. Е. Новиков // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 4(24). – С. 189–201. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec453-field6.pdf.

3 Пат. 184122 Российская Федерация, МПК В 01 С 5/22. Гидроциклон / Ламскова М. И., Бородычев С. В., Новиков А. Е., Бородычев В. В., Филимонов М. И.; патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова. – № 2018129764; заявл. 15.08.18; опубл. 16.10.18, Бюл. № 29. – 7 с.

4 Сироткина, Е. Е. Материалы для адсорбционной очистки от нефти и нефтепродуктов / Е. Е. Сироткина, Л. Ю. Новоселова // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – № 13. – С. 359–377.

5 Тимонин, А. С. Инженерно-экологический справочник / А. С. Тимонин. – Т. 2. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. – 884 с.

6 Удаление фенола из растворов алюмосиликатами и его дельнейшее химическое преобразование / Г. О. Торосян, А. А. Исаков, А. Р. Алексанян, Д. Н. Оганян // Химический журнал Армении. – 2006. – № 2. – С. 53–59.

УДК 628.171

И. А. Малюгина, Ю. Е. Домашенко

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

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРИОРИТЕТНОСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

Целью работы является разработка критериев оценки, позволяющих осуществить выбор наиболее эффективной системы водопользования на мелиоративной системе. В работе установлены приоритетные критерии условий относительной важности разработки и особенностей применения системы водопользования в 2015 и 2020 гг., которые показали, что наблюдается динамика роста потребности в выработке современных систем водопользования на мелиоративных системах с учетом инновационных подходов, основанных на применении квалифицированных специалистов и не-

традиционных методик. Также разработанные планы водопользования должны отвечать требованиям ресурсосбережения, простоты и экологичности.

Ключевые слова: водопользование; водораспределение; критерии; мелиоративные системы; оценка; эксперт.

I. A. Malyugina, Yu. E. Domashenko

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

PRIORITY ASSESSMENT CRITERIA OF DEVELOPING A WATER USE SYSTEM FOR RECLAMATION SYSTEMS

The aim of the paper is to develop assessment criteria that allow the selection of the most efficient water use system on the reclamation system. The priority criteria for the conditions of the relative importance of the development and features of the water use system application in 2015 and 2020, which showed that there is a dynamic growth in the demand for the development of modern water use systems on reclamation systems, taking into account innovative approaches based on the use of qualified specialists and non-traditional methods was determined. Also, the developed water use plans should meet the requirements of resource conservation, simplicity and environmental safety.

Key words: water use; water distribution; criteria; reclamation systems; assessment; expert.

Введение. Водопользование является основополагающей частью технологического процесса выращивания сельскохозяйственных культур с применением оросительных мелиораций. Основными задачами системы водопользования являются забор воды из источника с последующим ее оптимальным распределением и подача водопотребителям в заявленных объемах и в заданные сроки при соблюдении условий по обеспечению эффективной работы всех узлов мелиоративной системы и наличия на орошаемых участках специализированного оборудования, устройств и поливной техники [1, 2].

Для обоснованного выбора системы водопользования на мелиоративных системах необходимо разработать критерии оценки приоритетности разработки системы водопользования, возможно применять метод системного анализа. Применение метода структуризации позволит при составлении системы водопользования сконцентрировать ресурсы на выполнении мероприятий, самых эффективных для достижения поставленных целей [3, 4].

Целью исследования является разработка критериев оценки, позволяющих осуществить выбор наиболее эффективной системы водопользования на мелиоративной системе.

Материалы и методы. Системный анализ характеризуется набором определенных типов стандартных компонентов, присутствующих практически всегда в анализе любой проблемы. Основные элементы анализа формируют ячейку, которая является составляющей цепи анализа при соблюдении последовательности: цель – направления достижения цели – необходимые ресурсы.

В системном экономическом анализе используется ряд критериев:

- «оптимизационные» (наилучший вариант решения соответствует максимальному или минимальному значению этого критерия);

- «ограничительные», вводимые для того, чтобы установить диапазон значимых характеристик системы и исключить варианты решения, которые не соответствуют требуемому диапазону.

Результаты и обсуждения. Рассмотрим три временных интервала внедрения научных разработок в области водопользования на мелиоративных системах, в частности развития орошения в пределах отдельно взятого региона.

На первом этапе проведем оценку отдельных направлений совершенствования экономики, которые позволят усовершенствовать мелиоративную отрасль (оценка элементов 1-го уровня целей) [3]:

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n},$$

где a_i – весовое значение отдельного j -го ($j = \overline{1, N}$) направления;

N – число элементов 1-го уровня, $N = 9$;

n – число экспертов;

$a_{i,j}$ – весовое значение j -го, определенное i -м экспертом, устанавливается экспертным путем на основании анкетирования.

На втором этапе определяем коэффициент конкордации W из выражения [3]:

$$W = \frac{\sum_{j=1}^n \left\{ \sum_{i=1}^m C_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1) \right\}^2}{\frac{1}{12} nm^2(n^2 - 1) - m \sum_{i=1}^m T_i},$$

где m – количество экспертов;

C_{ij} – коэффициент относительной важности, определенный i -м экспертом для j -го события;

$$T_i = \frac{1}{12} \sum_{k_i} (t_i^3 - t_i),$$

где k_i – число повторяющихся рангов в j -м ряду;

t_i – число повторений каждого ранга в j -м ряду;

На третьем этапе осуществляем операции нормирования полученных оценок единицей согласно выражению [3]:

$$a_j^h = \frac{a_j}{\sum_{j=1}^N a_j}.$$

Далее определяется целевая относительная значимость разработки современных видов водопользования на мелиоративных системах (оценка второго уровня дерева целей) согласно выражению [3]:

$$K_{yj} = \sum_{j=1}^N K_{yji} a_j^H,$$

где K_{yj} – коэффициент относительной важности разработки системы водопользования для y -го вида водопользования в зависимости от мелиоративной системы, установленный i -м экспертом;

$y = \overline{1, m}$ – виды мелиоративных систем;

m – количество видов мелиоративных систем;

K_{yji} – коэффициент относительной важности разработки системы водопользования для y -го вида водопользования, позволяющий достигнуть цели j -го элемента J -го уровня дерева целей, определенный i -м экспертом.

Определим целевые критерии, необходимые для оценки эффективности предлагаемого типа водопользования для различных типов мелиоративных систем, согласно таблице 1.

Таблица 1 – Оценка эффективности предлагаемого типа водопользования для различных типов мелиоративных систем на основе целевых критериев

Вид водопользования	Целевой индикатор						
	Повышение эффективности использования водных ресурсов	Внедрение систем автоматизации	Снижение затрат на подачу воды	Повышение эффективности использования основных фондов	Более равномерное использование производительных сил на мелиоративных системах	Расширение функционального назначения мелиоративных систем	Улучшение социальных условий труда
1 Пропорциональное водораспределение всего стока (расхода) воды, поступающего в канал, между водопотребителями в заданном соотношении	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют
2 Нормированное водораспределение по плану водопользования	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют
3 Водораспределение по требованию или ненормированное	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют	1 Не оказывают влияния. 2 Слабо влияют. 3 Средне влияют. 4 Сильно влияют

При расчетах будет использована следующая шкала балльных оценок:

1 Не оказывают влияния – 0 баллов.

2 Слабо влияют – 2,5 балла.

3 Средне влияют – 5 баллов.

4 Сильно влияют – 7,5 балла.

Оценка 10 баллов не используется, так как каждый вид водопользования имеет свои недостатки.

На данном этапе установим вес критериев условий разработки, производства и эксплуатации электрогенераторов.

Определяются K_T – коэффициенты относительной важности разработки системы водопользования для y -й мелиоративной системы, средние для всей группы экспертов.

Проводим операцию нормирования полученных оценок единицей [3]:

$$K_y^H = \frac{K_y}{\sum_{y=1}^m K_y}.$$

На основании полученных значений нормирования устанавливаются ранги важности R_y из неравенств [3]:

$$K_y^H \max \rightarrow R_y = 1, \quad K_y^H \min \rightarrow R_y = m.$$

Определяем вес критериев условий относительной важности разработки и особенностей применения системы водопользования из выражения [3]:

$$u_x = \frac{\sum_{i=1}^n u_{xi}}{n},$$

где u_x – средний для всей группы экспертов вес x -го критерия;

u_{xi} – вес x -го критерия, установленный i -м экспертом.

Также для этого компонента проводится операция нормирования полученных оценок единицей [3]:

$$u_x^H = \frac{u_x}{\sum_{x=1}^M u_x},$$

где M – число критериев.

Полученные экспертным путем значения критериев условий относительной важности разработки и особенностей применения системы водопользования во времени представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения критериев условий относительной важности разработки и особенностей применения системы водопользования во времени

Наименование критерия	2015 г.				2020 г.			
	Балл важности		Ранг важности	Уровень важности	Балл важности		Ранг важности	Уровень важности
	Ненормированный	Нормированный единицей			Ненормированный	Нормированный единицей		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Использование новых подходов при разработке системы водопользования	4,25	0,0104	3	II	6,25	0,1136	2	II
Необходимость при разработке системы водопользования в кадрах с новой специальностью	3,5	0,0843	9	IV	4,5	0,0818	9	IV
Степень соответствия организационных условий разработки новых систем водопользования практическим навыкам организации-разработчика	4,0	0,0964	4	III	5,5	0,0100	4	III
Наличие базового варианта	6,0	0,1446	1	I	7,5	0,1364	1	I

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Негативное воздействие разработки на окружающую среду	3,75	0,0904	8	III	6,25	0,1136	8	III
Простота реализации	4,0	0,0964	4	III	4,5	0,0818	4	III
Использования нетрадиционных методик при разработке	4,0	0,0964	4	III	4,5	0,0818	4	III
Улучшение условий труда на мелиоративных системах	4,0	0,0964	4	III	5,0	0,0909	4	III

Выводы. В работе установлены приоритетные критерии условий относительной важности разработки и особенностей применения системы водопользования в 2015 и 2020 гг., которые показали, что наблюдается динамика роста потребности в выработке современных систем водопользования на мелиоративных системах с учетом инновационных подходов, основанных на применении квалифицированных специалистов и нетрадиционных методик. Также разработанные планы водопользования должны отвечать требованиям ресурсосбережения, простоты и экологичности.

Список использованных источников

1 Юрченко, И. Ф. Совершенные системы водопользования как фактор сохранения почвенного плодородия и устойчивости сельскохозяйственного производства в орошаемых агроландшафтах / И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин // *Агрохимический вестник*. – 2013. – № 1. – С. 25–24.

2 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. – Режим доступа: rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec913-field12.pdf.

3 Голубков, Е. П. Использование системного анализа в принятии плановых решений / Е. П. Голубков. – М.: Экономика, 1982. – 160 с.

4 Льюис, К. Д. Методы прогнозирования экономических показателей / К. Д. Льюис; пер. с англ. Е. З. Демиденко. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 130 с.

УДК 626.823.916

Е. О. Скляренко

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

В. Ф. Сильченко

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

РАСЧЕТ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ ЗАВЕСЫ НАКОПИТЕЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Целью исследования являлся расчет противοфилтpационной завесы накопителя промьшленных отходов, предназначенной для предотвращения попадания загрязненного филтpата в подземные воды. При эксплуатации накопителей серьезной проблемой является образующийся филтpат, который, проникая в почвы и воды, приводит к загрязнению окружающей среды. Создание гидравлической завесы используется в возможном месте утечки загрязняющих веществ в грунтовые воды. Принцип рабо-

ты противофильтрационной завесы заключается в образовании сплошной депрессии перпендикулярно направлению течения подземных вод, которая пересекает весь пояс возникающего или предполагаемого загрязнения. Опыт эксплуатации накопителей отходов и проведенные различными авторами исследования показывают, что зона воздействия накопителей, выполненных без противофильтрационных устройств, может распространяться на значительные расстояния от источника загрязнения. Представленные теоретические зависимости позволяют определять расход загрязненных веществ, проникающих через противофильтрационную завесу и фильтрующие окна накопителей промышленных отходов. Загрязняющие вещества выносятся грунтовым фильтрационным потоком к открытым водотокам, водоемам, поэтому для перехвата загрязненных грунтовых потоков из накопителей отходов рекомендуется применение противофильтрационных завес с фильтрующими окнами.

Ключевые слова: противофильтрационная завеса; фильтрация; накопитель промышленных отходов; противофильтрационное устройство; загрязняющие вещества.

E. O. Sklyarenko

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

V. F. Silchenko

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

CALCULATION OF GROUT CUTOFF OF INDUSTRIAL WASTE STORAGE

The purpose of the study was to calculate a grout cutoff for an industrial waste storage, designed to prevent the contaminated filtrate penetration into groundwater. A serious problem during the storage operation is the resulting filtrate, which, penetrating into soil and water, leads to environmental pollution. The creation of a hydraulic cutoff is used in a place of possible leakage of pollutants into the groundwater. The principle of cutoff operation consists in formation of a uniform depression perpendicular to the direction of the groundwater flow, which crosses the entire belt of emerging or supposed pollution. The experience of operating waste storages and studies carried out by various scientists show that the impact area of storage made without grout cutoff can extend over considerable distances from the source of pollution. The presented theoretical dependencies make it possible to determine the contaminated substances consumption penetrating through the grout cutoff and filtering windows of industrial waste storages. Contaminants are carried out by the soil filtration flow to open watercourses, reservoirs, therefore, it is recommended to use grout cutoffs with filter windows to intercept polluted underflow from waste storages.

Key words: grout cutoff; filtration; industrial waste storage; seepage reducing device; contaminants.

Введение. Существенный ущерб окружающей среде при эксплуатации накопителей отходов наносит образованный в теле накопителя фильтрат. В результате инфильтрации атмосферных осадков проникает в породы зоны аэрации и грунтовые воды фильтрат, тем самым загрязняет их. Впоследствии распространение загрязняет подземные и поверхностные водоисточники, чем обусловлена необходимость применения противофильтрационных мер на таких сооружениях.

Для исключения загрязнения пород зоны аэрации и подземных вод используются различные методы, в т. ч. предотвращение попадания излишнего количества влаги в тело накопителя посредством перехвата поверхностного стока со стороны водосбора, понижения уровня грунтовых вод, перекрытия заполненных участков накопителя

водонепроницаемым слоем. Также возможно устройство водонепроницаемого основания накопителя, сбор и очистка дренажного стока: создание противofильтрационного экрана в основании полигона, устройство дренажной системы отвода фofильтрационных вод, создание системы очистки фofильтрата на локальных или вывоз его на городские очистные сооружения.

Вопросами противofильтрационной защиты накопителей промышленных отходов занимались А. А. Бартоломей [1], С. В. Сольский [2], А. В. Ищенко [3], Е. О. Складенко [4], О. А. Баев [5] и многие другие ученые.

В работе А. В. Ищенко, В. Ф. Сильченко [6] уделяется значительное внимание исследованиям, связанным не только с устройством противofильтрационных экранов в основании накопителей, но и с созданием противofильтрационных завес для недопущения распространения загрязнения через грунтовые и подземные воды, а также перехвата и очистки отдельных очагов фofильтрации.

Для изоляции источников загрязнения от остальной части водоносного горизонта (завесы, стенки), предотвращения распространения локальных очагов загрязнения, а также для перехвата загрязненных вод с помощью дренажа используют специальные мероприятия по защите подземных вод от загрязнения [7].

Выбор защитных мероприятий основывается на анализе природных условий рассматриваемой территории, учете характера и влияния источника загрязнения и на технико-экономических расчетах [8]. Распространенным способом защиты грунтовых вод является завеса противofильтрационная, под которой понимается искусственная преграда на пути фofильтрационного потока, создаваемая в грунте основания подпорного гидротехнического сооружения и в береговых его примыканиях.

В работе представлен расчет противofильтрационной завесы на накопителях промышленных отходов, предназначенной для предотвращения попадания фofильтрата в подземные воды.

Материалы и методы. Метод создания гидравлической завесы используется в возможном месте утечки загрязняющих веществ в грунтовые воды. Принцип работы состоит в формировании сплошной депрессии, перпендикулярной направлению потока, проходящей весь пояс загрязнений. Элементы системы включают в себя:

- откачивающие и наблюдательные скважины;
- измерение количества откачиваемой воды и загрязнителя и транспортировку их на обработку;
- пункт управления (центр регистрации измеренных значений и управления работой завесы).

Защита грунтовых вод от загрязнения фofильтратом промышленных отходов ограничивается устройством защитных экранов, противofильтрационных завес или дренажей.

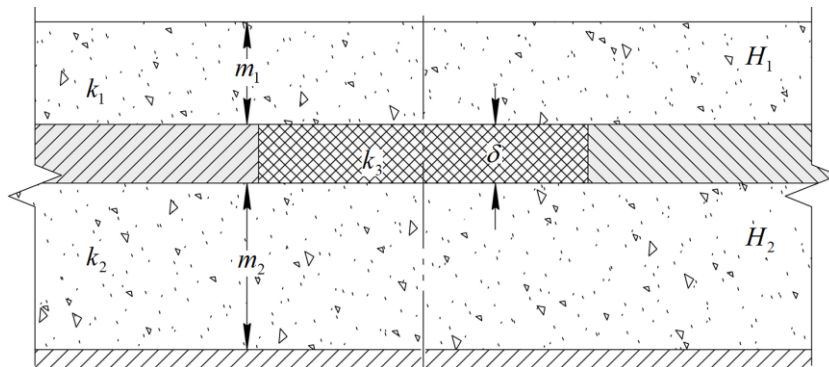
Принцип работы противofильтрационной завесы заключается в образовании сплошной депрессии перпендикулярно направлению течения подземных вод, которая пересекает весь пояс возникающего или предполагаемого загрязнения [9].

Во многих случаях слоистая толща пород может быть расчленена на два гидродинамических комплекса или два водоносных горизонта, гидравлически связанных через литологические «окна». При этом верхний горизонт, как правило, содержит безнапорные воды и слабо защищен от техногенного загрязнения. Для проведения расчетов рассматриваемые условия сводим к схеме, приведенной на рисунке 1 [10].

Результаты и обсуждение. Расход подземных безнапорных вод через литологическое «окно» ($Q_{\text{окн}}$) может быть оценен по формуле Дюпюи [10], м³/сут:

$$Q_{\text{окн}} = \frac{\pi k_1 (h_1^2 - H_2^2)}{\ln \frac{R_0 + R_k}{R_0}}, \quad (1)$$

где k_1 – коэффициент фильтрации верхнего безнапорного водоносного горизонта, м;
 h_1 – глубина грунтового потока в первом от поверхности водоносном горизонте, м;
 H_2 – напор воды в нижнем горизонте, м;
 R_0 – приведенный радиус завесы, вычисляемый по формуле (1) аналогично r_0 ;
 R_k – радиус кругового контура питания, м.



k_1 – коэффициент фильтрации верхнего безнапорного водоносного горизонта, м;
 k_2 – коэффициент фильтрации нижнего напорного водоносного горизонта, м/сут;
 k_3 – коэффициент фильтрации тела завесы (закрепленных пород), м/сут; m_1 – мощность верхнего водоносного горизонта, м; m_2 – мощность нижнего водоносного горизонта, м;
 δ – средняя мощность (толщина) завесы, м; H_1 – напор над подошвой водоносного горизонта у внешней стенки завесы, м; H_2 – напор воды в нижнем горизонте, м

Рисунок 1 – Схема к расчету притока через противofiltrационную завесу

Площадь завесы вычисляется по формуле: $F = \pi R^2$. Тогда расход перетока грунтовых вод ($q_{\text{окн}}$) на единицу площади завесы определяется по следующей зависимости, $\text{м}^3/(\text{сут} \cdot \text{м})^2$:

$$q_{\text{окн}} = \frac{k_1(h_1^2 - H_2^2)}{R_0^2 \ln \frac{R_0 + R_k}{R_0}}.$$

При расчете величины перетока ($q_{\text{окн}}$) из нижнего напорного горизонта следует пользоваться решением Дюпюи для напорной фильтрации [10], $\text{м}^3/(\text{сут} \cdot \text{м})^2$:

$$q_{\text{окн}} = \frac{2k_2m_2(H_2 - h_1)}{R_0^2 \ln \frac{R_0 + R_k}{R_0}},$$

где k_2 – коэффициент фильтрации нижнего напорного водоносного горизонта, м/сут;
 m_2 – мощность нижнего водоносного горизонта, м.

После устройства противofiltrационной завесы поступление воды из верхнего горизонта в нижний с учетом допущения (предпосылки) Гириного – Мятиева о преобладании вертикальной составляющей скорости фильтрации в слабопроницаемых разделяющих слоях (перемычках) определяется по формуле [10], $\text{м}^3/(\text{сут} \cdot \text{м})^2$:

$$q_3 = \frac{k_3(h_1 - H_2)}{\delta},$$

где k_3 – коэффициент фильтрации тела завесы (закрепленных пород), м/сут;
 δ – средняя мощность (толщина) завесы, м.

При позонном инъецировании рассмотренная расчетная схема может быть уточнена путем введения в расчет площадей для каждой зоны значений k_3 и δ .

В этом случае переток (q) определится как сумма расходов воды по каждой из выделенных зон инъецирования [10], $\text{м}^3/(\text{сут} \cdot \text{м})^2$:

$$q = (h_1 - H_2) \left(\frac{k_3^1}{\delta_1} + \frac{k_3^2}{\delta_2} + \dots + \frac{k_3^n}{\delta_n} \right),$$

где $k_3^1, k_3^2, \dots, k_3^n$ – коэффициенты фильтрации тела завесы, $\text{м}/\text{сут}$;

$\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ – толщина завесы в пределах выделенных зон инъецирования, м [10].

В тех случаях, когда оба пласта, разделяемые завесой, содержат напорные воды, расход на единицу площади литологического «окна» ($q_{\text{окн}}$) выражается отношением [10], $\text{м}^3/(\text{сут} \cdot \text{м})^2$:

$$q_{\text{окн}} = \frac{2k_1 m_1 (H_1 - H_2)}{R_0^2 \ln \frac{R_0 + R_k}{R_0}},$$

где m_1 – мощность верхнего водоносного горизонта, м ;

H_1 – напор над подошвой водоносного горизонта у внешней стенки завесы, м .

После создания противифльтрационной завесы на участке «окна» переток (q_3) из верхнего пласта в нижний определяется по формуле [10], $\text{м}^3/(\text{сут} \cdot \text{м})^2$:

$$q_3 = \frac{k_3 (H_1 - H_2)}{\delta}.$$

С учетом принятых допущений эффективность предложенного способа разделения гидравлически взаимосвязанных водоносных пластов (α) будет характеризоваться следующим соотношением [10]:

$$\alpha = \frac{q_3}{q_{\text{окн}}} = \frac{k_3 R_0^2}{2\delta k_1 m_1} \ln \frac{R_0 + R_k}{R_0}, \quad (2)$$

где α может измениться от 0 до 1.

Применение выражения (2) также будет правомерным для случая, когда осуществляется осушение верхнего горизонта, а дополнительный приток поступает из нижнего пласта. Для этого в выражении (2) необходимо k_1 и m_1 заменить k_2 и m_2 .

Практический интерес представляет расчетная схема, соответствующая большой мощности нижнего водоносного горизонта, который содержит минерализованные воды и может стать источником засоления вод верхнего водного комплекса. В этом случае переток из нижнего горизонта с достаточной точностью можно определить как приток к круговому диску, который размещен в зоне «окна», эквивалентного ему по площади. В данном случае используется решение Ф. Форгеймера [10], $\text{м}/\text{сут}$:

$$q_{\text{окн}} = 4k_2 R_0 (H_2 - H_1). \quad (3)$$

Удельный расход через противифльтрационную завесу в этих условиях следует вычислять по формуле, $\text{м}^3/(\text{сут} \cdot \text{м})^2$:

$$q_3 = \frac{\pi k_3 R_0}{4\delta k_2}. \quad (4)$$

Анализ уравнений (2)–(4) показал, что при значениях водопроницаемости закрепленных пород в теле завес от 10^{-3} до 10^{-4} $\text{м}/\text{сут}$ переток между водоносными горизонтами реально может быть снижен в 100–1000 раз.

Выводы

1 Загрязнение подземных вод не ограничивается площадью накопителя отходов, а распространяется вниз по течению потока на расстояние до 20–30 км и более от источника загрязнения. Загрязняющие вещества выносятся грунтовым фильтрационным потоком к открытым водотокам, водоемам.

2 Приведены основные расчетные зависимости для определения расхода подземных безнапорных вод через фильтрующие окна, устраиваемые в противофильтрационных завесах накопителей промышленных отходов.

3 Обеспечение противофильтрационной и экологической безопасности на накопителях промышленных отходов может быть достигнуто созданием высокоэффективных противофильтрационных завес, которые могут также выполняться с применением дополнительных фильтрующих элементов из современных строительных материалов.

Список использованных источников

1 Бартоломей, А. А. Основы проектирования и строительства хранилищ отходов: учеб. пособие / А. А. Бартоломей, Х. Брандл, А. Б. Пономарев. – М.: АСВ, 2004. – 144 с.

2 Надежность накопителей промышленных отходов / С. В. Сольский, Д. В. Стефанишин, О. М. Финагенов, С. Г. Шульман. – СПб.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 2006. – 299 с.

3 Ищенко, А. В. Конструктивные схемы противофильтрационной защиты накопителей отходов и фильтрационные расчеты их эффективности / А. В. Ищенко, Е. О. Складенко // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 3. – С. 21–25.

4 Складенко, Е. О. Моделирование распространения загрязненного потока из накопителей промышленных отходов в грунтовых водах / Е. О. Складенко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2007. – № 4. – С. 96–99.

5 Баев, О. А. Противофильтрационные покрытия с применением бентонитовых матов для накопителей жидких отходов / О. А. Баев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2013. – № 3(11). – С. 115–124. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=681>.

6 Ищенко, А. В. Разработка и научное обоснование конструктивно-технических решений для противофильтрационной защиты накопителей отходов / А. В. Ищенко, В. Ф. Сильченко // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с междунар. участием, г. Новочеркасск, 6–23 нояб. 2018 г. / НИИ им. А. К. Кортунова. – Новочеркасск: Лик, 2018. – Вып. 16, ч. 1. – С. 162–167.

7 Косиченко, Ю. М. Классификация геосинтетических материалов и их применение для противофильтрационных устройств / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Актуальные вопросы гидротехники и мелиорации на юге России: сб. ст. / ФГБОУ ВПО «НГМА». – Новочеркасск: Лик, 2013. – С. 108–117.

8 Косиченко, Ю. М. Рекомендации по применению геосинтетических материалов для противофильтрационных экранов каналов, водоемов и накопителей / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 65 с. – Деп. в ВИНТИ 12.01.15, № 1-B2015.

9 Оценка экологической безопасности шламонакопителей при воздействии на геологическую среду / В. Л. Бондаренко, В. В. Гутенев, А. В. Ищенко, В. А. Бандурин // Проблемы региональной экологии. – 2005. – № 5. – С. 94–103.

10 Волков, Ю. И. Противофильтрационные завесы в промышленности / Ю. И. Волков, А. А. Изотов, Ю. В. Пономаренко; под общ. ред. Ю. И. Волкова. – М.: Руда и Металлы, 2014. – 304 с.

УДК 633.2.039.6:631.8.022.3

Ю. М. Зеленый

Институт мелиорации, Минск, Республика Беларусь

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕРЕЗИМОВКИ ТРАВСТОЯ КЛЕВЕРА ПОЛЗУЧЕГО В ОДНОВИДОВЫХ И СОВМЕСТНЫХ ПОСЕВАХ С РАЙГРАСОМ ОДНОЛЕТНИМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА СЕМЕНА

Целью исследований является установление принципиальной возможности совместных посевов клевера ползучего и райграса однолетнего на семенные цели. Представлена информация о росте и развитии совместных посевов клевера ползучего и райграса однолетнего на осушенных минеральных почвах. Полученные результаты указывают на зависимость густоты растений от водного режима почвы. Так, количество растений райграса однолетнего на участке с временным переувлажнением было на 88 шт./м² больше, чем на участке без переувлажнения, при норме высева клевера ползучего 2,5 кг/га, а при норме высева 3,0 кг/га – на 17 шт./м². Количество растений клевера ползучего, высеянного в чистом виде, также было больше на участке с временным переувлажнением: на 36 шт./м² при норме высева 2,5 кг/га и на 33 шт./м² при норме высева 3,0 кг/га. Оценка состояния семенного травостоя клевера ползучего после перезимовки на 2-й год жизни как в совместных посевах с райграсом однолетним, так и в одновидовых посевах составила 89–94 % для обоих участков. Положительное влияние оказало применение биостимуляторов Агропон С и Регоплант, а также микроудобрения МикроСтим.

Ключевые слова: клевер ползучий; райграс однолетний; семенная продуктивность; густота травостоя; микроэлементы; регуляторы роста; водный режим; норма высева; зимостойкость; выживаемость.

Yu. M. Zeleny

Institute for Land Reclamation, Minsk, Republic of Belarus

FEATURES OF FORMATION AND WINTERING OF SHAMROCK STANDS IN SINGLE SPECIES AND JOINED CROPS WITH ANNUAL RYGRASS WHEN GROWING ON SEED

The purpose of the research is to determine the fundamental possibility of joint crops of shamrock and annual ryegrass for seed purposes. Information on the growth and development of joint crops of shamrock and annual ryegrass on drained mineral soils is presented. The results obtained indicate the dependence of plant density on soil water regime. Thus, the number of annual ryegrass plants in the area with temporary waterlogging was 88 pcs/m² more than in the area without waterlogging, at a seeding rate of shamrock 2.5 kg/ha, and at a seeding rate of 3.0 kg/ha – 17 pcs/m². The number of shamrock plants sown in pure form was also higher in the area with temporary waterlogging: by 36 pcs/m² at a seeding rate of 2.5 kg/ha and by 33 pcs/m² at a seeding rate of 3.0 kg/ha. The assessment of the state of shamrock seed grass stand after wintering in the 2nd year of life both in joint crops with annual ryegrass and in single crops was 89–94 % for both plots. The use of biostimulants Agropon S and Regoplant, as well as micro-fertilizer MicroStim, had a positive effect.

Key words: shamrock; annual ryegrass; seed productivity; stand density; microelements; growth regulators; water regime; seeding rate; winter resistance; survival ability.

Введение. Актуальность исследований обусловлена прежде всего необходимостью оптимизации производства травяных кормов, повышения их качества и снижения затрат. В решении этих задач существенное значение имеет семеноводство многолет-

них трав, и особенно бобовых. Их дефицит в Республике Беларусь наблюдается продолжительное время, что заставляет искать пути его преодоления, в т. ч. за счет совершенствования технологии возделывания.

Клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) является системообразующим незаменимым видом бобово-злаковых травостоев [1].

В Республике Беларусь создана система сортов этой культуры (РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию») и есть благоприятные предпосылки для их успешного размножения и продвижения в сельскохозяйственные предприятия. Одним из существенных сдерживающих факторов является низкая урожайность семян клевера и высокая колеблемость ее по годам. Кроме того, культура клевера ползучего очень чувствительна к погодным аномалиям. Совокупность этих причин обуславливает соответствующий уровень экономической эффективности семеноводства клевера ползучего и отсутствие интереса к нему со стороны сельхозпроизводителей [2].

Совмещение посева клевера ползучего с райграсом однолетним может значительно повысить экономическую эффективность семеноводства. Райграс однолетний – кормовая культура, по питательности не уступает многим злакам и характеризуется высокой семенной продуктивностью (до 10 ц/га семян). Высевадается в чистых, смешанных, поукосных и пожнивных посевах, используется также для ремонта различных посевов. Существует возможность повышения семенной продуктивности клевера ползучего и райграса однолетнего путем совершенствования агротехнологических приемов в совместных посевах на мелиорированных минеральных землях [3].

Материалы и методы. Полевые исследования проводятся на территории филиала РУП «Институт мелиорации» – Витебской опытной мелиоративной станции (Сенненский район Витебской области).

Все учеты, наблюдения, взвешивания, биометрические измерения и оценки выполняются согласно ГОСТ СТБ 1080-97, СТБ 1894-2008, СТБ 1896-2008, СТБ 1080-97, 12036-85, 12037-81, 12038-84, 12042-80, методическим указаниям по первичному семеноводству многолетних трав Всероссийского НИИ кормов им. Вильямса (1993), а также стандартным методикам проведения учетов, анализов и наблюдений, опубликованным в отечественной литературе. Опыты закладывались и проводились в соответствии с методическими указаниями Б. А. Доспехова.

Клевер ползучий (сорт Матвей) высевали 17.04.2019, поперечный подсев семян райграса однолетнего (сорт Луч) проведен 18.04.2019. Внесены минеральные удобрения. Предшественник – яровая пшеница (сорт Ласка).

Почва опытного участка осушенная дерново-подзолисто-глебоватая связно-супесчаная. Перед закладкой опыта агрохимические показатели почвы были следующими: содержание гумуса – 2,4 %, P_2O_5 – 144 мг/кг, K_2O – 260 мг/кг, В – 0,75 мг/кг, Cu – 3,52 мг/кг, Zn – 3,56 мг/кг.

Для изучения влияния рельефа и водного режима на семенную продуктивность клевера ползучего и райграса однолетнего опыт был заложен на двух участках (участок № 1 – без переувлажнения, участок № 2 – с временным переувлажнением).

Схема опыта включает:

- исследование влияния фактора А (удобрения): 1) контроль (без удобрений); 2) $P_{40}K_{60}$ (фон); 3) фон + N_{30} ; 4) фон + Ризофос; 5) фон + МикроСтим; 6) фон + Агропон С; 7) фон + Регоплант;

- исследование влияния фактора Б (нормы посева): 1) клевер ползучий, 2,5 кг/га; 2) клевер ползучий, 3,0 кг/га; 3) клевер ползучий, 2,5 кг/га, + райграс однолетний, 12 кг/га; 4) клевер ползучий, 3,0 кг/га, + райграс однолетний, 12 кг/га.

Размещение делянок систематическое.

Микроудобрения и биостимуляторы вносили в фазе выхода в трубку райграса однолетнего и формирования розетки клевера ползучего.

Применяли следующие препараты:

- Ризофос-Trifol – микробный препарат, является альтернативой минеральным азотным и фосфорным удобрениям. Основа: активные штаммы клубеньковых бактерий, осуществляющие микробиологический перевод труднорастворимых фосфатов почвы и удобрений в доступную растениям форму. Позволяет получить экологически чистую продукцию и снизить пестицидную нагрузку. Норма расхода при некорневой подкормке 200 мл/га;

- МикроСтим-Медь, Цинк, Бор ИС – микроудобрение (N – 50 г/л; В – 6,1 г/л; Zn – 6,5 г/л; Cu – 7,3 г/л; гуминовые вещества – 0,15–0,60 г/л). Норма применения 0,6 л/га;

- Агропон С – биостимулятор, существенно повышает энергию прорастания, полевую всхожесть посевов, полностью раскрывает потенциал растений, способствует активному делению клеток посевов, развитию мощной корневой системы, росту содержания хлорофилла, увеличению площади поверхности листа. Норма применения: при обработке семян – 25 мл/т, при опрыскивании посевов – 20 мл/га;

- Регоплант – биостимулятор, относится к серии композиционных препаратов, обладает биозащитными свойствами. Сбалансирован композицией биологически активных соединений аминокислот, хитозана, аналогов фитогормонов, олигосахаридов, жирных кислот, хелатных и биогенных микроэлементов Cu, Zn, S, Mo, Mg, B, Mn, K₂O, Ca, Fe, N. Норма применения при обработке семян – 250 мл/т, при опрыскивании посевов – 50 мл/га.

Результаты и обсуждение. Вегетационный период 2019 г. можно охарактеризовать как теплый и умеренно влажный (ГТК = 1,5). С апреля по сентябрь количество осадков составило 109,5 % от многолетней нормы, среднесуточная температура воздуха за этот период была на 2,0 °С выше средних многолетних показателей. Однако крайне неравномерное распределение тепла и влаги оказало не очень благоприятное влияние на рост и развитие многолетних трав.

Существует прямая зависимость между уровнем выпадения осадков и изменением влажности почвы. Определение влажности почвы проводилось еженедельно в слое почвы 0–20 см, так как в нем располагается до 85 % всей массы корней трав. Влагообеспеченность растений зависит от влагозапасов верхнего корнеобитаемого слоя почвы, которая в итоге влияет на способность трав к росту и развитию в течение вегетационного периода.

Погодные условия 2019 г. сказались и на влажности почвы. В мае количество осадков значительно превысило норму и влажность почвы на участке № 1 составила 18,1 %, а на участке № 2 – 27,9 %. В июне наблюдался недостаток осадков и влажность на участке № 1 была на уровне разрыва капиллярных связей (14,4 %). На участке № 2 влажность почвы составила 24,1 %. Обильные осадки во второй половине июля и в августе способствовали накоплению влагозапасов в почве, и влажность почвы составила 23,3 и 26,8 %. В среднем за вегетационный период влажность корнеобитаемого слоя на участке без переувлажнения составила 17,5 %, а на участке с временным переувлажнением – 25,6 %.

Семенная продуктивность многолетних трав зависит от многих факторов, среди которых немалое значение имеет густота травостоя на единице площади и хорошее развитие каждого растения. Оптимальная густота травостоя достигается при благоприятных условиях для роста и развития растений.

На участке № 1 в варианте с нормой высева клевера ползучего 2,5 кг/га в среднем по опыту было 232 шт./м² растений райграса однолетнего и 67 шт./м² клевера ползучего. При норме высева клевера 3,0 кг/га райграса было 293 шт./м², а клевера 73 шт./м² (таблица 1).

Таблица 1 – Густота травостоя на участке № 1 (без переувлажнения)В шт./м²

Вариант	С подсевом райграса однолетнего				Без подсева райграса однолетнего	
	Норма высева клевера ползучего					
	2,5 кг/га		3,0 кг/га			
	райграс одно- летний	клевер ползу- чий	райграс одно- летний	клевер ползу- чий	клевер ползучий, 2,5 кг/га	клевер ползучий, 3,0 кг/га
Контроль (без удобрений)	226	62	303	59	40	71
P ₄₀ K ₆₀ (фон)	196	69	291	57	59	58
Фон + N ₃₀	226	66	281	55	49	56
Фон + Ризофос	222	51	287	72	52	63
Фон + МикроСтим	235	79	289	85	55	72
Фон + Агропон С	242	73	305	92	67	92
Фон + Регоплант	274	71	296	89	77	97
Среднее	232	67	293	73	57	73

Густота клевера ползучего в чистом виде с нормой высева 2,5 кг/га составила 57 шт./м², а в вариантах с нормой высева 3,0 кг/га – 73 шт./м².

На участке № 2 в варианте с нормой клевера ползучего 2,5 кг/га густота растенный райграса однолетнего составила в среднем по опыту 320 шт./м², а клевера ползучего 88 шт./м². При норме клевера ползучего 3,0 кг/га райграса было 310 шт./м², а клевера 100 шт./м² (таблица 2).

Таблица 2 – Густота травостоя на участке № 2 (с временным переувлажнением)В шт./м²

Вариант	С подсевом райграса однолетнего				Без подсева райграса однолетнего	
	Норма высева клевера ползучего					
	Подсев клевера, 2,5 кг/га		Подсев клевера, 3,0 кг/га			
	райграс однолет-ний	клевер ползу-чий	райграс однолет-ний	клевер ползучий	клевер ползучий, 2,5 кг/га	клевер ползучий, 3,0 кг/га
Контроль (без удобрений)	329	71	299	90	81	94
P ₄₀ K ₆₀ (фон)	310	66	341	64	78	77
Фон + N ₃₀	323	79	271	77	83	93
Фон + Ризофос	311	102	325	114	104	119
Фон + МикроСтим	330	96	321	117	100	119
Фон + Агропон С	308	99	298	123	101	115
Фон + Регоплант	327	104	314	113	106	126
Среднее	320	88	310	100	93	106

Густота клевера ползучего в чистом виде с нормой высева 2,5 кг/га составила 93 шт./м², а в вариантах с нормой высева 3,0 кг/га – 106 шт./м².

В целом густота райграса однолетнего в вариантах с нормой высева клевера ползучего 2,5 кг/га на участке № 2 была на 88 шт./м² выше, чем на участке № 1, а клевера ползучего на 21 шт./м². В вариантах с нормой высева клевера ползучего 3 кг/га количество растений райграса однолетнего и клевера ползучего также было несколько выше на участке № 2 (на 17 и 27 шт./м² соответственно).

Что касается клевера ползучего, высеянного в чистом виде, то количество расте-

ний также было больше на участке с временным переувлажнением: на 36 шт./м² при норме высева 2,5 кг/га и на 33 шт./м² при норме высева 3,0 кг/га.

Наибольшая густота как клевера, так и райграса наблюдалась в варианте, в котором применяли биостимулятор Регоплант.

В 2020 г. проведена оценка зимостойкости и выживаемости семенных посевов клевера ползучего во 2-й год жизни.

Погодные условия зимнего периода 2019–2020 гг. были комфортными для перезимовки растений. По Республике Беларусь средняя температура воздуха составила +1,5 °С, что выше климатической нормы на 5,5 °С. Такой теплой зимы на территории Беларуси за всю историю метеонаблюдений не отмечалось ни разу.

На участке № 1 (без переувлажнения) перезимовка клевера ползучего в совместных посевах с райграсом однолетним при норме высева бобового компонента 2,5 кг/га составила 88–95 % (таблица 3). Наиболее зимостойкими оказались растения в варианте с применением биостимулятора Агропон С. При норме высева клевера ползучего 3,0 кг/га выживаемость растений была на уровне 86–93 %. Наибольшее количество растений сохранилось в варианте, в котором применяли микроудобрение МикроСтим.

Таблица 3 – Густота травостоя клевера ползучего 2-го года жизни после перезимовки на участке № 1 (без переувлажнения)

Вариант	С подсевом райграса однолетнего				Без подсева райграса однолетнего			
	Норма высева клевера ползучего				Норма высева клевера ползучего			
	2,5 кг/га		3,0 кг/га		2,5 кг/га		3,0 кг/га	
	шт./м ²	%	шт./м ²	%	шт./м ²	%	шт./м ²	%
Контроль (без удобрений)	62	100	59	100	40	100	71	100
	57	92	52	86	35	88	64	90
Р ₄₀ К ₆₀ (фон)	69	100	57	100	59	100	58	100
	64	93	51	89	54	92	53	91
Фон + N ₃₀	66	100	55	100	49	100	56	100
	58	88	50	87	42	86	52	93
Фон + Ризофос	51	100	72	100	52	100	63	100
	47	92	67	88	47	90	58	92
Фон + Микро-Стим	79	100	85	100	55	100	72	100
	71	90	81	93	49	89	68	94
Фон + Агропон С	73	100	92	100	67	100	92	100
	69	95	84	91	61	91	85	92
Фон + Регоплант	71	100	89	100	77	100	97	100
	66	93	80	90	70	91	90	93

Перезимовка клевера ползучего в одновидовом посеве с нормой высева 2,5 кг/га составила 86–92 %. Положительное влияние оказало применение биостимуляторов Агропон С и Регоплант. В вариантах с нормой высева бобового компонента 3,0 кг/га количество выживших растений равнялось 90–94 %. Так же как и в совместных посевах, наиболее зимостойкими оказались растения в варианте с применением микроудобрения МикроСтим.

На участке № 2 (с временным переувлажнением) выживаемость клевера ползучего в совместных посевах с райграсом однолетним составила 89–94 % (таблица 4). При норме высева бобового компонента 2,5 кг/га наибольшее количество перезимовавших растений наблюдалось в вариантах с применением микроудобрения МикроСтим и биостимулятора Агропон С. А при норме высева клевера ползучего 3,0 кг/га на выживаемости растений положительно сказалось применение микроудобрения МикроСтим и биорегулятора Регоплант.

Таблица 4 – Густота травостоя клевера ползучего 2-го года жизни после перезимовки на участке № 2 (с временным переувлажнением)

Вариант	С подсевом райграса однолетнего				Без подсева райграса однолетнего			
	Норма высева клевера ползучего				Норма высева клевера ползучего			
	2,5 кг/га		3,0 кг/га		2,5 кг/га		3,0 кг/га	
	шт./м ²	%	шт./м ²	%	шт./м ²	%	шт./м ²	%
Контроль (без удобрений)	71	100	90	100	81	100	94	100
	63	89	81	90	72	89	86	91
Р ₄₀ К ₆₀ (фон)	66	100	64	100	78	100	77	100
	60	91	59	92	70	90	69	90
Фон + N ₃₀	79	100	77	100	83	100	93	100
	74	94	72	94	76	92	87	94
Фон + Ризофос	102	100	114	100	104	100	119	100
	92	90	102	89	95	91	110	92
Фон + Микро- Стим	96	100	117	100	100	100	119	100
	89	93	108	92	93	93	111	93
Фон + Агропон С	99	100	123	100	101	100	115	100
	93	94	112	91	91	90	106	92
Фон + Регоплант	104	100	113	100	106	100	129	100
	95	91	104	92	96	91	120	93

Перезимовка клевера ползучего в одновидовом посеве с нормой высева 2,5 кг/га составила 89–93 %. Положительное влияние оказало применение микроудобрения МикроСтим. В вариантах с нормой высева бобового компонента 3,0 кг/га количество выживших растений находилось в интервале 90–94 %. Как и в совместных посевах, здесь наиболее зимостойкими оказались растения в вариантах с применением препаратов МикроСтим и Регоплант.

Поврежденных растений в вариантах не выявлено. Применение микроудобрений и регуляторов роста оказало положительное влияние как на формирование травостоя клевера ползучего в 1-й год жизни, так и на его состояние во 2-й год.

Выводы

1 Анализ густоты стояния растений показал, что она зависела от водного режима почвы. Количество растений райграса однолетнего в варианте с нормой высева клевера ползучего 2,5 кг/га на участке № 2 (с временным переувлажнением) было на 88 шт./м² больше, чем на участке № 1 (без переувлажнения), а в варианте с нормой высева клевера ползучего 3 кг/га – на 17 шт./м². Что касается клевера ползучего, высеянного в чистом виде, то количество растений также было больше на участке с временным переувлажнением: на 36 шт./м² при норме высева 2,5 кг/га и на 33 шт./м² при норме высева 3,0 кг/га. Наибольшая густота как клевера, так и райграса наблюдалась в варианте, в котором применяли биостимулятор Регоплант.

2 Оценка состояния семенного травостоя клевера ползучего показала, что количество перезимовавших растений на 2-й год жизни на участке № 1 (без переувлажнения) в совместных посевах с райграсом однолетним составило 86–95 %. Перезимовка клевера ползучего в одновидовом посеве находилась в интервале 86–94 %. На участке № 2 (с временным переувлажнением) выживаемость клевера ползучего как в совместных посевах с райграсом однолетним, как и в одновидовых составила 89–94 %. Положительное влияние оказало применение биостимуляторов Агропон С и Регоплант, а также микроудобрения МикроСтим.

Список использованных источников

1 Петренко, В. И. Агротехника семеноводства многолетних бобовых трав: рекомендации / В. И. Петренко, В. Р. Кажарский. – Горки: БГСХА, 2016. – 60 с.

2 Справочник по производству семян многолетних трав / Л. Б. Погоржельская [и др.]. – Минск: Урожай, 1981. – 248 с.

3 Семенов, Н. А. Райграс однолетний как индикатор агрогенного воздействия на экологические свойства почвы при возделывании на корм и семена / Н. А. Семенов, В. Н. Золотарев, А. Н. Снитко // Вестник ТГУ. – 2014. – Вып. 5, т. 19. – С. 1347–1350.

УДК 626.88

А. В. Шевченко, А. А. Куприянов

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

ЖИВОРЫБНЫЙ КОНТЕЙНЕР ДЛЯ РЫБОУЛОВИТЕЛЕЙ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ И БАСЕЙНОВ

Цель исследования – разработка конструкции живорыбного контейнера для улавливания рыб в рыбоуловителях, устраиваемых в составе прудовых или бассейновых рыбоводных комплексов. Основу для разработки составили данные исследований используемых рыболовных контейнеров в рыбоуловителях, устраиваемых при прудовых рыбоводных комплексах. Разработка конструкции контейнера осуществлялась с применением технологии поискового конструирования. Известные конструкции рыбоулавливающих контейнеров, применяемые в рыбоуловителях с контейнерной технологией облова, устраивают с водопроницаемыми боковыми стенками. При выемке таких контейнеров из воды они обезвоживаются и рыбы остаются в их внутреннем пространстве при отсутствии воды, что приводит к угнетению, травмированию и гибели рыб. Для исключения указанного вредоносного воздействия на рыб предложено устраивать водонепроницаемые («живорыбные») контейнеры. Для размещения конструкций контейнеров в рыбоуловителях предусматривается устройство рыбоулавливающих секций, ограждаемых решетками, покрытыми перфорированными полотнами. Для размещения контейнеров в днище секций предусматривается устройство донных ниш, что позволит исключить затенение живого сечения водного потока, протекающего через секции рыбоуловителя. Вывод: предложено конструктивное решение водонепроницаемого рыбоулавливающего контейнера, исключающего вытекание из него воды и обеспечивающего приемлемые условия для жизнедеятельности рыб при их изъятии из рыбоуловителя и перемещении к рыбоприемнику или транспортному средству.

Ключевые слова: рыбоводство; рыбоуловитель; рыболовный контейнер; рыбоводный комплекс; технология облова рыб.

A. V. Shevchenko, A. A. Kupriyanov

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

LIVE FISH CONTAINER FOR FISH TRAP OF FISH BREEDING PONDS AND BASINS

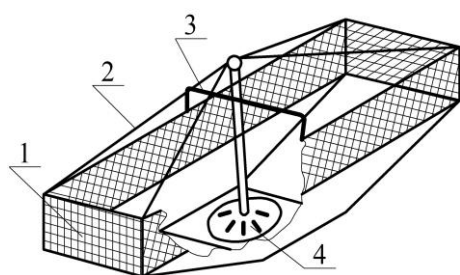
The purpose of the study is to develop a design of a live fish container for catching fish in fish traps installed as part of pond or basin fish breeding complexes. The basis for the development was the research data of the used fishing containers in fish traps, arranged at fish-breeding pond complexes. The development of the container design was carried out using the technology of search design. The known designs of fish-catching containers used in fish traps with fish catching technology are arranged with permeable side walls. When such containers are removed from the water, they are dehydrated and the fish remain inside in the absence of water, which leads to oppression, injury and death of fish. To exclude the specified harmful

effect on fish, it was proposed to install impervious ("live fish") containers. To install the container structures in fish traps, the fish-catching sections, fenced off by gratings covered with perforated sheets are provided. To install containers in the bottom of the sections, the bottom niches are supposed, that will eliminate the shading of the cross section of the water flow flowing through the sections of the fish trap. Conclusion: a construction solution for a impermeable fish-catching container, which excludes the outflow of water and provides acceptable conditions for the life of fish when they are removed from the fish trap and moved to the fish holding tank or transport vehicle has been proposed.

Key words: fish farming; fish trap; fish container; fishing complex; fish catching technology.

Введение. Для облова рыбы, выращенной в рыбоводных прудах или бассейнах, устраивают гидротехнические сооружения – рыбоуловители. Под термином «рыбоуловитель» специалистами в области рыбохозяйственной гидротехники и рыбоводами понимается гидротехническое сооружение, используемое для сбора, кратковременного содержания и вылова рыб. Анализ наиболее распространенных конструкций рыбоуловителей проведен ранее [1]. Наличие очевидных преимуществ рыбоуловителей контейнерного типа (т. е. рыбоуловителей с контейнерной технологией облова рыб) обосновывает выбор данного вида сооружений в качестве объекта исследования и разработки.

Одним из основных конструктивных и технологических элементов рыбоуловителя с контейнерной технологией облова является контейнер, предназначенный для отлова и последующего транспортирования рыб к средствам перевозки или месту их выпуска. Отметим, что контейнеры различного конструктивного исполнения применяются в различных видах рыбохозяйственных сооружений [2–8]. В сложившейся рыболовной практике в качестве рыбоулавливающих контейнеров преимущественно используются водопроницаемые их конструкции с перфорированными стенками. Пример конструктивного решения водопроницаемого контейнера приведен на рисунке 1.



а



б

а – вид водопроницаемого контейнера по С. В. Пономареву и др. [9];
б – вид контейнера с рыбой; 1 – перемещающаяся стенка; 2 – тросы; 3 – штанга; 4 – люк

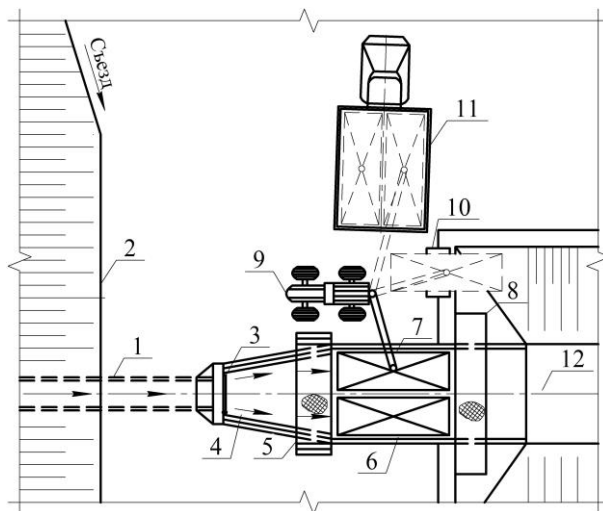
Рисунок 1 – Виды водопроницаемого контейнера

Схема рыбоуловителя с контейнерной технологией облова рыбы, базирующейся на использовании водопроницаемого контейнера, приведена на рисунке 2.

Технологическая схема выемки рыболовного контейнера и его последующего транспортирования предусматривает: подъем контейнера из водозаполненной обловной камеры, перемещение обезвоженного контейнера к весам и его взвешивание, перемещение контейнера к месту выгрузки (перегрузки) рыб в рыбоприемную емкость).

При подъеме рыбоулавливающего контейнера с перфорированными торцевыми и боковыми стенками вода через отверстия ограждающего перфорированного полотна вытекает из его внутренней полости, а собранная в нем рыба будет находиться в обезвоженном пространстве. При плотном и многослойном расположении рыб в осушенном контейнере (рисунок 1б), нахождении их в нем во время его перемещения к весам и

взвешивания, последующем его перемещении к рыбоприемной емкости («живорыбному» контейнеру) и выгрузке в нее рыбы имеет место (проявляется) угнетение (ухудшение физиологического состояния), травмирование и гибель рыб.



1 – водорыбовыпускная труба; 2 – дамба рыбоводного пруда; 3 – рыбозаградительная решетка; 4 – рыбонакопительная камера («потокоуспокоитель»); 5, 8 – технический мостик; 6 – обловная камера; 7 – рыбоулавливающий контейнер; 9 – передвижной кран; 10 – стационарные весы; 11 – автотранспортное средство; 12 – водоотводящий канал

Рисунок 2 – Технологическая схема механизированного перемещения контейнера из рыболовной камеры в контейнеровозное средство по Типовому проекту 413-1-68.88 [10]

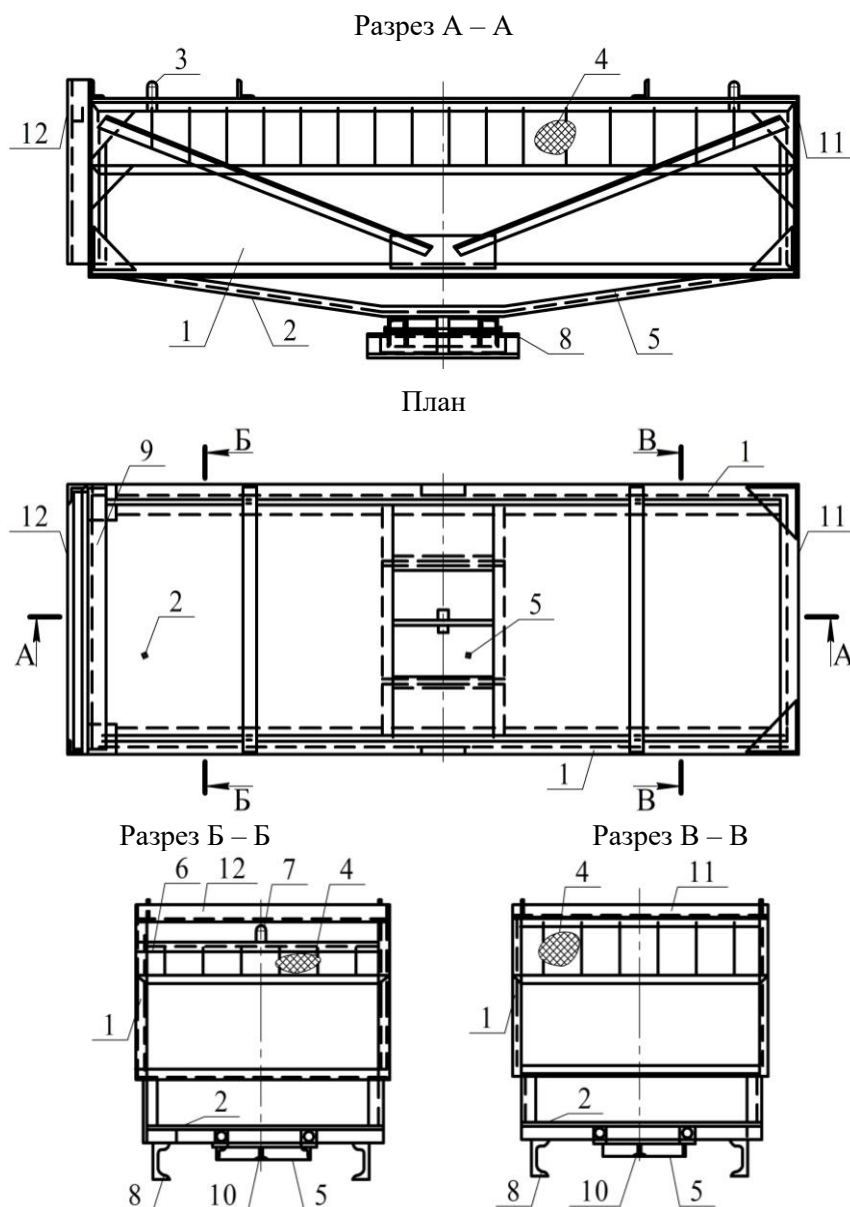
Установленные факты негативного воздействия на рыб при их облове в обследованных рыбоуловителях, базирующихся на использовании водопроницаемых контейнеров, приводят к снижению потребительской привлекательности рыбы, выращенной для реализации в живом виде, и совершенно недопустимы для рыбопосадочного материала. Отмеченный недостаток водопроницаемых контейнеров определяет настоятельную необходимость разработки водонепроницаемой конструкции кубеля – «живорыбного контейнера» – применительно к условиям его использования в рыбоулавливающем сооружении, что и определяется целью настоящей работы. Обязательным требованием к конструкции живорыбного контейнера является создание приемлемых условий для нахождения рыб в водной среде при его перемещении в воздушной среде. При этом по аналогии с конструкциями водопроницаемых контейнеров в днище водопроницаемого контейнера необходимо предусмотреть открывающийся люк для выпуска рыбы и слива из него воды. Конструкция контейнера должна учитывать возможность его транспортирования на определенные расстояния и возможность аэрирования, а в ряде случаев и замены воды.

Материалы и методы. Экспериментальную базу разработки составили материалы обследования рыбоуловителей с контейнерной технологией облова рыб с использованием водопроницаемых контейнеров в рыбоводных хозяйствах Ростовской области и конструктивные решения рыбоулавливающих контейнеров, приведенные в открытой печати. При разработке конструкций контейнера использовались обще- и частнонаучные методы анализа достоинств и недостатков различных вариантов их конструктивных решений и технологии поискового (инвариантного) конструирования.

Результаты и обсуждения. Применение конструкций контейнера с водонепроницаемыми периметрически ограждающими перфорированными боковыми стенками решает задачу формирования водной среды в его внутреннем пространстве, что улучшает условия для жизнедеятельности рыб, позволяет использовать контейнер в каче-

стве живорыбной емкости при транспортировании рыбы к рыбоприемнику (месту разгрузки). Но при этом имеет место утяжеление контейнера, а при установке его на днище рыбоуловителя проявляется стеснение живого сечения протекающего по его тракту водного потока. Указанные обстоятельства необходимо учитывать при разработке конструктивных решений контейнера и зоны его размещения в рыбоуловителе.

Предлагаемая конструкция водонепроницаемого живорыбного контейнера для его использования в рыбоуловителях проиллюстрирована рисунком 3.



- 1 – продольные борта; 2 – днище контейнера; 3 – такелажное ушко;
 4 – дель; 5 – люк; 6 – решетка; 7 – ушко подъемного троса;
 8 – донная опора; 9 – рама; 10 – вентиль; 11, 12 – поперечные борта

Рисунок 3 – Водонепроницаемый живорыбный контейнер

Рабочий объем контейнера формируется продольными 1, поперечным верховым 11 и низовым 12 выдвижным бортами, скрепляемыми пазовой рамой 9, днищем 2, оснащенным разгрузочным люком 5 с вентилем 10. Для извлечения контейнера из камеры облова рыбоуловителя предусмотрено наличие ушек 3, предназначенных для крепления тросов подъемного крана. Для установки контейнера в нишу днища рыбоуловителя предусмотрены стендовые опоры 8. Капроновая дель 4 крепится по сторонам верхней

части периметра контейнера и на вертикальных стержнях капроновой ниткой с шагом узлов крепления 0,2 м. Размер ячеек дели принимается в зависимости от размера вылавливаемых рыб. Герметичность узлов контейнера достигается наличием резиновых прокладок в местах соединения разгрузочного люка и высоким качеством сварных швов. Высота сплошной цельнометаллической бортовой обечайки продольных и поперечных устоев рыбоулавливающего контейнера принимается равной не более 0,7 м.

Для снижения степени возможного травмирования выловленных из рыбоуловителя рыб при их высокой концентрации (плотности) и транспортировке в живорыбном контейнере его внутренние стороны продольных и поперечных стенок (бортов) покрываются силиконовой прокладкой. Конструкцией предлагаемого водонепроницаемого живорыбного контейнера предусматривается наличие специальных пазов для крепления трубок подачи воздуха (кислорода) аэрационной системой транспортного средства, обеспечивающего непрерывное обогащение водной среды и рыб кислородом.

Для исключения затенения живого сечения транзитного водного потока контейнер(ы) устанавливается(ются) в заглубленную(ые) нишу(и) рыбоулавливающей секции рыболовной камеры, сформированную сетчатым (перфорированным) ограждением.

Технология функционирования рыбоуловителя при использовании живорыбного (водонепроницаемого) контейнера сходна с технологической схемой работы рыбоулавливающего устройства с водонепроницаемым контейнером. По мере заполнения секции рыбой осуществляется подъем рыбоулавливающего контейнера из камеры рыбоуловителя стреловым краном с предварительным креплением его стальных тросов к ушкам 3. Поднятый над уровнем воды, он перемещается к месту установки на транспортное средство или к месту выпуска рыбы в рыбоприемник. Опорожнение контейнера происходит за счет открытия разгрузочного люка 5 поворотом вентиля 10. Технологией предполагается взвешивание контейнера, что может быть обеспечено применением пружинного весового механизма, закрепляемого на такелажных устройствах.

Вывод. Разработанная конструкция водонепроницаемого «живорыбного» контейнера позволяет осуществлять облов и транспортировку гидробионтов в условиях, приемлемых для их жизнедеятельности, благодаря отсутствию контакта рыб с враждебной воздушной средой.

Список использованных источников

1 Шкура, Вл. Н. Рыбоуловитель для рыбоводных прудов, функционирующий в условиях подтопления камеры накопления и облова рыб / Вл. Н. Шкура, А. В. Шевченко // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2020. – № 1(04). – С. 89–104. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm1.ru/article?n=56>. – DOI: 10.31774/2658-7890-2020-1-89-104.

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

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

4 Пат. 1544879 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбоход / Сукало Г. М., Шкура В. Н., Гуюмджибашян А. Г., Аникин В. С.; заявитель и патентообладатель Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4447105; заявл. 23.05.88; опубл. 23.02.90, Бюл. № 7. – 3 с.: ил.

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

6 Пат. 1703782 СССР, МПК Е 02 В 8/08. Рыбопропускное сооружение / Шкура В. Н., Чистяков А. А., Шелестова Н. А.; заявитель и патентообладатель Новочеркас.

инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. – № 4654820; заявл. 16.01.89; опубл. 07.01.92, Бюл. № 1. – 6 с.: ил.

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

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

9 Пономарев, С. В. Фермерская аквакультура: рекомендации / С. В. Пономарев, Л. Ю. Лагуткина, И. Ю. Киреева. – М.: Росинформагротех, 2007. – 192 с.

10 Типовой проект 413-1-68.88. Донный водоспуск с камерой облова. Напоры 2,0 и 2,5 м. Расходы 0,98 и 1,16 м³/с: утв. и введ. в действие М-вом рыб. хоз-ва 07.04.88. – М.: Гидрорыбпроект, 1988. – 39 с.

УДК 631.6:633.18

Т. И. Сафронова, И. А. Приходько, Д. А. Кансур, Р. В. Маслов

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

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА РИСОВОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Рис – одна из основных культур, обеспечивающих продовольственную безопасность России. Получение гарантированно высоких урожаев риса – стратегическая задача, а исследования, посвященные ее реализации, актуальны и поддерживаются государством на всех уровнях власти. Необходимо научное обоснование экономической целесообразности выбора мелиоративных мероприятий, отвечающих современным экологическим требованиям. Авторы подчеркивают необходимость учета неопределенностей климатических факторов при разработке количественных критериев эколого-экономической оценки намечаемых и производимых мероприятий. В статье получено выражение для плотности вероятностей времени достижения удовлетворительного состояния на рисовой оросительной системе. Практическая значимость работы состоит в использовании полученных результатов для планирования водохозяйственных мероприятий на рисовых оросительных системах. Результаты исследований используются работниками агропромышленного комплекса при принятии управленческих решений на рисовой оросительной системе.

Ключевые слова: рисовая оросительная система; математическая модель; плотность вероятностей; урожайность риса; почвенное плодородие; оценка мелиоративной системы.

T. I. Safronova, I. A. Prihod'ko, D. A. Kantsur, R. V. Maslov

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

MATHEMATICAL MODEL FOR OPERATIONAL MEASURES SELECTION ON RICE IRRIGATION SYSTEM

Rice is one of the main crops that ensure food security in Russia. Obtaining guaranteed high yields of rice is a strategic task, and research on its implementation is relevant and supported by the state at all levels of government. There is a need for a scientific substantiation of the economic feasibility of choosing reclamation measures that meet current environmental requirements. The authors emphasize the need to take into account the

uncertainties of climatic factors when developing quantitative criteria for the environmental and economic assessment of planned and implemented measures. In the article, an expression for the probability density of the time to reach a satisfactory state on the rice irrigation system is obtained. The practical significance of work is in the use of the results obtained for planning water management activities in rice irrigation systems. The research results are used by workers of the agro-industrial complex when making managerial decisions on the rice irrigation system.

Key words: rice irrigation system; mathematical model; probability density; rice yield; soil fertility; reclamation system assessment.

Введение. Сельскохозяйственная деятельность активно преобразует природную среду. Создаваемые природно-аграрные системы обуславливают изменение естественных природных процессов, сложившихся в течение длительного времени [1, 2]. Главной задачей эксплуатации рисовой оросительной системы является создание условий для получения высоких и устойчивых урожаев риса при наиболее эффективном использовании водных и земельных ресурсов.

Важными лимитирующими факторами конкурентоспособного производства риса являются: почвенное плодородие, себестоимость получаемой продукции, ресурсы хозяйства (количественный и качественный состав машинно-тракторного парка, энергетические, экономические, трудовые) [3]. В связи с тем, что почвенное плодородие и ресурсы хозяйства можно принять за показатели, практически не изменяющиеся во времени, необходимо рассматривать способы снижения себестоимости получения риса. Себестоимость риса включает в себя большую расходную статью – плату за подачу и отвод оросительной воды. Отметим, что общепринятой технологией возделывания риса является затопление с оросительной нормой от 13 до 40 тыс. м³/га, что многократно превышает биологические потребности риса, которые составляют 6–8 тыс. м³/га воды в зависимости от погодных и почвенных условий производства риса [4, 5]. Отсюда появляются причинно-следственные связи роста себестоимости риса с другими ее показателями. Требуется дополнительные агромелиоративные приемы для сохранения почв, так как почти втрое превышение оросительной нормы неизбежно приводит к неблагоприятным почвенным процессам: слитизации почв, вторичному засолению, заболачиванию, вымыванию органических и минеральных веществ из пахотного горизонта, потере гумуса, нарушению окислительно-восстановительного режима [6, 7]. В свою очередь, купирование всех этих негативных почвенных процессов требует дополнительных энергетических, технологических, трудовых и экономических вложений, прямым образом влияющих на себестоимость конечного продукта производства – риса.

Чтобы снизить неблагоприятные воздействия на природную среду, необходима разработка количественных критериев эколого-экономической оценки проводимых мероприятий и энергетических затрат на подачу воды от водоисточника и отвод дренажного стока к водовыпуску с учетом неопределенности климатических факторов. В качестве единого критерия эколого-экономической эффективности природообустройства используют чистую приведенную стоимость за расчетный период (Net Present Value – NPV). NPV зависит от капитальных вложений, производимых затрат с учетом затрат на ликвидацию ущерба в природной среде, нормативов дисконтирования (0,06–0,08), учитывает достигнутые результаты, включая улучшение экологического состояния природных ресурсов [8].

Применение математических моделей позволяет не только оптимизировать задачу производства риса и культур рисового севооборота путем рационального использования имеющихся в хозяйствах ресурсов, но и прогнозировать изменения мелиоративного состояния почв в условиях ежегодной интенсификации технологии производства риса [9].

Материалы и методы. Современная инженерная рисовая оросительная система является сложным водохозяйственным комплексом.

От правильного выбора режима орошения, оросительной нормы риса и расходных статей водного баланса рисового чека, гидромодуля подачи и сброса воды, технологии полива зависит эффективность производства на рисовой оросительной системе [10].

Пусть S – стоимость намечаемого мероприятия.

Считаем $S(t)$ монотонно убывающей функцией времени от некоторой стоимости $S_0 = S(0)$. Мероприятия рассматриваем пуассоновским потоком интенсивности λ , $R(S)$ – вероятность наступления определенного состояния системы после выполненного мероприятия стоимостью S .

В рамках предложенной модели найдены средние значения стоимости состояния объекта [11] и среднее время достижения системой намеченного состояния:

$$m_{1S}(S) = S - m_{1S}(S) = S - \int_{S_m}^S \exp\left(-\int_y^S g(x)dx\right) dy, \quad (1)$$

$$m_t(S) = \frac{1}{\lambda} \cdot \exp\left(-\int_{S_m}^S g(x)dx\right) + \int_{S_m}^S \frac{1}{a(y)} \exp\left(-\int_y^S g(x)dx\right) dy. \quad (2)$$

При выводе формулы (2) использованы рассуждения, аналогичные приведенным для формулы (1). В работе приняты следующие обозначения: λ – интенсивность потока Пуассона, интенсивность последовательности мелиоративных мероприятий; $R(S)$ – вероятность доведения системы до определенного состояния, S_m – минимальная цена, при которой ущерб окружающей среде непременно наступит, $R(S_m) = 1$.

В выражениях (1) и (2) использованы обозначения (введены функции):

$$g(S) = \lambda R(S)/a(S),$$

$$a(S) = -\frac{dS}{dt}\bigg|_{t=t(S)}. \quad (3)$$

В силу сделанных предположений $a(S) > 0$.

Намечаемые мероприятия оцениваем параметром λ , интерпретация которого зависит от рассматриваемой задачи.

Например, в период эксплуатации учитывается распределение и учет воды (м^3), при организации и производстве работ по ремонту сети учитываются затраты на модернизацию коллекторно-дренажной сети, реконструкцию насосных станций, оборудования (руб.), при рассмотрении агротехнологических операций – требуемые сроки в соответствии с биологическими фазами развития растений (дн.).

Использование формул (1) и (2) позволяет проводить анализ конкретных экономико-организационных ситуаций, оценивать ожидаемые результаты, оптимальные по различным критериям, например, оптимизировать технологию выполнения весенних посевных и осенних уборочных работ, поддерживать в почве в течение всего года благоприятные водно-воздушный, тепловой и солевой режимы для восстановления ее плодородия в межполивной период и получения высоких показателей урожаев риса и сопутствующих культур рисового севооборота в поливной период [12].

Рассмотрим случайную величину – среднее время достижения системой удовлетворительного состояния. Пусть τ – случайное время, проходящее между моментом времени t и моментом наступления запланированного состояния.

Найдем теперь плотность вероятностей длительности наступления намеченного состояния системы. Используем преобразование Лапласа. Введем функцию:

$$G_t(q, S) = M\{e^{-qt} \mid S(t) = S\}.$$

Для момента времени $t + \Delta t$ составляем соотношение:

$$G_t(q, S) = \lambda R(S)\Delta t \cdot e^{-q\Delta t} + (1 - \lambda R(S)\Delta t)e^{-q\Delta t}G_t(q, S + \Delta S).$$

Выполнив предельный переход, получим дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial G_t(q, S)}{\partial S} + \left(g(S) + \frac{q}{a(S)}\right)G_t(q, S) = g(S),$$

общее решение которого имеет вид:

$$G_t(q, S) = C_0(q) \exp\left(-\int_{S_m}^S \left(g(x) + \frac{q}{a(x)}\right)dx\right) + \int_{S_m}^S g(y) \cdot \exp\left(-\int_y^S \left(g(x) + \frac{q}{a(x)}\right)dx\right)dy. \quad (4)$$

Находим $C_0(q)$ и получаем окончательно:

$$G_t(q, S) = \frac{\lambda}{\lambda + q} \exp\left(-\int_{S_m}^S \left(g(x) + \frac{q}{a(x)}\right)dx\right) + \int_{S_m}^S g(y) \cdot \exp\left(-\int_y^S \left(g(x) + \frac{q}{a(x)}\right)dx\right)dy.$$

Теперь выполним обратное преобразование Лапласа от этого выражения.

Для второго слагаемого:

$$J_2 = \int_{S_m}^{S_0} g(y) \cdot \exp\left(-\int_y^{S_0} \left(g(x) + \frac{q}{a(x)}\right)dx\right)dy = \int_{S_m}^{S_0} g(y) \cdot \exp\left(-\int_y^{S_0} g(x)dx - q \int_y^{S_0} \frac{dx}{a(x)}\right)dy.$$

Вычислим $\int_y^{S_0} \frac{dx}{a(x)}$. Найдем $t = t(S)$ из выражения $S = S(t)$. И учитывая то, что

$$a(S) = -\frac{dS}{dt}\bigg|_{t=t(S)}, \text{ получаем: } \int_y^{S_0} \frac{dS}{a(S)} = -\int_y^{S_0} dt(S) = t(y) - t(S_0) = t(y), \text{ так как } t(S_0) = 0.$$

$$\text{Поэтому } J_2 = \int_{S_m}^{S_0} g(y) \cdot \exp\left(-\int_y^{S_0} g(x)dx - dt(y)\right)dy.$$

Функция $a(S)$ была введена формулой (3). Обратное преобразование Лапласа от $\exp(-qt(y))$ есть $\delta(\tau - t(y))$. Поэтому обратное преобразование Лапласа от выражения J_2 :

$$\int_{S_m}^{S_0} g(y) \cdot \exp\left(-\int_y^{S_0} g(x)dx\right)\delta(\tau - t(y))dy.$$

Введем переменную $\tau - t(y) = z$. Тогда $y = S(\tau - z)$. $dy = -S'(\tau - z)dz$.

Интеграл (4) принимает вид:

$$-\int_{\tau-t(S_m)}^{\tau} g(S(\tau - z)) \cdot \exp\left(-\int_{S(\tau-z)}^{S_0} g(x)dx\right)S'(\tau - z)\delta(z)dz = -g(S(\tau))\exp\left(-\int_{S(\tau)}^{S_0} g(x)dx\right)S'(\tau). \quad (5)$$

Отметим, что в этом случае $0 \leq \tau \leq t(S_m)$.

Рассмотрим первый интеграл:

$$J_1 = \frac{\lambda}{\lambda + q} \exp\left(-\int_{S_m}^{S_0} \left(g(x) + \frac{q}{a(x)}\right)dx\right) = \frac{\lambda}{\lambda + q} \exp\left(-\int_{S_m}^{S_0} g(x)dx - q \int_{S_m}^{S_0} \frac{dx}{a(x)}\right).$$

Учитывая написанное выше, отметим: $\int_{S_m}^{S_0} \frac{dx}{a(x)} = t(S_m)$, и поэтому:

$$J_1 = \frac{\lambda}{\lambda + q} e^{-qt(S_m)} \cdot \exp\left(-\int_{S_m}^{S_0} g(x)dx\right).$$

Обратное преобразование Лапласа от $\frac{\lambda}{\lambda + q}$ есть $\lambda e^{-\lambda\tau}$, $\tau \geq 0$. Итак, обратное преобразование Лапласа от J_1 :

$$J_1 = \lambda e^{-\lambda(\tau-t(S_m))} \cdot \exp\left(-\int_{S_m}^{S_0} g(x)dx\right), \tau \geq t(S_m).$$

Окончательно:

$$p(\tau) = \begin{cases} -g(S(\tau)) \cdot \exp\left(-\int_{S(\tau)}^{S_0} g(x)dx\right) S'(\tau), 0 \leq \tau < t(S_m), \\ \lambda e^{-\lambda(\tau-t(S_m))} \cdot \exp\left(-\int_{S_m}^{S_0} g(x)dx\right), \tau \geq t(S_m). \end{cases}$$

В случае, когда $\int_{S(\tau)}^{S_0} g(x)dx = +\infty$ и $t(S_m) = +\infty$, выражение для $p(\tau)$ имеет вид:

$$p(\tau) = -g(S(\tau)) \cdot \exp\left(-\int_{S(\tau)}^{S_0} g(x)dx\right) S'(\tau), \dots \tau \geq 0.$$

Упростим выражение (5), учитывая, что $g(S) = -\frac{\lambda R(S)}{S'(t(S))}$, и поэтому:

$$-g(S(\tau)) \cdot S'(\tau) = \lambda R(S(\tau)) \frac{S'(\tau)}{S'(t(S(\tau)))} = \lambda R(S(\tau)) \frac{S'(\tau)}{S'(\tau)} = \lambda R(S(\tau)).$$

Далее $\frac{1}{S'(t(S))} = \frac{1}{\frac{dS}{dt}\bigg|_{t=t(S)}} = \frac{dt(S)}{dS}$, следовательно:

$$\int_{S(\tau)}^{S_0} g(x)dx = -\int_{S(\tau)}^{S_0} \frac{\lambda R(S)}{S'(t(S))} dS = \int_{S(\tau)}^{S_0} \lambda R(S) dt(S) = \int_{\tau}^0 \lambda R(S(t)) dt.$$

Окончательно получаем:

$$p(\tau) = \lambda R(S(\tau)) \cdot \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right). \quad (6)$$

Формула (6) позволяет имитировать на компьютере реальную экономическую ситуацию, по которой необходимо принимать управленческое решение, дает возможность формирования долгосрочных рекомендаций для получения запрограммированных урожаев без снижения агроресурсного потенциала почв мелиоративной системы.

Рисоводство находится на передовых позициях в сельскохозяйственном и экономическом секторах России. Для эффективного производства риса в условиях жесткой конкуренции работники агропромышленного комплекса постоянно учитывают растущий уровень научно-технического прогресса и мировой опыт возделывания риса.

Выводы. Главной задачей не только сельскохозяйственной отрасли, но и всех отраслей народного хозяйства является возможность оценки принимаемых управленческих решений для получения оптимального комплекса мер по совершенствованию существующих технологий и способов, а также выработки единых рекомендаций, состо-

ящих из простых алгоритмов, доступных для всех профессиональных уровней работников народного хозяйства.

Предлагаемые в наших исследованиях математические модели предоставляют работникам агропромышленного комплекса «универсальный инструмент» в виде различных комплексов эколого-мелиоративных и природоохранных агротехнологических мероприятий, гарантирующих не только получение запрограммированных урожаев риса и сопутствующих культур рисового севооборота с сохранением мелиоративного состояния почв (осуществимо при непрерывном мониторинге основных мелиоративных критериев и показателей почвы, а также многолетних природно-климатических данных), но и обеспечение охраны водных и земельных ресурсов на прилегающих территориях с сохранением благоприятной экологической ситуации в регионе.

Эксплуатационные мероприятия не зря считаются наиболее сложными, так как каждое принятое управленческое решение базируется на накопленном многолетнем опыте работника, который он получает по фактическим данным (полученной урожайности, расходу ГСМ, энергозатратам, трудозатратам, материально-техническим затратам), сопоставляя их со сложившимися природно-климатическими, почвенными условиями, уровнем материально-технического обеспечения.

Предлагаемые нами информационно-советующие технологии, базирующиеся на имитационной математической модели, в основе которой лежит накопленный многолетний опыт возделывания риса при различных природно-климатических и мелиоративных условиях, а также материально-техническом обеспечении хозяйства, нужны, чтобы сделать единственный, но достаточный вывод о подготовке комплексного технологического решения для достижения прогнозируемого урожая без ухудшения эколого-мелиоративной ситуации на рисовой оросительной системе.

Список использованных источников

1 Water regime formation of river basins in the delta zone on the example of the Azov region / S. A. Vladimirov, I. A. Prikhodko, T. I. Safronova, E. F. Chebanova // E3S Web Conf. XIII International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020”. – 2020. – Vol. 175. – Article Number: 12010. – 9 p. – DOI: 10.1051/e3sconf/202017512010.

2 Приходько, И. А. «Балльная методика» оценки мелиоративного состояния почв рисовой оросительной системы / И. А. Приходько // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 4(76). – С. 127–137.

3 Владимиров, С. А. Методика оценки сбалансированного земельного использования ресурсов и устойчивости агроландшафтов / С. А. Владимиров, И. А. Приходько, Т. И. Сафронова // International Agricultural Journal. – 2020. – Т. 63, № 2. – С. 13.

4 Возделывание периодически поливаемого риса при разных способах полива / И. П. Кружилин, М. А. Ганиев, К. А. Родин, А. Б. Невежина // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы междунар. науч.-практ. конф., проведен. в рамках Междунар. науч.-практ. форума, посвящ. 75-летию образования Волгогр. гос. аграр. ун-та. – Волгоград, 2019. – С. 32–36.

5 Safronova, T. I. Probabilistic assessment of the role of the soil degradation main factors in Kuban rice fields / T. I. Safronova, S. A. Vladimirov, I. A. Prikhodko // E3S Web Conf. XIII International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020”. – 2020. – Vol. 175. – Article Number: 09011. – 8 p. – DOI: 10.1051/e3sconf/202017509011.

6 Developing soil matric potential based irrigation strategies of direct seeded rice for improving yield and water productivity / S. Kumar, B. Narjary, K. Kumar, H. S. Jat, S. K. Kamra, R. K. Yadav // Agricultural Water Management. – 2019. – Vol. 215. – P. 8–15. – DOI: 10.1016/j.agwat.2019.01.007.

7 Сафронова, Т. И. Математическая модель выбора эколого-адаптивных мелиоративных мероприятий / Т. И. Сафронова, И. А. Приходько // Фундаментальные исследования. – 2019. – № 9. – С. 64–68.

8 Сафронова, Т. И. Математическая модель режима функционирования рисовой оросительной системы на примере рисовых полей Кубани / Т. И. Сафронова, И. А. Приходько // International Agricultural Journal. – 2020. – Т. 63, № 2. – С. 30.

9 Сафронова, Т. И. Теоретическая модель оптимального проектирования агроландшафтов / Т. И. Сафронова, И. А. Приходько // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 3-2. – С. 204–209.

10 Кузьмина, Ж. В. Динамические изменения экосистем и вопросы их оценки / Ж. В. Кузьмина // Экосистемы: экология и динамика. – 2017. – Т. 1, № 1. – С. 10–15.

11 Сафронова, Т. И. Вероятностная модель процесса снижения цены намечаемого мероприятия / Т. И. Сафронова, И. В. Соколова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – 2017. – № 132(08). – С. 324–334. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/110.pdf>.

12 Сафронова, Т. И. Анализ оценки земельных ресурсов в сельском хозяйстве / Т. И. Сафронова, И. А. Приходько, Л. Н. Кондратенко // Фундаментальные исследования. – 2019. – № 5. – С. 110–114.

УДК 628.381.4

А. В. Редина, С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко

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

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ ОТ СВИНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Целью работы является определение экологически безопасного размещения оросительных систем для утилизации животноводческих стоков в сельском хозяйстве. На основании проведенных расчетов на примере СЗАО «СКВО» Зерноградского района можно сделать вывод, что выделенных площадей в количестве 10000 га будет достаточно для утилизации животноводческих стоков. Расчет осуществлялся при условии, что выход животноводческих стоков составит 36000 м³/год с содержанием азота 4572 кг и фосфора 10080 кг. Установлено, что хозяйству необходимо восполнить недостаток питательных веществ за счет внесения минеральных удобрений в количестве 136,5 кг/га по азоту и 90 кг/га по фосфору.

Ключевые слова: азот; животноводческие стоки; удобрения; утилизация; оросительная система; фосфор.

A. V. Redina, S. M. Vasiliev, Yu. E. Domashenko

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

ENVIRONMENTALLY SAFE DISPOSAL OF LIVESTOCK WASTES FROM PIG BREEDING COMPLEXES IN AGRICULTURE

The purpose of the work is to determine the environmentally safe placement of irrigation systems for livestock wastewater utilization in agriculture. Based on the calculations carried out on the example of SKVO CJSC in Zernograd region, it can be concluded that the allocated areas of 10000 hectares will be sufficient for the utilization of livestock wastewater.

The calculation was carried out on the condition that the output of livestock waste is 36000 m³/year with a nitrogen content of 4572 kg and a phosphorus content of 10080 kg. It has been found that the farm needs to replenish the lack of nutrients by applying mineral fertilizers of 136.5 kg/ha for nitrogen and 90 kg/ha for phosphorus.

Key words: nitrogen; livestock wastes; fertilizers; recycling; irrigation system; phosphorus.

Введение. На животноводческих предприятиях по выращиванию свиней основными загрязнителями окружающей среды выступают отходы жизнедеятельности животных – навоз и продукты гидросмыва. В связи со значительными объемами образования животноводческих стоков в совокупности с неправильным обращением с ними могут возникать различные экологические проблемы, которые, согласно действующему экологическому законодательству, создают прецедент для возникновения административной или уголовной ответственности. В то же время животноводческие сточные воды являются источником не только негативного воздействия на окружающую среду агроэкосистемы, но и питательных биогенных элементов для растений.

Например, в животноводческих хозяйствах по выращиванию свиней на 108 тыс. свиней в год образуется более 1000 м³/сут животноводческих стоков. Для утилизации животноводческих стоков такого комплекса необходимо иметь орошаемые площади 1500–2000 га, а для накопления – емкости объемом 1 млн м³ [1].

На сегодняшний день одним из перспективных направлений утилизации животноводческих стоков является использование их в качестве удобрений в сельском хозяйстве, что способствует повышению продуктивности почвы и обеспечению растений основными питательными веществами [2–4].

Целью работы является определение экологически безопасного размещения оросительных систем для утилизации животноводческих стоков в сельском хозяйстве.

Материалы и методы. При разработке материалов статьи использованы результаты исследований отечественных и зарубежных авторов, данные статистической отчетности природоохранных служб, электронные ресурсы сети интернет. Методы исследования: сравнительный, группировка, аналитический, статистический.

Результаты и обсуждения. Согласно бюллетеню «Производство продукции животноводства в хозяйствах всех категорий в 2019 году», на территории Ростовской области получено 78,6 тыс. т мяса свинины (в живом весе) с учетом хозяйств всех категорий.

Свиноводство в Ростовской области представлено животноводческими комплексами «Русская свинина» в Миллеровском, Каменском и Песчанокотском районах, а также сельскохозяйственными организациями ОАО «Батайское» Азовского района, ЗАО «Агрофирма «Респект» Каменского района, СЗАО «СКВО» Зерноградского района.

Согласно данным ученых, бесподстильный навоз по уровню негативного воздействия на агроэкосистему в 10 раз более опасен, чем коммунально-бытовые отходы, и является источником более 100 видов различных возбудителей болезней животных и человека.

Нарушение правил эксплуатации навозохранилища приводит к загрязнению водоемов либо напрямую, либо через грунтовые воды, тем самым создавая условия для эвтрофикации водоемов, что вызывает снижение качества воды и провоцирует гибель биопланктона.

Жидкая фракция животноводческих стоков обладает низкой окисляемостью, а количество органических веществ в 100 раз выше, чем в хозяйственно-бытовых сточных водах. Первостепенное влияние на качественные показатели животноводческих стоков оказывает их влажность, которая в свою очередь зависит от способа удаления навоза: механически или гидросмывом. При бесподстильном содержании влажность навоза составляет от 89 до 95 %, а при гидросмыве ее значение может достигать 96–98 % [5].

В животноводческих стоках более 50 % азота находится в легкорастворимой

форме в виде карбоната аммония, который легко усваивают растения. Фосфор представлен в виде органических соединений, и по мере минерализации органического вещества он также легко усваивается растениями, даже лучше, чем из минерального удобрения. Калий содержится в растворенной форме, и его использование растениями обусловлено механическим составом почвы.

Модернизация системы удаления навоза с помощью гидросмыва позволила снизить влажность животноводческих стоков с 97–98 до 93–94 %, однако при этом содержание общего азота и фосфора в них увеличилось в среднем в 1,5 раза, что, как показывает практика, потребовало роста земельных угодий для утилизации этих отходов в качестве органических удобрений [6].

Из широко распространенных в мелиоративной практике способов использования животноводческих стоков на оросительных системах наибольшее применение нашли следующие методы: земледельческие поля орошения, поля фильтрации, полив по склону, затопление земель, внутрипочвенное орошение [7–10]. Описанные методы используются в зависимости от способа полива, площади орошения и оросительной нормы (таблица 1).

Таблица 1 – Методы утилизации животноводческих стоков

Способ доочистки	Способ полива	Орошаемая площадь, га	Норма полива, мм	Оросительная норма, мм
Земледельческие поля орошения	Дождевальными агрегатами или напуском	23–230	0,6–6,0	1,27–10,0
Поля фильтрации	Напуском	0,8–23	6–168,0	10–300
Полив по склону	Дождевальными агрегатами или напуском	6,4–44	3–21,0	6–150
Затопление земель	Дождевальными агрегатами или напуском	4,4–115	1,2–3,0	2,5–62,5
Внутрипочвенное орошение	По системе труб в подпахотном слое	5,2–56	2,4–2,6	5–50

В нашем примере утилизация стоков производилась путем полива по склону напуском по бороздам.

При применении животноводческих стоков в сельском хозяйстве для предотвращения загрязнения окружающей среды необходимо контролировать их подготовку во избежание попадания избыточного количества биогенных элементов, бактериальной микрофлоры в почву и соблюдать режимы орошения.

Рассмотрим экологическую нагрузку от животноводческого комплекса СЗАО «СКВО», расположенного в Зерноградском районе Ростовской области, с поголовьем свиней 15000. Общая площадь сельскохозяйственных угодий составляет около 16500 га, из них 10000 га доступны для внесения животноводческих стоков. Выход животноводческих стоков составит 36000 м³/год с содержанием азота 4572 кг и фосфора 10080 кг. Данную оценку будем осуществлять по расчетным значениям баланса фосфора и азота с учетом земельных площадей, доступных для внесения животноводческих стоков. В качестве исходных данных примем ограничения, разработанные сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ» [11], по внесению азота (N) 137 кг/га и фосфора (P) 91 кг/га.

Для определения балансовых значений азота и фосфора в почве необходимо произвести расчет количества азота и фосфора, содержащихся в животноводческих сточных водах. Если полученное значение превышает 137 кг/га по азоту, то животноводческие стоки, образовавшиеся на этом предприятии, содержат избыток азота, аналогичная ситуация по фосфору.

Балансовое значение азота ($N_{\text{бал}}$) следует определять по формуле [12]:

$$N_{\text{бал}} = ((N_{\text{произ}} + N_{\text{закуп}}) / S_{\text{доступ}} - 137),$$

где $N_{\text{произ}}$ – количество азота в животноводческих стоках, кг/га;

$N_{\text{закуп}}$ – количество азота, вносимого с минеральными удобрениями, кг/га;

$S_{\text{доступ}}$ – площадь, доступная для внесения животноводческих сточных вод, га.

$$N_{\text{бал}} = (4572 / 10000 - 137) = -136,54 \text{ кг/га.}$$

Балансовое значение фосфора ($P_{\text{произ}}$) следует определять по формуле [12]:

$$P_{\text{бал}} = ((P_{\text{произ}} + P_{\text{закуп}}) / S_{\text{доступ}} - 182),$$

где $P_{\text{произ}}$ – количество фосфора в животноводческих стоках, кг/га;

$P_{\text{закуп}}$ – количество фосфора, вносимого с минеральными удобрениями, кг/га;

$S_{\text{доступ}}$ – площадь, доступная для внесения животноводческих сточных вод, га.

$$P_{\text{бал}} = (10080 / 10000 - 91) = -90 \text{ кг/га.}$$

Если $N_{\text{бал}} > 0$ и $P_{\text{бал}} > 0$, то выделенных площадей недостаточно для утилизации животноводческих сточных вод.

Если $N_{\text{бал}} < 0$ и $P_{\text{бал}} < 0$, то выделенных площадей достаточно для утилизации животноводческих сточных вод и существует потребность во внесении экологически безопасных доз азота и фосфора.

Приведенные расчеты корректируют потребность в питательных веществах при управлении продуктивностью агробиоценозов и расчетах доз внесения азота и фосфора [13]. Расчеты показывают, что выделенных площадей в количестве 10000 га будет достаточно для утилизации животноводческих стоков.

Вывод. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что выделенных площадей в количестве 10000 га будет достаточно для утилизации животноводческих стоков. Расчет осуществлялся при условии, что выход животноводческих стоков составит 36000 м³/год с содержанием азота 4572 кг и фосфора 10080 кг. Установлено, что хозяйству необходимо восполнить недостаток питательных веществ за счет внесения минеральных удобрений в количестве 136,54 кг/га по азоту и 90 кг/га по фосфору.

Список использованных источников

1 Рязанов, А. В. Анализ экологических последствий развития животноводства на территории Тамбовской области / А. В. Рязанов, А. В. Можаров, А. Н. Завершинский // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 6-2(60). – С. 127–129.

2 Овцов, Л. П. Сельскохозяйственное использование сточных вод: справочник / Л. П. Овцов, В. В. Игнатова, Э. Е. Элик. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 223 с.

3 Домашенко, Ю. Е. Альтернативные источники орошения в условиях дефицита обеспечения водными ресурсами / Ю. Е. Домашенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Лик, 2012. – Вып. 47. – С. 22–27.

4 Карпович, Т. Н. Экологические проблемы животноводческих комплексов Беларуси / Т. Н. Карпович // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, г. Витебск, 17–18 апр. 2014 г. – Витебск, 2014. – С. 112–113.

5 Шалавина, Е. В. Экологические проблемы отрасли свиноводства в России / Е. В. Шалавина, Э. В. Васильев // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – № 92. – С. 165–173.

6 Брюханов, А. Ю. Проблемы обеспечения экологической безопасности животноводства и наилучшие доступные методы их решения / А. Ю. Брюханов, Э. В. Васильев, Е. В. Шалавина // Региональная экология. – 2017. – № 1. – С. 37–43.

7 Водяников, В. И. Экологические проблемы животноводческих комплексов / В. И. Водяников, С. И. Николаев, В. В. Шкаленко // Стратегическое эколого-экономическое развитие регионов и муниципальных образований в условиях глобализации: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Москва, 30 марта 2017 г. – М., 2017. – С. 212–218.

8 Гостищев, Д. П. Подготовка животноводческих стоков для орошения / Д. П. Гостищев, В. С. Меркурьев // Сборник научных трудов НМГА. – Новочеркасск, 1998. – С. 53–55.

9 Элик, Э. Е. Принципы проектирования систем почвенной очистки сточных вод в США: обзор. информ. / Э. Е. Элик, Л. П. Овцов, Л. А. Музыченко. – М., 1988. – 52 с. – (ЦБНТИ Минводхоза СССР. Вып. 2).

10 Львович, А. И. Комплексное значение земледельческих полей орошения / Л. И. Львович // Методы естественной очистки сточных вод и экономическая эффективность их использования для орошения: сб. науч. тр. – М., 1973. – С. 131–141.

11 Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2018661847. Расчет норм жидких органических удобрений для различных сельскохозяйственных культур / 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. – № 2018619455; заявл. 05.09.18; опубл. 29.12.18, Бюл. № 1.

12 Брюханов, А. Ю. Обеспечение экологической безопасности животноводческих и птицеводческих предприятий (наилучшие доступные технологии) / А. Ю. Брюханов. – СПб.: ИАЭП, 2017. – 296 с.

13 Программирование технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Северного Кавказа: рекомендации / Н. А. Кан [и др.]. – Ростов н/Д., 1985. – 120 с.

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.347:621.311

В. В. Слабунов, А. А. Кириленко, О. В. Воеводин

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

НАПРАВЛЕНИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

Целью исследований являлся выбор направленности разработки и создания новой конструкции микроГЭС применительно к установке на дождевальную технику. Для установления структуры направленности и ее дифференциации относительно конструктивных особенностей микроГЭС рассматривалась российская и зарубежная патентная документация. В качестве методов обработки информации использовались патентный поиск, логика, анализ и синтез. В результате анализа международного патентного классификатора определены основные разделы обзора и систематизировано порядка 507 ед. патентной документации, из которых 105 прямо или косвенно имеют отношение к области исследований. Систематизация отобранной документации показала, что в большей степени модернизации и разработке подлежат гидротурбины и гидрогенераторы. Также одним из направлений конструирования является разработка и совершенствование таких элементов микроГЭС, как лопасти, лопатки и роторы, которые в свою очередь возможно назвать основными элементами, создающими условия для выполнения требований к обеспечению энергоэффективности, соблюдению гидравлических составляющих непосредственно дождевальной техники.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии; гидротехнические сооружения; дождевальная техника; оросительная система; микроГЭС; патентный поиск.

V. V. Slabunov, A. A. Kirilenko, O. V. Voevodin

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

DIRECTIONS OF DESIGNING AN INNOVATIVE COMPLEX OF AUTONOMOUS POWER SUPPLY FOR SPRINKLING MACHINES

The purpose of the research was the choice of the direction of development and designing a new micro-hydroelectric power plant with regard to its installation on sprinkler equipment. The Russian and foreign patent documentation was considered for determining the directional structure and its differentiation in relation to the design features of micro HPPs. The patent search, logic, analysis and synthesis were used as information processing methods. As a result of the international patent classifier analysis, the main sections of the review were determined and about 507 units of patent documents of which 105 are directly or indirectly related to the field of research, were systematized. Systematization of the selected documentation showed that hydro-turbines and hydro-generators are subject to modernization and development to a greater extent. Also, one of the design directions is the development and improvement of such elements of micro hydroelectric power plants as blades, vanes and rotors, which, in turn, can be called the main elements to create conditions for fulfilling the requirements for ensuring energy efficiency, observing the hydraulic components of sprinkler equipment directly.

Key words: renewable energy sources; hydraulic structures; sprinkling machines; irrigation system; micro hydroelectric power station; patent search.

Введение. Нынешние реалии экономической составляющей большинства отраслей, в т. ч. агропромышленного комплекса, сосредоточены прежде всего на поиске возможностей устойчивого развития при постоянном росте платы за электроэнергию. Указанный факт определяет необходимость проведения исследований, основанных на положениях Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности...» [1].

Одним из перспективных направлений развития в области орошения сельскохозяйственных земель является разработка комплекса автономного энергообеспечения для дождевальной машины с использованием кинетической энергии поливной воды. Возможностью для работы в этом направлении является использование высокоэффективного гидроэнергетического оборудования, в т. ч. микрогидроэлектростанций (микроГЭС) [2–9]. Применение автономного комплекса энергообеспечения на основе микроГЭС позволит снизить затраты на эксплуатацию дождевальной техники и, как следствие, увеличить территории орошаемых сельскохозяйственных земель.

Материалы и методы. Методологической основой для достижения цели исследований послужили положения ГОСТ Р 15.011 [10], регламентирующие правила, порядок и содержание патентных исследований. В качестве методов обработки информации использовались патентный поиск, логика, анализ и синтез. Исходным материалом для исследований являлась российская и зарубежная патентная документация.

Результаты и обсуждения. Так, под «патентными исследованиями» согласно ГОСТ Р 15.011 будем понимать «исследования технического уровня и тенденций развития объектов хозяйственной деятельности, их патентоспособности, патентной чистоты, конкурентоспособности (эффективности использования по назначению) на основе патентной и другой информации». В данном случае под «объектом» будем понимать результат хозяйственной деятельности, т. е. являющийся товаром – промышленной продукцией, выраженной в виде оборудования (микроГЭС).

Практическая значимость данных патентных исследований заключается в использовании их для подготовки научно-технической документации на опытно-конструкторские работы, выраженной в виде исходных требований к разработке микроГЭС.

Рассматривая содержание патентного обзора в области исследований, можно выделить основную задачу, заключающуюся в выборе (обосновании) направлений конструирования инновационного комплекса автономного энергообеспечения для дождевальной машины с использованием кинетической энергии поливной воды, в частности определение «ориентира» – выбор конструктивного элемента для разработки.

Основным требованием при поиске патентной информации является определение «критерия» отбора. В данном случае основным критерием отбора, согласно поставленной задаче, можно выделить конструктивные признаки разработки, т. е. выделение характерных конструктивных элементов для разработки микроГЭС. Так, согласно конструктивным особенностям микроГЭС, возможно отнести следующие основные элементы: гидротурбина, подводящий (отводящий) трубопровод, гидрогенератор. К второстепенным элементам при выборе патентной информации отнесем: водяные колеса, роторы, статоры, направляющие аппараты и лопасти (лопатки).

В результате анализа международного патентного классификатора [11] были определены разделы, относящиеся к области исследований (рисунок 1).

Во время патентного поиска было проанализировано порядка 507 ед. патентов, из них 105 ед. можно отнести к области исследований. В результате систематизации отобранной документации (патентов) имеем следующее (рисунок 2): в большей степени модернизации и разработке подлежат такие составляющие инновационного комплекса автономного энергообеспечения для дождевальной машины с использованием

кинетической энергии поливной воды, как гидротурбины и гидрогенераторы; в частности, одним из направлений конструирования является разработка и совершенствование таких элементов микроГЭС, как лопасти, лопатки и роторы, которые в свою очередь можно назвать основными элементами, создающими условия для выполнения требований к обеспечению энергоэффективности, соблюдению гидравлических составляющих непосредственно дождевальной техники.

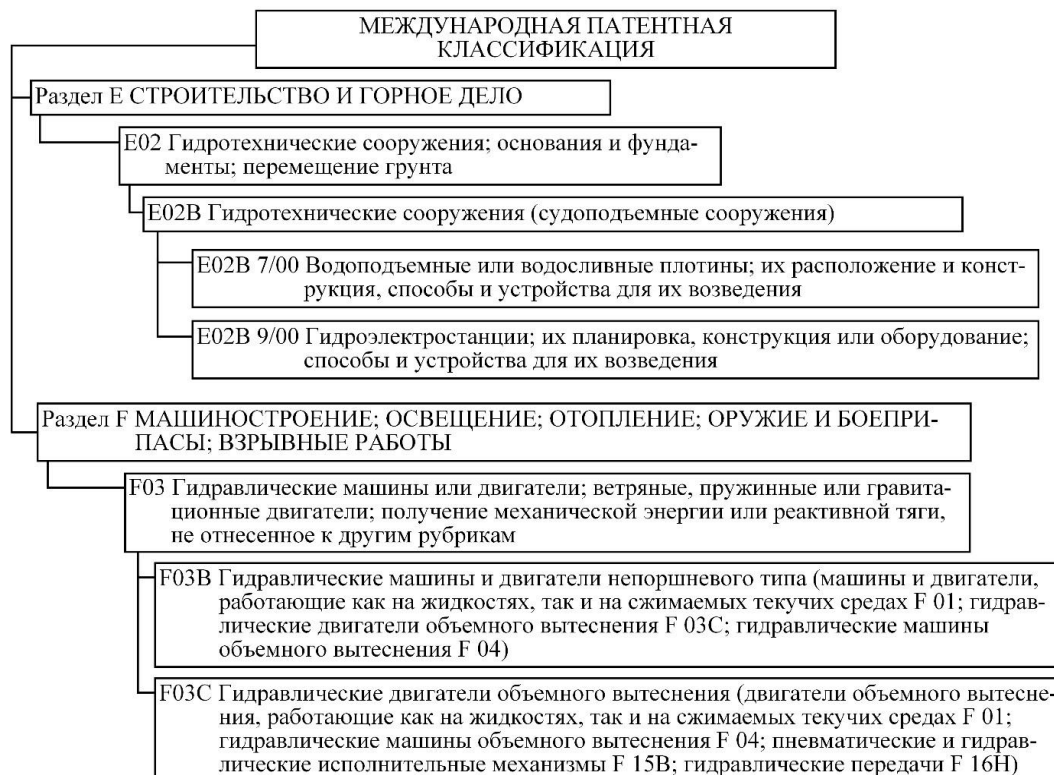


Рисунок 1 – Разделы международного патентного классификатора в области разработки и конструирования микроГЭС

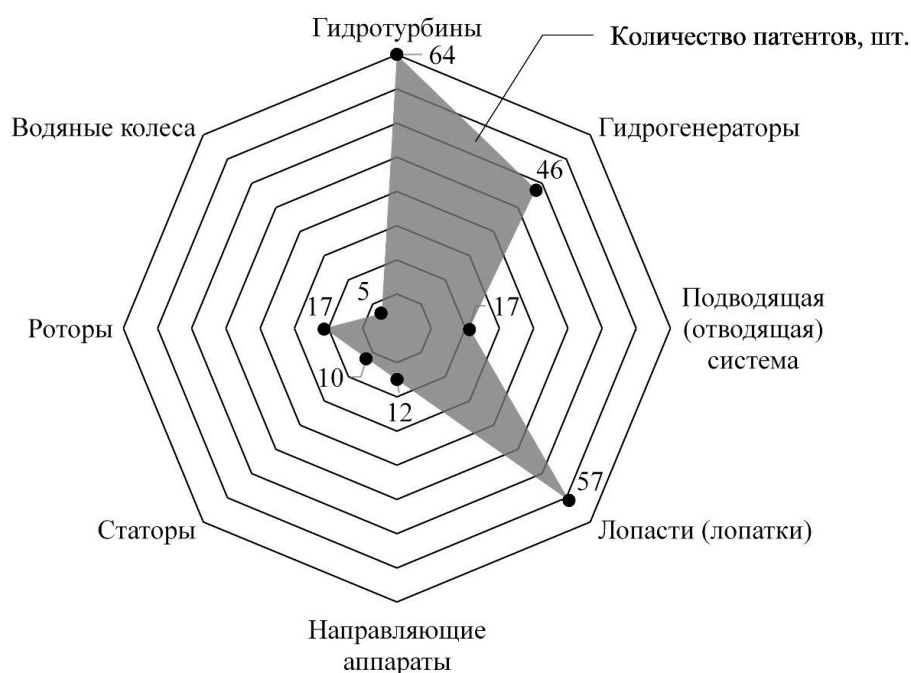


Рисунок 2 – Наличие патентной документации в области разработки и конструирования микроГЭС

Заключение. По итогам исследований выявлено, что общая модернизация конструктивных элементов микроГЭС применительно к цели наших исследований определяет работу в таких направлениях, как проектирование и разработка (совершенствование) гидротурбин, гидрогенераторов, лопастей (лопаток) и роторов. При этом предполагается максимальное сохранение гидравлических характеристик, необходимых для нормальной эксплуатации и использования по назначению дождевальной техники, в частности широкозахватной, работающей от гидранта.

Список использованных источников

1 Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ: Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ (ред. от 27 декабря 2018 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=312135>, 2020.

2 Пат. 2676906 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 25/09. Фронтальная дождевальная машина непрерывного действия с автономным энергообеспечением / Щедрин В. Н., Чураев А. А., Снипич Ю. Ф., Лобанов Г. Л., Вайнберг М. В., Юченко Л. В., Школьная В. М., Кореновский А. М., Куприянов А. А.; патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2018111173; заявл. 28.03.18; опубл. 11.01.19, Бюл. № 2. – 7 с.: ил.

3 Технологические схемы использования микроГЭС на деривационных оросительных системах / Ю. М. Косиченко, В. Л. Бондаренко, Д. В. Бакланова, Г. Л. Лобанов, Е. Д. Михайлов; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2017. – 33 с. – Деп. в ВИНТИ 21.07.17, № 87-В2017.

4 Снипич, Ю. Ф. Перспективные направления развития дождевальной техники / Ю. Ф. Снипич, В. Н. Щедрин, А. В. Колганов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 5. – С. 20–24.

5 Оценка перспектив использования малой гидроэнергетики на оросительных системах для обеспечения внутрисистемных потребностей в электроэнергии / В. Н. Щедрин, Д. В. Бакланова, В. Л. Бондаренко, Г. Л. Лобанов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 160–178. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=290>.

6 Бондаренко, В. Л. Оценка перспектив использования возобновляемых источников энергии на базе малой гидроэнергетики в Ростовской области / В. Л. Бондаренко, Г. Л. Лобанов, А. В. Алиферов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 3(23). – С. 166–184. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=1104>.

7 Моделирование использования энергетического потенциала водных ресурсов деривационной оросительной системы / С. М. Васильев, В. Л. Бондаренко, Г. Л. Лобанов, Д. В. Бакланова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 112–130. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=932>.

8 Тажинов, Н. Г. Перспективы использования круговой системы орошения с применением микроГЭС / Н. Г. Тажинов, А. В. Ершов // Научно-технический прогресс: сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2020. – С. 21–25.

9 Кириленко, А. А. О применимости микроГЭС для целей орошения дождеванием сельскохозяйственных культур / А. А. Кириленко, В. В. Слабунов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 1(77). – С. 108–111.

10 ГОСТ Р 15.011-96. Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения. – Введ. 1996-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

11 Международная патентная классификация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://freepatent.ru/МПК>, 2020.

УДК 631.6.001.63

А. А. Кириленко, О. В. Воеводин, В. В. Слабунов

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

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗОЙ ДАННЫХ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ

Целью исследования являлось обоснование разработки программной подсистемы управления базой данных проектной документации в области проектирования мелиоративных объектов РФ. В процессе построения общей структуры программы использовали стандарт разработки единой системы программной документации, а также методы анализа, синтеза и классификации. Общая реляционная модель базы данных проектной документации на мелиоративные объекты предполагает привязку элемента в перечне к конкретному округу (субъекту) РФ, что служит альтернативой определению исходных природно-климатических и гидрологических условий, отображение кратких сведений об элементе и возможность его полного просмотра. Совокупность данной информации и возможность комплексного ее применения с помощью автоматизированной системы управления позволит сократить время на поиск и обработку необходимой информации в области проектирования мелиоративных объектов, в целом будет способствовать накоплению проектной документации и ее структурной упорядоченности. Предполагается использование базы данных специалистами проектных и научных организаций любых форм собственности, а также органов исполнительной власти (в части принятия решений о реконструкции, капитальном ремонте и новом строительстве мелиоративных объектов). На этой основе предполагается разработка программных средств, диалоговых окон и выражение их в виде графических и информационных моделей.

Ключевые слова: мелиоративная система; проектирование; типовый проект; экономически эффективный проект; автоматизированная система управления; программная подсистема управления.

A. A. Kirilenko, O. V. Voevodin, V. V. Slabunov

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

ON ISSUE OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF PROJECT DOCUMENTATION DATABASE FOR RECLAMATION OBJECTS

The goal of the study was to substantiate the development of a software subsystem to control the project documentation database in the field of reclamation facilities design in the Russian Federation. In the process of constructing the general structure of the program, the standard for the unified system of program documentation development as well as methods of analysis, synthesis and classification were used. The general relational model of the design documentation database for reclamation facilities involves linking an element in the list to a specific district (subject) of the Russian Federation that can be an alternative to determining the initial climatic and hydrological conditions, displaying the brief information on the element and the possibility of its full viewing. The combination of this information and the possibility of its complex application with automated control system will reduce the time for searching and processing the necessary information in the field of reclamation objects design and in general, will contribute to the accumulation of project documentation and its structur-

al order. The database is supposed to be used by specialists of design and scientific organizations of any form of ownership, as well as by executive authorities (in terms of making decisions on reconstruction, major maintenance and new construction of reclamation facilities). On this basis, the development of software tools, dialog boxes and their expression in the form of graphical and information models is assumed.

Key words: reclamation system; design; model project; cost effective project; automated control system; software control subsystem.

Введение. В настоящий момент современное общество переживает так называемый информационный взрыв, сопровождающийся непрерывным увеличением скорости передачи и объемов данных [1, 2]. Среди прочего это касается комплексных систем, каковой является мелиорация со своим набором организационно-хозяйственных и технических мероприятий. Для упрощения управленческих процессов и сокращения времени на обработку информации накопленную совокупность данных проектной документации мелиоративного комплекса возможно приблизить к некой реляционной модели [3]. Так, в целях сокращения финансовых расходов при разработке проектной документации на мелиоративные объекты и дальнейшем достижении роста производительности и технологического прорыва все множество типовой проектной документации (ТПД) и экономически эффективной проектной документации (ЭПД) следует привести к автоматизированной программной системе управления. На этой основе предполагается разработка информационной модели программы.

Материалы и методы. Обоснование разработки автоматизированной программной системы управления процессами размещения, хранения и использования ТПД и ЭПД проводилось в соответствии с положениями ГОСТ Р 19.102-77 [4]. Построение логической модели системы управления осуществлялось с помощью методов анализа, синтеза и классификации.

Результаты и обсуждения. Основной задачей, решаемой при формировании структуры базы данных, является размещение в определенной области программной формы базы данных проектной документации с последующим беспрепятственным извлечением необходимой информации. Предварительный вариант разработки автоматизированной программы базы данных ТПД и ЭПД мелиоративных объектов заключается в разбиении всего их многообразия на три направления:

- по категории проектной документации;
- виду мелиоративной системы;
- территориальной принадлежности.

По категории проектной документации предполагается деление базы данных на два блока [5]:

- типовые проекты (актуализация имеющейся базы типовых проектов мелиоративных объектов);
- ЭПД повторного использования (наполнение базы данных по материалам проведенных проектных работ в подведомственных Минсельхозу России ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения»).

Дифференциация по виду мелиоративных систем складывается на основе трех основных блоков: а) оросительные системы; б) осушительные системы; в) комбинированные (которые в свою очередь подразделяются на составные элементы).

Состав элементов оросительной системы включает в себя [6–9]: водозаборные сооружения, рыбозащитные сооружения и устройства, отстойники, насосные станции, оросительную сеть, водосборно-сбросную сеть, коллекторно-дренажную сеть, поливные машины и установки, сооружения на сети, сооружения и средства контроля мелиоративного состояния земель, средства управления и автоматизации, объекты электро-снабжения и связи, противозрозионные сооружения, производственные и жилые здания эксплуатационной службы, дороги, дамбы.

Состав элементов осушительной системы включает в себя [6, 7, 9]: проводящую, оградительную и регулирующую сеть, сооружения на сети, насосные станции, дамбы, средства управления и автоматизации, сооружения и средства контроля мелиоративного состояния земель, объекты электроснабжения и связи, противоэрозионные сооружения, производственные и жилые здания эксплуатационной службы, дороги, водоприемник.

Комбинированные системы складываются на основе сочетания в своем составе элементов как оросительных, так и осушительных систем. Вариации элементарных составляющих зависят от условий и конкретных целей комбинирования.

Для необходимой навигации в базе данных предусматривается привязка объекта (ТПД, ЭПД) к конкретному округу (субъекту) РФ, что будет способствовать определению исходных природно-климатических и гидрографических условий. Общий список объектов в базе данных должен резюмировать краткие сведения о выбранном типовом проекте или экономически эффективном проекте повторного использования и давать возможность его полного просмотра.

Триггерная модель работы автоматизированной системы управления базой данных проектной документации мелиоративных объектов представлена на рисунке 1.

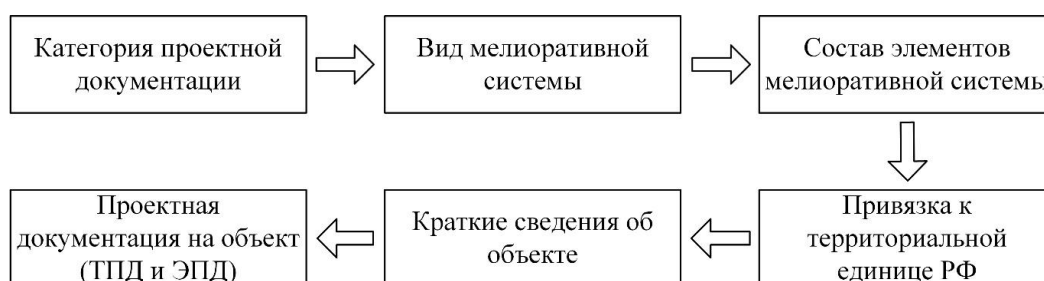


Рисунок 1 – Триггерная модель управления базой данных проектной документации мелиоративных объектов

Общая структура системы управления базой данных в области проектирования мелиоративных объектов представлена на рисунке 2.

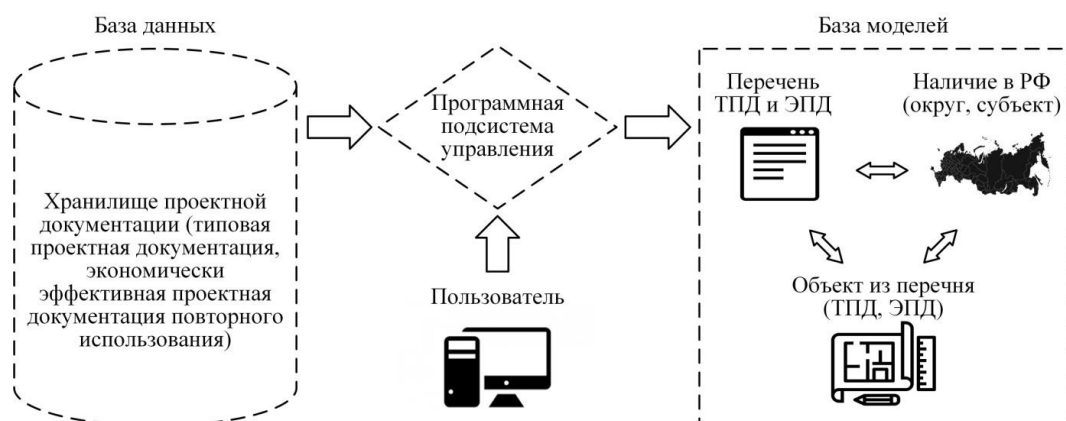


Рисунок 2 – Взаимодействие структурных элементов автоматизированной системы управления базой данных проектной документации мелиоративных объектов

Заключение. Автоматизированная программная подсистема управления базой данных в области проектирования мелиоративных объектов РФ включает в себя: общую градацию проектной документации (ТПД или ЭПД) и ее перечень, обеспеченность округов и субъектов РФ этой документацией, краткие сведения о каждом объекте и непосредственно сам перечень типовых проектов и экономически эффективных проектов повторного использования. Совокупность данной информации и возможность комплексного ее

размещения, хранения и использования с помощью автоматизированной системы управления позволит сократить время на поиск и обработку необходимой информации в области проектирования мелиоративных объектов, в целом будет способствовать накоплению проектной документации и ее структурной упорядоченности. Предполагается использование базы данных специалистами проектных и научных организаций любых форм собственности, а также органов исполнительной власти (в части принятия решений по реконструкции, капитальному ремонту и новому строительству мелиоративных объектов). На этой основе предполагается разработка программных средств, диалоговых окон и выражение их в виде графических и информационных моделей.

Список использованных источников

1 Информационный взрыв и его последствия для современного общества: сб. науч. тр. по материалам II Междунар. науч.-метод. конф. / под ред. А. Б. Маховикова. – СПб., 2015.

2 Яковенко, Н. В. Современное инженерное образование в условиях «информационного взрыва» / Н. В. Яковенко, О. В. Рожкова, Н. Ю. Галанова // Инженерное образование. – 2016. – № 19. – С. 159–169.

3 Воеводин, О. В. Аспекты формирования фонда типовой проектной документации для строительства мелиоративных объектов / О. В. Воеводин, В. В. Слабунов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 4(76). – С. 186–190.

4 ГОСТ Р 19.102-77. Единая система программной документации. Стадии Разработки. – Введ. 1980-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

5 Об экономически эффективной проектной документации повторного использования: письмо М-ва стр-ва и жилищ.-коммун. хоз-ва РФ от 24 ноября 2018 г. № 46982-ДВ/08 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

6 Дубенок, Н. Н. Гидротехнические сельскохозяйственные мелиорации: учеб. пособие для вузов / Н. Н. Дубенок, К. Б. Шумакова; под ред. Н. Н. Дубенка. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Проспект, 2016. – 336 с.

7 Эксплуатация гидромелиоративных систем: учеб. пособие для вузов / Б. С. Серикбаев, Ф. А. Бараев, Э. Б. Серикбаева, Б. К. Салиев; под ред. Б. С. Серикбаева. – Ташкент, 2014. – 276 с.

8 Воеводин, О. В. Этапы развития типового проектирования элементов оросительных систем: достоинства и недостатки / О. В. Воеводин, В. В. Слабунов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(35). – С. 68–79. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec619-field6.pdf. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-68-79.

9 Классификация мелиоративных систем и сооружений / С. М. Васильев, В. Н. Щедрин, В. В. Слабунов, А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин, А. С. Штанько, С. Л. Жук; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2019. – 24 с. – Деп. в ВИНТИ РАН 17.01.19, № 5-B2019.

ЭКОНОМИКА МЕЛИОРАЦИИ

УДК 338.5:626.82

М. В. Власов

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

ВЛИЯНИЕ МАСШТАБНОСТИ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА СТОИМОСТЬ ЕЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ИЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ

Целью исследований являлось получение и анализ аналитических выражений, учитывающих влияние размеров оросительных систем на величину стоимости их строительства или реконструкции. В результате исследований получены линейное, показательное и логарифмическое аналитические выражения, определены границы их применимости и приведен пример расчета стоимости строительства или реконструкции оросительной системы в зависимости от изменения ее масштабности. Приведенные расчеты эмпирических затрат на строительство или реконструкцию оросительной системы, представленные в логарифмическом масштабе, показали, что при наличии нелинейной зависимости стоимости строительства или реконструкции оросительной системы от ее масштабности возможна ситуация, когда стоимость строительства или реконструкции увеличивается всего в полтора раза, тогда как масштабность увеличивается в два раза. Проведенные исследования могут способствовать обоснованию и эффективному использованию денежных средств, направляемых на строительство и реконструкцию оросительных систем.

Ключевые слова: укрупненные нормативные затраты; масштабность оросительной системы; стоимость строительства оросительной системы; стоимость реконструкции оросительной системы.

M. V. Vlasov

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

IMPACT OF IRRIGATION SYSTEM IMMENSITY ON ITS CONSTRUCTION OR RECONSTRUCTION COST

The purpose of the research was to obtain and analyze analytic expressions that take into account the impact of irrigation systems size on their construction or reconstruction cost value. As a result of the research, linear, exponential and logarithmic analytical expressions were obtained, the boundaries of their applicability were determined, and an example of calculating the cost of irrigation system construction or reconstruction, depending on the change in its immensity was given. The above calculations of the empirical costs of irrigation system construction or reconstruction, presented on a logarithmic scale, showed that in the presence of a nonlinear dependence of irrigation system construction or reconstruction cost on its scale, a situation is possible when the construction or reconstruction cost increases by only one and a half times, while the immensity is doubled. The conducted research can contribute to the substantiation and effective use of funds allocated for the irrigation system construction and reconstruction.

Key words: consolidated standard costs; irrigation system immensity; cost of irrigation system construction; cost of irrigation system reconstruction.

Введение. Согласно «Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации», утвержденной Указом Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20, а также п. 5 разд. V «Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденной Распоряжением Правительства РФ от 2 февраля 2015 г. № 151-р, для решения задачи сохранения и улучшения земельного фонда необходима реализация такой меры, как проведение реконструкции существующих и строительства новых мелиоративных систем. При этом на реконструкцию существующих и строительство новых мелиоративных систем предлагается направлять средства федерального бюджета [1, 2].

Одним из определяющих факторов при планировании строительства или реконструкции оросительных систем является величина капитальных вложений, необходимая для осуществления указанных мероприятий. Эта величина может быть рассчитана на основании укрупненных нормативов удельных капиталобразующих инвестиций в строительство или реконструкцию оросительных систем. Однако укрупненные нормативы удельных капиталобразующих инвестиций в строительство или реконструкцию оросительных систем основаны на единственной переменной, показывающей либо площади земель сельскохозяйственного назначения, которые необходимо оросить, либо объемы воды, которыми необходимо обеспечить конечных потребителей. При этом затраты на строительство или реконструкцию оросительных систем, вероятнее всего, не будут прямо пропорциональны размерам этих систем [3, 4]. Чаще всего будет наблюдаться удельная экономия средств, коррелирующая с масштабностью строящейся или реконструируемой системы. При снижении величины средних затрат на единицу мощности строящейся или реконструируемой оросительной системы, связанной с ростом объемов строительства или реконструкции, нужно учитывать существование экономии от возрастания масштабности, и наоборот, при росте величины средних затрат на единицу мощности строящейся или реконструируемой оросительной системы, связанной с увеличением объемов строительства или реконструкции, необходимо учитывать перерасход, связанный с увеличением масштабности. Для установления влияния масштабности строящейся или реконструируемой оросительной системы на величины удельных капиталобразующих инвестиций требуется большое количество эмпирических данных, и при их наличии необходимо с помощью повышающих или понижающих коэффициентов производить корректировку нормативов удельных капиталобразующих инвестиций в строительство или реконструкцию оросительных систем.

Материалы и методы. Для формулирования выводов и умозаключений применялись методы сравнительного, системного и математического анализа.

Результаты и обсуждение. Зачастую стоимость строительства или реконструкции оросительной системы можно выразить в виде линейного соотношения:

$$y = a + bx, \quad (1)$$

где y – стоимость строительства или реконструкции;

$a > 0$ и $b > 0$ – константы, определяемые на основании эмпирических данных;

x – масштабность оросительной системы.

Заметим, что в соотношении (1) при нулевом размере оросительной системы ($x = 0$) стоимость строительства или реконструкции отлична от нуля ($y = a$), что указывает на ограниченность применения этого соотношения. Оно имеет экономический смысл только в ограниченном диапазоне переменной x , например при $c \leq x \leq d$ (рисунок 1). Если значения стоимости строительства или реконструкции y_c и y_d на границах применимости соотношения (1), соответствующих $x = c$ и $x = d$, известны, то стоимость строительства или реконструкции для любого $x \in [c, d]$ может быть получена путем линейной интерполяции.

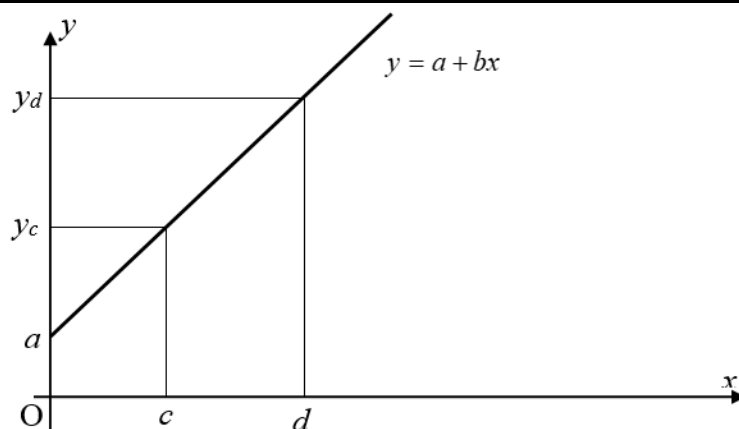


Рисунок 1 – Линейная зависимость стоимости строительства или реконструкции оросительной системы от ее мощности

Экспоненциальная зависимость стоимости строительства или реконструкции оросительной системы y от ее масштабности x может быть представлена в виде:

$$y = ax^b, \quad (2)$$

где $a > 0$ и $b > 0$ – константы, определяемые на основании эмпирических данных.

Для $0 < b < 1$ уравнение (2) представляет случай уменьшения отдачи при росте масштабности, а для $b > 1$ отношение становится случаем увеличения отдачи от увеличения масштабности, как показано на рисунке 2.

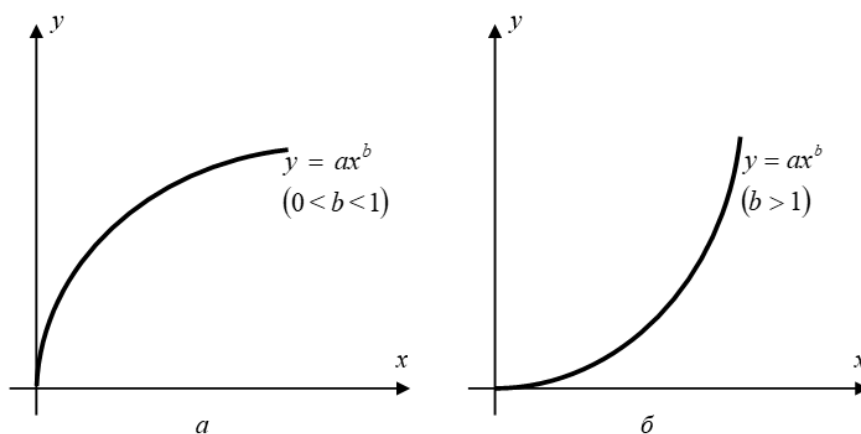


Рисунок 2 – Экспоненциальное соотношение затрат с уменьшением (a) или ростом (б) эффекта масштабности

Логарифмируя обе части уравнения (2), получаем:

$$\ln y = \ln a + b \ln x. \quad (3)$$

Следует заметить, что уравнения (2) и (3), как и уравнение (1), имеют смысл только в ограниченном диапазоне переменной x .

Также стоимость строительства или реконструкции оросительной системы можно выразить в виде показательного соотношения:

$$y = y_{\pi} (Q/Q_{\pi})^m, \quad (4)$$

где y_{π} – известная величина затрат на ранее построенную или реконструированную оросительную систему;

Q – масштабность строящейся или реконструируемой оросительной системы;

Q_{π} – масштабность ранее построенной или реконструированной оросительной системы;

$m \in [0,5; 0,9]$ в зависимости от конкретного типа оросительной системы.

Логарифмируя соотношение (4), получим:

$$\ln y = \ln y_{\pi} + m \ln(Q/Q_{\pi}),$$

или, используя свойства логарифма:

$$\ln(y/y_{\pi}) = m \ln(Q/Q_{\pi}). \quad (5)$$

Соотношение (5) может быть использовано для определения общей стоимости строительства или реконструкции как всей оросительной системы, так и какой-либо ее части.

Например, данные об эмпирических затратах на строительство или реконструкцию оросительной системы представлены в логарифмическом масштабе для $\ln(Q/Q_{\pi})$ и $\ln(y/y_{\pi})$, а линейная зависимость между этими логарифмическими соотношениями показана на рисунке 3. Для $(Q/Q_{\pi}) = 1$ (или $\ln(Q/Q_{\pi}) = 0$) $\ln(y/y_{\pi}) = 0$, и для $Q/Q_{\pi} = 2$ (или $\ln(Q/Q_{\pi}) = 0,301$) $\ln(y/y_{\pi}) = 0,1765$.

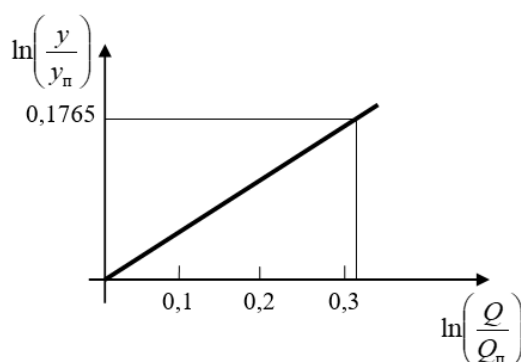


Рисунок 3 – Линейная зависимость логарифмически масштабированных соотношений

Поскольку значение m является тангенсом угла наклона прямой линии на рисунке 3, то оно определяется следующим образом:

$$m = \frac{0,1765}{0,301} = 0,585.$$

Так как $\ln(y/y_{\pi}) = 0,1765$, то, потенцируя, получим, что $y/y_{\pi} = 1,5$, тогда как соответствующее значение $Q/Q_{\pi} = 2$. Таким образом, для $m = 0,585$ стоимость строительства или реконструкции оросительной системы увеличивается всего в полтора раза, тогда как масштабность увеличивается в два раза.

Показательное соотношение (4) может быть выражено иначе:

$$y = KQ^m,$$

где $K = y_{\pi}/(Q_{\pi})^m$.

Если значения величин m и K известны для данного типа оросительной системы, то можно легко рассчитать стоимость y для строящейся или реконструируемой оросительной системы заданной масштабности Q .

Выводы. В результате исследований получены линейное, логарифмическое и экспоненциальное соотношения, позволяющие на основе известных величин затрат на ранее построенные или реконструированные оросительные системы и с учетом масштабности строящейся или реконструируемой оросительной системы рассчитать стоимость нового строительства или реконструкции. Приведен пример расчета стоимости строительства или реконструкции оросительной системы при известных эмпирических затратах, представленных в логарифмическом масштабе. Полученные выражения поз-

волят обеспечить обоснование и эффективное использование объемов денежных средств, направляемых на строительство или реконструкцию оросительных систем.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Концептуально-методологические принципы (основы) стратегии развития мелиорации как национального достояния России / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(33). – С. 1–11. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=585>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11.

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

3 Карелина, С. А. Банкротство застройщика: теория и практика правоприменения: монография / С. А. Карелина, И. В. Фролов. – М.: Юстицинформ, 2018. – 240 с.

4 Семенович, К. С. Государственное регулирование цен энергетических ресурсов / К. С. Семенович // Конкурентное право. – 2020. – № 1. – С. 31–34.

НАУКА – ПРАКТИКЕ

УДК 627.512

А. А. Талызов

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

МЕТОДИКА ОТОБРАЖЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ЗАТОПЛЕНИЯ ПО РАСТРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА

Целью исследования являлось изучение различных способов моделирования распределения потока воды по рельефу местности, представленному в виде растровой цифровой модели. Рассмотрены три метода решения данной задачи: метод пересечения двух поверхностей, решение полной системы уравнений движения жидкости, упрощенный метод заполнения с учетом связанности ячеек матрицы высот. Выполнена оценка временной сложности алгоритмов и ограничений, на основании которой сделаны выводы о применимости методов для решения различных задач, связанных с анализом затопления территорий.

Ключевые слова: цифровая модель рельефа, затопление, паводок, расход воды, скорость течения, численное моделирование.

A. A. Talyzov

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

METHODOLOGY OF DISPLAYING FLOODING TERRITORIES BY THE RASTER RELIEF MODEL

The aim of the study was to study various methods of modeling the distribution of water flow over the terrain, presented in the form of a raster digital model. Three methods for solving this problem are considered: the method of intersection of two surfaces, the solution of the complete system of equations of fluid motion, a simplified filling method taking into account the connectivity of the matrix cells of heights. The estimation of the algorithm time complexity and limitations was carried out, on the basis of which conclusions about the applicability of methods for solving various problems related to the analysis of flooding territories were made.

Key words: digital elevation model, flooding, flood, water discharge, current velocity, numerical modeling.

Введение. Технологии компьютерного моделирования находят все большее применение при решении различных задач водного хозяйства. Численное моделирование позволяет получить информацию о характеристиках движения водного потока в различных условиях и исследовать целый спектр возможных ситуаций, связанных с функционированием гидротехнических сооружений и естественных водотоков. Не менее ответственным этапом, чем само моделирование, является процесс анализа полученных данных, ведь конечные решения принимаются именно по результатам анализа. В данной статье рассмотрены аспекты, связанные с анализом затопления территорий, представленных в виде цифровых моделей рельефа, на основе расчетных данных, полученных в ходе численного моделирования движения водного потока.

Материалы и методы. В исследовании применялся метод численного компьютерного моделирования применительно к решению задачи распространения волны затопления. Рассмотрено три потенциально пригодных к решению данной задачи метода. Исследования проводились на цифровых моделях рельефа, полученных как в результате обработки данных дистанционного зондирования Земли, так и в результате обработки геодезических материалов (топографических карт).

Результаты. Наиболее простым с точки зрения реализации является метод пересечения двух поверхностей (водной и земной). Метод может быть реализован встроенными средствами географических информационных систем (ГИС), например инструментом «Калькулятор раstra» в ArcGIS, или расширенным инструментом Flood Impact Analysis [1]. На рисунке 1 приведена карта затопления участка поймы р. Волги ниже Волгоградского гидроузла, полученная по методике пересечения двух поверхностей [2]. Недостатком данного метода является отсутствие учета связанности понижений местности, в результате чего местные понижения, отгороженные от основного потока естественным рельефом или защитными сооружениями, будут ложно оценены как затопленные. К достоинствам можно отнести минимальную вычислительную сложность алгоритма, имеющую порядок $O(n)$. На практике объем охватываемых территорий и размер ячейки матрицы высот ограничены лишь объемом памяти применяемого компьютера.

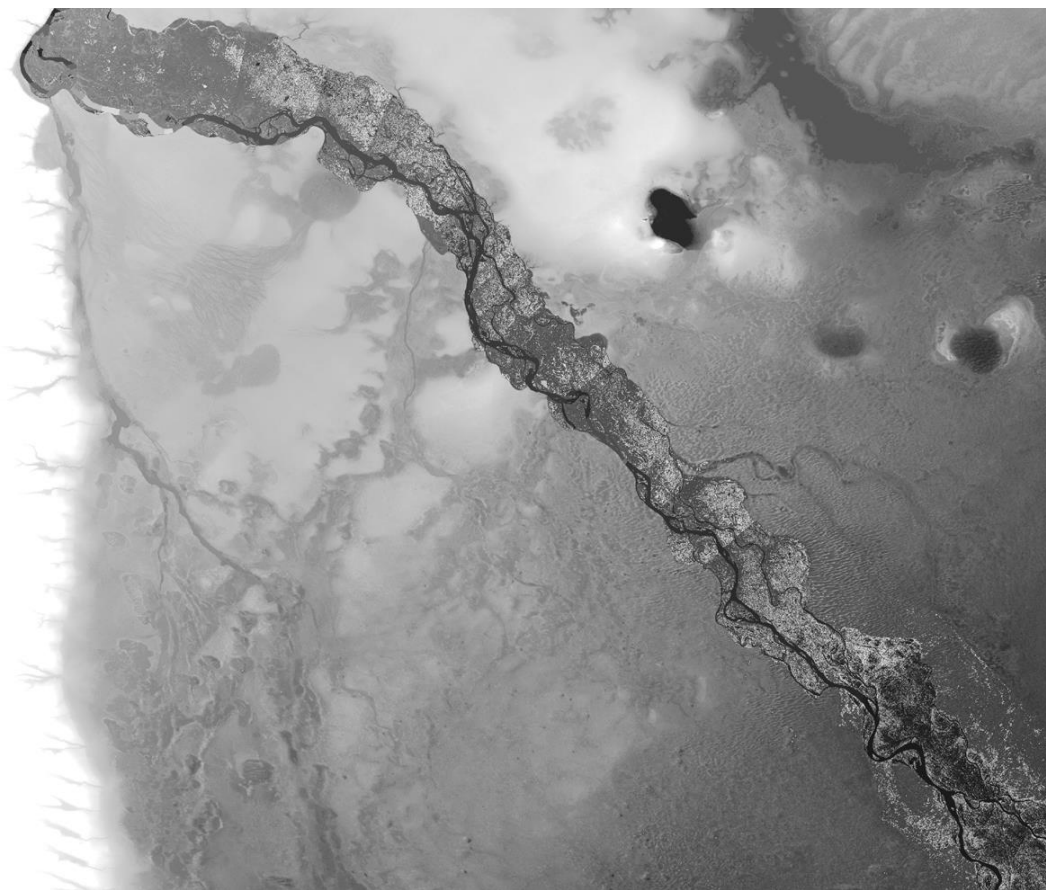


Рисунок 1 – Карта затопления, полученная по методике пересечения двух поверхностей (Волго-Ахтубинская пойма)

Наиболее точный результат может быть получен при использовании методов, основанных на решении уравнений мелкой воды, в которых скорости движения жидкости усредняются по глубине. Данные методы нашли широкое применение при решении различных задач гидравлики открытых потоков [3]. Моделирование с усреднением по глубине базируется на основных физических принципах сохранения массы и количества движения. При этом используется набор основных законов, которые связывают дви-

жающие силы и силы сопротивления со свойствами и фактическим движением жидкости. Рассмотрим закон сохранения массы применительно к столбцу жидкости в прямоугольной ячейке расчетной сетки с размерами Δx и Δy , площадью $A = \Delta x \Delta y$, глубиной H (рисунок 2).

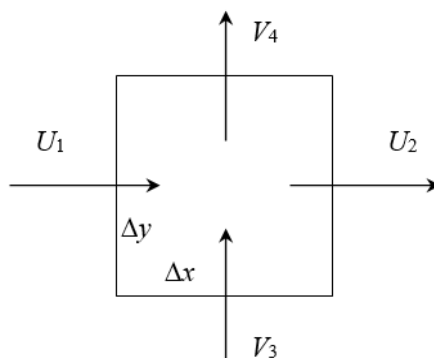


Рисунок 2 – Принцип сохранения массы жидкости в элементарной ячейке расчетной сетки

Поскольку объем воды в ячейке может измениться только при изменении глубины H , скорость изменения объема по времени может быть определена как $A\Delta H/\Delta t$. Для определения притока важна составляющая скорости, которая перпендикулярна определенной стороне. Указанное на рисунке общее направление потока – снизу слева направо вверх, но показаны только компоненты, перпендикулярные границам ячейки. Приток по каждой стороне ячейки будет равен перпендикулярной скорости, умноженной на площадь боковой поверхности. Свободная поверхность водного потока имеет уклон, и некоторые потоки втекают в ячейку, а некоторые – вытекают, поэтому выражение для суммарной скорости притока имеет вид:

$$H_1 U_1 \Delta y - H_2 U_2 \Delta y + H_3 V_3 \Delta x - H_4 V_4 \Delta x,$$

где $H_1, \dots, H_4$ – средние глубины в соответствующих границах ячейки. Принцип сохранения массы может быть выражен количественно как:

$$\frac{\Delta x \Delta y \Delta H}{\Delta t} = H_1 U_1 \Delta y - H_2 U_2 \Delta y + H_3 V_3 \Delta x - H_4 V_4 \Delta x,$$

и приведен к виду:

$$\frac{\Delta H}{\Delta t} = \frac{(H_1 U_1 - H_2 U_2)}{\Delta x} + \frac{(H_3 V_3 - H_4 V_4)}{\Delta y},$$

который также может быть записан как:

$$\frac{\Delta H}{\Delta t} + \frac{\Delta(HU)}{\Delta x} + \frac{\Delta(HV)}{\Delta y} = 0,$$

или в дифференциальной форме:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(HU)}{\partial x} + \frac{\partial(HV)}{\partial y} = 0,$$

представляющей собой уравнение неразрывности. Определив расходы по измерениям $q_x = HU$ и $q_y = HV$, получим следующую форму уравнения:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0.$$

Уравнение неразрывности связывает три неизвестных: глубину и две компоненты скорости в каждой расчетной ячейке. Чтобы иметь одинаковое количество уравнений и неизвестных, требуются еще два соотношения, которые задаются законом сохра-

нения импульса. Несмотря на различную физическую суть, вывод уравнений сохранения импульса аналогичен. В данной работе он не будет рассматриваться, как и возможные методы решения данной системы уравнений, подробно описанные в соответствующей литературе [4, 5]. Стоит отметить, что решения для данного метода имеют высокую вычислительную сложность порядка $O(n^2)$ в зависимости от применяемого метода. Этот факт ограничивает применение методики небольшими участками русел рек. Количество ячеек расчетной сетки более 1 млн вызывает существенные затруднения в счете и требует специальных вычислительных средств, таких как аппаратные ускорители.

Рассмотрим ситуацию, когда растекание воды происходит из основного русла реки на прилегающие территории (рисунок 3). Уровень воды в русле с учетом уклона может быть получен с помощью одномерных численных моделей, таких как HEC-RAS, MIKE 11. Средствами ГИС определяются ячейки, принадлежащие руслу реки, они считаются постоянно затопленными, с известным, полученным на основе одномерного моделирования, уровнем воды. Затем анализируются все соседние ячейки, включая диагональные, и если уровень дна в них ниже уровня воды, то они тоже признаются гидравлически связанными и затопленными. Алгоритм повторяется необходимое количество раз, пока все связанные ячейки не будут проанализированы. Предлагаемый алгоритм имеет среднюю вычислительную сложность и может применяться для охвата больших территорий моделями рельефа с достаточно мелкой ячейкой. Производительность алгоритма может быть существенно повышена, если исключить ячейки, заведомо не подверженные затоплению, например, имеющие отметку уровня дна выше максимального уровня воды в самой высокой точке кривой свободной поверхности. Инерционность движения воды при таком виде моделирования не учитывается.

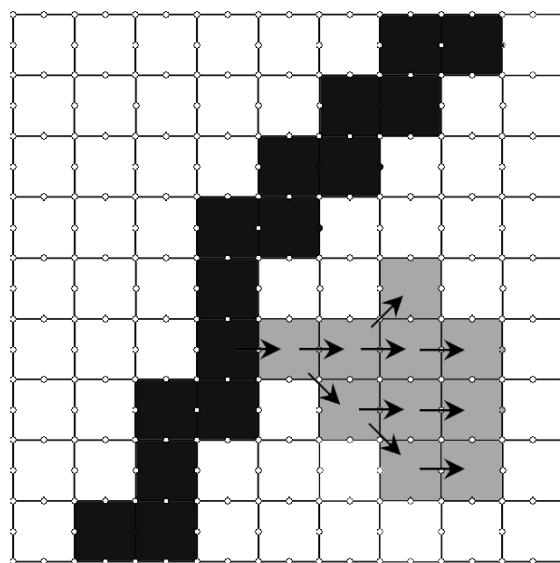


Рисунок 3 – Принцип затопления на основе связанности ячеек (темным цветом показано основное русло – источник затопления, светлым – ячейки, подверженные затоплению)

Потенциальной областью применения данного метода может являться отображение территорий затопления при плавном подъеме уровня воды. Метод также может быть полезен при исследовании полива затоплением при условии, что имеются точные данные об уровнях почв на орошаемых территориях. Ограничением данного метода является невозможность исследования влияния на затопление динамических волн, часто возникающих при изменении режимов работы гидроузлов.

Выводы. В работе рассмотрены различные способы определения областей затопления, дана оценка соотношения сложности их реализации и качества получаемого ре-

зультата, приведены также потенциальные области применения для каждого метода. Рассмотрен упрощенный метод безынерционного растекания жидкости, учитывающий лишь связанность ячеек растровой модели рельефа, без решения полной системы уравнений.

Список использованных источников

1 Официальный веб-сайт компании ESRI – производителя программного продукта ArcGIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://esri.com>, 2020.

2 Бубер, А. А. Разработка гидродинамической модели дельты реки Волги и Западных подступных ильменей / А. А. Бубер, А. А. Талызов // Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения: сборник / Ин-т вод. проблем Рос. акад. наук, Рос. информ.-аналит. и науч.-исслед. водохоз. центр. – М.; Новочеркасск, 2017. – С. 131–136.

3 Алексюк, А. И. Моделирование течений мелкой воды с областями обмеления и разрывами дна / А. И. Алексюк, В. В. Беликов // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2017. – Т. 57, № 2. – С. 316–338.

4 Куликовский, А. Г. Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений / А. Г. Куликовский, Н. В. Погорелов, А. Ю. Семёнов. – М.: Физматлит, 2001. – 608 с.

5 Роуч, П. Вычислительная гидродинамика / П. Роуч. – М.: Мир, 1980. – 618 с.