

ISSN 2313-2248

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал

Выпуск № 1(77)/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 № 1(77)/2020

Январь – март 2020 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

Ответственный секретарь – Л. И. Юрина

Редакторы: доктор сельскохозяйственных наук, профессор Г. Т. Балакай; доктор технических наук Ю. Е. Домашенко; доктор технических наук, профессор А. В. Колганов; доктор технических наук, профессор Ю. М. Косиченко; член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор НИМИ им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ В. И. Ольгаренко; доктор технических наук [Ю. Ф. Снопич]; кандидат технических наук О. А. Басев; кандидат физико-математических наук М. В. Власов; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент В. Д. Гостищев; кандидат сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаева; кандидат технических наук С. Л. Жук; кандидат технических наук А. Л. Кожанов; кандидат технических наук А. А. Кузьмичёв; кандидат технических наук, доцент С. А. Манжина; кандидат сельскохозяйственных наук В. А. Монастырский; кандидат технических наук В. Иг. Ольгаренко; кандидат технических наук В. В. Слабунов; кандидат технических наук, доцент А. И. Тищенко; кандидат технических наук А. А. Чураев; кандидат технических наук А. С. Штанько; кандидат сельскохозяйственных наук Р. Е. Юркова

Технический редактор, выпускающий – Е. А. Бабичева

Литературный редактор – А. И. Литовченко

Переводчик – В. В. Кульгавюк

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

Тел./факс: (8635) 26-86-24
<http://www.rosniipm.ru/ppeoz>
e-mail: transfer-rosniipm@yandex.ru

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

Подписано в печать 16.03.2020. Формат 60×84/8.
Усл. печ. л. 17,8. Тираж 500 экз. Заказ № 11

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 31.03.2020
Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

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

Балакай Г. Т., Куприянова С. В. Техническое состояние мелиоративных систем России и предложения по их восстановлению	5
Власенко М. В., Пугачева А. М., Шульгин М. В. Регулирование устойчивого водопользования и решение экологических проблем в маловодные годы в бассейне реки Дон	10
Пономаренко Т. С., Бреева А. В., Ковалев С. В., Сулина В. А. Особенности подготовки исходных данных для разработки компьютерных гидродинамических моделей	14
Васильев С. М., Шевченко А. В. Актуальные проблемы ихтиологических мелиораций ирригационных водоемов и ведения в них рыбоводства	19
Шкура В. Н., Шевченко А. В. Весёловское водохранилище на реке Западный Маныч как объект ихтиологических мелиораций и пастбищного рыбоводства	24
Кожанов А. Л. Обзор существующих способов определения отводимого объема стока на осушительно-увлажнительных системах	31
Шульгин М. В., Пугачева А. М., Власенко М. В. Анализ схем регулирования Цимлянского водохранилища в меженный период и в период половодья	37
Рыжаков А. Н. Предложения по дополнительному использованию геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений»	43
Филимонова В. М., Вайнберг М. В. К вопросу автоматизации водоучета	50
Чураев А. А., Юченко Л. В. Организация пунктов водоучета на гидромелиоративных системах	54
Слабунова А. В., Суровикина А. П. Особенности применения методов и способов исследования диффузионного стока	61
Лытов М. Н. Агробиологические преимущества капельного орошения сои в связи со специализацией производства	66
Гловацкий О. Я., Шарипов Ш. М., Исмаилов Н. М., Сапаров А. Б. Новые методы управления технологическими режимами сопрягающих сооружений насосных станций	74
Пономаренко Т. С., Рыжаков А. Н., Мартынов Д. В. Оценка степени влияния водохранилищ, расположенных в бассейне реки, на приходную часть водохранилища (на примере реки Кундрючья)	79
Пунинский В. С. Совершенствование механизации технологических процессов освоения неиспользуемых земель	83
Рулева О. В., Веденеева В. А. Анализ современного состояния и перспективы развития мелиорируемых земель Волгоградской области	90
Штанько А. С., Власов М. В., Удовидченко Я. Е. Определение геометрических параметров горизонтальной проекции локального контура капельного увлажнения почвы	95
Штанько А. С., Куприянов А. А., Удовидченко Я. Е. Расположение и размеры корневой системы яблони сорта Айдаред, произрастающей на пологих склонах	101

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Кириленко А. А., Слабунов В. В. О применимости микроГЭС для целей орошения дождеванием сельскохозяйственных культур.....	108
Турко С. Ю. Предложения по технологии создания пастбищных экосистем на зональных почвах полупустыни	111
Пулатов Ш. Я. Влияние дифференцированного глубокого рыхления на влажность почвы, сроки и нормы поливов хлопчатника	116
Шепелев А. Е. Вопросы размещения оборудования на главной ходовой тележке многоопорной дождевальной машины фронтального действия.....	121

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Баев О. А., Сильченко В. Ф. Анализ типовых проектов каналов оросительных систем с бетонной и железобетонной облицовкой русла	127
Осипенко Д. А., Кузьмичёв А. А., Рыжаков А. Н., Мартынов Д. В. Использование результатов геодезической съемки ГТС при формировании геоинформационных баз данных.....	132
Тищенко А. И. Рекомендации по повышению надежности работы дамб мелиоративных каналов и продлению срока их службы	136
Кожанов А. Л., Воеводин О. В. Программа для расчета параметров поперечных сечений осушительных каналов.....	142

ОСОБОЕ МНЕНИЕ

Щедрин В. Н., Манжина С. А. К вопросу совершенствования терминологии нормативно-правовых актов в области мелиорации.....	149
---	-----

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

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

УДК 631.6

Г. Т. Балакай, С. В. Куприянова

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ РОССИИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЮ

Цель – изучить и представить обзор информации о техническом состоянии мелиорированных земель России и дать предложения по развитию мелиоративного комплекса на ближайшие годы для обеспечения устойчивого развития агропромышленного комплекса (АПК). Используются статистические данные Минсельхоза России. Приводятся данные о наличии мелиорированных земель в России и Южном федеральном округе и их техническом состоянии на конец 2018 г. Установлено, что техническое состояние мелиоративных систем не позволяет эффективно использовать все орошаемые и осушенные земли из-за высокого износа мелиоративных систем по России (их износ – 82,7 %, гидротехнических сооружений (ГТС), входящих в состав водохозяйственных систем, – 52,9 %, а также износ каналов пропускной способностью свыше $1 \text{ м}^3/\text{с}$ – 53,4 %). По состоянию на конец 2018 г. площадь сельхозугодий, на которых требовалось проведение капитальных работ, составила по России 2078,5 из 4048,2 тыс. га, или 51,3 %. По экспертной оценке, для восстановления и эффективного использования орошаемых и осушенных земель к 2030 г. на площади 8833,6 тыс. га потребуется инвестиций порядка 2055,8 млрд руб. Эффективное использование восстановленных мелиорированных земель позволит значительно увеличить урожайность сельскохозяйственных культур с ежегодным сбором до 49 млн т з. е. с орошаемых земель и 26 млн т з. е. с осушенных земель. При выделении государственных субсидий сроки окупаемости составят до 3–4 лет на орошаемых землях и до 4–5 лет на осушаемых землях.

Ключевые слова: мелиорация земель; орошение; техническое состояние; ГТС; мелиорированные земли.

G. T. Balakay, S. V. Kupriyanova

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

TECHNICAL CONDITION OF RUSSIA'S RECLAMATION SYSTEMS AND PROPOSALS FOR THEIR RESTORATION

The aim is to study and provide an information overview on the technical condition of the reclaimed lands in Russia and to give suggestions on the development of reclamation complex for the coming years to ensure the sustainable development of agro-industrial complex. The statistic data from the Ministry of Agriculture of Russia are used. Data on reclaimed land availability in Russia and the Southern Federal District and their technical condition at the end of 2018 are presented. It is found that the technical condition of reclamation

systems does not allow the efficient use of all irrigated and drained land due to the high depreciation of reclamation systems in Russia (their depreciation is 82.7 %, depreciation of hydraulic structures included in water management systems is 52.9 %, depreciation of canals with a conveying capacity of more than 1 m³/s is 53.4 %). As of the end of 2018, the area of farmland on which capital work was required was 2078.5 from 4048.2 thousand ha in Russia, or 51.3 %. According to expert estimates, in order to restore and use efficiently irrigated and drained lands on an area of 8833.6 thousand hectares by 2030, investments of about 2055.8 billion rubles are required. Efficient use of restored reclaimed land will significantly increase crop yields with an annual harvest of up to 49 million tons p. t. from irrigated land and 26 million tons p. t. from drained lands. With the allocation of state subsidies, the payback period will be up to 3–4 years on irrigated lands and up to 4–5 years on drained lands.

Key words: land reclamation; irrigation; technical condition; hydraulic structures; reclaimed land.

Мелиорированные земли являются золотым фондом страны, которые при эффективном использовании способны обеспечить продовольственную безопасность и устойчивое развитие агропромышленного комплекса России.

Орошение в России известно с доисторических времен, но интенсивно начало развиваться в начале прошлого века [1]. Статистика отмечает, что в 1980 г. в рамках современных границ России площади орошаемых земель занимали 4,96 млн га и достигли своего апогея в 1990 г., когда орошалось 6,2 млн га [2].

В период перестройки площади орошаемых земель уменьшились, в т. ч. к 2000 г. до 4,6 млн га, и продолжали оставаться на этом уровне на протяжении 20 лет.

Некоторое оживление в мелиорации началось с 2012 г., когда по указу президента, а с 2014 г. по федеральной целевой программе начали выделяться федеральные и региональные бюджетные средства на восстановление объектов мелиорации государственной собственности и субсидии сельхозтоваропроизводителям на строительство новых орошаемых земель и реконструкцию или техническое перевооружение существующей внутрихозяйственной оросительной сети и техники для полива [3].

Учеными РосНИИПМ, ВНИИГиМ, ВНИИ «Радуга» были обоснованы концепция и разработаны программы развития мелиорации на период 2014–2020 гг. [4], а в настоящее время разработаны концепция, стратегия и разрабатывается программа развития мелиорации в России на период 2021–2030 гг. [5].

Анализ темпов прироста по десятилетиям этого периода показывает, что наибольшими они были в 80-х гг. прошлого столетия.

По состоянию на конец 2018 г. в Российской Федерации имелось всего мелиорированных земель 8833,6 тыс. га, в т. ч. орошаемых 4296,0 тыс. га и осушенных 4537,7 тыс. га (таблица 1) [5].

Таблица 1 – Наличие орошаемых и осушенных сельхозугодий в Российской Федерации по состоянию на конец 2018 г. [5]

Федеральный округ, республика, край, область	В тыс. га		
	Всего	Орошаемых	Осушенных
Российская Федерация	8833,6	4296,0	4537,7
В т. ч. в Южном федеральном округе	1167,5	1113,0	54,6
Астраханская область	210,6	210,6	0,0
Волгоградская область	178,8	178,8	0,0
Краснодарский край	410,9	386,4	24,5
Республика Адыгея	27,3	25,0	2,4
Республика Калмыкия	80,9	80,9	0,0
Ростовская область	259,0	231,3	27,7

В Южном федеральном округе мелиорированных земель 1167,6 тыс. га, из них орошаемых 1112,1 тыс. га и осушенных 54,6 тыс. га. Наибольшие площади орошения находятся в Краснодарском крае (386,4 тыс. га), Ростовской области (231,3 тыс. га) и Астраханской области (210,6 тыс. га). Основная доля оросительных систем находится в федеральной и субъектовой собственности. Площадь орошаемых земель, обслуживаемая мелиоративными системами по России, составляет 4391,3 тыс. га, в т. ч. сельскохозяйственных угодий 4048,2 тыс. га, из которых использовалось в сельскохозяйственном производстве 3600,0 тыс. га, а полито всего 1456,4 тыс. га. Отдельной строкой учитываются еще 285,7 тыс. га земель с лиманным орошением, в т. ч. полито 147,2 тыс. га, и еще 11513,9 тыс. га земель (пастбищ), обводненных оросительными системами.

Однако в сельскохозяйственном производстве использовалась не вся площадь. По официальным данным, из общей площади орошаемых земель 4296,0 тыс. га: не использовалось 730,9 тыс. га, в т. ч. по причине засоления и заболачивания 153,5 тыс. га; не поливалось 2573,8 тыс. га, в т. ч. по причине недостатка воды в водоемниках 42,5 тыс. га и неисправности оросительной сети на площади 1810,1 тыс. га (таблица 2).

Таблица 2 – Использование орошаемых сельхозугодий по состоянию на конец 2018 г. [5]

Федеральный округ, республика, край, область	Общая площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий, тыс. га	Из общей площади орошаемых сельскохозяйственных угодий не использовалось (всего), тыс. га	В т. ч. по причине засоления и заболачивания почв, тыс. га	Из общей площади орошаемых сельскохозяйственных угодий не поливалось (всего), тыс. га	В т. ч. по причине недостатка воды в водоемниках, тыс. га	В т. ч. по причине неисправности оросительной сети, тыс. га
Российская Федерация	4296,0	730,9	153,5	2573,8	42,5	1810,1
Южный федеральный округ	1113,0	288,5	73,6	610,5	5,1	190,8
Астраханская область	210,6	129,5	42,1	130,0	0,0	0,0
Волгоградская область	178,8	94,0	0,0	26,6	0,0	17,8
Краснодарский край	386,4	28,9	0,4	233,9	4,7	55,5
Республика Адыгея	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Республика Калмыкия	80,9	34,9	31,0	45,3	0,0	45,3
Ростовская область	231,3	1,2	0,0	174,7	0,4	72,3

Данные таблицы 2 показывают, что фактически поливалось в 2018 г. 991 тыс. га, или 23,1 % от имеющихся орошаемых земель [5]. Этот показатель близок к данным всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 и 2016 гг. [6, 7]. В Южном федеральном округе, отличающемся острым и засушливым климатом, поливалось еще меньше, всего 214,1 тыс. га из имеющихся 1113,0 тыс. га, или 19,2 % орошаемых земель, а в Ростовской области – только 55,7 тыс. га из имеющихся 231,3 тыс. га, или 24,0 %.

Орошаемые земли не используются в полной мере по нескольким причинам. Во-первых, в связи с отсутствием у сельхозтоваропроизводителей оборотных средств для приобретения мелиоративной и поливной техники и освоения технологий возделывания сельскохозяйственных культур при орошении, при котором для получения высокой урожайности затраты возрастают в 1,5–2,0 раза по сравнению с богарным земледелием. Высокая кредитная ставка банков также не позволяет сельхозпредприятиям оформлять кредиты в связи с высокими рисками.

Во-вторых, техническое состояние оросительных сетей не всегда позволяет осуществлять полив земель. Так, по состоянию на конец 2018 г. площадь сельхозугодий, на которых требовалось проведение капитальных работ, составила по России 2078,5 из 4048,2 тыс. га, или 51,3 %. Здесь необходимо провести:

- комплексную реконструкцию оросительной сети на 1992,9 тыс. га;
- строительство и переустройство коллекторно-дренажной сети на 436,8 тыс. га, в т. ч. на землях, не требующих комплексной реконструкции, на 111,5 тыс. га;
- капитальную планировку на 269,2 тыс. га;
- повышение водообеспеченности на 102,1 тыс. га;
- ремонт оросительной сети на 656,4 тыс. га;
- ремонт коллекторно-дренажной сети на 139,7 тыс. га;
- капитальную промывку засоленных почв на 130,9 тыс. га;
- химическую мелиорацию на 206,5 тыс. га.

В-третьих, большой износ мелиоративных систем и ГТС, который, по неопубликованным данным РосНИИПМ [8], отражают следующие показатели:

- из общего количества гидромелиоративных систем по России 1675 шт. число систем со сроком эксплуатации более 30 лет составляет 1385 шт., или 82,7 %;
- из общего количества входящих в состав водохозяйственных систем ГТС 14376 шт. число сооружений с износом 76–100 % составляет 7607 шт., или 52,9 %;
- из общего количества каналов 3486 шт. пропускной способностью свыше 1 м³/с количество каналов с износом более 76 % составляет 1861 шт., или 53,4 %.

Износ мелиоративных систем и ГТС очень высокий, поэтому восстановление возможно только на основе разработки и принятия Программы развития мелиорации земель в России на 2021–2030 годы. По экспертной оценке [5], для восстановления и эффективного использования орошаемых и осушенных земель к 2030 г. на площади 8833,6 тыс. га потребуются инвестиции в объеме порядка 2055,8 млрд руб. Эффективное использование восстановленных мелиорированных земель позволит значительно увеличить урожайность сельскохозяйственных культур с ежегодным сбором до 49 млн т з. е. с орошаемых земель и 26 млн т з. е. с осушенных земель.

Расчеты экономической эффективности показывают, что сроки окупаемости затрат за счет прироста продукции составляют в среднем по мелиорированным землям 9,5 года, в т. ч. на орошаемых землях – 8,2 года, на осушенных – 10,7 года. При выделении государственных субсидий сроки окупаемости сократятся до 3–4 лет на орошаемых землях и до 4–5 лет на осушаемых землях. Расчеты также показывают высокие показатели бюджетного и общественного эффекта. При бюджетных инвестициях в объеме 1027,88 млрд руб. возврат составит 1324 млрд руб. Общественный эффект от мероприятий формируется за счет прироста прибыли сельскохозяйственных товаропроизводителей, налогов на всех уровнях бюджетной системы, экологического эффекта, социального эффекта – сохранения существующих и создания дополнительных рабочих мест. По экспертной оценке, общественный эффект может составить 19724,05 млрд руб.

Выводы

1 Техническое состояние мелиоративных систем не позволяет эффективно использовать все орошаемые и осушенные земля из-за высокого износа мелиоративных систем по России (82,7 %), ГТС, входящих в состав водохозяйственных систем (52,9 %), а также износа каналов пропускной способностью свыше 1 м³/с (53,4 %).

В связи с этим из всей площади орошаемых земель по России (4391,3 тыс. га), обслуживаемых мелиоративными системами, в сельскохозяйственном производстве использовалось 3600,0 тыс. га, а полито всего 1456,4 тыс. га. По состоянию на конец 2018 г. площадь сельхозугодий, на которых требовалось проведение капитальных работ, составила по России 2078,5 из 4048,2 тыс. га, или 51,3 %.

2 По экспертной оценке, для восстановления и эффективного использования орошаемых и осушенных земель к 2030 г. на площади 8833,6 тыс. га потребуется инвестиций в объеме порядка 2055,8 млрд руб. Эффективное использование восстановленных мелиорированных земель позволит значительно увеличить урожайность сельскохозяйственных культур с ежегодным сбором до 49 млн т з. е. с орошаемых земель и 26 млн т з. е. с осушенных земель. При выделении государственных субсидий сроки окупаемости составят до 3–4 лет на орошаемых землях и до 4–5 лет на осушаемых землях. Расчеты также показывают высокие показатели бюджетного и общественного эффекта. При бюджетных инвестициях в объеме 1027,88 млрд руб. возврат составит 1324 млрд руб. Общественный эффект от мероприятий, формируемый за счет прироста прибыли сельскохозяйственных товаропроизводителей, налогов на всех уровнях бюджетной системы, экологического эффекта, социального эффекта – сохранения существующих и создания дополнительных рабочих мест, может составить 19724,05 млрд руб.

Список использованных источников

1 Поколения оросительных систем: прошлое, настоящее, будущее: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, Ю. М. Косиченко, А. В. Колганов, А. А. Чураев, А. Н. Бабичев; под общ. ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск, 2012. – 122 с.

2 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.

3 О федеральной целевой программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» (с изменениями на 20 сентября 2017 г.) (утратило силу с 1 января 2018 г. на основании Постановления Правительства Российской Федерации от 13 декабря 2017 г. № 1544) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499051291>, 2020.

4 Щедрин, В. Н. Концептуальное обоснование разработки стратегии научно-технического обеспечения развития мелиорации земель в России / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 4(24). – С. 1–21. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=440&id=441>.

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

6 Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2006 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gks.ru/folder/520>, 2020.

7 Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2016 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gks.ru/519>, 2020.

8 Провести исследования и подготовить научный доклад о результатах ведения государственного водного реестра и мониторинга водных объектов, используемых в целях мелиорации: отчет о НИР (заключ.): 2.1.2.1 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Гостищев В. Д. – Новочеркасск, 2019. – 36 с. – Исполн.: Гостищев В. Д. [и др.]. – Рег. № НИОКТР АААА-А19-119021190088-2. – Рег. № ИКРБС АААА-Б19-219122790040-7.

УДК 626.81

М. В. Власенко, А. М. Пугачева

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

М. В. Шульгин

Информационно-аналитический центр развития водохозяйственного комплекса, Москва, Российская Федерация

РЕГУЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В МАЛОВОДНЫЕ ГОДЫ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ДОН

Цель исследований – выявление нагрузки на водные объекты бассейна р. Дон и установление способов регулирования устойчивого водопользования и решения экологических проблем в маловодные годы. Бассейн р. Дон относится к категории бассейнов с очень высоким уровнем нагрузки с серьезным дефицитом воды. Отмечено, что годовой объем забора воды из водных объектов бассейна р. Дон на территории РФ составляет 9,4 км³, безвозвратно из которых забирается 5,4 км³. Водосборная площадь р. Дон на 92 % расположена в полусухой, сухой и очень сухой зонах увлажнения, что и является причиной его маловодий. В бассейне р. Дон с 1935 г. выявлено семь маловодных периодов (от 2 до 9 лет). Два периода длительностью по 2 года отмечались в 1949/1950 – 1950/1951 и 1961/1962 – 1962/1963 гг., когда недополученный сток составил 22,29 и 18,74 км³ соответственно. В периоды самой пониженной водности (с 2007–2008 по 2015–2016 гг.) среднемноголетний объем стока составил 15,54 км³, а недополученный речной сток в Цимлянское водохранилище относительно среднемноголетней величины с начала маловодного периода – более 56,3 км³. При наступлении маловодных лет рационального водопользования можно достичь методом регулирования речного стока водохранилищем (сезонного и многолетнего регулирования стока). Цимлянское водохранилище позволяет избежать дефицита водных ресурсов, оптимально обеспечить потребности жилищно-коммунального, сельского хозяйства, промышленности, создать условия для навигации.

Ключевые слова: водообеспечение; водоотведение; нагрузка на водные объекты; устойчивое водопользование; экологические проблемы.

M. V. Vlasenko, A. M. Pugacheva

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

M. V. Shul'gin

Information and Analytical Center for Water Management System Development, Moscow, Russian Federation

SUSTAINABLE WATER USE AND SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN THE DON RIVER BASIN IN LOW WATER YEARS

The purpose of the research is to identify the load on water bodies of the Don River basin and to determine methods for regulating sustainable water use and environmental management in low water years. The Don River basin belongs to the category of pools with a very high level of load with a serious shortage of water. It is noted that the annual volume of water withdrawal from water bodies of the Don River basin on the territory of the Russian Federation is 9.4 km³, of which 5.4 km³ is withdrawn irretrievably. The catchment area of the river Don is 92 % located in semi-arid, arid and very arid zones of humidification, which is the reason for

its lack of water. Since 1935 seven periods of low water (from 2 to 9 years) have been identified in the Don River. Two periods of 2 years each were recorded in 1949/1950 – 1950/1951 and 1961/1962 – 1962/1963, when the short-received runoff was 22.29 and 18.74 km³, respectively. During periods of the lowest water content (from 2007–2008 to 2015–2016), the long-term annual average runoff volume was 15.54 km³, and the short-received river flow into the Tsimlyansk reservoir compared to the long-term annual average value since the beginning of the low-water period was more than 56.3 km³. With the dry years coming, rational water use can be achieved by river flow regulation by a reservoir (seasonal and multi-year flow regulation). The Tsimlyansk reservoir helps to avoid a shortage of water resources, to meet the needs of housing and communal services, agriculture, industry in an optimal way, to create conditions for navigation.

Key words: water supply; water disposal; load on water bodies; sustainable water use; environmental problems.

Введение. Водохозяйственная система РФ – это комплекс природных и искусственно функционирующих водных объектов и инженерных сооружений, созданных с целью удовлетворения социальных, экологических и экономических потребностей человека в воде. Объем воды на личное потребление зависит от региона и уровня жизни населения и составляет 20–500 л в сутки на одного человека. С ростом численности населения расширяется хозяйственная деятельность, в итоге увеличиваются регионы, имеющие проблемы с водоснабжением. За последние 80 лет население России увеличилось в 2,5 раза, а общее потребление пресной воды возросло в 10 раз.

Основными проблемами водного хозяйства в настоящее время являются ухудшение качества воды, прогрессирующее тенденций расточительного водопользования, неудовлетворительное техническое состояние водохозяйственных сооружений. Все это снижает экономическую эффективность отрасли и обуславливает необходимость системного подхода и применения новейших достижений науки в области проектирования водохозяйственных систем [1–3].

Материалы и методы. Цель исследований – выявление нагрузки на водные объекты бассейна р. Дон и установление способов регулирования устойчивого водопользования и решения экологических проблем в маловодные годы. Актуальность проблемы заключается в том, что в настоящее время остро стоят вопросы изучения и оценки возрастающего дефицита водных ресурсов и ухудшения экологического состояния водных систем и отдельных водных объектов в районах интенсивного водопотребления, в т. ч. в бассейне р. Дон. Исследования проводились с использованием материалов водной стратегии РФ, схемы комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Дон и других электронных ресурсов, научных отчетов и статистических данных [4–9]. Исследование способствует решению вопросов сохранения водного баланса на территории бассейна р. Дон.

Результаты и обсуждения. Водопотребляющие отрасли (промышленное производство, водоснабжение населенных пунктов, орошаемое земледелие), изымая воду из рек, существенно уменьшают естественный речной сток, особенно во влагодефицитных районах, где речная сеть редкая, а водные ресурсы ограничены. Это ведет к нарушению водного баланса озер и морей. Среднее потребление пресной воды составляет около 630 м³ в год на человека, из которых 420 м³ идет на производство продуктов питания, 125 м³ – на коммунально-бытовые нужды, 65 м³ – на производство промышленной продукции.

К наиболее водопотребляющей отрасли относится сельское хозяйство – до 80 % мирового потребления пресной воды. При орошаемом земледелии это 1400 км³/год, т. е. на производство растительных продуктов расходуется примерно в 6 раз больше воды, чем на все остальные виды водопотребления, вместе взятые. В последние 20 лет с 1 га угодий наблюдается рост урожайности сельскохозяйственных культур на 40 %.

Но удельное потребление воды на 1 га остается практически неизменным на протяжении последнего столетия, т. е. рост производства достигается в основном за счет увеличения площади орошения. Дальнейшее увеличение населения будет сопровождаться обострением продовольственных проблем, недостаток воды в связи с этим будет испытывать 2/3 населения планеты.

Проблема водообеспечения решается с помощью регулирования и межбассейнового перераспределения речного стока. В РФ из 2650 водохранилищ крупных и крупнейших – 260, суммарный объем которых составляет примерно 790 км³. 37 систем используется для меж- и внутрибассейновой переброски стока рек. Ими перераспределяется 17 км³ воды ежегодно.

Объем водоотведения составляет около 65 % объема забора воды из природных источников. Очистные сооружения по мощности компенсируют на 125 % потребность в очистке. Однако до норм очищается лишь 10 % сточных вод, так как очистные мероприятия производятся в основном на устаревшем оборудовании и по устаревшим схемам, на многих сооружениях нет узлов доочистки, отмечаются другие несоответствия.

Бассейн р. Дон является одним из самых экономически развитых районов РФ. И здесь проблема обеспечения водой населения и отраслей экономики становится одной из важнейших по причине дефицита водных ресурсов.

Бассейн р. Дон занимает территорию в 422 тыс. км², на которой проживает 13,3 млн человек. Водные ресурсы оцениваются в 28 км³ в замыкающих створах бассейна. На одного человека в среднем приходится 2,1 тыс. м³ в год при установленном ООН минимальном критическом показателе 1,7 тыс. м³ на одного человека, гарантирующем обеспечение нужд населения и сохранение окружающей среды [1, 2].

Для экономики региона свойственно промышленно-аграрное развитие с ориентацией на использование больших объемов водных ресурсов. Аграрный сектор ориентирован на выращивание кормовых, зерновых культур, овощей. При этом используются водные мелиорации. Промышленный сектор основан на предприятиях добывающих и перерабатывающих отраслей (металлургия, машиностроение, химическая и пищевая промышленность).

Годовой объем забора воды из водных объектов бассейна р. Дон на территории РФ составляет 9,4 км³ (с учетом потерь воды на дополнительное испарение в прудах и водохранилищах). Безвозвратно из них забирается 5,4 км³ [3]. Кроме того, для водного транспорта в период навигации на нижнем Дону с целью поддержания необходимых глубин используется 3,3 км³ воды сверх санитарной проточности.

Нагрузка на водные объекты бассейна р. Дон составляет 45 % (характеризует коэффициент использования водных ресурсов). Бассейн р. Дон относится к категории бассейнов с очень высоким уровнем нагрузки с серьезным дефицитом воды. Здесь необходимо регулирование водопотребления и привлечение дополнительных источников водообеспечения. В противном случае проблема ведет к ухудшению экономического состояния региона и населения в частности. Сложившаяся ситуация в регионе обостряется при наступлении засушливых периодов, которые ведут к дефициту водных ресурсов для населения и к дестабилизации водных экосистем. Это в свою очередь становится причиной замедления экономического развития региона, ведет к росту социально-экологической напряженности.

Водосборная площадь р. Дон на 92 % расположена в полузасушливой, засушливой и очень засушливой зонах увлажнения, что является причиной маловодий. В маловодные годы величина стока относительно среднего многолетнего значения может снижаться на 25–50 %. В такие периоды количество недополученной воды составляет 20 % в среднем на один маловодный год периода [10].

Вследствие климатических изменений в бассейне р. Дон отмечается смена фазы водности для меженного и половодного стока, что привело к нарушению стационарности процесса формирования меженного и половодного стока. Как следствие произошла

трансформация основных проблем водопользования и экологии. Водопотребление за последние годы не выросло, а сократилось. Использование водных ресурсов в 1990–2015 гг. на орошение снизилось в 4 раза.

Следует отметить, что годовой сток за 1951–2014 гг. практически не изменился. Сток за лимитирующий период имеет тенденцию к увеличению, сток за нелимитирующий период – к снижению. Такая трансформация стока повлияла на изменение структуры водохозяйственного баланса, что отразилось на условиях водопользования.

Полный объем по Донскому бассейну составляет $29,3 \text{ км}^3$, из которых полезный объем – $13,9 \text{ км}^3$. С 1935 г. в бассейне р. Дон наблюдалось семь маловодных периодов с разной продолжительностью (от 2 до 9 лет) и разным среднегодовым стоком за период. Два коротких периода длительностью по 2 года отмечались в 1949/1950 – 1950/1951 и 1961/1962 – 1962/1963 гг., когда среднегодовой объем стока составил $9,56$ и $14,01 \text{ км}^3$ соответственно, а недополученный сток составил $22,29$ и $18,74 \text{ км}^3$ соответственно. Самый продолжительный период с 2007–2008 по 2015–2016 гг. стал периодом самой пониженной водности. Среднегодовой объем стока за это время составил $15,54 \text{ км}^3$, а недополученный речной сток в Цимлянское водохранилище относительно среднегодовой величины с начала маловодного периода – более $56,3 \text{ км}^3$.

При наступлении маловодных лет рационального водопользования можно достичь методом регулирования речного стока водохранилищами (сезонного и многолетнего регулирования стока), которые позволяют за счет аккумуляции стока в периоды повышенной водности увеличить водные ресурсы в маловодные годы.

Наличие в бассейне р. Дон Цимлянского водохранилища за счет использования сезонной и многолетней составляющей емкости позволяет избежать дефицита водных ресурсов, обеспечить потребности жилищно-коммунального, сельского хозяйства, промышленности, создать условия для навигации.

Наличие магистральных каналов переброски речного стока эффективно повышает комплексное использование водных ресурсов, предотвращает риски возникновения их дефицита на водохозяйственных участках и притоках Дона, особенно в маловодные периоды. Сегодня это хороший способ решения экологических проблем и вопросов устойчивого водопользования. Так, крупнейший Донской магистральный канал из Цимлянского водохранилища перебрасывает воду в засушливые районы нижнего Дона, что в сочетании с благоприятными почвенно-климатическими условиями позволяет получать высокие урожаи зерновых культур, овощной, виноградной, бахчевой продукции и кормовых культур. Это также положительно влияет на товарное рыбоводство, обводнение малых рек и пастбищ, поддерживает экологическое равновесие водно-болотных угодий р. Западный Маныч.

Улучшить экологическое состояние бассейна р. Дон возможно также такими мероприятиями по восстановлению и поддержанию качества водных ресурсов, как берегоукрепительные работы, очистка акваторий водоемов и т. д.

Заключение. Водные ресурсы бассейна р. Дон испытывают чрезмерно высокую хозяйственную нагрузку с серьезным дефицитом воды. Годовой объем безвозвратного забора воды составляет $5,4 \text{ км}^3$. Формирование длительных маловодных периодов в бассейне р. Дон связано, как правило, с низкими запасами воды в снежном покрове и дефицитом осадков в летне-осенний период. При этом возникающий дефицит воды отрицательно влияет на орошаемое земледелие, отмечаются проблемы в промышленности и энергетике, в судоходстве и водоснабжении городов, ухудшаются условия воспроизводства водных биоресурсов в море и водных объектах суши. В связи с этим важнейшей задачей является адаптация водохозяйственного комплекса, особенно нижнего Дона и Цимлянского водохранилища, к условиям затяжных маловодных периодов. Эту задачу возможно решить, оптимизируя управление системой регулирования стока и снижая водоемкость отдельных отраслей экономики, путем строительства новых объектов, надежно обеспечивающих функционирование потребителей и всей системы. Это

могут быть подпорные сооружения, тракты переброски стока, регулирующие емкости и т. д. Улучшению экологического состояния водных ресурсов способствуют также берегоукрепительные работы, очистка акваторий водоемов и другие мероприятия по восстановлению и поддержанию качества водных ресурсов.

Список использованных источников

1 Оценка качества поверхностных вод бассейна реки Дон для обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса / А. К. Кулик, М. В. Власенко, В. В. Бородычев, Р. Н. Балкушкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 2(54). – С. 126–135.

2 Экологическая безопасность в природообустройстве, водопользовании и строительстве: оценка экологического состояния бассейновых геосистем / В. Л. Бондаренко, Г. М. Скибин, В. Н. Азаров, Е. А. Семенова, В. В. Приваленко. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ) им. М. И. Платова, 2016. – 419 с.

3 Кулик, А. К. Экология среды: ресурсы, чистота и качество природных вод Придонских песчаных массивов / А. К. Кулик, М. В. Власенко, В. И. Петров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 4(48). – С. 105–113.

4 Водохозяйственная система сегодня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecraft.ru/articles/30>, 2020.

5 Косолапова, Н. А. Водно-ресурсный потенциал развития регионов в бассейнах рек Дон и Кубань / Н. А. Косолапова // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2016. – № 7(89). – С. 18. – Режим доступа: <http://uecs.ru/ekonomika-prirodopolzovaniyz/item/4019-2016-07-18-07-00-10>.

6 Данилов-Данильян, В. И. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования / В. И. Данилов-Данильян, И. Л. Хранович. – М.: Науч. мир, 2010. – 232 с.

7 Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Дон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://donbv.ru/activities/use_and_protection_don/, 2020.

8 Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 – 2020 годах»: утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2011 г. № 1316-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2016/403?yover=2018>, 2020.

9 Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года: утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. № 1235-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mnr.gov.ru/docs/strategii_i_doktriny/128717/?special_version=Y, 2020.

10 Особенности гидрологического режима Цимлянского водохранилища при климатических изменениях в бассейне Дона / Г. Н. Панин, Т. Ю. Выручалкина, М. Г. Гречушникова, И. В. Соломонова // Водные ресурсы. – 2016. – Т. 43, № 2. – С. 111–121.

УДК 631.67

Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева, С. В. Ковалев, В. А. Сулина

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

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В статье представлены особенности подготовки исходных морфометрических и гидрологических данных для разработки компьютерных моделей водных объектов.

Отражены основные этапы моделирования. Для сооружений различного типа детально описаны необходимые для моделирования параметры. В качестве особенности при описании гидротехнических сооружений установлено, что обязательным является соблюдение следующего условия: отметка дна при входе не должна быть меньше минимальной отметки в поперечном сечении.

Ключевые слова: исходные гидрологические данные; морфометрические данные; компьютерное моделирование; верификация; гидродинамические модели.

T. S. Ponomarenko, A. V. Breeva, S. V. Kovalev, V. A. Sulina

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

SPECIFIC FEATURES OF PREPARING THE INITIAL DATA FOR THE DEVELOPMENT OF COMPUTER HYDRODYNAMIC MODELS

The features of preparing the initial morphometric and hydrological data for the development of computer models of water bodies are presented. The main stages of modeling are reflected. The necessary modeling parameters for structures of various types are described in detail. It has been determined that at describing hydraulic structures the following condition as a specific feature is obligatory: the bottom mark at the inlet should not be less than the minimum mark in the cross section.

Key words: initial hydrological data; morphometric data; computer modelling; verification; hydrodynamic models.

Введение. В настоящее время методы цифрового математического моделирования получили широкое распространение для решения различных прикладных задач. Одной из таких задач является разработка компьютерных моделей водных объектов с целью определения гидродинамических параметров потока. Процесс моделирования можно представить в виде трех основных этапов (рисунок 1).

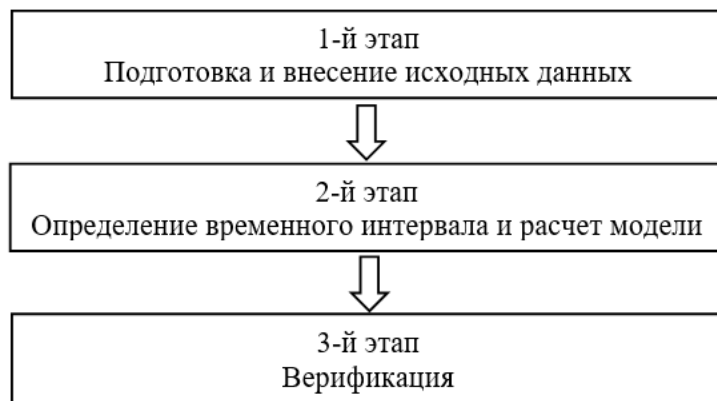


Рисунок 1 – Схема трех основных этапов моделирования

Исходя из этого, можно сделать вывод, что первый этап подготовки исходных данных является наиболее значимым, так как определяет дальнейшие этапы.

Материалы и методы. Исходные данные модели водного объекта можно разделить на морфометрические и гидрологические.

Морфометрические параметры определяются в результате инженерно-геодезических изысканий, гидрологические – в результате инженерно-гидрометеорологических.

Компьютерное моделирование выполняется с применением современных программных комплексов гидродинамического моделирования (например, MIKE Zero).

Результаты и обсуждения. Основными морфометрическими данными являются поперечные сечения водотоков. Стоит отметить, что при моделировании прохождения максимальных расходов для определения отметок максимальных уровней воды используются сечения не только русловой, но и пойменной части водотоков (рисунок 2). Длина таких сечений зачастую превышает несколько километров.

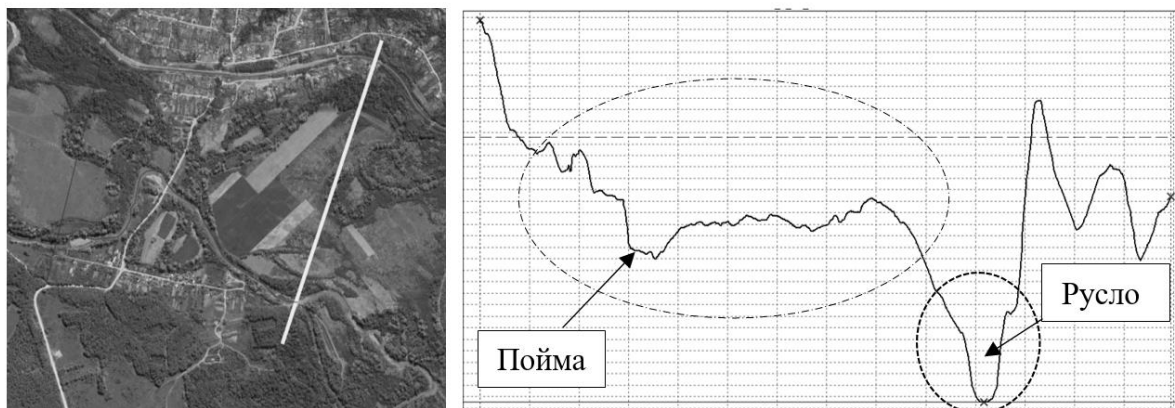


Рисунок 2 – Поперечные сечения русловой и пойменной части реки

Помимо поперечных сечений в модель вносятся данные о гидротехнических сооружениях, расположенных в руслах водотоков. Основными исходными данными о водопропускных сооружениях, необходимыми для расчета, являются следующие параметры: количество труб, отметка дна трубы при входе, отметка дна трубы при выходе, длина, ширина и высота трубы.

Стоит отметить, что для выполнения расчета обязательным является соблюдение следующего условия: отметка дна при входе не должна быть меньше минимальной отметки в поперечном сечении, т. е. входной оголовок водопропускного сооружения не может быть расположен под землей.

В случае если параметры водопроводящего сооружения в различных его частях (входной оголовок; выходной оголовок; часть трубы, проходящей в теле подпорного сооружения) имеют различные значения, в форму поперечного профиля вносятся значения, являющиеся лимитирующими при моделировании движения воды, т. е. наименьшие значения высоты и ширины либо диаметра. При этом длина сооружения должна складываться из длин всех частей водопроводящего сооружения [1, 2] (рисунок 3).

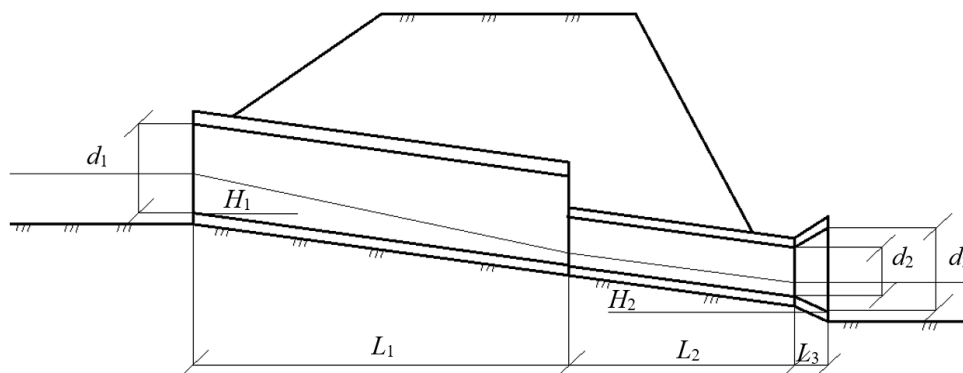


Рисунок 3 – Схема при различных параметрах водопроводящего сооружения

Водосбросное сооружение шахтного типа (рисунок 4) описывается в виде трубы с отметкой входа, равной НПУ. Размером трубы, как и в предыдущем случае, будут наименьшие значения высоты и ширины либо диаметра. Длиной сооружения можно считать расстояние между отметками входного и выходного оголовков.

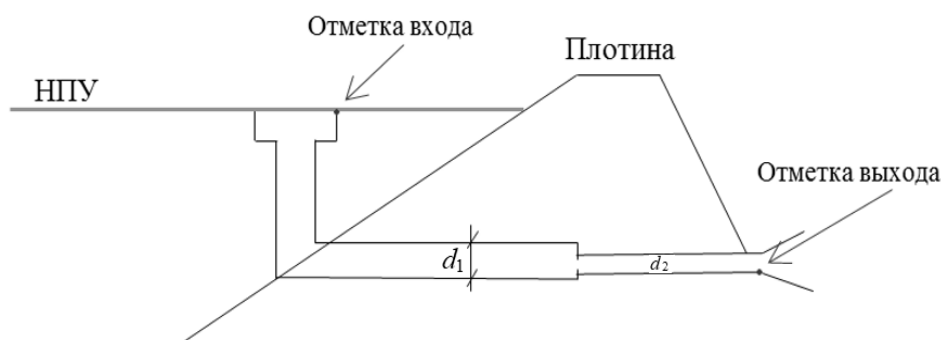


Рисунок 4 – Водосборное сооружение шахтного типа
(http://www.svisgaz.by/uploads/posts/2009-06/1244468632_m1.jpg)

Мосты описываются в виде непрерывного поперечного профиля, включающего в себя как поверхность моста, так и поверхность земли под ним (рисунок 5). Такая конфигурация поперечного профиля дает понимание, будет ли перелив через мост в случае прохождения высоких расходов в русле водных объектов. При высоком уровне затопления перелив будет моделироваться сквозь щель (ширина не менее 1 м), поэтому в данном случае главным условием является отсутствие пересечений.

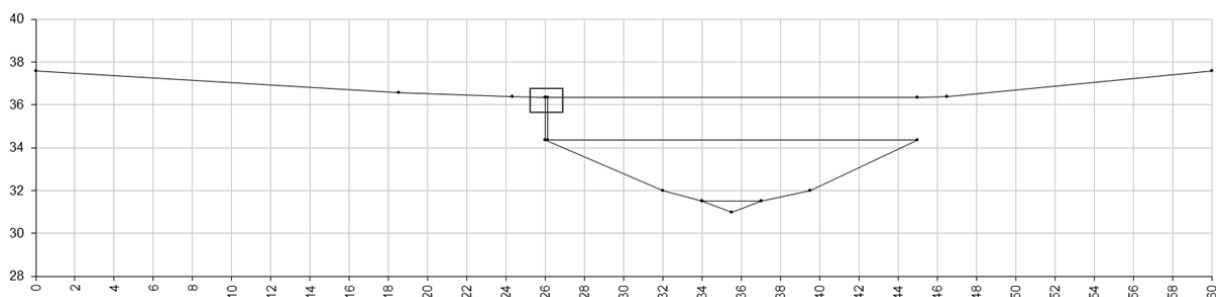


Рисунок 5 – Пример описания моста

Основными гидрологическими данными, используемыми в модели, являются в большинстве случаев расходы и в меньшей степени уровни воды. Данные параметры получают в результате наблюдений либо расчетным способом с использованием нормативно-методической документации. Основными исходными данными для расчета являются площадь и уклон водосбора, уклон русла, модуль стока, высота водосбора и т. д. Для модели необходимы входные и выходные параметры, а для высокой детализации используется и боковая приточность. Эта особенность усложняет расчеты и увеличивает их количество, так как для модели одного участка реки необходимо выполнить четыре расчета [2] (рисунок 6).

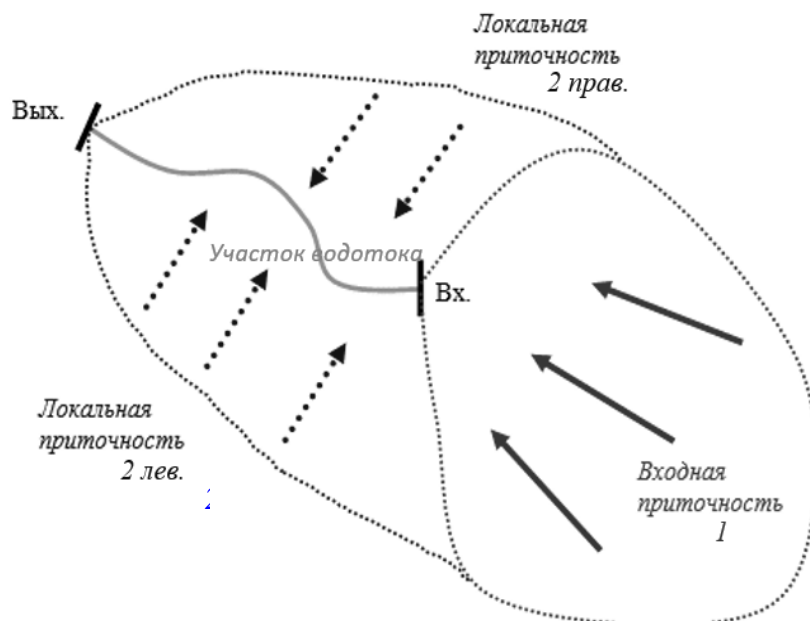


Рисунок 6 – Схема водосборного бассейна исследуемого участка

Первый расчет выполняется для входного створа и включает в себя весь водосбор, примыкающий в створе «Вх.». Далее выполняется определение площади и уклона водосбора для каждой локальной приточности с левого (на рисунке «2 лев.») и правого берега (на рисунке «2 прав.»). Это связано с тем, что правый и левый склоны могут значительно различаться в морфологическом отношении и, соответственно, расчетные параметры (в первую очередь сток с водосбора) тоже. Для проведения верификации выполняется расчет суммарного водосбора к створу «Вых.».

Расчетные значения стока заданной вероятности превышения и построение расчетных гидрографов стока воды представляют собой результат инженерно-гидрологических расчетов, выполняемых для моделирования.

В модели гидрограф представлен в виде временного ряда. Под временным рядом понимается множество значений некоторой переменной, измеренных в моменты времени, разделенные одинаковыми интервалами.

При моделировании приточность в начальном створе задается точно, а приточность с локальных водосборов распределяется по всей длине участка. Такой сценарий является наиболее реальным и позволяет более детально спрогнозировать исследуемые явления.

Выводы. Исходные данные являются основой цифровой модели, поэтому от их качества зависит результат моделирования. При создании моделей имеются определенные особенности подготовки и внесения исходных данных, которые необходимо учитывать для получения адекватной и наиболее детализированной модели исследуемого объекта.

Список использованных источников

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

2 Пономаренко, Т. С. Цифровое компьютерное моделирование гидродинамических процессов в среде MIKE / Т. С. Пономаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 54. – С. 97–104.

УДК 631.6:639.3

С. М. Васильев, А. В. Шевченко

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

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИХТИОЛОГИЧЕСКИХ МЕЛИОРАЦИЙ ИРРИГАЦИОННЫХ ВОДОЕМОВ И ВЕДЕНИЯ В НИХ РЫБОВОДСТВА

Цель исследования – оценка состояния и проблем повышения комплексности и эффективности использования мелководных овражно-балочных, мало- и среднеречных водохранилищ ирригационного назначения на предмет проведения их ихтиологических мелиораций и ведения в них рыбоводства. Экологическое оздоровление ирригационных фитозагрязненных водоемов предусматривается осуществить путем интродуцирования и культивирования в них растительноядных рыб-мелиорантов. В качестве объектов исследования рассмотрены перспективные в рыбоводном отношении мало- и среднеречные русловые водохранилища Ростовской области. В результате анализа и обобщения опытных и опубликованных материалов обследования ирригационных водоемов сформулированы наиболее общие проблемные позиции, касающиеся состояния их экотопов и экологических систем. Отмечено наличие их эвтрофицированности (органозагрязненности), зарастания воздушно-водными, поверхностно-водными и внутриводными растениями и перенасыщения водных масс низшими растительными организмами, ухудшение качества вод и условий водопользования. Определена необходимость проведения ихтиологических мелиораций ирригационных водохранилищ, позволяющих провести их очистку от фитозагрязнений и получить ценную в пищевом отношении животноводно-белковую продукцию. Отмечен уровень разработанности и основные недостатки известных технологий выращивания рыбопосадочного материала, интродукции и акклиматизации рыб в зарыбляемых водохранилищах. Предложено использование приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов, обеспечивающих выращивание акклиматизированного к условиям водоемов рыбопосадочного материала, и сформулированы основные задачи по научному обоснованию их проектирования и эксплуатации.

Ключевые слова: ирригационные водоемы; эвтрофикация водохранилищ; ихтиологические мелиорации; рыбоводство; рыбоводно-мелиоративные комплексы.

S. M. Vasilyev, A. V. Shevchenko

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

URGENT ISSUES OF ICHTHIOLOGICAL RECLAMATION OF IRRIGATION RESERVOIRS AND FISHING-BREEDING IN THEM

The aim of the research is state and problems assessment of increasing the complexity and efficiency of use of shallow gully-ravine, minor- and medium-river irrigation reservoirs for their ichthyological land reclamation and fish farming in them. Ecological rehabilitation of phyto-contaminated irrigation reservoirs is planned to be carried out by introducing and cultivating herbivorous fish-ameliorants in them. The promising fish-bearing minor- and medium-river channel reservoirs of Rostov region are considered as objects of research. As follows from the analysis and generalization of the experimental and published materials of the survey of irrigation reservoirs, the most common problem positions regarding the state of their ecotopes and ecological systems are formulated. The presence of their eutrophication (organic pollution), overgrowing by air-water, surface-water and in-water plants and over-saturation of water masses with lower plant bodies, deterioration of water quality and water use conditions are noted. The necessity of carrying out ichthyological land reclamation of ir-

rigation reservoirs was determined, that helps to clean them from phyto-contaminants and to obtain nutritionally valuable protophytes. The level of development and the main disadvantages of the known technologies for growing fish stocks, introduction and acclimatization of fish in fish stocking reservoirs are noted. The use of fish-farming and reclamation complexes at water reservoirs providing for the cultivation of fish stocking material acclimatized to the conditions of water bodies is proposed, and the main tasks for the scientific justification of their design and operation are formulated.

Key words: irrigation reservoirs; reservoirs eutrophication; ichthyological reclamation; fish farming; fish-breeding and reclamation complexes.

Введение. Одной из актуальных водохозяйственных проблем аридных (степных и сухостепных) регионов страны определена проблема сложившегося, преимущественно ухудшавшегося, экологического состояния искусственных водоемов (прудов и водохранилищ), созданных 40–50 лет назад на малых и средних реках и других водотоках материковой гидрографической сети [1]. Значительное количество таких водных объектов к настоящему времени исчерпали свой амортизационный ресурс и расчетный срок их использования или находятся на завершающих стадиях эволюционного старения в их жизненном цикле. Естественно, эволюционные процессы старения экологических систем, усугубленные многолетним отсутствием уходовых работ, привели к ухудшению их физико-химических, микробиологических и гидрологических характеристик, заброшенности и невозможности эффективного использования количественно и качественно системно снижающегося их водно-ресурсного потенциала. Часть таких водохранилищ и прудов стали представлять техногенную или эпидемиологическую угрозу для населения, проживающего в зоне их влияния. В соответствии с современными представлениями водохозяйственной науки [2–4] часть таких водоемов подлежит ликвидации, на части из них необходимо проведение комплексных мелиораций, а часть водохранилищ и прудов нуждается в реконструкции. Принятие решений по видам природообустройства овражно-балочных прудов и мало- и среднеречных водохранилищ определяется их состоянием и социально-экономической востребованностью. Отметим, что все возрастающий дефицит в водных ресурсах, необходимость комплексного и эффективного использования природно-ресурсного потенциала водных объектов актуализируют принятие обоснованных решений по оздоровлению угнетенных в экологическом отношении водоемов.

Одним из актуальных направлений повышения комплексности и эффективности использования ирригационных водохранилищ является ведение в них пастбищного рыбоводства. Организация рыбохозяйственного использования фитозагрязненных водоемов и современные подходы к нему предусматривают их комплексное мелиорирование. При этом наряду с техническими и водными мелиорациями при оздоровлении водохранилищ предусматривается использование биологических («ихтиологических») мелиораций, реализуемых вселением в них растительноядных рыб [5]. При этом в совокупности с их мелиорированием обеспечивается культивирование (выращивание) рыб с формированием в водоемах рыбных биоресурсов. Обеспечение ихтиологических мелиораций ирригационных водохранилищ и ведение в них организованного рыбоводства в промышленных масштабах связаны с решением ряда проблем и научно-технических задач, рассмотрение которых поставлено целью настоящего исследования.

Материалы и методы. Основу опытного материала для анализа и обобщения составили известные [6] данные обследований действующих фитозагрязненных малых и средних ирригационных водохранилищ Ростовской области. При формировании проблемных положений и задач по обеспечению экологического оздоровления фитозагрязненных ирригационных водохранилищ и использования их в рыбоводных целях учтены авторские предположения по созданию и использованию приканальных и водохранилищных рыбоводных и рыбоводно-мелиоративных комплексов [7, 8].

Результаты и обсуждение. К настоящему времени (по ряду эволюционно-объективных обстоятельств и субъективных причин) во все возрастающих объемах проявляется проблема эвтрофирования ирригационных водоемов (прудов и водохранилищ), являющегося одним из наиболее распространенных видов их «экологических заболеваний». Фитозагрязнение мелководных (используемых в ирригационных целях) водохранилищ и прудов в аридной природно-климатической зоне проявляется в зарастании мелководий высшей воздушно-водной растительностью и перенасыщении акваторий погруженными видами растений, водорослями и другими сообществами фитопланктона. Концентрацию органического вещества в воде увеличивают массовые скопления зоопланктона, зообентоса, фитопланктона, фитобентоса и других донных отложений биологического (растительного и животного) происхождения.

Наблюдаемое и прогрессирующее органическое загрязнение мелководных водохранилищ и прудов (комплексного и ирригационного назначения) приводит к формированию в них специфических и типичных для эвтрофированных водоемов экотопов и экологических систем, характеризующихся полным или частичным зарастанием прибрежных участков и мелководных акваториальных зон; наличием множественных скоплений внутриводной растительности и цветением воды; низким уровнем содержания кислорода в воде; проявлением процессов гниения и заболачивания; угнетением разнообразия ихтиофауны, характерной для сходных по природно-климатическим и морфометрическим признакам незвтрофированных пресноводных водоемов, и развитием соответствующих новым условиям среды обитания (экотопа) зооорганизмов; повышением степени испаряемости и формированием соответствующих микроклиматических условий; химическим и микробиологическим загрязнением воды и другими проявлениями негативного и деградационного характера.

Характерные для эволюционно и экостареющих водоемов экологические (морфометрические, фенологические, зооструктурные, гидрохимические и др.) процессы и проявления приводят к ухудшению потребительских свойств или снижению их показателей и усложнению условий природопользования и ирригационного водопользования, проявляются в нижеследующем: уменьшении емкости (водовместимости) чаш водоемов, а следовательно, уменьшении их стокорегулирующих возможностей и полезных объемов воды, допустимых к изъятию для последующего полезного использования за пределами водного объекта (например, для орошения земель), и уменьшении водного пространства (водной акватории) для его (ее) продуктивного использования; увеличении объемов непродуктивных потерь воды на испарение; ухудшении качества воды в водоеме до уровня неприемлемых гидрохимических и микробиологических показателей для водопоя, купания людей и ведения рыбоводства; загрязнении вод опадом высшей растительности, отмирающими остатками внутриводной флоры, скоплениями фитопланктона (водорослей и других низших видов растительных организмов); ухудшении условий функционирования водозаборов, использования водоемов для водных рекреаций, для ведения рыбоводства и аквакультурного производства и других негативных сторонах использования природно-ресурсного потенциала водоемов.

Наряду с широким распространением нуждающихся в экологическом оздоровлении «великовозрастных» прудов и водохранилищ имеются примеры их «здорового» и «трудоспособного» долголетия с высокой продукционной отдачей при соответствующей организации их использования, охраны и проведения систематических мелиоративных и уходных работ [4]. Известны примеры мелиорирования эвтрофированных водоемов и возвращения их из стадии старения на предшествующие стадии «здорового» экологического состояния и высокой продуктивности (высокого уровня состояния их природно-ресурсного потенциала). В ряду используемых видов (химических, газовых, технических, водных и др.) мелиораций фитозагрязненных водоемов определенное распространение и применение нашли биологические мелиорации, реализуемые

вселением и культивированием в них различных видов биологических мелиорантов. Одним из видов таких мелиорантов, используемых при мелиорировании фитозагрязненных ирригационных водохранилищ, являются растительные рыбы. В соответствии с видом используемых живых мелиорантов такие мелиорации предлагается определять ихтиологическими мелиорациями водных объектов. Проведение таких мелиораций позволяет не только очистить водные объекты от избыточного зарастания и перенасыщения их акваторий водными растительными организмами, оздоровить их экосистемы, но и получать ценную в пищевом отношении рыбоводческую продукцию. Двойной эффект от ведения ихтиологических мелиораций актуализирует их широкое применение на ирригационных водоемах.

Проведение ихтиологических мелиораций с использованием в качестве мелиорантов белого амура, пестрого и белого толстолобика, карпа и других видов рыб (в поликультуре) имеет достаточно продолжительную историю. Известны зарубежные и отечественные примеры как эффективного, так и не оправдывающего затрат применения этих мелиораций для регулирования количества и состава водовоздушных, поверхностно- и внутриводных растительных сообществ, формирующихся и произрастающих в водных объектах. Опыт ихтиологического мелиорирования фитозагрязненных водохранилищ показывает, что должный мелиорирующий эффект достигается при соответствующем условиям зарыбляемых водоемов рыбоводно-биологическом обосновании и обеспечении его проведения. В отечественной рыбоводной практике накоплен значительный объем научного обоснования технологий зарыбления и процессов акклиматизации рыб-мелиорантов в фитозагрязненных водохранилищах [6]. Известны рыбоводно-биологические основы и обоснования выращивания рыбопосадочного материала, подбора количественно-качественного состава рыб, используемых для интродуцирования в ихтиомелиорируемые водоемы [6, 9]. Несмотря на значительный объем научно обоснованных рекомендаций и рыбоводно-биологических обоснований, разработанных специалистами в области ихтиологии, гидромелиораторы (в реальной практике их применения) испытывают дефицит информации и возможностей для проведения высокоэффективных ихтиологических мелиораций фитозагрязненных ирригационных водоемов [8]. Дефицит научного обеспечения, нерегулярность проведения зарыблений, низкое качество используемого рыбопосадочного материала, сложность и трудоемкость применяемых технологий интродуцирования рыб, низкий уровень акклиматизационных мероприятий приводят к низкой эффективности ихтиологических мелиораций и рыбоводства в ирригационных водоемах.

В современной практике зарыбления ирригационных водохранилищ наиболее широкое распространение получила технология индустриального выращивания рыбопосадочного материала (травоядных видов рыб) преимущественно в прудовых рыбопитомниках с последующим интродуцированием сеголетков или годовиков рыб в водоем для его мелиорирования и ведения в нем пастбищного рыбоводства. Применяемой технологии присущ ряд недостатков, основными из которых являются:

- индустриально-прудовое выращивание рыбопосадочного материала не предусматривает адаптирования рыб к условиям зарыбляемого водоема;
- выращивание сеголетков, годовиков и двухгодовиков осуществляется в относительно благоприятных водносредовых условиях при преимущественно искусственном вскармливании, что приводит к получению не адаптированного к новым условиям среды обитания рыбопосадочного материала;
- культивирование молоди чаще всего осуществляется в рыбопитомниках, расположенных на значительном удалении от зарыбляемого водоема, что предусматривает ее отлов, транспортирование и принудительный выпуск в водохранилище;
- технологические операции по зарыблению предусматривают физическое воздействие на рыб и пребывание их в разных средах и условиях обитания, что приводит к массовому отсеву рыбопосадочного материала.

Указанные недостатки технологии интродукции вкупе с недостатками акклиматизационных мероприятий приводят к низкой приживаемости интродуцентов (вселенцев) и к неформированию в водоеме устойчивых разновозрастных популяций вселяемых в него видов растительноядных рыб.

Наряду с предполагаемым ведением ихтиологических мелиораций при проектировании и создании ирригационных водохранилищ предполагалось использование их акваторий для ведения рыбоводства, реализации мероприятий по искусственному воспроизводству рыбных запасов в порядке одного из направлений компенсационных мероприятий и в целях повышения комплексности и эффективности использования их природно-ресурсных возможностей. При водохранилищных гидроузлах предусматривалось создание рыбоводных предприятий воспроизводственного и рыбопродуктивного назначения [10]. В связи с этим отметим, что наряду с имеющимися отдельными позитивными примерами реализации рыбохозяйственных мероприятий на большей части ирригационных водоемов условия для ведения рыбоводства не создавались, а их реальные возможности для рыбохозяйственного применения в должной мере не использовались.

Современные требования к повышению комплексности и эффективности использования природно-ресурсного потенциала (водных и биоресурсов) внутренних водоемов страны актуализируют необходимость разрешения вышеуказанных проблемных позиций по мелиорации и рыбоводному (рыбохозяйственному) использованию ранее построенных и действующих водных объектов преимущественно ирригационного назначения. Указанная целевая установка может быть достигнута созданием и использованием приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов [8]. Основными задачами научного обоснования таких объектов являются: разработка способа (технологии) выращивания в приводохранилищных рыбопитомниках рыбопосадочного материала, адаптированного к условиям зарыбляемого водоема; разработка компоновочно-конструктивных решений приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов и конструкций составляющих их сооружений, систем и устройств, обеспечивающих благоприятные условия для культивирования рыбопосадочного материала, бесконтактного с орудиями лова внутрикомплексного перемещения рыб и выпуска их в зарыбляемое водохранилище; разработка технологии и объектов по акклиматизации интродуцированных растительноядных видов рыб (в поликультуре) в ирригационном водоеме, учитывающих условия его отраслевого (промышленного) использования.

Адаптирующая рыб технология должна предусматривать трехэтапное (и более) выращивание рыбопосадочного материала в бассейнах и прудах, предусматривающее последовательное (начиная с ранних стадий роста и развития рыб) привитие навыков жизнедеятельности в изменяющихся (системно приближающихся к условиям будущего обитания в зарыбляемом водоеме) средовых условиях и режимах питания (поиска и добывания корма). При этом компоновочно-конструктивное решение рыбоводных бассейнов и прудов рыбопитомника должно обеспечивать возможности для регулирования условий водной среды и обеспечения рыб искусственным и естественным кормом в адаптирующих гидробионтов соотношениях по их виду и объему.

Приводохранилищный рыбоводно-мелиоративный комплекс (его компоновочно-конструктивное решение, условия и режим его функционирования) должен обеспечивать возможность акклиматизации интродуцентов в зарыбляемом водохранилище.

Выводы

1 Дана оценка современного экологического состояния эвтрофицированных малых и средних ирригационных водохранилищ, нуждающихся в проведении ихтиологических мелиораций для их оздоровления, улучшения условий водопользования и ведения в них пастбищного рыбоводства.

2 Для достижения поставленной цели предложено устраивать и использовать приводохранилищные рыбоводно-мелиоративные комплексы, определены основные задачи по разработке научного обоснования их проектирования.

Список использованных источников

- 1 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / сост.: В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, С. М. Васильев, Г. Т. Балакай, Г. А. Сенчуков, Е. И. Шкуланов; под общ. ред. В. Н. Щедрина. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2009. – 342 с.
- 2 Анохин, А. М. Основы мелиорации вод и водных объектов: курс лекций / А. М. Анохин, М. М. Мордвинцев, В. Н. Шкура; М-во сел. хоз-ва РФ; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск, 2001. – 290 с.
- 3 Шкура, В. Н. Природообустройство: терминолог. слов. / В. Н. Шкура; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск, 2009. – 768 с.
- 4 Мелиорации прудов: монография / В. А. Белов [и др.]; под ред. В. Н. Шкуры; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск: Лик, 2013. – 370 с.
- 5 Колганов, А. В. Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора: терминолог. слов. / А. В. Колганов, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 854 с.
- 6 Цуникова, Е. П. Биологическая мелиорация водоемов Азово-Кубанского района: техн. инструкция / Е. П. Цуникова, Л. Е. Тевяшова. – Ростов н/Д.: Медиapolis, 2008. – 64 с.
- 7 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.
- 8 Шкура, Вл. Н. Обоснование и основные положения создания и использования приводохранилищных рыбоводно-мелиоративных комплексов / Вл. Н. Шкура, А. В. Шевченко // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(03). – С. 27–45. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm1.ru/article?n=36>. – DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-27-45.
- 9 Кудерский, Л. А. Акклиматизация рыб в водоемах России: состояние и пути развития / Л. А. Кудерский // Вопросы рыболовства. – 2001. – Т. 2, № 1(5). – С. 6–68.
- 10 Шкура, В. Н. Рыбопропускные сооружения. В 2 ч. Ч. 1 / В. Н. Шкура; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск, 1998. – 728 с.

УДК 631.6:639.3

В. Н. Шкура, А. В. Шевченко

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

ВЕСЁЛОВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ НА РЕКЕ ЗАПАДНЫЙ МАНЫЧ КАК ОБЪЕКТ ИХТИОЛОГИЧЕСКИХ МЕЛИОРАЦИЙ И ПАСТБИЩНОГО РЫБОВОДСТВА

Целью исследования является оценка современного состояния Весёловского водохранилища на предмет ведения в нем рыбоводства и экологического оздоровления. Основу исследовательского материала составили данные экспедиционного обследования Весёловского водохранилища на р. Западный Маныч в 2019 г., данные мониторинга водного объекта, результаты предыдущих авторских исследований и сведения, почерпнутые из открытых источников информации. Приведены данные по морфометрии, качеству воды, флоре и фауне Весёловского водохранилища, позволяющие оценить современное состояние его экотопа и экологической системы. Весёловское водохранилище может рассматриваться как перспективный в рыбохозяйственном отношении водоем с высокой рыбопродуктивностью при проведении в нем мероприятий по экологическому оздоровлению, ихтиологических мелиораций и зарыбления водоема травоядными видами рыб.

Ключевые слова: экология водоема; фитозагрязнение водохранилища; флора и фауна водохранилища; минерализация воды; водные ресурсы; биологические ресурсы.

V. N. Shkura, A. V. Shevchenko

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

VESELOVSKY RESERVOIR ON THE WESTERN MANICH RIVER AS AN OBJECT OF ICHTHYOLOGICAL RECLAMATION AND PASTURE FISHERY

The aim of the research is to assess the current state of the Veselovsky reservoir for fish farming and ecological recovery. The basis of the research material was the data from an expeditionary survey of the Veselovsky reservoir on the Western Manych River in 2019, water body monitoring data, results of previous authors' research and information obtained from open information sources. The data on morphometry, water quality, aquatic life of the Veselovsky reservoir allowing evaluate the current state of its ecotope and ecological system are presented. The Veselovsky reservoir can be considered as a promising fishery reservoir with high fish capacity when taking measures on ecological recovery, ichthyological reclamation and stocking the reservoir with phytoporous fish species.

Key words: reservoir ecology; phyto-pollution of the reservoir; aquatic life; mineralization of water; water resources; biological resources.

Введение. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации предусматривает необходимость увеличения объемов рыбной продукции до нормативного уровня обеспечения ею населения страны. Для достижения поставленной целевой установки Стратегией развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года (утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2019 г. № 2798-р) предусмотрено увеличение производства рыбы во внутренних водоемах страны. В качестве таких водоемов могут быть рассмотрены три водохранилища Манычского каскада речных гидроузлов, построенных на р. Западный Маныч в 30-х гг. прошлого столетия в целях комплексного освоения природно-ресурсного потенциала реки и прилегающих к ней территорий (рисунок 1).

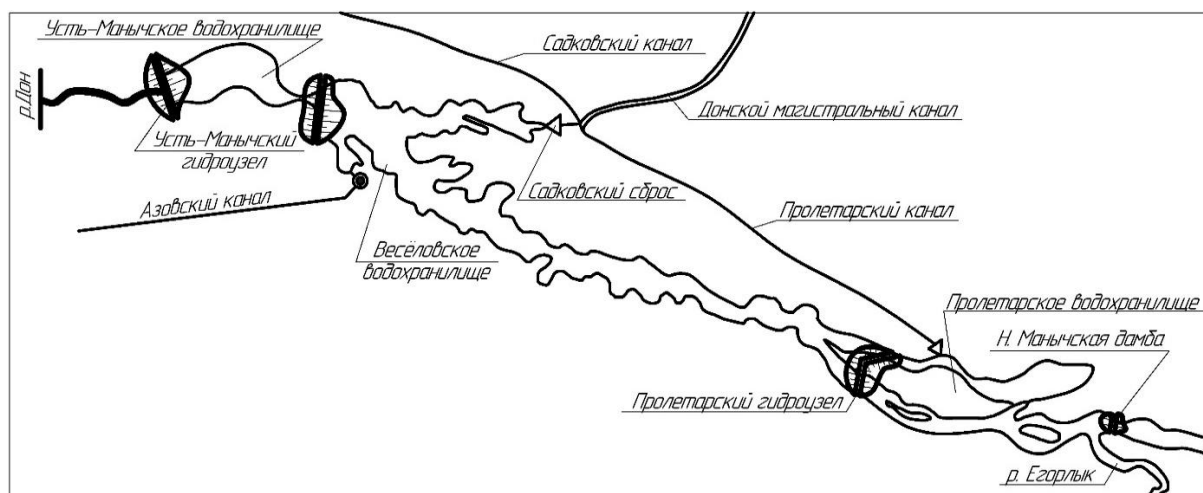


Рисунок 1 – Схема расположения каскада Западно-Манычских водохранилищ

Каскад построенных на реке водных объектов сформировал своеобразную водохозяйственную систему, созданную в целях гидроэнергетического, воднотранспортного, ирригационного, рыбохозяйственного и рекреационного использования ее природно-ресурсного потенциала. Система обеспечивает полное регулирование водного стока

речного бассейна, единый водотранспортный путь по р. Западный Маныч, позволяла вырабатывать электрическую энергию на малых пригидроузловых гидроэлектростанциях. При этом для ведения рыбоводства созданные водоемы предполагалось использовать локально, так как образование единой рыбохозяйственной системы проектом каскада гидроузлов не предусматривалось. Построенные на водотоке водоподпорные сооружения не предусматривали устройство рыбопропускных сооружений, что исключало возможность (ранее имевших место) анадромных миграций ценных видов рыб из р. Дон в р. Западный Маныч и ее притоки. К настоящему времени характер и объемы природопользования в зоне Западно-Манычского водохозяйственного комплекса существенно изменились: прекращено использование гидроэнергетического потенциала реки, резко снизились объемы перевозки грузов водным транспортом, увеличилась интенсивность рекреационного использования водоемов и прилегающих к ним территорий (преимущественно для любительского рыболовства и охоты), не осуществляется забор воды на орошение из Усть-Манычского и Пролетарского водохранилищ, а как источник орошения используется только Весёловское водохранилище, при этом Пролетарский водоем преимущественно используется как водоприемник отводимых и дренажных вод с орошаемых угодий. Водные объекты каскада определены водноболотным угодьем, имеющим международное значение как объект обитания перелетных водоплавающих птиц. Кроме этого, Весёловское водохранилище является объектом обитания ряда краснокнижных видов пресноводной фауны и флоры, в связи с чем оно является объектом особого внимания и охраны.

За более чем 80-летний период эксплуатации Усть-Манычского, Весёловского и Пролетарского водохранилищ в их акваториях сформировались специфические экотопы и экосистемы, характерные для природно-климатической зоны их расположения.

Природно-климатические условия территории характеризуются аридным климатом, типичным для умеренно сухих и сухих степей. Почвенный покров территорий (в пределах зарегулированного указанными водохранилищами участка реки) представлен черноземными и каштановыми суглинистыми почвами с солончачовыми и солонцовыми образованиями. Наличие солончачов и солонцов предопределяет повышенную минерализацию стекающих в водоемы поверхностных и грунтовых вод. Территория бассейна относится к интенсивно аграрно освоенной, что в определенной мере влияет на качество поверхностного и дренажного водного стока и гидрохимические характеристики водных масс в водохранилищах. Проведенные на водоемах гидрологические, геоботанические, ихтиологические исследования и наблюдения позволяют: получить информацию и представления об их экологическом состоянии и условиях природопользования, определиться с направлениями их обустройства и мелиораций, установить возможность оздоровления их экотопов и экологических систем в целях повышения комплексности и эффективности использования их природно-ресурсного потенциала. При этом авторы поставили перед собой узкую задачу – оценить указанные водоемы как объекты проведения ихтиологических мелиораций и объекты рыбоводства.

В качестве основного объекта для обследования (исследования) и обобщений нами выбрано Весёловское водохранилище по нижеприведенным обстоятельствам:

- в соответствии с Приказом Федерального агентства по рыболовству № 818 от 17.09.2009 «Об установлении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения и особенностей добычи (вылова) водных биологических ресурсов, обитающих в них и отнесенных к объектам рыболовства» Весёловское водохранилище на р. Западный Маныч было отнесено к водоемам высшей рыбохозяйственной категории;

- водохранилище расположено в середине каскада, в связи с чем природно-климатические условия формирования его экотопа и экосистемы соответствуют средним показателям для всей водохозяйственной системы Западно-Манычских водоемов;

- в морфологическом отношении Весёловское водохранилище является самым

крупным водоемом каскада (в сравнении с Усть-Маньчским водохранилищем и западной (приемной для ведения рыбоводства) частью Пролетарского водохранилища) [1];

- в рыбохозяйственном отношении Усть-Маньчское водохранилище используется в качестве нерестилища, тогда как в Весёловском и западной части Пролетарского водохранилища имеет место не только нерест, но и культивирование преимущественно растительных видов рыб вкупе с их промысловым («промышленным») ловом [2].

Материалы и методы. Информационную основу научного исследования составили известная и доступная для авторов информация об объектах исследования [1–9] и данные авторского обследования водохранилищ. При обработке информации использовались аналитические методы исследования, включая ее структуризацию, частный и комплексный анализ и последующее обобщение информационной базы и материалов исследований, проведенных на Пролетарском, Весёловском и Усть-Маньчском водохранилищах. При анализе и синтезе информационной базы данных учитывалось, что экологическое состояние водохранилищных экотопов и экосистем определяется эндогенными воздействиями и экзогенными («внутриводоемными» или сукцессионными) процессами, протекающими в водоеме, что в свою очередь предопределяет необходимость проведения их мелиораций и возможность ведения в них пастбищного рыбоводства.

При оценке состояния водохранилища необходимо установить нижеследующее: морфометрические параметры водоема; параметры и характеристики загрязненности, эвтрофицированности и токсифицированности водной среды; характеристики гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов; значения и динамику минерализации вод; показатели биогенного состояния (трофности, зарастаемости); состояние и биоразнообразие сообществ флоры и фауны (их видовой состав и количественные показатели фитопланктона, зоопланктона и зообентоса); состояние ихтиофауны и другие сведения по водохранилищу. Отмеченные сведения позволяют оценить продукционные показатели водохранилищ по содержанию кормовой базы и их рыбохозяйственный потенциал («рыбопродуктивность») и принять обоснованные решения по проведению в водоемах мелиораций и ведению в них рыбоводства.

Результаты и обсуждение. Одной из определяющих характеристик водохранилищ является их морфометрия. Все водохранилища Западно-Маньчского каскада определяются как русловые («русло-пойменные») и мелководные. Морфометрические параметры наиболее крупного в каскаде Весёловского водохранилища составляют: протяженность ($97,5 \pm 2,5$) км, средняя ширина на акватории ($3,0 \pm 0,1$) км (при максимуме 7,0 км), средняя глубина водоема ($3,0 \pm 0,5$) м (при максимуме 7,5–8,0 м).

Батиграфические характеристики водохранилища приведены в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Батиграфические характеристики Весёловского водохранилища

Батиграфическая характеристика	Значение батиграфического параметра при различных уровнях воды в водохранилище		
	минимальный эксплуатационный	максимальный эксплуатационный	форсированный
Площадь водного зеркала, км ²	279	303	364
Объем водохранилища, км ³	0,980	1,404	1,520

Среднемноголетние объемы водных ресурсов Весёловского водохранилища составляют 1569 млн м³/год и включают: поступление воды из Пролетарского водохранилища в объеме 1162 млн м³/год и из Донского магистрального канала 229 млн м³/год, боковую приточность (дождевых и талых вод), составляющую 66,4 млн м³/год, приток грунтовых вод 112 млн м³/год и сток возвратных (сбросных) и дренажных вод с орошаемых угодий. Расходные статьи водного баланса Весёловского водохранилища составляют: безвозвратное водопотребление – 383,6 млн м³/год (на орошение 224 млн м³/год и непродуктивные потери в объеме – 158 млн м³/год), сброс в нижний бьеф гидроузла –

1185 млн м³/год. Указанные объемы поступления воды и водопотребления прогнозируются стабильными на ближайшую и среднесрочную перспективу [1].

Гидрохимические показатели воды в Весёловском водохранилище зависят от уровней водной поверхности (от состояния заполненности чаши водоема водой), объемов поступившей в него пресной воды и характеризуются изменчивостью во времени (по сезонам года) и по акваториальному пространству (по зонам) водоема. Показатели загрязненности (качества) воды определяются поступлением загрязняющих веществ с прилегающих интенсивно агроиспользуемых территорий с поверхностным (дождевым и талым) и грунтовым стоком. Среди химических загрязнителей – нефтепродукты, соединения металлов, сульфаты, хлориды и др. Судя по удельному комбинированному индексу загрязненности воды, она в целом по водохранилищу определяется как умеренно загрязненная и соответствующая III классу по ее качеству. При этом на отдельных участках водоема вода оценивается как очень загрязненная и грязная. Минерализация воды в водоеме определяется как высокая и формируется стоком соленосодержащих вод с солонцовых и солончаковых почвогрунтовых массивов, сбросом коллекторно-дренажных вод с рисовых оросительных систем и поступлением высокоминерализованной воды из вышерасположенного в каскаде Пролетарского водохранилища. Значения минерализованности вод в водохранилище отличаются изменчивостью по акваториальным зонам, временам года и по глубине. В 2019 г. среднегодовое значение минерализации воды по водоему составило $(1,9 \pm 0,4)$ г/л.

Прозрачность воды в среднем по акватории водоема составляла $(0,4 \pm 0,1)$ м.

Флора Весёловского водохранилища определяется как пресноводно-солончатая, а по насыщенности его водного пространства растительностью водоем относится к фитозагрязненным. На большей части акватории водохранилища биомасса растительности составляет 50 т/га, а в его юго-восточной части достигает 80 т/га.

Эвтрофицированность водохранилища характеризуется проявлениями зарастания прибрежных и мелководных зон акватории макрофитами и высшей воздушно-водной растительностью, наличием скоплений мелкоклеточных видов водорослей и цветением воды. По уровню трофности водохранилище определяется как мезотрофный водоем. Акватория Весёловского водохранилища насыщена различными видами воздушно-водной, поверхностно-водной и внутриводной растительности. Вдольбереговая (прибрежная) зона и мелководья водоема характеризуются зарослями (ассоциациями) гидрофитов (тростника, рогоза, роголистника и рдеста). В срединной части акватории распространены скопления урути. Проективное покрытие водной поверхности на заросших тростниковыми фитоценозами участках в среднем составляет (50 ± 15) % и достигает 70–80 % и более при их биомассе («фитомассе»), составляющей $(3,5 \pm 1,5)$ кг/м². При 2–3-ярусной структуре зарослевых образований высота тростниковых растений составляет $(2,5 \pm 1,0)$ м при плотности стеблестоя (100 ± 50) раст./м². Плотность скоплений высшей (воздушно-водной, поверхностно-водной и внутриводной) растительности в акватории водохранилища увеличивается за счет водорослевых ассоциаций, общая численность которых достигает 30 тыс. кл./л. В западной части водохранилища распространены скопления валлиснерии в ассоциации с рдестом, создающие 90–100% покрытие водной поверхности («зеркала») с фитомассой $(5,0 \pm 1,0)$ кг/м².

Имеющее место интенсивное (преимущественно сплошное и отчасти фрагментное) зарастание прибрежных зон (вдольберегового пространства акватории) и мелководий водохранилища гидрофитами с образованием сомкнутых зарослей рогоза, тростника, камыша и других растений в два яруса и более привело к радикальной трансформации водной экосистемы водоема (биотопа и сообществ живых организмов).

Органозагрязненность и кормовую базу водоема определяет содержание в его акватории различных видов флоры и фауны (зоопланктона, фитопланктона и бентоса).

Зоопланктон Весёловского водохранилища (по Л. А. Живоградской и др., 2016)

представлен 27 видами (коловраток, ветвистоусых раков, веслоногих ракообразных, планктеров). Распределение численности и биомассы зоопланктона характеризуется широким спектром флуктуаций по отдельным зонам водохранилища и времени наблюдений и в среднем составляет по численности 15298 экз./м³ и по биомассе 42,3 мг/м³ [6].

Бентофауна водохранилища представлена 17 таксонами (малощетинковыми червями, моллюсками, ракообразными и насекомыми) при средней численности бентоса по акватории, составляющей 3141 экз./м², массе – 7,3 г/м². Отмечены весенний и осенний пики содержания бентосных сообществ при их минимуме в летнее время. В среднем биомасса кормового зообентоса в водохранилище оценивается в 2,7 г/м² [6].

Фитопланктон водохранилища представлен более чем 30 видами микроводорослей при доминировании диатомных и криптофитовых разновидностей. Плотность и размеры разновидовых скоплений фитопланктона в различных зонах водоема и в разные периоды года изменяются в широком диапазоне при среднегодовых значениях численности, составляющих ≈ 200 млн кл./м³, и биомассы, равных ≈ 150 мг/м³ [5].

Ихтиофауна Весёловского водохранилища представлена более чем 40 видами рыб. Объектами промыслового и любительского лова являются: вселенные виды толстолобика и карася серебряного и жилые (туводные) формы судака, леща, тарани (плотвы) и густеры, а объектами прилова – сазан, речной окунь, пресноводный сом, щука, красноперка, линь, берш, укля, горчак, верховка, рыба-игла и другие виды рыб.

Максимальный улов промысловых видов (судака, тарани, сома, чехони, сазана и густеры) в Весёловском водохранилище достигал 700 т/год. Со временем и с ухудшением качества воды в водохранилище уловы промысловой рыбы в нем к 1988 г. снизились до 400 т/год, а к 2000 г. до 240 т/год. Для восстановления промысловых возможностей водохранилища с 2007 г. и до настоящего времени принимаются меры по его зарыблению преимущественно растительными видами рыб (толстолобиками и белым амуром), а промысловый лов регулировался вплоть до полного прекращения. Так, в 2007 г. в водоем было выпущено 633 тыс. особей молоди белого амура и 800 тыс. особей толстолобика. Принимаемые меры по интродукции рыб позволили увеличить промышленный лов уже в 2010 г. до 320 т, из всего объема которого 95 % составили уловы толстолобика и серебряного карася.

По рыбоводно-биологическому обоснованию, разработанному специалистами Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (АзНИИРХ), предусмотрена необходимость и целесообразность ежегодного зарыбления Весёловского водохранилища: белым и пестрым толстолобиком и их гибридами (массой 25 г) в количестве 10 млн особей, белым амуром (массой 25 г) в количестве 2,7 млн особей, сазаном (массой 25 г) – 11,6 млн особей, судаком (массой $(0,4 \pm 0,1)$ г) в количестве 0,8 млн особей, черным амуром (массой (20 ± 5) г) – 1,33 млн особей [3].

Отметим, что фактическое зарыбление Весёловского водохранилища осуществлялось нерегулярно и в относительно небольших объемах. Так, в 2009 г. выпущено 1,4 млн особей молоди толстолобиков; в 2010–2011 гг. зарыбление не осуществлялось; в 2012 г. было интродуцировано 0,8 млн особей сеголетков; в 2013 и 2014 гг. зарыбление водоема проводилось в количестве 0,2 млн особей в год; в 2015 г. было выпущено 0,625 млн особей, а в 2016 г. – 3,5 млн особей. Но даже указанные незначительные объемы зарыбления при низком уровне промвозврата позволили увеличить промысловые запасы толстолобиков до 351,1 т в 2016 г. и до 479,3 т в 2017 г. [2].

Приведенные выше сведения и данные позволяют заключить нижеследующее.

Для чаши водохранилища при современном режиме водопользования характерны относительно небольшие колебания уровней ($< 1,0$ м), площади и объемов воды.

Акваторию водоема отличает высокая степень фитозагрязненности, проявляющейся в зарастании мелководных зон макрогидрофитами (рогозом, камышом, тростником) до 50–90 % перекрытия водной поверхности и перенасыщении воды плотными скоплениями макро- и микрофитов (и преимущественно нитчатых водорослями).

Воды водохранилища в среднем по акватории относятся к слабоминерализованным и определяются как умеренно загрязненные с высоким уровнем мутности.

Кормовую базу ихтиофауны водоема составляют планктонные и бентосные ассоциации и различные виды воздушно-водной и водной флоры (масса фитопланктона составляет 150 мг/м³, зоопланктона – 42,3 мг/м³ и кормового бентоса – 2,7 г/м³).

Снизившаяся продуктивность местных популяций промысловых рыб частично восстанавливается интродуцированием в водохранилище индустриально выращиваемой молоди. В соответствии с предложениями специалистов Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства водохранилище эпизодически зарыбляется сеголетками, годовиками и (или) двухлетками белого амура и толстолобика. Разработанные рекомендации по интродуцированию и акклиматизации этих видов рыб по разным причинам не выдерживаются, что в свою очередь не позволяет достигнуть прогнозного результата ни по мелиорированию водоема, ни по рыбопродуктивности.

В водоеме, являющемся интенсивным испарителем, имеет место снижение продуктивности и проявляются симптомы ухудшения условий использования его ресурсного потенциала. Так, в связи с увеличивающейся загрязненностью воды фитопланктонном возникли затруднения в работе водозабора в Азовский магистральный канал. Использувавшееся сетчатое рыбозаградительное устройство забивалось водорослями и растительным опадом и не выполняло требований рыбозащиты и водоподачи. Для исключения указанного обстоятельства гидромелиораторы были вынуждены построить новое водозаборное сооружение с жалюзийным рыбозаградительным устройством.

Имеющие место негативные моменты в состоянии водоема, снижение его ресурсного потенциала и уменьшение направлений его продуктивного использования привели к появлению достаточно обоснованных предложений по его ликвидации и утилизации. Вместе с тем проблематичность и затратность ликвидационных мероприятий, наличие определенных возможностей для повышения его продукционной отдачи и сформировавшейся водной и околородной экосистемы, адаптированность населения к условиям обитания, сложившаяся структура хозяйствования в зоне водохранилища и особо охраняемый статус водоема предопределяют необходимость его сохранения, мелиоративного обустройства, экологического оздоровления [8].

Выводы

1 По рыбохозяйственной значимости (рыбоводному потенциалу и потенциальной рыбопродуктивности) Весёловское водохранилище относится к водоемам высшей рыбохозяйственной категории и оценивается как наиболее перспективный в рыбоводном отношении водный объект в каскаде Западно-Маньчских водохранилищ.

2 Сформировавшееся экологическое состояние акватории водохранилища по показателям фитозагрязненности, качеству воды, видовому составу ихтиофауны оценивается как нуждающееся в комплексном мелиорировании, и в частности в проведении ихтиологических мелиораций, основанных на использовании растительноядных рыб.

Список использованных источников

1 Правила эксплуатации Пролетарского, Весёловского и Усть-Маньчского водохранилищ. Основные положения правил использования водных ресурсов: № 1022732-88177-00-ПО / Южгипроводхоз. – Ростов н/Д., 1988. – 54 с.

2 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2018 году» / М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл. – Ростов н/Д., 2019. – 370 с.

3 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2015 году» / М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл. – Ростов н/Д., 2016. – 370 с.

4 Штанько, А. С. Обобщение и анализ опыта эксплуатации Весёловского водо-

хранилища / А. С. Штанько, А. Е. Шепелев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2011. – № 4(04). – С. 60–68. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=57&id=65>.

5 Никоноров, А. М. Внутриводоемные процессы в крупных водохранилищах юга России (загрязнение, эвтрофирование, токсификация) / А. М. Никоноров, Т. А. Хоружая // География и природные ресурсы. – 2014. – № 2. – С. 35–43.

6 Живоглядова, Л. А. Результаты исследований гидробиологических сообществ Весёловского водохранилища (р. Маныч) в октябре 2016 года / Л. А. Живоглядова, О. Л. Лужняк, Н. А. Шляхова // Вестник МГТУ. – 2019. – Т. 22, № 2. – С. 234–242.

7 Фитопланктон, зоопланктон, зообентос водохранилищ Манычского каскада / Л. М. Сафронова [и др.] // Труды АЗНИИРХ (результаты рыбохозяйственных исследований в Азово-Черноморском бассейне): сб. науч. тр. по результатам исслед. за 2014–2015 гг. – Ростов н/Д.: АЗНИИРХ, 2017. – Т. 1. – С. 129–137.

8 Степаньян, О. В. Современное состояние биоты водоемов Кума-Манычской впадины: Усть-Манычского, Весёловского, Пролетарского и Чограйского водохранилищ (обзор) / О. В. Степаньян, А. В. Старцев // Аридные экосистемы. – 2014. – Т. 20, № 2. – С. 56–69.

9 Баев, О. А. Рыбоводный комплекс для зарыбления Весёловского водохранилища на реке Западный Маныч / О. А. Баев, А. Ю. Гарбуз // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(01). – С. 81–98. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm1.ru/article?n=9>.

УДК 626.82:556.16

А. Л. Кожанов

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

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТВОДИМОГО ОБЪЕМА СТОКА НА ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Целью исследований являлось изучение существующих способов определения отводимого объема стока применительно к осушительно-увлажнительным системам. Рассмотрены методы определения объема отводимого дренажного стока, основанные на установлении модуля дренажного стока и решении уравнения водного баланса, предложенные различными учеными-мелиораторами. Выделены два метода определения расчетного модуля дренажного стока: аналитический и эмпирический. Проведенный обзор не выявил действующих в РФ нормативных документов по расчету объема отводимого стока на осушительно-увлажнительных системах, что говорит о необходимости усовершенствования существующих методов расчета отводимого объема и расчетного модуля дренажного стока для осушительно-увлажнительных систем, в которых кроме естественного притока вод имеет место также и приток искусственный при увлажнении и орошении в поливной период, при различной обеспеченности осадками, в зависимости от условий, определяющих динамику этих показателей, с разработкой мероприятий по распределению водных ресурсов внутри системы.

Ключевые слова: дренаж; объем стока; дренажный сток; осушение; орошение; осушительно-увлажнительная система.

A. L. Kozhanov

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

REVIEW OF THE EXISTING WAYS OF DETERMINING THE DISCHARGE MASS RUNOFF ON DRYING-HUMIDIFYING SYSTEMS

The aim of the research was to study the existing ways for determining the diverted mass runoff applied to drainage and humidification systems. Methods for determining the drainage runoff volume, based on the determination of the drainage runoff module and solving the water balance equation proposed by various land reclamation scientists are considered. Two methods for determining the calculated module of drainage flow are distinguished: analytical and empirical. The review did not reveal in the Russian Federation the existing regulatory documents for calculating the discharge runoff volume for complex irrigation systems, which indicates the need to improve existing methods for calculating the discharged volume and the calculated drainage module for drainage and humidification systems in which, in addition to natural inflow there is also an artificial one during humidification and irrigation in the irrigation period, with different rainfall availability, depending on the conditions that determine the dynamics of these indices, with the development of measures on water resources distribution within the system.

Key words: drainage; mass runoff; drainage runoff; drainage; irrigation; drainage and humidification system.

Введение. На территории РФ находится большая часть земель в регионах, где количество осадков намного превышает количество испарения, в связи с чем наблюдается большая заболоченность данных территорий, и поэтому необходимо проведение осушительных мелиораций. В свою очередь в этих регионах в вегетационный период наблюдаются кратковременные засухи, которые сильно влияют на снижение урожайности выращиваемых культур. Поэтому на данных территориях необходимо создавать осушительно-увлажнительные системы [1–3].

Для поддержания влажности в засушливые периоды требуется увлажнение. Зачастую регулирование увлажнения за счет шлюзования не позволяет достичь необходимого уровня грунтовых вод для питания корневой системы сельскохозяйственных культур. Данную проблему необходимо решать с помощью дождевания, но для этого требуется наличие оросительной воды. Все это говорит о необходимости правильного распределения дренажного стока с накоплением его в емкостях (бассейнах регулирования) для последующего использования в осушительно-оросительной системе, а не просто неосознанного отведения в естественные водоприемники.

Для определения объемов и количества таких емкостей необходимо знать объем дренажного стока и то количество оросительной воды, которое нужно для орошения данного мелиорируемого участка в соответствии с планами водопользования, направленными на рациональное использование водных ресурсов [4].

Также объем водных ресурсов зависит от проведения дополнительных мелиоративных культуртехнических работ по изменению гранулометрического и минералогического состава почв с целью улучшения водоудерживающей способности [5].

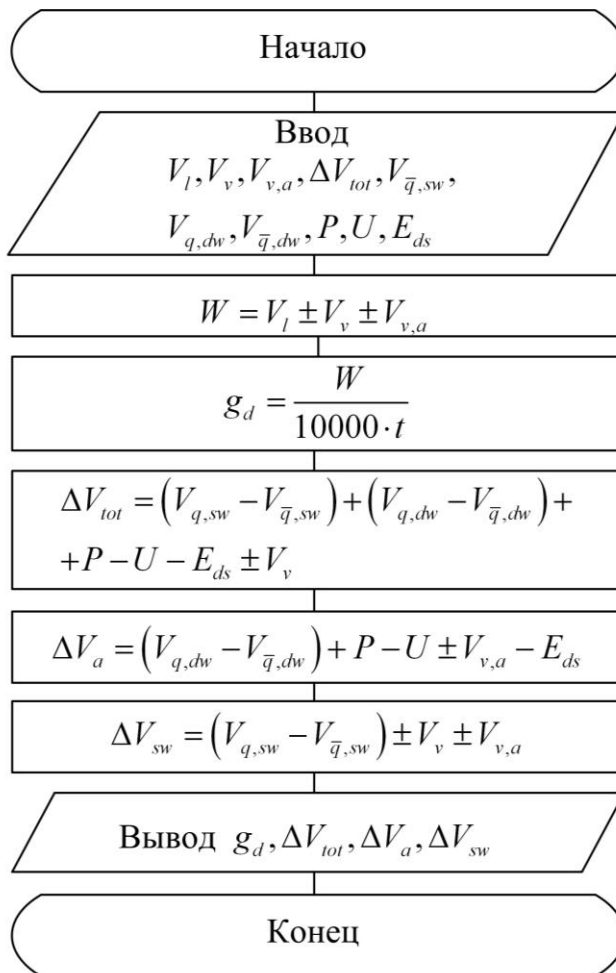
Для расчета объема дренажного стока и распределения воды по мелиорируемой территории на осушительно-увлажнительных системах необходимо определиться со способом установления объема стока, что и является целью настоящей работы.

Материалы и методы. Анализируемую базу для научного исследования составили разнообразные методики и методы расчета дренажного стока на различных мелиоративных системах таких ученых, как Ю. А. Канцибер, В. И. Штыков, З. Б. Киндерис, С. Ф. Аверьянов, П. И. Закржевский, Г. И. Афанасик, А. Н. Костяков, Р. Н. Коптюк, Н. А. Лазарчук, В. П. Остапчик, А. П. Лихацевич, А. В. Скрипник, А. Н. Рокочинский, В. Ф. Шебеко, А. В. Яцик, А. Н. Янголь и др. В исследовании использовались различные методы, такие как сравнительный, аналитический и логический.

Результаты и обсуждения. Основные способы расчета объема стока на осуши-

тельно-увлажнительных системах – метод определения объема с применением модуля дренажного стока либо решение уравнения водного баланса. Самым распространенным и аргументированным в последнее время является метод водного баланса.

Оба этих способа рассматриваются в ВСН 33-2.2.03-86 [6] и пособии к ВСН 33-2.2.03-86 [7], но эти документы имеют неопределенный статус и применимы на орошаемых землях. Порядок расчета и зависимости для определения общего водного баланса, баланса поверхностных вод и влаги в зоне аэрации, баланса подземных вод приведены на рисунке 1.



V_l – фильтрационные потери оросительной воды из каналов, м³/га; V_v – вертикальный водообмен балансового слоя с нижележащими водоносными пластами (подпитывание подземных вод напорными подземными водами или перетекание подземных вод вниз), м³/га; $V_{v,a}$ – вертикальный водообмен между водами зоны аэрации и подземными водами, м³/га; W – нагрузка на дренаж, м³/га; g_d – модуль дренажного стока, м³/сут с 1 м²; t – продолжительность расчетного периода, сут; ΔV_{tot} – суммарное изменение запасов воды в границах рассматриваемой территории, м³/га; $V_{q,sw}$ – приток подземных вод, м³/га; $V_{\bar{q},sw}$ – отток подземных вод, м³/га; $V_{q,dw}$ – приток поверхностных вод, м³/га; $V_{\bar{q},dw}$ – отток поверхностных вод за пределы территории, м³/га; P – атмосферные осадки, м³/га; U – транспирация, м³/га; E_{ds} – испарение с поверхности почвы, м³/га; ΔV_a – изменение запасов влаги в зоне аэрации в границах рассматриваемой территории, м³/га; ΔV_{sw} – изменение запасов подземных вод в границах рассматриваемой территории, м³/га

Рисунок 1 – Порядок расчета модуля дренажного стока и водного баланса на орошаемых землях

Такие составляющие водного баланса, как $V_{q,sw}$, $V_{\bar{q},sw}$, V_v , могут отличаться от своих значений в природных условиях после введения в действие дренажной системы. Например, при работающем дренаже приток подземных вод неизменно возрастает, а отток снижается.

В системах водоотведения расчет основан на действующих нормативно-методических документах, в которых при определении объема дренажного стока не полностью учитываются особенности климата, грунтов, данные гидрологических и гидрогеологических наблюдений и др.

По высказываниям В. И. Штыкова и Ю. А. Канцибера [8], на застроенных территориях для установления расчетных показателей дренажного стока можно использовать водно-балансовый и аналитический расчетные методы, а также метод аналогий и обобщений.

Водно-балансовый метод основан на решении уравнения водного баланса грунтов относительно объемов дренажного стока за сутки, месяц, сезон или год.

В свое время совершенствованием водно-балансового метода для оценки режимов водорегулирования осушаемых земель в зоне достаточного и неустойчивого увлажнения результативно занимались З. Б. Киндерис, А. В. Скрипник, В. П. Остапчик, Г. И. Афанасик, А. П. Лихацевич, Р. Н. Коптюк, А. Н. Костяков, Н. А. Лазарчук, П. И. Закржевский, А. В. Яцик, А. Н. Рокочинский, А. Н. Янголь, В. Ф. Шебеко, С. Ф. Аверьянов и др.

Рассмотрев положения нормативного документа [9], можно сказать, что при составлении уравнения водного баланса необходимо учитывать все составляющие его элементы для рассматриваемого мелиорируемого массива. Расчеты уравнения необходимо проводить по сменяющимся интервалам времени (декада, месяц) с учетом того, что конечные параметры рассматриваемого интервала нужно использовать в качестве начальных для следующего интервала, и выполнять расчеты обязательно на первоначальном этапе проектирования осушительно-увлажнительной системы, это позволит выбрать необходимые параметры для проектирования данной системы.

Для получения более объективной картины следует провести ретроспективный водно-балансовый расчет по реальным значениям за многолетний период с целью выявления более обеспеченных (вероятностных) его элементов.

Из высказываний таких ученых, как О. В. Скрипник, И. С. Сорока, В. И. Кубышкин [10], можно сделать вывод, что в расчете режима орошения на осушительно-увлажнительных системах необходимо использовать уравнение водного баланса зоны аэрации:

$$Y_{УГВ} + P + M = O + Y_{УГВ}^* + E,$$

где $Y_{УГВ}$ – приток от УГВ и по толще зоны аэрации со стороны, мм;

P – естественные атмосферные осадки, мм;

M – искусственные осадки (полив), мм;

O – дренажный сток, мм;

$Y_{УГВ}^*$ – стоки в УГВ при дождевании, мм;

E – суммарное испарение, мм.

Б. С. Маслов [11] отмечал, что водный баланс представляет собой количественную характеристику и определяется разностью притока и оттока воды в грунте мелиорируемого участка за некоторый промежуток времени. Положительную составляющую водного баланса представляют приток грунтовых ($\Pi_{г}$, м³/га), напорных ($\Pi_{н}$, м³/га) и поверхностных ($\Pi_{п}$, м³/га) вод, атмосферные осадки (P , м³/га), конденсация влаги на поверхности и в почве (K , м³/га). Отрицательную составляющую представляют поверхностный сток (C , м³/га), сток грунтовых вод за пределы участка ($O_{г}$, м³/га) и суммарное испарение ($E_{с}$, м³/га).

Б. С. Маслов утверждал, что согласно закону сохранения вещества, в частности воды, за сравнительно большой по протяженности период времени баланс между притоком и оттоком воды на осушаемом массиве будет равен нулю. При сравнительно непродолжительных периодах (декада, месяц либо вегетационный период) данное утверждение неверно и баланс между приходом и расходом будет равен:

$$\Delta W = W_1 - W_2,$$

где ΔW – изменение запасов влаги за определенный период у поверхности, в почве и в слое, занятом грунтовыми водами, м³/га;

W_1 – запасы влаги в начале расчетного периода, м³/га;

W_2 – запасы влаги в конце расчетного периода, м³/га.

При определении ΔW (м³/га) уравнение водного баланса для осушаемого массива или его части можно представить в следующем виде:

$$\Delta W = (\Pi_{\text{п}} + P + \Pi_{\text{н}} + \Pi_{\text{г}} + K) - (C + O_{\text{г}} + E_{\text{с}}).$$

Также, по соображениям В. Н. Кровопусковой, А. И. Дунаева [12], при определении и режима орошения на осушительно-увлажнительных системах необходимо использовать уравнение водного баланса с разбивкой вегетационного периода на декады. Расчет режима орошения сельскохозяйственных культур (поливных, оросительных норм и сроков поливов) осуществляют, беря за основу динамику влагозапасов в почвогрунте. На основе уравнения водного баланса объем запаса влаги в корнеобитаемом слое почвогрунта в конце каждой расчетной декады $W_{\text{к}}$, м³/га, определяется по зависимости:

$$W_{\text{к}} = W_{\text{н}} + E_{\text{г}} + P_{\text{и}} - E + \Delta W,$$

где $W_{\text{н}}$ – запас влаги в корнеобитаемом слое почвогрунта в начале расчетной декады, м³/га;

$E_{\text{г}}$ – подпитка корнеобитаемого слоя грунтовыми водами, м³/га;

$P_{\text{и}}$ – атмосферные осадки для года расчетной обеспеченности, м³/га;

E – суммарное испарение (водопотребление сельскохозяйственной культуры) за расчетный период – декаду, м³/га;

ΔW – запас влаги в слое прироста корневой системы за расчетную декаду, м³/га.

Запас влаги в корнеобитаемом слое почвогрунта $W_{\text{н}}$ по каждой декаде устанавливается на основе анализа водного баланса предыдущей декады. Если в предшествующей декаде наблюдался дефицит влаги и назначался полив, то запас влаги на начало следующей декады рассчитывается с учетом поливной нормы (m) по запасу влаги конца предыдущей декады, т. е. $W_{\text{н}} = W_{\text{к}} + m$.

Согласно А. И. Голованову [13], модуль дренажного стока определяется по формуле:

$$q_{\text{др}} = \Delta W_{\text{гр}}^{\text{расч}} / 86,4 \cdot t_{\text{расч}},$$

где $q_{\text{др}}$ – модуль дренажного стока, л/(с·га);

$\Delta W_{\text{гр}}^{\text{расч}}$ – объем грунтовых вод, подлежащий отводу за напряженный период расчетного года, м³/га;

$t_{\text{расч}}$ – продолжительность расчетного периода, сут.

Ю. А. Канцбер, Л. М. Ермолина, А. И. Клишко [14] предложили два метода определения расчетного модуля дренажного стока: аналитический и эмпирический.

За основу эмпирического метода принят метод определения, основанный на использовании многолетних данных наблюдений за уровнем почвенно-грунтовых вод и дренажным стоком на осушительных системах. Например, при нахождении среднесуточного модуля дренажного стока 5–20% обеспеченности с точностью не ниже 20–25 %

(по аналогии с речным стоком) ряд наблюдений за стоком должен включать не менее 15–20 лет.

Таким образом, данные авторы утверждают, что эмпирический метод определения расчетного модуля дренажного стока дает приблизительный результат и необходима его дальнейшая теоретическая доработка.

Определение модуля дренажного стока, основанное на принципе организации нужного темпа отвода излишних водных ресурсов, применяется при аналитическом методе в работе Ц. Н. Шкинниса [15], и основывается данный метод на необходимости отвода 50 % объема стока холодного периода (зимний период и март) в весенний период за 14-дневный промежуток времени.

По высказываниям Ц. Н. Шкинниса, значение расчетного модуля дренажного стока принимается таким, чтобы обеспечивался необходимый темп снижения уровня грунтовых вод на осушительной системе в определенных геоморфологических, почвенно-климатических и других условиях. Установленный по данной методике на опытных станциях модуль дренажного стока можно использовать для проектирования мелиоративных систем (осушительных, осушительно-увлажнительных), имеющих аналогичные условия. Для осушительных систем, имеющих отличные условия формирования водного режима, модуль дренажного стока необходимо корректировать с использованием поправок, зависящих от рельефа, климата, почвы и др.

Установление расчетного модуля дренажного стока аналитическим методом, схожим с методом, которого придерживался Ц. Н. Шкиннис в своих работах, применяли ученые-мелиораторы Х. А. Писарьков, Б. Г. Гейтман, А. Н. Костяков и др.

В своей работе К. Т. Хоммик [16] рассчитывает параметры осушительных систем, в т. ч. модуль дренажного стока, на основе годовой нормы стока, которая устанавливается по картограммам для определенных объектов осушения.

Выводы. Анализируя все вышеприведенные способы и методы определения объема дренажного стока, основанные на определении расчетного модуля дренажного стока и решении уравнения водного баланса, можно сделать вывод, что различные авторы рассматривают решение общего уравнения водного баланса, баланса поверхностных вод и влаги в зоне аэрации, баланса подземных вод с различным набором составляющих водного баланса рассматриваемой мелиорируемой территории и для различных периодов (сутки, декада, месяц, сезон). Для определения расчетного модуля дренажного стока предлагаются аналитический и эмпирический методы, а также на основе годовой нормы стока, устанавливаемой по картограммам для определенных объектов осушения.

В заключение следует отметить, что основные пути повышения эффективности осушительно-увлажнительных мелиораций заключаются в усовершенствовании существующих методов расчета отводимого объема и расчетного модуля дренажного стока для осушительно-увлажнительных систем, в которых кроме естественного притока вод имеет место также и приток искусственный при увлажнении и орошении в поливной период, при различной обеспеченности осадками, в зависимости от условий, определяющих динамику этих показателей, с разработкой мероприятий по распределению водных ресурсов внутри системы.

Список использованных источников

1 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.

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

3 Щедрин, В. Н. Концептуальное обоснование разработки стратегии научно-технического обеспечения развития мелиорации земель в России / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 4(24). – С. 1–21. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec441-field6.pdf.

4 Пути совершенствования планового водопользования на оросительных системах: науч. обзор / В. Н. Щедрин, А. С. Штанько, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, С. Л. Жук, А. Е. Шепелев; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 36 с. – Деп. в ВИНТИ 03.07.14, № 194-В2014.

5 Культуртехнические работы на мелиорируемых землях: науч. обзор / О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, В. В. Слабунов, С. Л. Жук; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2012. – 24 с. – Деп. в ВИНТИ 04.07.12, № 291-В2012.

6 Мелиоративные системы и сооружения. Дренаж на орошаемых землях. Нормы проектирования: ВСН 33-2.2.03-86: введ. в действие и 01.01.87 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

7 Расчет параметров дренажа на орошаемых землях: Пособие к ВСН 33-2.2.03-86: введ. 06.07.89 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2019.

8 Канцибер, Ю. А. Оценка характеристик дренажного стока с селитебных и производственных территорий Северо-Запада России / Ю. А. Канцибер, В. И. Штыков // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 4. – С. 46–51.

9 Осушительно-увлажнительные мелиоративные системы. Правила проектирования: ТКП 45-3.04-203-2010: введ. в действие с 07.06.10. – Минск: Минстройархитектура, 2011. – 97 с.

10 Скрипник, О. В. Технология регулирования водного режима осушаемых земель / О. В. Скрипник, И. С. Сорока, В. И. Кубышкин. – Киев: Урожай, 1992. – 161 с.

11 Маслов, Б. С. Мелиорация торфяных болот: учебник / Б. С. Маслов. – Томск: Изд-во Том. гос. пед. ун-та, 2006. – 195 с.

12 Дунаев, А. И. Основы проектирования мелиоративной системы гумидной зоны: учеб. пособие / А. И. Дунаев, В. Н. Кровопускова. – Брянск: Изд-во БГСХА, 2013. – 260 с.

13 Мелиорация земель: учебник / А. И. Голованов [и др.]; под ред. А. И. Голованова. – 2-е изд. – СПб.: Лань, 2015. – 816 с.

14 Климко, А. И. Расчеты оптимальных параметров сельскохозяйственного дренажа / А. И. Климко, Ю. А. Канцебер, Л. М. Ермолина. – М.: Колос, 1979. – 143 с.

15 Шкиннис, Ц. Н. Проблемы гидрологии дренажа / Ц. Н. Шкиннис. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 347 с.

16 Хоммик, К. Т. Основы расчета осушительных систем / К. Т. Хоммик. – Таллин: БНТИ, 1966. – 280 с.

УДК 626.81

М. В. Шульгин

Информационно-аналитический центр развития водохозяйственного комплекса, Москва, Российская Федерация

А. М. Пугачева, М. В. Власенко

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

АНАЛИЗ СХЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В МЕЖЕННЫЙ ПЕРИОД И В ПЕРИОД ПОЛОВОДЬЯ

Цель исследований – анализ схем регулирования Цимлянского водохранилища в меженный период и в период половодья, которые соответствуют нормальному ре-

жиму функционирования водопользователей. Исследования проводились с использованием материалов водной стратегии РФ, схемы комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Дон, Правил использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища. Наполнение водохранилища должно быть не более 36,0 м и не менее 31,0 м и происходит в основном за счет стока талых вод весеннего половодья с территории бассейна выше г. Калача, а также за счет притока по р. Донская Царица, Карповка, Чир, Мышковка, Аксай Курмоярский, Аксай Есауловский и Цимла. Управление Цимлянским водохранилищем осуществляется по диспетчерскому графику в декадно-месячном разрезе (по декадам март – июнь, по месяцам июль – февраль). Режим работы Цимлянского гидроузла во время половодья должен быть направлен на восстановление максимального запаса воды в водохранилище, в годы с маловодной весной – до наивысшего уровня по притоку с одновременным покрытием нормального водопотребления. В зонах повышенных отдач III и IV дополнительная корректировка обеспечивает наполнение водохранилища на 1 марта до 33,8–34,1 м БС. С момента закрытия навигации в срок до 1 марта среднесуточный попуск в нижний бьеф Цимлянского гидроузла должен быть не более 600 м³/с. Потребность орошаемых земель в зоне влияния Цимлянского водохранилища зависит от весенне-летних осадков и может достигать 40–115 % от объемов, соответствующих условиям расчетного засушливого года. Ежегодное планирование количества воды для подачи на орошение и обводнение должно учитывать эти колебания.

Ключевые слова: водохранилище; диспетчерские зоны; суммарная годовая отдача; режим работы; орошаемые земли.

M. V. Shul'gin

Information and Analytical Center for Water Management System Development, Moscow, Russian Federation

A. M. Pugacheva, M. V. Vlasenko

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

REGULATION SCHEMES ANALYSIS OF THE TSIMLYANSKY RESERVOIR IN LOW STREAMFLOW AND HIGH WATER PERIODS

The purpose of the research is to analyze the regulation schemes of the Tsimlyansk reservoir during the low-water and high water periods which correspond to the normal mode of functioning of water users. The studies were carried out using materials of the water strategy of the Russian Federation, schemes for the integrated use and protection of water bodies in the river Don basin, Rules for Water Resources Use of the Tsimlyansk reservoir. The filling of the reservoir should be no more than 36.0 m and not less than 31.0 m and occurs mainly due to the snow runoff in spring flood from the territory of the basin upstream Kalach, as well as due to the inflow along the rivers Don Tsaritsa, Karpovka, Chir, Myshkovka, Aksay Kurmoyarsky, Aksai Esaulovsky and Tsimla. Management of the Tsimlyansk reservoir is carried out according to the control schedule in a ten-month section (for decades March – June, for months July – February). The operating mode of the Tsimlyansk waterworks facility during floods should be aimed at restoring the maximum supply of water in the reservoir, in the years with a low water spring – to the highest level of inflow with simultaneous coverage of normal water consumption. In the zones of increased annual yields III and IV, additional adjustment ensures that the reservoir is filled on March 1 to 33.8–34.1 m BS. From the moment navigation is closed by March 1, the daily average discharge to the lower pool of the Tsimlyansk waterworks should be no more than 600 m³ per s. The demand for irrigated lands in the zone of influence of the Tsimlyansk reservoir depends on spring-summer rainfall and can reach 40–115 % of the volumes corresponding to the conditions of the estimated dry year.

The annual planning of the amount of water to be supplied for irrigation and watering should take these fluctuations into account.

Key words: reservoir; control zones; total annual yield; mode of operation; irrigated lands.

Введение. В бассейне р. Дон определяющую роль в производстве валового регионального продукта играют промышленность и сельское хозяйство. Развитие сельского хозяйства здесь опирается на использование высокого плодородия черноземов, в южных частях с использованием орошения земель. Реализация потенциала развития экономики региона осуществляется в рамках инновационного сценария социально-экономического развития и опирается на повышение эффективности использования природных ресурсов, на модернизацию добывающих и обрабатывающих отраслей промышленности и сельского хозяйства. На текущий момент в бассейне р. Дон необходим пересмотр подходов к задачам обеспечения водными ресурсами в условиях происходящих климатических изменений и нарастающих антропогенных нагрузок на экосистемы, корректировка основных проблем водосбора и мероприятий, ориентированных на поддержание устойчивого социально-экономического развития и экологического баланса [1–3].

Актуальность исследований заключается в том, что территория бассейна р. Дон испытывает дефицит водных ресурсов, при том что речной сток формируется преимущественно за счет таяния снега весной, изменчив и характеризуется высоким непродолжительным половодьем, от чего зависят межгодовые колебания объема стока. Водообеспечение региона решается с помощью гидротехнического строительства, а также зарегулирования стока рек с аккумуляцией воды в водохранилищах. В связи с приоритетом водоснабжения в водохозяйственном комплексе населенных пунктов и орошения необходимо многолетнее и сезонное регулирование стока, в т. ч. Цимлянского водохранилища, которое имеет большое народно-хозяйственное значение.

Материалы и методы. Так как целью исследований явился анализ схем регулирования Цимлянского водохранилища в меженный период и в период половодья, которые соответствуют нормальному режиму функционирования водопользователей, то для достижения этой цели были использованы материалы Правил использования водных ресурсов Цимлянского водохранилища, которые регламентируют использование водных ресурсов и режимы работы гидроузла водохранилища при нормальной эксплуатации.

Проводимые исследования способствуют решению вопросов сохранения водного баланса на территории бассейна р. Дон. Использование материалов водной стратегии РФ, схем комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Дон, а также других электронных ресурсов, научных исследований представляет логическое обобщение опыта и общественной практики, отражающих закономерности развития природы и общества [4–10].

Результаты и обсуждения. Научная новизна исследований состоит в том, что рассмотренные схемы регулирования работы Цимлянского водохранилища при изменении водохозяйственной обстановки в бассейне р. Дон способствуют восстановлению максимального запаса воды в водохранилище с одновременным обеспечением гарантированного водопотребления.

Цимлянское водохранилище расположено в пределах Волгоградской и Ростовской областей и является одним из крупнейших искусственных водоемов РФ. Водосборный бассейн водохранилища находится в лесостепной, степной и полупустынной зонах. Большие орографические элементы территории, которые прилегают к водохранилищу, – это Доно-Донецкая равнина, Восточно-Донская гряда, Приволжская и Ергенинская возвышенности, долины Среднего и Нижнего Дона. По морфометрическим характеристикам водохранилище делится на участки: Калачевский (от устья р. Иловли до х. Логовского), Чирский (от х. Логовского до х. Ильмень-Суворовского), Централь-

ный (между сужениями у х. Ильмень-Суворовского и х. Кривского), Приплотинный (от х. Кривского до плотины) (рисунок 1) [11].



Рисунок 1 – Районирование по морфометрическим характеристикам акватории Цимлянского водохранилища [11]

Зона подтопления сильнее развита на левом берегу Дона. Борта водохранилища в пределах подпора сложены коренными и четвертичными слабопроницаемыми породами. Это песчано-глинистые разности, песчано-глинистые толщи пород озерно-аллювиального и аллювиального происхождения.

Наполнение водохранилища не должно превышать 36,0 м, не должно снижаться ниже 31,0 м и происходит преимущественно за счет стока талых вод весеннего половодья с территории бассейна выше г. Калача, а также за счет притока по р. Донская Царица, Карповка, Чир, Мышковка, Аксай Курмоярский, Аксай Есауловский и Цимла. Внутригодовое распределение стока неравномерно. Суммарный среднегодовой сток боковых притоков водохранилища достигает $1,1 \text{ км}^3$, в маловодные годы снижается до $0,2 \text{ км}^3$.

В створе Цимлянского гидроузла площадь водосбора составляет 60 % от водосборной площади всего бассейна р. Дон (255 тыс. км^2). Полезный объем равен $11,54 \text{ км}^3$. Площадь зеркала водохранилища при нормальном подпорном уровне (НПУ) достигает 2702 км^2 , полная емкость при форсированном подпорном уровне – $28,7 \text{ км}^3$, при уровне мертвого объема – $11,68 \text{ км}^3$. Водопользование населения обеспечивается при любых запасах воды в водохранилище и независимо от условий водности.

Из Цимлянского водохранилища снабжается водой Волго-Донской судоходный канал (ВДСК) насосными станциями объемом $309 \text{ млн м}^3/\text{год}$. Донской магистральный

канал (ДМК), размещенный на левом берегу Цимлянского гидроузла, обеспечивает самотечную подачу 250 м³/с воды на орошение земель Нижнего Дона. Крупнейший массив орошения из ДМК в бассейне Дона расположен в Ростовской области (около 250 тыс. га земель).

По диспетчерскому графику управление водохранилищем осуществляется в декадно-месячном разрезе (по декадам март – июнь, по месяцам июль – февраль). Выделяют диспетчерские зоны повышенных отдач, нормальной отдачи и сниженных отдач I и II. Зона нормальной отдачи обеспечивает отдачи, которые соответствуют нормальному режиму функционирования водопользователей. Следующие зоны сравниваются с зоной нормальной отдачи. В зоне сниженной отдачи I водопотребление на нужды орошения и прудовой аквакультуры снижается на 25 %, а величина судоходного попуска соответствует 340 м³/с. В зоне сниженной отдачи II водопотребление на нужды орошения и прудового рыбного хозяйства снижается на 35 %, величина санитарного попуска снижается до 150 м³/с, судоходные попуски прекращаются. В зонах повышенных отдач I и II санитарный попуск – 330 м³/с. В зоне повышенной отдачи III фактически назначаемая величина отдачи на нижней границе зоны соответствует нормальной отдаче и отмечается повышенный санитарный попуск 330 м³/с, на верхней границе – 600 м³/с. В зоне повышенной отдачи IV фактически назначаемая величина отдачи составляет 600 м³/с, при превышении отметки НПУ избыток воды используется для увеличения энергетического попуска, при превышении расхода свыше 1100 м³/с избытки стока сбрасываются через водосливную плотину.

Структура суммарной годовой отдачи Цимлянского водохранилища в зонах нормальной отдачи, сниженной отдачи I и II представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Структура суммарной годовой отдачи Цимлянского водохранилища

Зона	Все виды водоснабжения	Орошение	Наполнение прудов и водохранилищ рыбхозов	Попуск из ДМК	Шлюзование ВДСК	Попуск в нижний бьеф
Нормальной отдачи	3	10	0	2	1	84
Сниженной отдачи I	4	12	0	3	1	80
Сниженной отдачи II	6	14	0	4	2	74

Наибольшая отдача приходится на попуски в нижний бьеф. Для зоны нормальной отдачи на попуск в нижний бьеф приходится 84 % от общего забора воды, на втором месте орошение (10 % для зоны нормальной отдачи). Все виды водоснабжения, наполнение прудов и водохранилищ, потери по каналу составляют 3 % от суммарной отдачи. При попадании в зону сниженных отдач сокращения отдачи происходят главным образом за счет судоходных попусков. Для зоны сниженной отдачи I величина попуска в нижний бьеф соответствует гарантированному попуску в 340 м³/с.

Потребность орошаемых земель в зоне влияния Цимлянского водохранилища зависит от весенне-летних осадков и может достигать 40–115 % от объемов, соответствующих условиям расчетного засушливого года. Ежегодное планирование количества воды для подачи на орошение и обводнение должно учитывать эти колебания.

Регулирование Цимлянского водохранилища в межень период производится по следующим схемам. В зонах повышенных отдач III и IV дополнительная корректировка обеспечивает наполнение водохранилища на 1 марта в диапазоне 33,8–34,1 м БС. С момента закрытия навигации в срок до 1 марта среднесуточный попуск в нижний бьеф Цимлянского гидроузла не должен превышать 600 м³/с. При необходимости в конце водохозяйственного года совершается корректировка отдачи из водохранилища для обеспечения его наполнения на 1 марта не выше 33,8–34,1 м БС. При угрозе преждевременного опорожнения водохранилища санитарный попуск в нижний бьеф Цимлянского гидроузла снижается до 100 м³/с с учетом фильтрационных вод.

В период половодья Цимлянское водохранилище регулируют согласно правилам пропуска половодья через сооружения Цимлянского гидроузла, которые учитывают состояние в водохранилище резерва воды перед половодьем, потребность в воде обслуживаемых водопользователей. Рабочие правила пропуска половодья корректируются по мере развития половодья: при подъеме уровней водохранилища до 33,5–34,0 и 35,0 м БС и после прохождения пика половодья.

Сроки перехода Цимлянской ГЭС на работу с повышенной нагрузкой устанавливаются в зависимости от ожидаемого объема относительных избытков весеннего притока. Если при круглосуточной работе Цимлянской ГЭС с максимальной нагрузкой с начала половодья ожидаемый объем весеннего стока больше, чем необходимо для наполнения водохранилища до НПУ, то после 1 марта может быть допущена усиленная предполоводная сработка водохранилища. То есть ГЭС переводится на круглосуточную работу. Минимальный предвесенний уровень водохранилища при этом должен быть не ниже 32,0 м БС.

Режим и размер холостых сбросов должен приниматься в зависимости от фактического наполнения водохранилища, прогнозируемого объема и формы гидрографа остающейся части половодья, чтобы график сбросных расходов соответствовал потребностям водопользователей в нижнем бьефе, с учетом максимальных расходов. Если прогнозируется высокое половодье (при объеме свыше 30 км³), то в целях уменьшения затоплений на Нижнем Дону допускается холостой сброс из Цимлянского водохранилища начинать при наполнении его до отметки 34,0 м БС. В нормальных эксплуатационных условиях это не допускается.

При стоянии водохранилища на отметке НПУ Цимлянский гидроузел обеспечивает пропуск расхода воды, который соответствует максимальному расходу половодья с вероятностью превышения 0,1 %. В нормальных эксплуатационных условиях наполнение водохранилища сверх отметки НПУ не допускается.

Выводы. Цимлянское водохранилище имеет большое значение для повышения качества жизни населения и устойчивого экономического развития региона. Управление водохранилищем должно осуществляться в декадно-месячном разрезе (по декадам март – июнь, по месяцам июль – февраль) по диспетчерскому графику. Режим работы Цимлянского гидроузла во время половодья должен быть направлен на восстановление максимального запаса воды в водохранилище, в годы с маловодной весной – до наивысшего уровня по притоку с одновременным покрытием нормального водопотребления. В зонах повышенных отдач III и IV дополнительная корректировка обеспечивает наполнение водохранилища на 1 марта до 33,8–34,1 м БС. С момента закрытия навигации в срок до 1 марта среднесуточный попуск в нижний бьеф Цимлянского гидроузла не должен превышать 600 м³/с. В конце водохозяйственного года отдачи из водохранилища корректируются для обеспечения его наполнения на 1 марта не выше 33,8–34,1 м БС.

Список использованных источников

1 Оценка качества поверхностных вод бассейна реки Дон для обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса / А. К. Кулик, М. В. Власенко, В. В. Бородычев, Р. Н. Балкушкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 2(54). – С. 126–135.

2 Экологическая безопасность в природообустройстве, водопользовании и строительстве: оценка экологического состояния бассейновых геосистем / В. Л. Бондаренко, Г. М. Скибин, В. Н. Азаров, Е. А. Семенова, В. В. Приваленко. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ) им. М. И. Платова, 2016. – 419 с.

3 Кулик, А. К. Экология среды: ресурсы, чистота и качество природных вод Придонских песчаных массивов / А. К. Кулик, М. В. Власенко, В. И. Петров // Известия

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 4(48). – С. 105–113.

4 Водохозяйственная система сегодня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecraft.ru/articles/30>, 2020.

5 Косолапова, Н. А. Водно-ресурсный потенциал развития регионов в бассейнах рек Дон и Кубань / Н. А. Косолапова // Управление экономическими системами: электронный научный журнал [Электронный ресурс]. – 2016. – № 7(89). – С. 18. – Режим доступа: <http://uecs.ru/ekonomika-prirodopolzovaniyz/item/4019-2016-07-18-07-00-10>.

6 Данилов-Данильян, В. И. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования / В. И. Данилов-Данильян, И. Л. Хранович. – М.: Науч. мир, 2010. – 232 с.

7 Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Дон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://donbv.ru/activities/use_and_protection_don/, 2020.

8 Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 – 2020 годах»: утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2011 г. № 1316-п [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2016/403?yover=2018>, 2020.

9 Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года: утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. № 1235-п [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mnr.gov.ru/docs/strategii_i_doktriny/128717/?special_version=Y, 2020.

10 Особенности гидрологического режима Цимлянского водохранилища при климатических изменениях в бассейне Дона / Г. Н. Панин, Т. Ю. Выручалкина, М. Г. Гречушникова, И. В. Соломонова // Водные ресурсы. – 2016. – Т. 43, № 2. – С. 111–121.

11 Дандара, Н. Т. Цимлянское водохранилище на реке Дон: история создания, современное состояние и проблемы природопользования / Н. Т. Дандара, И. А. Борисова // Мелиорация и водное хозяйство: материалы науч.-практ. конф. – Новочеркасск: Лик, 2016. – С. 62–72.

УДК 626/627:519.252

А. Н. Рыжаков

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

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ДОПОЛНИТЕЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ «ПАСПОРТИЗАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ»

В статье представлены результаты работ по созданию функциональных элементов геоинформационной базы данных (ГБД) «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений». В процессе разработки функциональных элементов ГБД было установлено, что при внесении дополнительной информации можно существенно расширить спектр решаемых задач, не ограничиваясь только теми, которые возникают при проведении мероприятий по паспортизации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений. Добавление дополнительных сведений может расширить возможности анализа, позволит использовать ГБД в таких направлениях, как сбор и обработка данных по государственному мониторингу водных объектов и государственному водному реестру, мониторингу гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса, а также при проведении изысканий и проектировании. Расширение функционала ГБД может быть осуществлено при добавлении дополнитель-

ной информации – пространственной и атрибутивной, а также при внесении прочих данных – результатов геодезической съемки, трехмерных объектов, цифровых моделей рельефа, топографических карт, ортофотопланов и т. д. Управление базой данных является сложным и очень трудоемким процессом, требующим наличия специалистов, специализированного программного обеспечения и оборудования, поэтому создание отдельных автоматизированных систем сбора данных и управления может оказаться непосильной задачей. В связи с этим создание единой интегрированной ГБД мелиоративного комплекса России является более осуществимым и эффективным решением.

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, Novochoerkassk,
Russian Federation

SUGGESTIONS FOR ADDITIONAL APPLICATION OF A GEOINFORMATION DATABASE “CERTIFICATION OF RECLAMATION SYSTEMS AND HYDRAULIC STRUCTURES”

The research insights on creating functional elements of the geoinformation database (GDB) “Certification of Reclamation Systems and Hydraulic Structures” are presented. In the process of developing GDB functional elements, it was found that by introducing additional information it is possible to expand significantly the range of tasks to be solved, beyond those that arise when carrying out activities on certification of reclamation systems and hydraulic structures. The additional information can expand the possibilities of analysis, allowing the use of GDB in such fields as data collection and processing on state monitoring of water bodies and the state water registry, monitoring of reclamation complex hydraulic structures, as well as during surveys and design. The functionality of the GDB can be expanded by adding additional information – spatial and attributive, as well as by entering other data – the results of geodetic surveys, three-dimensional objects, digital elevation models, topographic maps, orthophotomaps, etc. Database management is a complex and very time-consuming process that requires specialists, specialized software and equipment, therefore, the creation of separate Computer-Assisted Acquisition and Control System can be an overwhelming task. In this regard, the creation of a single integrated GDB of the Russian reclamation complex is a more feasible and effective solution.

Key words: certification; reclamation systems; separately located hydraulic structures; geoinformation database; digital reclamation; reclamation complex.

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. были разработаны функциональные элементы геоинформационной базы данных (ГБД) «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений». Целью данной разработки является усовершенствование способа сбора, накопления, хранения и анализа сведений о мелиоративных объектах, собираемых в ходе мероприятий по паспортизации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений (ГТС), проводимых согласно Приказу Минсельхоза от 22 октября 2012 г. № 559 [1], с использованием современных технологических средств для создания ГБД и управления ими, что соответствует развитию цифровой экономики в целом [2] и информационной системы «Цифровая мелиорация» в частности [3]. Использование геоинформационных систем при проведении

паспортизации мелиоративных систем и отдельно расположенных сооружений позволит накапливать значительные объемы структурированной информации с ее отображением на цифровой картографической основе, что даст возможность сформировать банк актуальных данных и обеспечить высокую скорость доступа к нему, а наличие эффективных аналитических фильтров позволит увеличить экономическую эффективность мелиоративных мероприятий [4].

При разработке функциональных элементов ГБД было установлено, что при внесении дополнительной информации можно существенно расширить спектр решаемых задач, не ограничиваясь только теми, которые возникают при проведении мероприятий по паспортизации мелиоративных систем и ГТС.

Добавление дополнительных сведений может расширить возможности анализа, позволит использовать разработанную ГБД в таких направлениях, как сбор и обработка данных по государственному мониторингу водных объектов (ГМВО) и государственному водному реестру (ГВР) [5, 6], мониторингу ГТС мелиоративного комплекса [7, 8], а также при проведении изысканий и проектировании.

Расширение функционала ГБД может быть осуществлено в первую очередь при добавлении дополнительной информации – пространственной и атрибутивной, а также прочих данных – результатов геодезической съемки, трехмерных объектов, цифровых моделей рельефа, топографических карт, ортофотопланов, космоснимков и т. д.

Дополнительные векторные объекты (слои) могут быть следующими:

- в качестве полигонов – административные границы, границы водохозяйственных участков, территории хозяйств, водоемы;
- в качестве полилиний – дороги, водотоки, линии электропередач;
- в качестве точек – насосные станции, трансформаторы и прочие объекты инфраструктуры.

Дополнительные слои целесообразно добавлять в ГБД таким образом, чтобы они дополняли информацию, содержащуюся в атрибутивной таблице. Например, как видно из данных рисунка 1, в описательных атрибутах содержится информация о ближайшем к объекту населенном пункте, о районе местоположения объекта, о водохозяйственном участке и о водоисточнике и водоприемнике. При добавлении данных слоев значительно расширяются возможности пространственного анализа. Появляется возможность производить выборку объектов в пределах определенной территории, например внутри административного района или на территории хозяйства (рисунок 2).

Добавление атрибутивных записей объектов разработанной ГБД позволит, помимо сбора и анализа сведений паспортизации мелиоративных объектов, производить в том числе и мероприятия по ведению ГВР и осуществлению мониторинга водных объектов (МВО).

В связи с тем, что сведения, содержащиеся в технических паспортах, во многом повторяют сведения, собираемые в рамках ведения ГВР, форм МВО, в ГБД для формирования таблиц ГВР 1.1, 1.2, 2, 3 и форм ГМВО 5.1, 5.2, 5.3 необходимо добавить лишь недостающие позиции: характеристику уровня безопасности, код водохозяйственного участка водоисточника, код водохозяйственного участка водоприемника, код ОКТМО, географические координаты, код водохозяйственного участка, реквизиты акта на земельный участок под ГТС, реквизиты проектной документации, реквизиты эксплуатационной документации, особенности режима отчетного периода, данные мониторинга технического состояния эксплуатирующей организацией, дата последнего обследования ГТС органом надзора, реквизиты акта обследования ГТС, общий вывод о техническом состоянии ГТС.

Применяя инструменты формирования выходных документов используемой геоинформационной системы, можно компоновать таблицы заданного образца и формата (рисунок 3).

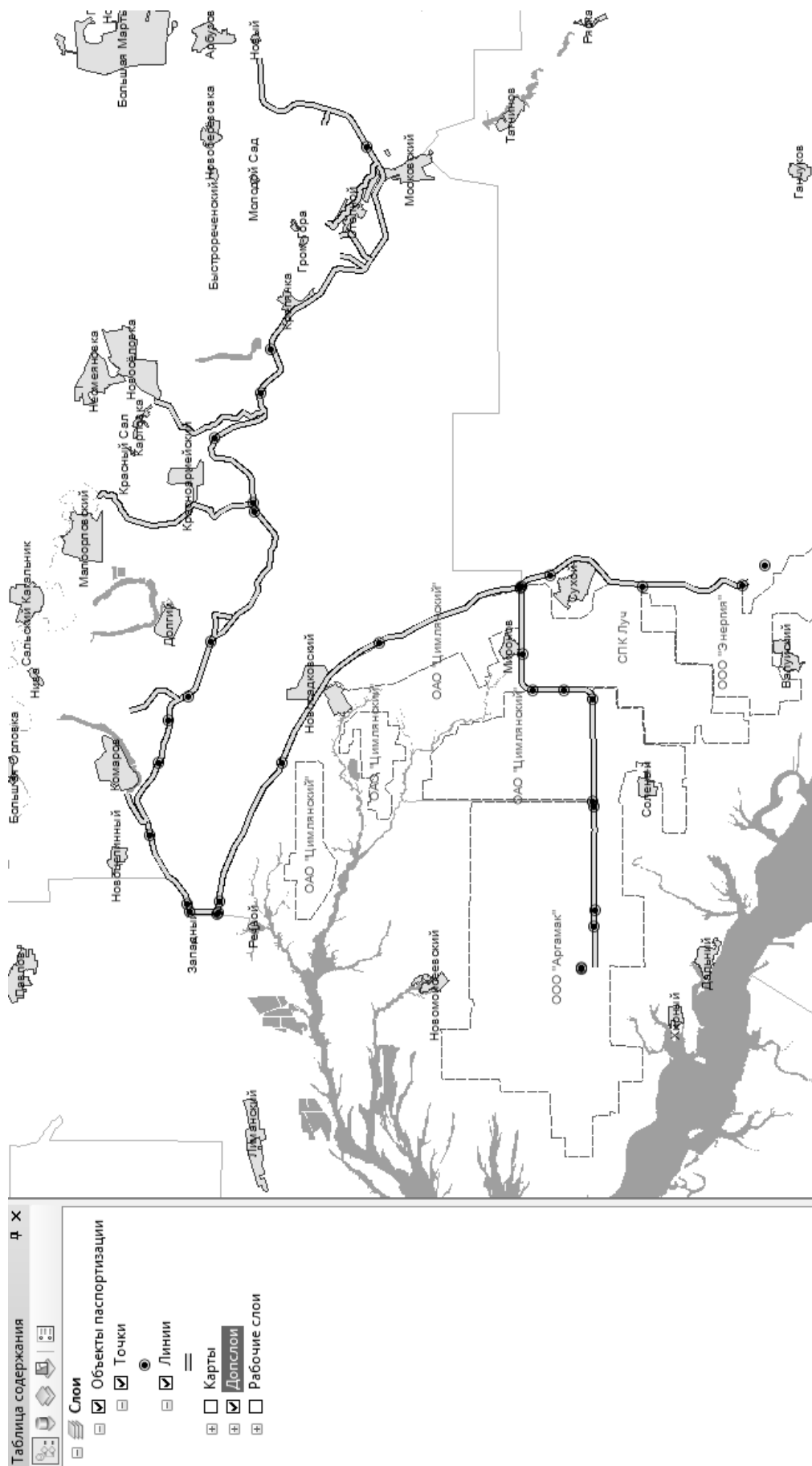


Рисунок 1 – Отображение дополнительной информации в геоинформационной базе данных



Рисунок 2 – Выборка точечных объектов (сооружений) в пределах границ Мартыновского района

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Пример формирования таблицы заданного образца												
2	Принадлежность	Код МС	Name	Код объект	Муниципа	Ближайший населенн	Дата ве	Назначение	Класс ГТС	Тип ГТС		
3	Донской МК	38_28вх	ДМК ПК622-ПК1122	38_291	Мартынов	Комаров	1958	орошение	IV	каналы и		
4					ский					дрены		
5	Донской МК	38_28вх	Отводящий тракт	38_327	Мартынов	Комаров	1958	орошение	IV	каналы и		
6			ПК751+62		ский					дрены		
7	Донской МК	38_28вх	Отводящий тракт	38_325	Мартынов	Комаров	1958	орошение	IV	каналы и		
8			ПК670+60		ский					дрены		
9	Донской МК	38_28вх	Отводящий тракт	38_326	Мартынов	Комаров	1958	орошение	IV	каналы и		
10			ПК703		ский					дрены		
11	Донской МК	38_28вх	Отводящий тракт	38_328	Мартынов	Комаров	1958	орошение	IV	каналы и		
12			ПК840+27		ский					дрены		
13	Донской МК	38_28вх	Отводящий тракт	38_329	Мартынов	Комаров	1958	орошение	IV	каналы и		
14			ПК904+36		ский					дрены		
15	Донской МК	38_28вх	Отводящий тракт	38_330	Мартынов	Комаров	1958	орошение	IV	каналы и		
16			ПК973+25		ский					дрены		
17	Донской МК	38_28вх	Отводящий тракт	<Null>	Мартынов	Комаров	1958	орошение	IV	каналы и		
18			ПК748		ский					дрены		
19	Донской МК	38_28вх	Отводящий тракт	38_331	Мартынов	Комаров	1958	орошение	IV	каналы и		
20			ПК1063+12		ский					дрены		
21	Донской МК	38_28вх	Дренажная сеть	38_308	Мартынов	Большая Мартыновка	1970	орошение	IV	Каналы и		
22			ПК1006-ПК1015		ский					дрены		
23	Пролетарская	38_14ор	Магистральный	38_182	Мартынов	Новосадковский	1960	орошение	IV	каналы и		
24			канал ПМК ПК1122-		ский					дрены		
25			ПК1425									
26	Пролетарская	38_14ор	Межхоз	38_187	Пролетарс	Сухой	1963	орошение	IV	каналы и		
27			распределитель ПР		кий					дрены		
28			-1 ПК0-ПК167+50									

Рисунок 3 – Пример выходного отчета заданного образца в формате баз данных государственного водного реестра и мониторинга водных объектов (Excel)

Помимо векторных объектов (линии, точки, полигоны), характеризующих мелиоративные сооружения, в ГБД могут быть внесены следующие объекты:

- дополнительные растровые объекты (топографические карты, ортофотопланы, космоснимки) разных дат съемки и масштабов, различной направленности, например кадастровые, исторические, локальные, специальные и др. (рисунок 4);
- трехмерные поверхности (цифровые модели или наборы данных для их создания) (могут быть использованы для целей проектирования) (рисунок 5).

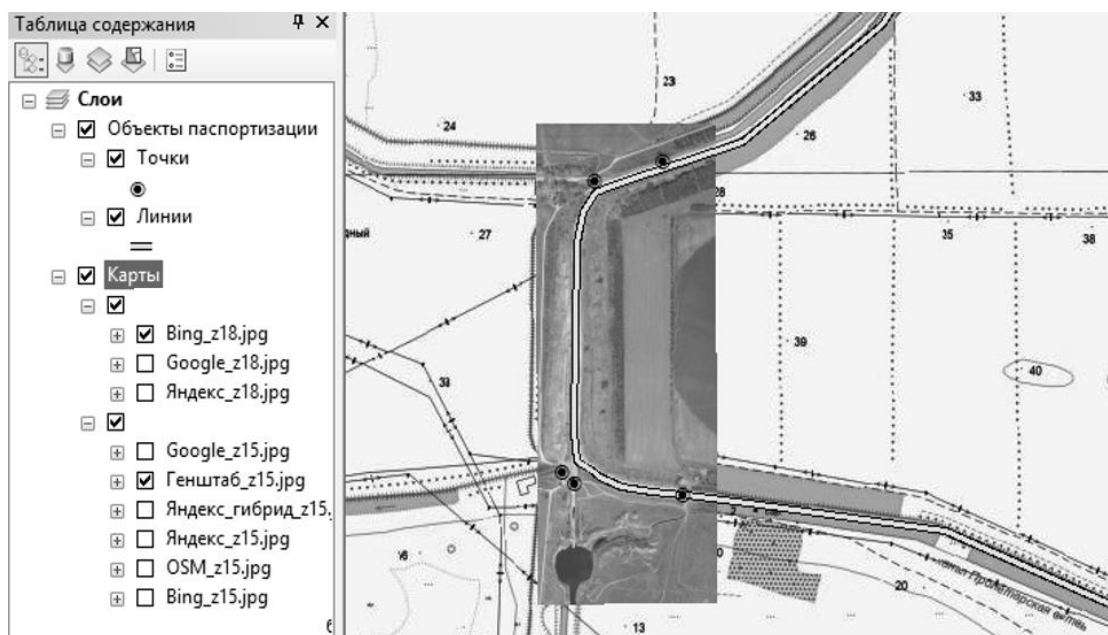


Рисунок 4 – Комбинированное использование слоев подложки и различных карт в геоинформационной базе данных

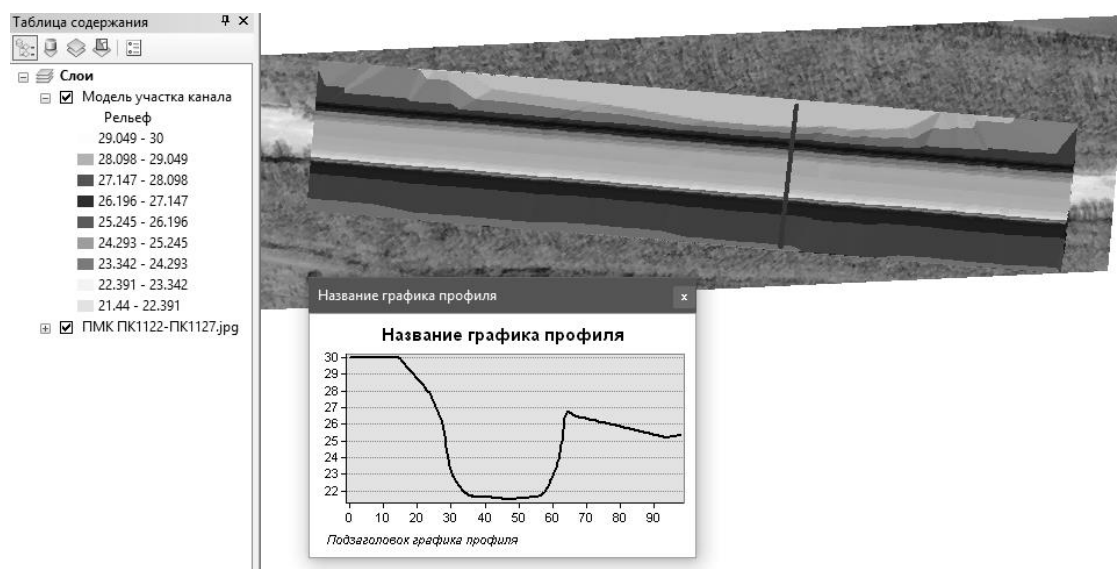


Рисунок 5 – Трехмерная модель участка магистрального канала Пролетарской оросительной системы (ПК 1122 + 70 – ПК 1127 + 70)

Управление базой данных, т. е. ее создание, наполнение и обновление, является сложным и очень трудоемким процессом и помимо прочего требует наличия специалистов, специализированного программного обеспечения и оборудования. Из этого следует, что создание отдельных автоматизированных систем сбора данных и управления по различным направлениям требует значительных средств и потому может оказаться непосильной задачей. В связи с этим создание единой интегрированной геоинформационной базы данных мелиоративного комплекса России является более осуществимым и эффективным решением, которое будет способствовать дальнейшей цифровизации агропромышленного комплекса в целом и мелиорации в частности.

Список использованных источников

1 Об утверждении Административного регламента Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по паспортизации государственных мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружений: Приказ Минсельхоза России от 22 октября 2012 г. № 559 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_145827, 2020.

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

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

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

5 Об утверждении порядка представления и состава сведений, представляемых Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, для внесения в государственный водный реестр: Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 30 ноября 2007 г. № 316 // Гарант Эксперт 2018 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2018.

6 Об утверждении форм и порядка представления сведений, полученных в ре-

зультате наблюдений за водными объектами заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, собственниками водных объектов и водопользователями: Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 6 февраля 2008 г. № 30 // Гарант Эксперт 2018 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2018.

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

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

УДК 626.823.6.004

В. М. Филимонова, М. В. Вайнберг

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

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДОУЧЕТА

В статье описаны принципы и основные схемы автоматизации водоучета для объективного и оперативного учета воды. Автоматизация водоучета сводится к автоматическому (без непосредственного участия человека) измерению и определению расхода или стока (или расхода и стока) воды в пункте измерения. Все оросительные системы можно считать однотипными объектами водоучета и автоматизации технологических процессов, для которых характерны сложность поведения (изменение одной переменной влечет за собой изменение других), нерегулярность статически распределенного во времени поступления внешних воздействий и т. д. Это требует особого подхода к изучению и проектированию автоматизированных систем управления технологическими процессами на оросительных системах. При автоматизации учета воды необходимо исходить из принципов непосредственного измерения расхода воды в пункте водоучета (без каких-либо промежуточных вычислений) или косвенного определения расхода воды в пункте водоучета (вычисление его по измеренным переменным величинам). Принцип и схему автоматизации водоучета выбирают в зависимости от типа, конструкции, особенностей режима работы пункта водоучета.

Ключевые слова: оросительная система; водоучет; автоматизация; план водопользования; диспетчерский пункт.

V. M. Filimonova, M. V. Vaynberg

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

ON ISSUE OF WATER ACCOUNTING AUTOMATION

The principles and basic schemes of water accounting automation for objective and operational accounting of water are described. Automation of water accounting is reduced to automatic (without direct human involvement) measuring and determining the flow rate or runoff (or flow and runoff) of water at the measurement point. All irrigation systems can be considered the same type of objects of water accounting and automation of technological processes, which are characterized by complexity of behavior (a change in one variable leads to a change in others), irregularity of the external influences statically distributed over time, etc. This requires a special approach to the study and designing automated process control systems for irrigation systems. When automating water accounting, it is necessary to follow

the principles of direct measurement of water flow at a water accounting station (without any intermediate calculations) or indirect estimation of water disposal at a water accounting station (calculating it by measured variables). The principle and scheme of water accounting automation is selected depending on the type, design, and features of the mode of operation of the water control station.

Key words: irrigation system; water accounting; automation; water use schedule; control station.

Важнейшим условием эффективной работы оросительных систем является объективный и оперативный водоучет. На его основе осуществляют диспетчерское управление водозабором и водораспределением, регулирование водного режима полей, наблюдение и контроль за технической эксплуатацией отдельных сооружений, участков, систем и т. д. Для совершенствования оросительных систем и изучения мелиоративного состояния земель необходим учет воды [1].

Все оросительные системы, независимо от конструктивного исполнения, назначения, размеров, организации эксплуатации, имеют ряд общих черт [1]:

- перераспределение естественной влаги, целостность, единство, т. е. функционирование их звеньев связано единым технологическим циклом;

- однотипность транспортирующих водоводов (каналы, трубопроводы), как правило, значительной протяженности и различной конфигурации, управляемых (регулируемых) сооружений и их узлов, гидромеханических установок, сооружений и устройств водоучета и контроля на водоводах;

- прямая гидравлическая связь между управляемыми объектами (а на закрытых водоводах, при малых уклонах у каналов и обратная), что делает их взаимозависимыми (через водную среду);

- расположение объектов автоматизации на открытом воздухе и подверженность их непосредственным воздействиям окружающей среды (переменная влажность, температура, запыленность);

- сравнительно редкое изменение режима работы управляемых сооружений. Однажды установленный расход водовыпуска может оставаться постоянным в течение нескольких суток согласно плану водопользования, вследствие чего к быстрдействию устройств управления, как правило, не предъявляются жесткие требования;

- между объектом управления (водозаборные узлы, водораспределительные сооружения и т. п.) и диспетчерским пунктом (ДП) происходит непрерывный обмен информацией. От объекта на ДП идет информация о состоянии объекта, исполнении команд управления, в обратном направлении – информация об управляющих воздействиях, запрос о состоянии процесса и т. п.;

- на работе водомерных сооружений, приборов и устройств водоучета сказываются (помимо запыленности, влажности, волновых процессов) деформация русла водовода вследствие размыва, отложение наносов или зарастание русла, а также неравномерность режима течения воды.

Следовательно, все оросительные системы можно считать однотипными объектами водоучета и автоматизации технологических процессов. Для всех них характерны:

- сложность поведения (переплетающиеся взаимосвязи таковы, что изменение одной переменной влечет за собой изменение других);

- нерегулярность статически распределенного во времени поступления внешних воздействий и т. д.

Это требует особого подхода к изучению и проектированию автоматизированных систем управления технологическими процессами на оросительных системах.

Первостепенное мероприятие при совершенствовании комплексной автоматизации оросительных систем – автоматизация водоучета. Поскольку водоучет является основой эксплуатации оросительных систем, то без него нельзя обеспечить плановое водопользование [2].

Объективный, оперативный водоучет с требуемой точностью измерения возможно осуществить только средствами автоматизации. В первую очередь его автоматизируют на водовыпусках, контрольных участках каналов, что резко улучшает эксплуатацию систем, сокращает непроизводительные сбросы воды без каких-либо дополнительных затрат. Максимальный технико-экономический эффект может дать лишь автоматизация всех технологических процессов на оросительной системе. Автоматизация водоучета сводится к автоматическому (без непосредственного участия человека) измерению и определению расхода или стока (или расхода и стока) воды в пункте измерения.

В основе автоматизации учета воды лежат следующие принципы [3, 4]:

- непосредственного измерения расхода (стока) воды в пункте (створе) учета (без каких-либо промежуточных вычислений). Это возможно, когда в пункте учета расход воды является функцией одной переменной, например уровня воды, открытия затвора, перепада давления. Пункты водоучета оснащают специальными устройствами – водомерами-автоматами или водомерами – авторегуляторами стабилизации выходного параметра (уровня, расхода и др.), обладающими водомерностью, или устраивают таким образом, чтобы обеспечивалась однозначная зависимость расхода воды от измеряемого параметра. Автоматизация водоучета здесь сводится к измерению параметра, по которому однозначно определяют расход воды (уровень, перепад уровней или напоров, открытие затвора-автомата и др.) в зависимости от принятого метода учета;

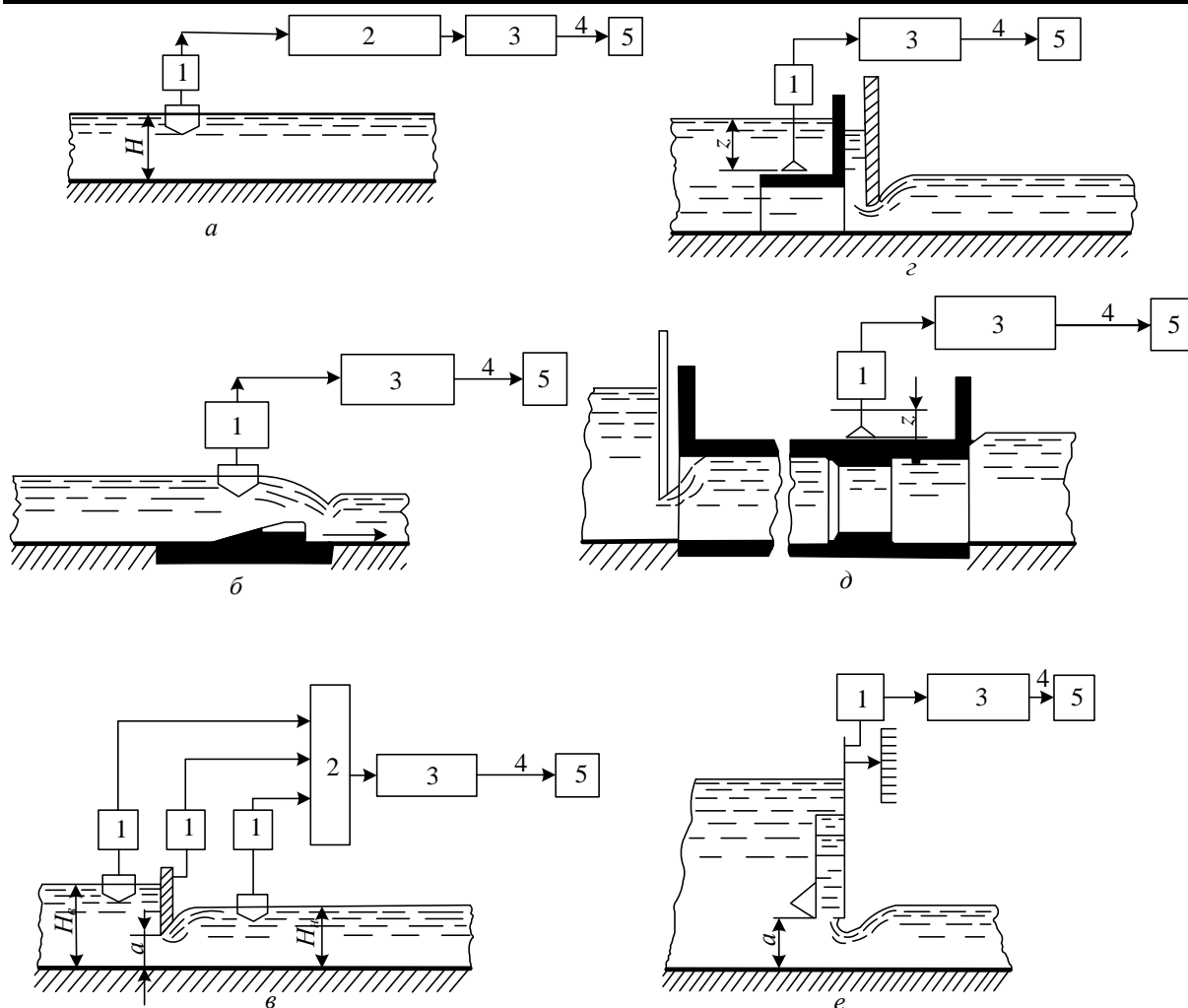
- косвенного определения расхода (стока) воды в пункте учета, т. е. вычисление его по измеренным переменным величинам (элементам живого сечения и скорости потока, высоте открытия затвора и др.). С этой целью в систему автоматизации водоучета вводят счетно-решающие устройства. Обязательное условие здесь – знание функциональных зависимостей гидравлических характеристик, например коэффициента расхода затвора от относительной высоты открытия и др.

Принцип и схему автоматизации водоучета выбирают в зависимости от типа, конструкции, особенностей режима работы пункта учета. Система автоматизации в общем случае включает [5]:

- объект учета воды (канал, трубопровод, сооружение и др.);
- первичное устройство (элемент) для измерения непосредственно расхода (стока) воды или величин, по которым определяют расход (сток), – датчик;
- вторичное устройство (элемент), выполняющее преобразование измеренных датчиком или системой датчиков величин в расход (сток) воды;
- связи между первичным и вторичным элементами устройства измерения. При телемеханизации водоучета и управления вводят еще элементы преобразования измеренных величин в сигналы (кодирование информации) с последующим раскодированием в ДП.

На оросительных системах водоучет ведут как непосредственно в русле или водоводе (источник орошения, канал, трубопровод), так и на сооружениях (водозаборные узлы, водораспределительные сооружения и др.). По конструкции сооружения (с точки зрения особенностей учета) можно разделить на открытые, диафрагмированные и трубчатые. Их оснащают средствами регулирования и учета расхода воды: обычными затворами (плоскими, сегментными и др.) с различным режимом истечения, с водомерами или без них; затворами – автоматами постоянного расхода или уровня, обладающими водомерностью. В соответствии с этим и принимают ту или иную схему автоматизации (рисунки 1).

В зависимости от типа, технической оснащенности гидрост может иметь различное насыщение средствами автоматизации. Так, если объект водоучета оборудован водомером, обеспечивающим измерение расхода без каких-либо вычислений, исключается счетно-решающее устройство. При необходимости определения стока воды в систему автоматизации учета вводят интегрирующее звено (устройство), суммирующее расход во времени, например счетчик стока и др.



a – в открытом фиксированном русле; *б* – в открытом русле, оснащенном водомером;
в – на тарифовочном сооружении; *г*, *д* – на водомерах-регуляторах; *е* – на затворе – автомате
 расхода; 1 – датчики; 2 – счетно-решающее устройство; 3 – вторичный преобразователь;
 4 – канал связи; 5 – указывающий прибор на ДП

Рисунок 1 – Основные схемы автоматизации водоучета

Система автоматизации водоучета получается тем проще и надежнее, а учет тем точнее, чем меньше переменных определяют измеряемый расход. Наиболее предпочтительны системы, в которых измеряемый расход зависит не более чем от одной-двух переменных величин.

Выводы. Все оросительные системы можно считать однотипными объектами водоучета и автоматизации технологических процессов, для которых характерны сложность поведения (изменение одной переменной влечет за собой изменение других), нерегулярность статически распределенного во времени поступления внешних воздействий и т. д. Это требует особого подхода к изучению и проектированию автоматизированных систем управления технологическими процессами на оросительных системах.

При автоматизации учета воды необходимо придерживаться принципов непосредственного измерения расхода воды в пункте водоучета (без каких-либо промежуточных вычислений) или косвенного определения расхода воды в пункте водоучета (вычисление его по измеренным переменным величинам). Принцип и схему автоматизации водоучета выбирают в зависимости от типа, конструкции, особенностей режима работы пункта водоучета.

Список использованных источников

- 1 Бочкарев, Я. В. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов в гидромелиорации / Я. В. Бочкарев, Е. Е. Овчаров. – М.: Колос, 1981. – 35 с.
- 2 Вайнберг, М. В. Водоучет на открытых каналах оросительных систем / М. В. Вайнберг // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 27–31.
- 3 Щедрин, В. Н. Основные правила и положения эксплуатации мелиоративных систем и сооружений, проведения водоучета и производства эксплуатационных работ: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов. – Ч. 1. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 395 с.
- 4 Системные принципы водоучета и управления водораспределением на оросительной сети / В. Н. Щедрин, Ю. Г. Иваненко, В. И. Ольгаренко, А. М. Жарковский, Е. Г. Филиппов. – Новочеркасск, 1994. – 235 с.
- 5 Иваненко, Ю. Г. Современное состояние проблемы водоизмерения и водоучета в открытых каналах оросительных систем / Ю. Г. Иваненко, А. А. Ткачев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2006. – № 53. – С. 101–106.

УДК 626.823.6

А. А. Чураев, Л. В. Юченко

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

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПУНКТОВ ВОДОУЧЕТА
НА ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ**

Статья посвящена организации пунктов водоучета на гидромелиоративных системах с учетом оснащения их в перспективе системой телеметрии. Целью исследований являлось рассмотрение основных этапов организации пунктов водоучета (начиная с проектирования) и условий выполнения существующих требований к ним. Сделаны следующие выводы. При организации пунктов водоучета необходимо предусмотреть несколько организационных этапов, связанных с определением структурно-технологической схемы водоучета, анализом условий выполнения основных технологических операций, а также видом водомерных сооружений. Приведенная в статье дифференциация условий применения технологических приемов, обеспечивающих первичные данные при водоучете, и дифференциация условий выполнения основных технологических операций процесса водоучета должны способствовать облегчению поставленной задачи и правильному выбору организации пунктов водоучета. Оснащение пунктов водоучета системами телеметрии с использованием совершенных средств водоучета предъявляет дополнительные требования к ним, что связано с точностью измерения, обеспечением диапазона контролируемых параметров, безотказностью работы в сложных условиях.

Ключевые слова: гидромелиоративная система; пункт водоучета; технологический прием; водомерное сооружение; измеряемый параметр.

A. A. Churaev, L. V. Yuchenko

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

**ORGANIZATION OF WATER METERING STATIONS
ON HYDRO-RECLAMATION SYSTEMS**

The article is devoted to the organization of water metering stations on hydro-reclamation systems taking into account their equipment with a telemetry system in the future.

The purpose of the research was to consider the main stages of water metering station organization (starting with design) and the conditions for fulfilling the existing requirements for them. The following conclusions were made. When organizing water metering stations, it is necessary to provide for some organizational stages related to the determination of the structural and technological scheme of water metering, analysis of the conditions for performing basic technological operations, as well as the type of water metering facilities. The differentiation of the conditions for the application of technological methods that provide initial data for water metering and the differentiation of the conditions for performing the basic technological operations of the water metering process should facilitate the task and the correct choice of water metering stations organization. The equipment of water metering stations with telemetry systems using advanced water metering equipment imposes additional requirements on them, which is associated with measurement accuracy, ensuring a range of controlled parameters and failure-free operation in difficult conditions.

Key words: hydro-reclamation system; water metering station; technological approach; water gauge facility; measured parameter.

Введение. Учет воды на гидромелиоративных системах необходим для технически грамотной организации водопользования и водораспределения. Правильно организованное расположение пунктов водоучета обеспечивает своевременную и достоверную информацию об объемах и распределении оросительных и дренажно-сбросных вод, проходящих по системе.

Пункт водоучета представляет собой устройство или водомерное сооружение на водотоке или водохозяйственной системе, оборудованное техническими средствами для проведения гидрометрических работ [1]. Пункты водоучета организуются на источниках орошения, непосредственно на сооружении или ниже по течению потока, в голове магистрального канала и его ветвях, на распределительных и межхозяйственных каналах, в точках выдела водопотребителям, на сбросных и коллекторно-дренажных каналах. На магистральных и распределительных каналах могут быть организованы контрольные и специальные пункты водоучета [2].

Исходя из рационального разделения всех видов измеряемых параметров водопользования на гидромелиоративной сети, различают два вида водоучета: технологический и коммерческий [3, 4]. Технологический водоучет осуществляют в целях оперативного управления использованием и распределением водных ресурсов между водохозяйственными системами, хозяйствами-водопользователями и бригадными участками и контроля за их использованием и распределением. Коммерческий водоучет проводят с целью определения количества воды, взятого из источника орошения и поданного потребителю в заданные сроки и заданным расходом.

Материалы и методы. Организация пунктов водоучета начинается с проектной документации. Проектирование пунктов водоучета на гидромелиоративных системах должно предусматривать несколько теоретических этапов-разработок, таких как [5]:

- определение структурно-технологической схемы водоучета;
- анализ условий выполнения основных технологических операций водоучета;
- определение видов водомерных сооружений, состава измеряемых параметров и периодичности их измерения;
- выбор приборов и устройств для оснащения пункта водоучета.

Кратко по каждому этапу. Разработка структурно-технологической схемы водоучета индивидуальна для каждой конкретной мелиоративной системы из-за технических и технологических особенностей, местных условий. На рисунке 1 приведен общий вид технологической схемы процесса организации пункта водоучета на гидромелиоративной системе.

В зависимости от условий выполнения основных технологических операций процесса водоучета определяется состав пункта водоучета и требования к его оборудо-

ванию. К основным технологическим операциям, осуществляемым на пункте водоучета, могут быть отнесены операции измерения параметра, его преобразование, регистрация, а также обработка и хранение результатов измерений. Измерение параметра может быть как непрерывным, так и периодическим (дискретным). Непрерывное измерение более технологично, так как в нем отсутствуют операции управления.

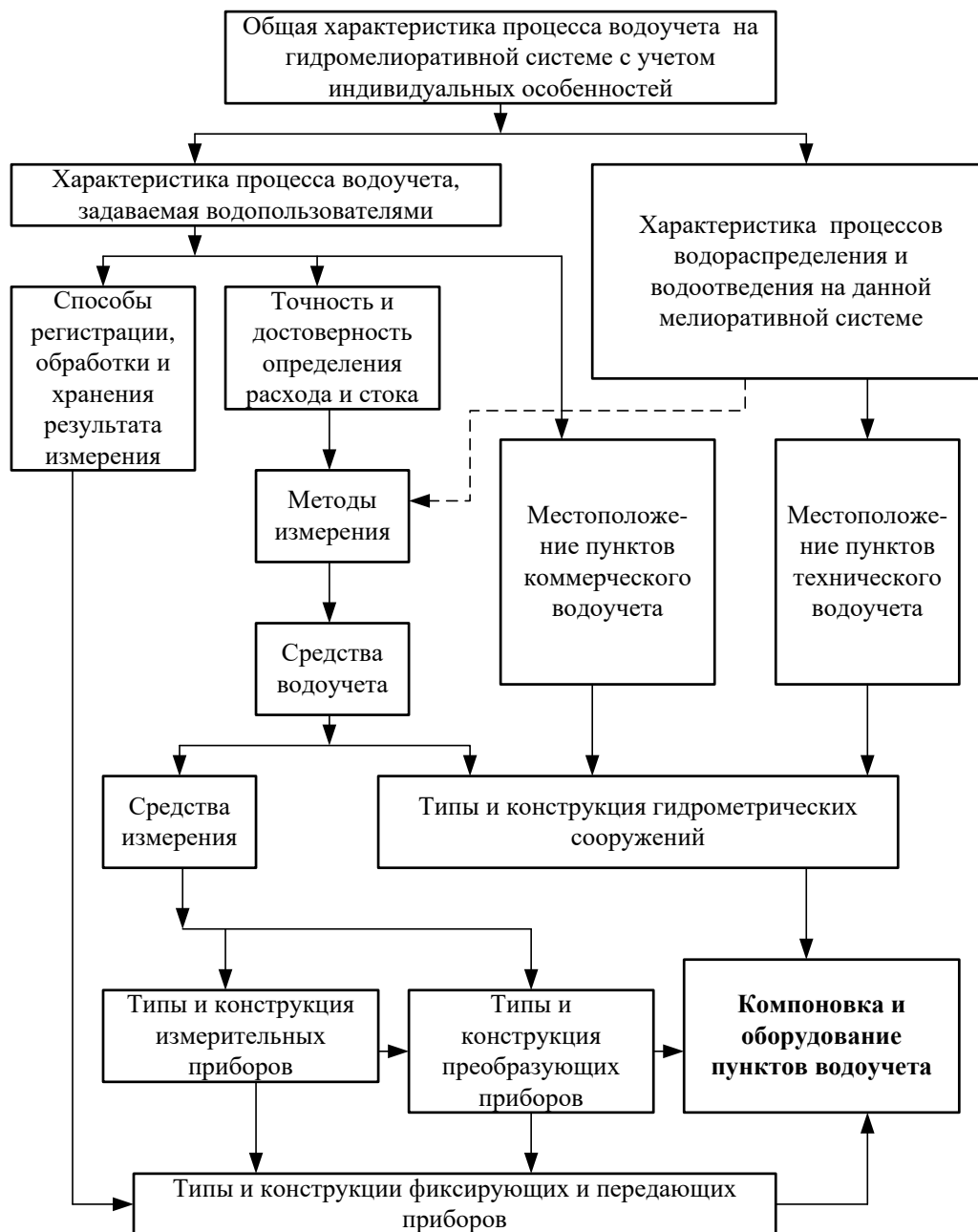


Рисунок 1 – Технологическая схема процесса организации пункта водоучета на гидромелиоративной системе

Приборы непрерывного измерения находятся постоянно под воздействием изменяемого параметра, более просты по конструкции и надежнее в эксплуатации, например мерная рейка, которая применяется на самом низком примитивном уровне водоучета. Для среднего и высокого уровня водоучета рекомендуется применять периодическое измерение параметра, такое как изохронное (через равные промежутки времени), измерение по возмущению (измерение параметра производится только при изменении его величины) и градуировочное [5]. Считается, что измерение по возмущению является более точным, поскольку прибор включается в работу только при изме-

нении параметра. Измерение по возмущению рекомендуется на среднем и высоком уровне водоучета, но имеет сравнительную сложность – наличие чувствительного датчика и не менее чувствительной аппаратуры для включения и выключения прибора. Периодическое измерение – градуировочное может применяться как при примитивном, так и при среднем уровне водоучета для периодической градуировки средств измерения с помощью приборов высокого класса [6].

Операция преобразования параметра для регистрации или обработки данных применяется в основном на среднем и высоком уровне водоучета. Регистрация и обработка результатов измерений могут осуществляться как на пункте водоучета, так и на диспетчерском пункте. В зависимости от способа регистрация может быть ручной (запись в журнале наблюдений) и автоматической (запись данных в табличной, графической форме и на магнитных или электронных носителях).

Преобразование для передачи на расстояние применяется только при высоком уровне водоучета, когда регистрация и обработка полученной информации ведутся на центральном диспетчерском пункте. Хранение результатов измерений и их обработка могут осуществляться на пункте водоучета или диспетчерском пункте.

Условия применения технологических приемов и операций могут меняться в зависимости от индивидуальности мелиоративной системы и особенностей местных условий, в каждом конкретном случае необходим анализ.

Дифференциация условий применения технологических приемов, обеспечивающих формирование устойчивости структуры потока для получения первичных данных при водоучете, приведена в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Дифференциация условий применения технологических приемов

Технологический прием	Условие применения на		
	открытой сети		закрытой сети
	неподтопленной	подтопленной	
Устройство прямолинейных вставок	+	+	+
Устройство пучков труб, сотов	-	-	+
Устройство перепадов	-	+	-
Регулирование уровня в нижнем бьефе	-	+	-
Устройство фиксированных русел	+	+	-
Устройство гидрометрических лотков	+	-	-
Устройство водосливов	+	-	-
Установка сужающих устройств	-	-	+

Примечание – «+» – благоприятные условия применения данного варианта для выполнения технологической операции; «-» – неблагоприятные условия применения данного варианта для выполнения технологической операции.

Выбор водомерного сооружения (устройства) зависит от конструкции мелиоративной сети (открытой, закрытой), от направления измеряемого стока и возможности создания перепада в створе водоучета. На открытой мелиоративной сети иногда вместо специального водомерного сооружения используют любое сетевое гидротехническое сооружение, обеспечивающее стабильность измеряемых параметров. На закрытой мелиоративной сети вместо специального водомерного устройства может быть установлено средство водоучета в виде прибора или устройства.

Для водоучета на мелиоративных системах используют также специальные гидрометрические сооружения. К ним можно отнести гидропосты с фиксированным руслом, гидрометрические лотки, мерные водосливы и водомерные насадки (фиксированное русло САНИИРИ, лоток Вентури – Паршала, лоток с водосливом треугольного профиля, фиксированное русло с водосливом с тонкой стенкой, прямоугольный лоток с водосливом с тонкой стенкой, сужающее устройство конструкции УкрНИИГиМ, водомерный

сходящий насадок САНИИРИ в отдельной стенке) [4]. Общие компоновочные и конструктивные решения по сооружениям этого типа регламентируются соответствующими нормативными документами и типовыми проектами, соблюдение требований которых обеспечивает их водомерность в указанном диапазоне изменения измеряемых параметров [6, 7]. Порядок отнесения технических средств к средствам водоизмерения устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в области обеспечения единства измерений в соответствии с законодательством РФ [8].

Неспециальные сетевые гидротехнические сооружения могут обладать водомерными устройствами, когда обеспечивается жесткая стабильность параметров всех факторов, входящих в расчетную формулу. Определение измеряемых параметров и типа средств измерения зависит от конструкции сети и вида водомерного сооружения (устройства). При выборе средства измерения рассматривают совместный анализ согласованной структурно-технологической схемы водоучета и условий выполнения технологических операций для согласованного уровня водоучета. Дифференциация условий выполнения основных технологических операций процесса водоучета показана в таблице 2.

Таблица 2 – Дифференциация условий выполнения основных технологических операций процесса водоучета [2, 5]

Наименование и характеристика технологической операции водоучета	Уровень водоучета		
	примитивный	средний	высокий
1	2	3	4
Измерение параметра			
Непрерывное	+	-	+
Периодическое:			
- изохронное;	-	+	+
- по возмущению;	-	-	+
- градуировочное	+	+	-
Преобразование параметра			
Для регистрации:			
- синхронно с измерением;	-	-	+
- не синхронно с измерением	+	+	-
Для передачи:			
- синхронно с измерением;	-	-	+
- не синхронно с измерением	-	-	+
Регистрация значений параметров			
Время регистрации:			
- синхронно с измерением;	-	-	+
- не синхронно с измерением	-	+	+
Последовательность регистрации:			
- до обработки результата;	+	-	+
- после обработки результата	-	+	+
Место регистрации (на пункте водоучета):			
- наблюдателем;	+	-	-
- средством измерения;	-	+	+
- специальной арматурой	-	-	+
Место регистрации (на диспетчерском пункте):			
- специальной арматурой;	-	-	+
- общей системной аппаратурой	-	-	+
Способ регистрации (ручной):			
- запись в журнале	+	-	-

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Способ регистрации (ручной или автоматический):			
- текстовый (табличный);	-	+	+
- графический;	-	+	-
- магнитный;	-	+	+
- фотографический	-	+	+
Обработка результатов измерений			
Время обработки:			
- синхронно с измерением;	-	-	+
- не синхронно с измерением;	-	+	+
- до регистрации результата;	+	-	+
- после регистрации результата	+	-	+
Место обработки (на пункте водоучета):			
- наблюдателем;	+	-	-
- средством измерения;	-	-	+
- специальной аппаратурой	-	+	-
Место обработки (на диспетчерском пункте):			
- специальной аппаратурой;	-	-	+
- общей системной аппаратурой	-	-	+
Хранение результатов измерений и данных обработки			
Место хранения (на пункте водоучета):			
- наблюдателем;	+	-	-
- средством измерения;	-	-	+
- специальной аппаратурой	-	+	-
Место хранения (на диспетчерском пункте):			
- специальной аппаратурой;	-	-	+
- общей системной аппаратурой	-	-	+
Способ хранения (на пункте водоучета):			
- журналы наблюдений;	+	-	+
- цифропечать, графики;	-	+	+
- электронные запоминающие устройства	-	+	+
Способ хранения (на диспетчерском пункте):			
- цифропечать;	-	+	+
- электронные запоминающиеся устройства;	-	+	+
- машинная память	-	-	+
Примечание – «+» – благоприятные условия применения данного варианта для выполнения технологической операции; «-» – неблагоприятные условия применения данного варианта для выполнения технологической операции.			

Вид водомерного устройства (прибора) должен определяться уже после дифференциации условий выполнения основных технологических операций процесса водоучета с учетом применения автоматики и телемеханики.

Область измерения водомерных устройств при автоматизации и оснащении мелиоративной сети системой телеметрии должна обеспечивать определение контролируемых параметров во всем диапазоне их изменения – от минимального до максимального значения. Для гидромелиоративных систем отношение минимального расхода к максимальному для одного и того же канала или трубопровода предусматривается в пределах 1:3 – 1:6, следовательно, область измерения технических средств учета воды должна быть также в этих пределах. Водомерные устройства на гидромелиоративных систе-

мах должны работать при малых (возможно, несколько сантиметров) напорах и перепадах, не вызывая больших дополнительных потерь напора и не нарушая нормальный режим работы водотоков, беспрепятственно пропускать наносы и плавающий мусор, безотказно работать в сложных эксплуатационных условиях.

К водомерным устройствам и приборам, которые будут оснащены системами телеметрии для автоматизации технологического процесса на гидромелиоративных системах, предъявляются высокие требования [9]. Среди них: точность измерения, обеспечение диапазона контролируемых параметров, безотказность работы в сложных эксплуатационных условиях. Кроме того, при автоматизации и телемеханизации к первичным измерительным приборам предъявляются дополнительные требования:

- повышенная нагрузочная способность, позволяющая соединять эти приборы с датчиками телеизмерения, автоматического регулирования и сигнальными устройствами;
- работа в комплекте с датчиками телеизмерения без посторонних источников питания;
- минимум или полное исключение промежуточной обработки результатов измерения;
- быстрая стабилизация показаний прибора после резкого изменения величины измеряемого параметра;
- взаимоконфигурируемость и взаимозаменяемость узлов и блоков.

Выводы. Организация пунктов водоучета на гидромелиоративной системе с учетом их оснащения в перспективе системами телеметрии – ответственный и трудоемкий процесс. Систематический и точный учет воды – это одно из главных условий ее экономного использования. При организации пунктов водоучета и их проектировании необходимо предусмотреть несколько организационных этапов, связанных с определением структурно-технологической схемы водоучета, анализом условий выполнения основных технологических операций, а также видом водомерных сооружений. Дифференциация условий применения технологических приемов, обеспечивающих первичные данные при водоучете (таблица 1), и дифференциация условий выполнения основных технологических операций процесса водоучета (таблица 2) должны способствовать облегчению поставленной задачи и правильному выбору организации пунктов водоучета.

Для повышения технического уровня эксплуатации гидромелиоративных систем (автоматизации и телемеханизации) требуется широкое использование совершенных средств водоучета. При автоматизации и телемеханизации гидромелиоративных систем к первичным измерительным приборам предъявляются дополнительные требования, связанные с точностью измерения, обеспечением диапазона контролируемых параметров, безотказностью работы в сложных условиях.

Список использованных источников

- 1 ГОСТ Р 51657.1-2000. Водоучет на гидромелиоративных и водохозяйственных системах. Термины и определения. – Введ. 2001-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 12 с.
- 2 Филончиков, А. В. Технология водоучета на мелиоративных системах / А. В. Филончиков, А. Б. Маслов. – М.: Совинтервод, 1994. – 116 с.
- 3 Щедрин, В. Н. Совершенствование конструкций открытых оросительных систем и управления водораспределением / В. Н. Щедрин. – М.: Мелиорация и вод. хозяйство, 1998. – 160 с.
- 4 Филиппов, Е. Г. Гидравлика гидрометрических сооружений для открытых потоков / Е. Г. Филиппов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 288 с.
- 5 Филончиков, А. В. Технология водоучета на мелиоративных системах / А. В. Филончиков. – Кострома: КГСХА, 1997. – 156 с.
- 6 ГОСТ Р 51657.3-2000. Водоучет на гидромелиоративных и водохозяйственных

системах. Гидрометрические сооружения и устройства. Классификация. – Введ. 2000-12-14. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 6 с.

7 Проектирование водомерных сооружений и выбор средств измерения расхода и стока воды на гидромелиоративных системах: пособие к СНиП 2.06.03-85: утв. Союзводпроектотом 12.01.89. – М.: Водавтоматика, 1989. – 84 с.

8 Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ (с изменениями на 13 июля 2015 г.) // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2020.

9 Бочкарев, Я. В. Основы автоматизации и автоматизация производственных процессов в гидромелиорации / Я. В. Бочкарев, М. З. Ганкин, Е. Е. Овчаров. – М.: Колос, 1969. – 392 с.

УДК 556.164

А. В. Слабунова, А. П. Суrowикина

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

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ И СПОСОБОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИФфуЗИОННОГО СТОКА

Целью исследования являлось изучение особенностей применения различных методов и способов изучения диффузионного стока. Произведен аналитический обзор трудов отечественных и зарубежных авторов, которые ранее изучали проблему и предложили методики в данной области исследований. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны методов исследования стока с сельскохозяйственных территорий. Определены условия, необходимые для исследований поверхностного стока с земель сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: диффузионный сток; эрозия; диффузное загрязнение; методы изучения; сельскохозяйственные территории.

A. V. Slabunova, A. P. Surovikina

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

APPLICATION FEATURES OF METHODS AND WAYS OF INVESTIGATING THE DIFFUSION RUNOFF

The aim of the study was to study the features of the application of various methods and ways of investigating diffusion runoff. An analytical review of the works of domestic and foreign authors who previously studied the problem and proposed methods in this field of research was carried out. The positive and negative aspects of the ways for studying runoff from agricultural areas are considered. The conditions necessary for study surface runoff from agricultural land are determined.

Key words: diffusion runoff; erosion; diffusion pollution; ways of investigation; agricultural areas.

Введение. Наиболее опасным видом деградации земель являются эрозионные процессы, которые негативно влияют на экологическое состояние не только самих земель, но и водных объектов. Так, в Российской Федерации развитие эрозионных процессов отмечено на сельскохозяйственных угодьях Поволжского федерального округа – до 85–95 % земель, Северо-Кавказского – до 92–98 %, Центрально-Черноземного – до 53–56 % и Уральского – до 59–67 % земель [1–3].

Необходимо отметить, что диффузионный сток принято разделять на образованный

с сельскохозяйственных и с урбанизированных территорий. В данной статье будет рассматриваться только методика определения смыва с сельскохозяйственной территории.

К настоящему времени разработаны, усовершенствованы и апробированы различные методы и способы измерения водной эрозии и моделирования отдельных процессов диффузного загрязнения. Но все же общая методика исследования методов изучения диффузионного стока отсутствует. При этом исследования в области эрозии почв имеют непосредственное практическое значение и направлены прежде всего на разработку методов рационального землепользования и охраны почв.

Таким образом, целью работы является изучение особенностей применения методов и способов исследования диффузионного стока, а также определение наиболее эффективных и экономически выгодных методов определения поверхностного стока, так как сопоставить все данные крайне сложно из-за отсутствия именно общепринятых методик, специальных нормативов или ГОСТов [4, 5].

Материалы и методы. Методологической основой для написания данной статьи послужили: метод системного анализа и эмпирического обобщения; системный подход в изучении мероприятий по расчету и направлению диффузного загрязнения с сельскохозяйственных территорий; исследование работ отечественных и зарубежных авторов, ранее изучавших проблему и предложивших методики в данной области исследований (Д. Гэбриэлс [6], М. С. Кузнецов [7, 8], С. М. Васильев [9], С. А. Михайлов [10], Л. Ф. Литвин [11], И. Е. Егоров [12], Г. И. Швевс [13]).

Результаты и обсуждения. Диффузное загрязнение – это поверхностный сток в виде жидкого стока и твердых частиц (наносов), который поступает в водный объект нецентрализованно, вызывая его загрязнение. Иными словами, в отличие от точечного сброса, загрязняющего окружающую среду известным количеством загрязняющих веществ, объем диффузионного стока очень трудно рассчитать и предсказать направление распространения. Непосредственно для прогнозирования и измерения диффузного потока необходим большой объем исследований, количество исходных данных, которые не всегда оперативно можно получить.

Диффузный сток принято разделять на стекающий не только с сельскохозяйственных, но и с урбанизированных территорий. В данной статье будет рассматриваться только методика определения смыва с сельскохозяйственной территории.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующую задачу: провести аналитический обзор современных методов исследования диффузионного стока. Целесообразнее изучать данную тематику, выделив все условия, необходимые для исследований поверхностного стока с земель сельскохозяйственного назначения:

- определить преимущественно приоритетные методы исследований. Простые методы, обеспечивающие получение точных результатов, и соответствующее оборудование являются более предпочтительными;

- подобрать инструментарий, необходимый для проведения исследований. Изучение водной эрозии проводится довольно давно, но до сих пор отсутствует оборудование для изучения эрозионных процессов, которое производится на предприятиях, и исследователи вынуждены разрабатывать или изготавливать свой инструментарий или усовершенствовать ранее использовавшийся, а если изучать весь механизм процессов эрозии, потребуется более сложное оборудование;

- определить время начала полевых исследований. Так, обязательно нужно учесть, что весенний сток составляет 90–95 % общего объема стока за год. В степной и сухостепной зоне на малых водосборах основная часть стока проходит весной во время половодья, которое длится от 7 до 15 сут;

- для определения репрезентативного исследуемого участка необходимо установить характеристику природных условий района исследования:

- а) местоположение (при изучении эрозионных процессов выбираются типичные

участки склонов или площадок, в целях определения предельных проявлений эрозии желательны проведение наблюдений также на экстремальных склонах или в экстремальных условиях) [6];

б) климатические факторы (для получения данных о максимальных температурах, величине осадков, запасах воды в снеге, глубине промерзания почвы, испарении желательны иметь поблизости метеорологическую станцию или метеопост);

в) характеристика почв (данные о минеральном и гранулометрическом составе, степени литификации, структуре и текстуре горных пород, свойствах грунтов);

г) гидрогеологические условия (гидрогеологическое строение, определяемое пространственными отношениями водосодержащих пород и относительных водоупоров; гидродинамические свойства литосистемы, условия питания, движения и разгрузки подземных вод; коллективные свойства водосодержащих пород, их водопроницаемость; химический состав, температура, агрессивность подземных вод и др.);

д) описание рельефа местности с указанием отметок и уклонов поверхности земли (необходимо для составления карты исследуемого участка, чтобы в дальнейшем смоделировать процесс загрязнения).

К лабораторным методам изучения эрозии относятся прямые опыты с моделированием водно-эрозионных процессов в специальных установках, лотках. Эрозионный лоток представляет собой устройство с замкнутым циклом водопотребления, предназначенное для определения величины смыва с поверхности почвенного образца при разных характеристиках водного потока, аэродинамических, лабораторных и дождевальных установках, а также исследования эрозионной прочности почвы:

- определение противоэрозионной стойкости почв методом размыва струей воды;
- лабораторная установка для изучения миграции веществ в почвенном профиле при эрозионно-гидрологических процессах;

- принцип действия и устройство эрозионного лотка;

- искусственное дождевание в лабораторных условиях [7, 8].

Существует много разновидностей подобных установок. Можно использовать дождевальные установки, позволяющие имитировать осадки заданной интенсивности на площадке размером 1×1 м. Аналогичные дождевальные установки и стоковые площадки сконструированы в ФГБНУ «РосНИИПМ» [9].

Полевые методы изучения эрозии условно делят на естественные исследования и моделирование эрозионных процессов в поле. При моделировании и проведении разных исследований важно учесть, что основные количественные данные о скорости развития эрозии на исследуемой территории должны быть получены в реальных полевых условиях.

У полевых методов изучения поверхностного стока есть положительные и отрицательные стороны.

Метод шпилек [10]. Для того чтобы оценить плотность эрозионных процессов, используют метод шпилек, заключающийся в оценке изменения уровня поверхности земли в результате водной эрозии. Метод шпилек может оказаться весьма эффективным при оценке величины эрозии и накопления за один ливень или за весь теплый сезон года, но необходимо учитывать, что на склонах проявляются и другие процессы денудации.

Этот метод применяется не только на малых площадках, но и для оценки интенсивности эрозии по всему склону.

Метод замера объема струйчатых размывов [10]. Данная методика используется при определении объема смытой почвы за период весеннего половодья, после выпадения нескольких или одного ливня. С применением этого метода получают разность смыва почвы на склоне. Преимущества данного метода заключаются в доступности, простоте, и часто он незаменим.

Столь же очевидны и его недостатки, главный из которых – низкая точность измерений. Она обусловлена рядом обстоятельств, с учетом которых можно повысить точность данного метода.

Метод радиоизотопов [11]. Метод абсолютного датирования отложений с содержанием радиоизотопов цезия, углерода, свинца и бериллия давно используется в геологии и палеогеографии. Этот метод заключается в исследовании водной эрозии, а именно в определении скачка концентрации в почве радиоактивного изотопа цезия-137, выпадавшего после испытаний ядерного оружия (с 1955 г.) или после аварии на Чернобыльской АЭС, при которой количество изотопа во много раз превышало допустимые выпадения. Это поставило под вопрос возможность применения в настоящее время цезиевого метода при оценке концентрации смыва.

В то же время краткость периода глобальных выпадений «бомбового» цезия и особое сочетание изотопов цезия-137 и цезия-134 после Чернобыля сделали цезиевый метод незаменимым при измерении количества наносов в балках и на склонах, особенно на региональном уровне исследований.

Метод микропрофилирования [12]. Метод микронивелирования используется для повышения точности измерения, при учете разности смытого и намытого слоя почвы. Отметки поверхности земли изменяются в пределах, сопоставимых с понижением поверхности склона в результате набухания и усадки почвы, которые вызваны колебаниями влажности. Этот метод приводит к ошибкам при определении слоя смытой почвы, так как измерения могут проводиться при различной влажности грунта и требуют больших затрат на приобретение инструментов для измерений (профилографа).

Почвенно-морфологический метод [13]. Он основывается на предположении о постоянстве или закономерном изменении мощности гумусовых горизонтов на склонах, не подверженных процессам эрозии. Таким образом, данный метод может широко использоваться в районах, где преобладает мелкоконтурная пашня и вследствие этого имеется большое количество полей с границами, расположенными вдоль склонов.

Отрицательные стороны почвенно-морфологического метода заключаются в трудности практического применения метода, связанной с тем, что необходимо учитывать естественную изменчивость верхних горизонтов почвы из-за неоднородности состава отложений на поверхности, увлажнения и других факторов почвообразования; от морфологии почвенного профиля – общей мощности перегнойно-аккумулятивных горизонтов почв различных генетических типов – зависит точность результатов.

Метод короткодистанционной стереофотометрической съемки [14, 15]. При необходимости детально изучить порядок и скорость протекания эрозии на небольших площадках применяется метод короткодистанционной стереофотограмметрической съемки, позволяющий точно определить количество смытой и намытой почвы путем учета микроскопических изменений поверхности после выпадения ливня.

Съемка обладает хорошей наглядностью, высокой точностью и небольшими трудозатратами, очень высока и детальность получаемых изображений. Прибор для стереосъемки несложно изготовить вручную. Для этого необходима тренога с закрепленной панелью для размещения фотоаппаратов.

Метод стоковых площадок [16]. Стоковые площадки представляют собой изолированные от окружающей местности участки склона, оборудованные измерительными устройствами для учета стекающей с их поверхности воды. Они применяются для изучения противозерозионных процессов и стадии их влияния на поверхностный сток. Стоковые площадки могут быть постоянными и временными, т. е. убираемыми на период обработки почвы для уборки урожая.

Наиболее широко метод стоковых площадок применяют при изучении стока и смыва, он сопровождается измерениями метеорологических величин, физических свойств почвы, наблюдениями за ростом и развитием сельскохозяйственных растений, а также учетом урожая.

Положительных сторон использования данного метода огромное количество: на водосборах отбор проб производится таким образом, чтобы охарактеризовать все основные почвенные разности; измерения поверхностного стока на стоковых площадках и малых водосборах сочетаются с наблюдениями за всеми гидрометеорологическими факторами; для изучаемого объекта необходимо иметь за каждый год данные о стоке наносов и воды, а также о гидрометеорологической обстановке, запасе воды в снеге перед началом снеготаяния, ходе освобождения склонов водосбора от снежного покрова, наличии ледяной корки, глубине промерзания, ходе оттаивания и влажности почвы, количестве и интенсивности жидких осадков.

Но также присутствуют и отрицательные: часто бывает удобно исследовать не весь объем стока, а какую-то его долю, в этих случаях в измерительную систему вводят один или несколько делителей стока; измерение расхода жидкого стока производят с помощью водосливов с тонкой стенкой, гидрометрических лотков или мерных емкостей. В системе Гидрометеослужбы обычно используют метод водосливов с тонкой стенкой, позволяющий измерять расход воды с большой точностью, но при данном измерении потребуется большой расход воды с сильным напором, дабы преодолеть стенку водослива.

Выводы. Поверхностный сток с сельскохозяйственных территорий создает серьезные экологические проблемы, поскольку эти воды содержат опасные вещества (нитриты, соединения фосфора, различные примеси в виде тяжелых металлов и других стойких неорганических и органических загрязнителей).

В настоящее время разработано большое количество методов и средств измерения водной эрозии, но не все из них доступны и эффективны:

- учет эрозии по замеру струйчатых размывов дает невысокую точность измерений;
- почвенно-морфологический метод и метод шпилек узкопрофильные (возможно осуществить не во всех условиях);
- методы микронивелирования и короткодистанционной стереофотометрической съемки требуют больших финансовых затрат на приобретение инструментов, для проведения измерений;
- метод радиоизотопов до сих пор мало изучен, и его применение находится под вопросом;
- учет эрозии с помощью стоковых площадок оптимальный для использования, так как он имеет широкую область изучения, дает высокую точность измерений и не требует больших затрат на приобретение инструментов измерения.

Анализируя вышеизложенные изученные ранее методы исследования, приходим к выводу, что перечисленные методы не дают возможности судить об объеме поверхностного стока талых и дождевых вод, динамике стока и самого процесса смыва почвы в связи с гидрографом стока. Эти задачи решаются на стоковых площадках, следовательно, метод стоковых площадок – оптимальный метод изучения диффузного загрязнения поверхностным стоком в условиях нашего региона и экономически наиболее целесообразный.

Список использованных источников

1 Кузнецов, М. С. Распространение эрозии почв [Электронный ресурс] / М. С. Кузнецов, А. Н. Каштанов. – Режим доступа: <https://soilatlas.ru/rasprostranenie-erozii-pochv>, 2019.

2 Сухановский, Ю. П. Методы моделирования эрозионных процессов и основы формирования противоэрозионных комплексов: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.03 / Сухановский Юрий Петрович. – Курск, 2000. – 40 с.

3 Лисецкий, Ф. Н. Ресурсы и эрозионные потери почв / Ф. Н. Лисецкий, О. А. Маринина // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 4. – С. 59–65.

4 Ананьев, Г. С. Состояние и основные проблемы стационарного изучения экзогенного рельефообразования / Г. С. Ананьев // Экзогенные процессы и окружающая среда. – М.: Наука, 1990. – С. 38–48.

5 Бутаков, Г. П. Основные задачи изучения современных экзогенных процессов / Г. П. Бутаков // Географические системы: проблемы моделирования и управления. – Казань: Изд-во Каз. ун-та, 1987. – С. 10–13.

6 Гэбриэлс, Д. Определение потерь почвы и экспериментальные исследования / Д. Гэбриэлс, Дж. Плой // Эрозия почвы. – М.: Колос, 1984. – С. 96–155.

7 Кузнецов, М. С. Эрозия и охрана почв: учебник / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, КолосС, 2004. – 352 с.

8 Кузнецов, М. С. Физические основы эрозии почв: учеб. пособие / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов, Е. Ф. Зорина. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 95 с.

9 Ляшков, М. А. Обоснование распределения дождевальных аппаратов с учетом характеристик дождя / М. А. Ляшков, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 1(69). – С. 122–126.

10 Литвин, Л. Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России / Л. Ф. Литвин. – М.: Академкнига, 2002. – 255 с.

11 Ларионов, Г. А. Эрозия и дефляция почв / Г. А. Ларионов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. – 200 с.

12 Михайлов, С. А. Диффузное загрязнение водных экосистем. Методы оценки и математические модели: аналит. обзор / С. А. Михайлов; СО РАН, ГПНТБ, Ин-т вод. и экол. проблем. – Барнаул: День, 2000. – 130 с.

13 Швецс, Г. И. Формирование водной эрозии стока наносов и их оценка: на примере Украины и Молдавии / Г. И. Швецс. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 184 с.

14 Егоров, И. Е. Применение наземной стереосъемки для изучения поверхностного смыва / И. Е. Егоров // Количественный анализ экзогенного рельефообразования. – Казань: Изд-во Каз. ун-та, 1987. – С. 56–60.

15 Заславский, М. Н. Эрозиоведение / М. Н. Заславский. – М.: Высш. шк., 1983. – 320 с.

16 Методика дождевания стоковых площадок для исследования эрозионных процессов / Ю. П. Сухановский, А. И. Санжаров, О. Г. Чуян, Е. П. Проценко, Н. В. Рязанцева, А. А. Проценко, С. С. Балабанов, В. Б. Горин. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2005. – 30 с.

УДК 631.587:633.853.52

М. Н. Лытов

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

АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ СОИ В СВЯЗИ СО СПЕЦИАЛИЗАЦИЕЙ ПРОИЗВОДСТВА

Цель исследований – оценка фитоценологических и агробиологических особенностей развития сои при орошении дождеванием и капельным способом. Особенностью проводимой работы является предметность проводимых оценок, их совокупного использования для оптимизации производства при разной специализации. Объект исследований – орошаемые агрофитоценозы сои при осуществлении поливов разными способами. Предметом исследований являются закономерности роста и развития сои, формирования агрофитоценоза, структуры урожая, воспроизводства семян. Исследования показали, что использование капельного орошения при возделывании сои обеспечивает статистически доказанное и практически значимое повышение всхожести семян, а также сохранности взойшедших растений в течение вегетационного периода.

Наибольший эффект в этом плане получен в вариантах, где поливы проводили из расчета увлажнения слоя почвы 0,3 м в период от посева до получения всходов и ближайший послевсходовый период. Повышая всхожесть, сохранность растений и обеспечивая тем самым более высокую плотность посева при равных нормах высева, капельное орошение оказывает существенное влияние на формирование структуры растения и урожая. При капельном орошении увеличивается сбор семян с одного растения, с площади посева, существенно возрастает коэффициент воспроизводства посевного материала. В совокупности полученные результаты позволяют рассматривать капельное орошение как эффективный способ полива при производстве семян сои.

Ключевые слова: соя; агрофитоценоз; дождевание; капельное орошение; структура урожая; воспроизводство семян.

M. N. Lytov

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

AGRIBIOLOGICAL ADVANTAGES OF DRIP IRRIGATION OF SOYA IN CONNECTION WITH PRODUCTION SPECIALIZATION

The purpose of the research is to assess the phytocenotic and agrobiological features of soybean growth by sprinkling and drip irrigation. A feature of the work carried out is the assessments objectification, their complex use to optimize production for different specializations. The object of research is the irrigated soybean agrophytocenoses during irrigation in different ways. The subject of research is the regularities of soybean growth and development, the formation of agrophytocenosis, yield formula, and seed reproduction. Studies have shown that the use of drip irrigation for soybean cultivation provides a statistically proven and practically significant increase in seed germination, as well as the sprouted plants viability during the growing season. The greatest effect in this regard was obtained in the cases where irrigation was carried out based on calculation of 0.3 m soil layer moistening during the period from sowing to sprouting and the nearest post-emergence period. Increasing the germination capacity, plant viability and thereby ensuring a higher sowing density with equal seeding rates, drip irrigation has a significant effect on the formation of the plant structure and yield. With drip irrigation, the seed collection from one plant increases, from the sowing area, the reproduction rate of the sowing material significantly rises. Taken together, the results obtained allow consider drip irrigation as an effective method of irrigation in the soybean seeds production.

Key words: soybeans; agrophytocenosis; sprinkling; drip irrigation; yield formula; seed reproduction.

Введение. Последние два десятилетия в России ознаменованы наиболее активным практическим освоением технологий капельного орошения. За это время существенно трансформировались стратегии применения капельного орошения в сельскохозяйственном производстве, расширен спектр орошаемых таким способом культур [1–3]. Перспективы использования капельного способа орошения при выращивании сои подтверждены экспериментально [4–8], получены данные о практической реализуемости технологии, повышении уровня биологической и семенной продуктивности посевов, возможности экономного использования водных ресурсов и оптимизации режима минерального питания. Наряду с этим нельзя не учитывать, что используемые элементы технической системы при капельном орошении имеют большую стоимость, это увеличивает цену полива в сравнении с другими способами орошения. Технология требует дополнительных затрат, связанных с необходимостью ежегодного монтажа и демонтажа системы, существенно возрастают требования к качеству водоподготовки, требуют доработки элементы

агротехники сои при капельном орошении [9]. При этом эффективность капельного орошения сои существенно зависит и от специализации ее производства. Ведь сою используют на зеленую массу и для производства высокобелкового концентрированного корма, для производства товарного пищевого зерна, требуется организация производства высококачественного посевного материала. Целью настоящего исследования является оценка фитоценологических и агробиологических особенностей развития сои при орошении дождеванием и капельным способом, определяющих преимущества применения этих способов орошения в связи со специализацией производства.

Материалы и методы. В основу рабочей гипотезы исследований положено предположение о возможности изменения фитоценологических и агробиологических особенностей формирования агрофитоценоза сои при орошении дождеванием и капельным способом. Материалами исследований стали результаты собственного полевого эксперимента, реализованного в 2017–2019 гг. на сходных по составу и плодородию мелиорированных участках с организацией орошения дождеванием и капельным способом. Факторный эксперимент помимо вариантов с различными способами орошения сои (фактор А) предполагал оценку эффективной мощности расчетного горизонта увлажнения почвы в период от посева до появления всходов и ближайший послевсходовый период (фактор В) и изучение нормы высева (фактор С) как основополагающего фактора формирования агрофитоценоза в плане плотности взаимного размещения растений. К изучению были поставлены следующие варианты:

А1 – орошение сои способом дождевания (контроль);

А2 – капельное орошение;

В1 – проведение поливов в период посева – начала ветвления, ориентированных на увлажнение расчетного слоя почвы 0,3 м;

В2 – проведение поливов в период посева – начала ветвления, ориентированных на увлажнение расчетного слоя почвы 0,4 м;

В3 – проведение поливов в период посева – начала ветвления, ориентированных на увлажнение расчетного слоя почвы 0,5 м;

С1 – посев сои нормой 400 тыс. всх. сем./га;

С2 – посев сои нормой 600 тыс. всх. сем./га;

С3 – посев сои нормой 800 тыс. всх. сем./га.

Полевой эксперимент с таким сочетанием факторов был реализован в КФХ «Выборнов В. Д.». Почвы опытного участка светло-каштановые, среднесуглинистые, типичные для региона исследований. Агротехника в опытах разрабатывалась на основе действующих зональных рекомендаций с дополнением вариантами изучаемых факторов.

Результаты и обсуждение. Дождевание и капельное орошение, различия между которыми определяются способом распределения воды по орошаемому участку, оказывают существенное влияние на формирование агрофитоценозов. Кроме основной технологической функции – регулирования водного режима почвы – эти способы полива характеризуются еще целым комплексом агробиологически важных факторов, которые зачастую не учитываются, но определяют преимущества или недостатки того или иного способа полива. Важнейшей особенностью, преимуществом и недостатком дождевания является непосредственный контакт оросительной воды с вегетативной частью растений в посевах. Это определяет возможность использования данного способа полива с целью регулирования микроклимата посева, проведения различного рода некорневых подкормок, компенсации климатических рисков в период заморозков и др. Недостатками дождевания как способа орошения сельскохозяйственных культур являются неблагоприятные аспекты действия кинетической энергии капель, образование почвенной корки, временное ухудшение водно-воздушного режима почвы в результате заполнения оросительной водой порового пространства, формирование поверхностного стока, влекущее неконтролируемое пространственное перераспределение оросительной воды, увлажнение вегетативных органов растений, активирующее при определенных условиях развитие

фитопатогенной микрофлоры. Все эти факторы, безусловно, влияют на формирование агрофитоценоза как сообщества сельскохозяйственных растений. Капельное орошение по совокупности указанных факторов влияния существенно отличается от дождевания. Непосредственного контакта влаги с вегетативными органами растений при этом не происходит, что благоприятно отражается на фитосанитарном состоянии посевов. Кроме того, исключается механическое воздействие капель на вегетативные органы, кинетическая энергия которых при дождевании достигает существенных значений. Объемное растекание почвенной влаги от точечного источника предотвращает образование переуплотненных почвенных корок, облегчая формирование всходов и улучшая воздушный обмен в почве. Благоприятный водно-воздушный режим почвы сохраняется даже в процессе полива и перераспределения почвенной влаги. Однако в условиях реального производства важны не только и не столько качественные особенности применяемых способов полива, сколько количественные оценки влияния этих факторов на рост, развитие растений, формирование агрофитоценоза и хозяйственно ценной части урожая.

Исследования подтвердили существенное влияние способов полива на формирование архитектоники посева сои и эффективность использования посевного материала при различных нормах высева (таблица 1). Существенные различия в вариантах с поливом капельным способом и дождеванием были отмечены по всхожести сои, формированию плотности, а также выравненности посева. В зависимости от нормы высева при дождевании на среднем квадратном метре площади посева было получено 26–52 всхода. Как и предполагалось, большая плотность всходов была получена в вариантах с максимальными нормами высева (800 тыс. шт. сем./га). Однако пропорция между нормой высева и плотностью всходов оказалась нелинейной – максимальные показатели всхожести были получены при посеве сои нормой 400 тыс. сем./га. Всхожесть сои при такой норме высева на участках, где поливы осуществляли способом дождевания, оказалась на уровне 65,0–70,0 %. Исследования показали, что при капельном орошении формируются более благоприятные условия для получения всходов, всхожесть сои существенно возрастает. Максимальные показатели всхожести (92,5 %) на фоне капельных поливов были получены при увлажнении расчетного слоя почвы 0,3 м в вариантах с нормой высева 400 тыс. сем./га. При увеличении нормы высева всхожесть сои несколько снижалась: например, при посеве 600 тыс. сем./га всхожесть сои снижалась до 88,3 %, а при норме высева 800 тыс. сем./га составила 77,5 %.

Существенное влияние на формирование всходов сои оказала и глубина расчетного слоя увлажнения почвы, поддерживаемая в период посева – всходов и ближайший послевсходовый период. Например, в сравнении с максимальной всхожестью (92,5 %), полученной при увлажнении поливами слоя почвы 0,3 м и норме высева 400 тыс. сем./га, увеличение расчетного слоя до 0,4 м сопровождалось снижением всхожести до 82,5 %. Но наиболее неблагоприятные условия для получения всходов формировались на участках, где поливы до всходов проводились на глубину расчетного слоя 0,5 м. Всхожесть на участках этих вариантов формировалась на уровне 61,3–70,0 % и была сопоставима с результатами, полученными в вариантах с орошением способом дождевания.

Наблюдения за плотностью посева сои в динамике показали, что к уборке сохраняются не все взошедшие растения. Частично этот процесс обусловлен конкуренцией растений в отношении факторов жизни, в определенной степени – механическими повреждениями при осуществлении агротехнических мероприятий, локализацией совокупности неблагоприятных условий, отмечена связь с различиями в способах полива. Исследования показали, что при прочих равных условиях на участках с капельным орошением к уборке сохранялось больше растений сои, чем при дождевании. При норме высева 400 тыс. сем./га на фоне капельного орошения к уборке сохранялось 25–34 раст./м². При норме высева 800 тыс. сем./га эта цифра возрастала до 35–44 раст./м². На участках, где поливы проводили способом дождевания, к уборке сохранялось не более 22–38 раст./м².

Таблица 1 – Особенности формирования агрофитоценоза сои при дождевании и капельном орошении

Глубина расчетного слоя увлажнения почвы в фазе всходов, м (фактор В)	Норма высева, тыс. шт. всх. сем./га (фактор С)	Способ орошения (фактор А)						Эффективность использования посевного материала, %	
		Дождевание			Капельное орошение			Дождевание	Капельное орошение
		Взошло растений сои, шт./м ²	Всхо- жсть, %	Сохранилось растений к уборке, шт./м ²	Взошло растений сои, шт./м ²	Всхо- жсть, %	Сохранилось растений к уборке, шт./м ²		
0,3	400	28	70,0	24	37	92,5	34	60,0	85,0
	600	41	68,3	35	53	88,3	43	58,3	71,7
	800	52	65,0	38	62	77,5	44	47,5	55,0
0,4	400	27	67,5	24	33	82,5	30	60,0	75,0
	600	39	65,0	33	49	81,7	40	55,0	66,7
	800	49	61,3	35	55	68,8	40	43,8	50,0
0,5	400	26	65,0	22	28	70,0	25	55,0	62,5
	600	37	61,7	30	41	68,3	33	50,0	55,0
	800	47	58,8	33	49	61,3	35	41,3	43,8
НСР ₀₅	фактор А	1,5	1,8	1,3	1,5	1,8	1,3		1,3
	фактор В	1,8	2,2	1,5	1,8	2,2	1,5		1,6
	фактор С	1,8	2,2	1,5	1,8	2,2	1,5		1,6
	для частных средних	4,5	5,3	3,8	4,5	5,3	3,8		4,0

Таким образом, при равных затратах посевного материала существенно большее число растений к уборке сохранялось при проведении поливов капельным способом. Расчеты показывают возможность выхода до 85,0 % полностью сформированных к уборке растений от совокупного числа используемых семян сои. Этот показатель был получен в вариантах, где поливы капельным способом в период от посева до всходов проводились в слое 0,3 м, а норма высева составляла 400 тыс. сем./га.

При поливе сои способом дождевания с обеспечением прочих равных условий этот показатель был существенно ниже и не превышал 60,0 %. Однако наибольшая плотность посева сои к уборке была получена в вариантах с большей нормой высева – 600 и 800 тыс. сем./га. При этом при капельном орошении плотность посева сои в этих вариантах к уборке оказалась практически равной и составила соответственно 43 и 44 раст./м². Учитывая эти практически равные выходы и существенное повышение плотности агрофитоценоза в сравнении с нормой высева 400 тыс. сем./га, предпочтение следует отдать варианту, в котором посев проводили нормой 600 тыс. сем./га.

Исследования показали, что от способа орошения зависит не только всхожесть и пространственные характеристики агрофитоценоза, но и формирование архитектоники растения, особенности структуры урожая и урожайность. Одной из важнейших агробиологических особенностей сои является ветвление растений. При этом степень ветвления растений существенным образом варьируется в зависимости от условий выращивания, среди которых главным является плотность посева. В разреженных посевах могут формироваться сильно ветвящиеся растения сои, тогда как при высокой плотности посева растения формируются в один, главный стебель. Преимуществом последнего типа формирования соевого агрофитоценоза является высокое качество и выравненность урожая семян сои, тогда как на боковых ветвях могут наблюдаться существенные отставания в развитии и созревании семян. Приведенные в таблице 2 опытные данные показывают, что доля растений сои с ветвлением при капельном орошении и прочих равных условиях существенно ниже, чем при дождевании.

Таблица 2 – Особенности развития и формирования урожая семян сои при орошении дождеванием и капельным способом

Глубина расчетного слоя увлажнения почвы в фазе всходов, м (фактор В)	Норма высева, тыс. шт. всх. сем./га (фактор С)	Способ орошения (фактор А)					
		Дождевание			Капельное орошение		
		Доля растений сои с ветвлением, %	Число семян на растении, шт.	Урожайность, т/га	Доля растений сои с ветвлением, %	Число семян на растении, шт.	Урожайность, т/га
0,3	400	94,1	91	2,92	63,4	98	4,48
	600	43,5	71	3,34	24,4	85	4,92
	800	36,2	69	3,51	8,7	80	4,78
0,4	400	93,4	93	2,99	72,5	102	4,12
	600	47,2	74	3,29	35,4	84	4,56
	800	39,1	75	3,54	22,1	83	4,49
0,5	400	96,1	95	2,81	88,6	103	3,47
	600	48,8	78	3,12	45,7	84	3,72
	800	40,2	76	3,35	39,6	79	3,72
НСР ₀₅	фактор А	1,6	1,7	0,19	1,6	1,7	0,19
	фактор В	1,9	2,0	0,23	1,9	2,0	0,23
	фактор С	1,9	2,0	0,23	1,9	2,0	0,23
	для частных средних	4,7	5,0	0,56	4,7	5,0	0,56

В значительной степени это коррелирует с увеличением сохранности растений и повышением плотности посева сои при капельном орошении. Посевы с наименьшей долей ветвящихся растений были получены на участках, где поливы капельным способом в период от посева до всходов проводили из расчета увлажнения слоя почвы 0,3 м, а норма высева семян составляла 800 тыс. сем./га (8,7 %) и 600 тыс. сем./га (24,4 %). Эти варианты обеспечивают выход наиболее качественных семян сои. При этом наибольшая весовая урожайность семян получена при норме высева 600 тыс. сем./га и составила 4,92 т/га. Урожайность семян сои в условиях дождевания при прочих равных условиях не превышала 3,34 т/га.

При организации семенного производства особую значимость имеют показатели, характеризующие воспроизводство семенного материала. Исследования показали бесспорное преимущество капельного способа орошения в формировании посевов сои с расширенной способностью к воспроизводству семян (таблица 3).

Таблица 3 – Воспроизводство посевного материала сои при орошении дождеванием и капельным способом

Глубина расчетного слоя увлажнения почвы в фазе всходов, м	Норма высева, тыс. шт. всх. сем./га	Дождевание		Капельное орошение	
		Число вы-полненных семян на 1 м ²	Коэффициент воспроизводства посевного материала	Число вы-полненных семян на 1 м ²	Коэффициент воспроизводства посевного материала
0,3	400	2184	54,6	3332	83,3
	600	2485	41,4	3655	60,9
	800	2622	32,8	3520	44,0
0,4	400	2232	55,8	3060	76,5
	600	2442	40,7	3360	56,0
	800	2625	32,8	3320	41,5
0,5	400	2090	52,3	2575	64,4
	600	2340	39,0	2772	46,2
	800	2508	31,4	2765	34,6
НСР ₀₅	фактор А	8	1,7	8	1,7
	фактор В	10	2,1	10	2,1
	фактор С	10	2,1	10	2,1
	для частных средних	24	5,2	24	5,2

Количественные оценки формирования семян сои при различных сочетаниях изучаемых факторов приведены относительно площади посева (за единицу принята площадь в 1 м²), а также относительно затраченного посевного материала. Исследования показали, что при орошении посевов сои способом дождевания с площади 1 м² можно собрать 2090–2625 шт. некалиброванных семян. При этом для обеспечения максимальных показателей с формированием более 2600 шт. сем./м² требуется посев проводить нормой 800 тыс. сем./га. А это предполагает и повышенные расходы посевного материала, который в условиях семеноводства нередко представлен высокоценными элитными и суперэлитными семенами. Коэффициент воспроизводства семян сои в этих вариантах невелик (31,4–32,8); более того, эти варианты находятся в минимуме относительно прочих изучаемых в опыте сочетаний факторов. В вариантах с нормой высева 600 тыс. сем./га значения коэффициента воспроизводства возрастали до 39,0–41,4, а при посеве нормой 400 тыс. сем./га – до 52,3–54,6. Однако сбор семян с площади посева в этом случае минимальный – с 1 м² можно собрать не более 2090–2184 некалиброванных семян.

Выход семян при капельном орошении существенно возрастает, причем как в расчете на площадь посева, так и в отношении затраченного посевного материала. Исследо-

вания показали, что с 1 м² при капельном орошении можно собрать 2575–3655 семян сои. При этом максимальных сборов семян сои с площади посева (2772–3655 сем./м²) удалось добиться уже при норме высева 600 тыс. сем./га. А это предполагает уже и расширенное воспроизводство семян относительно расходуемого посевного материала. Коэффициент воспроизводства семян сои при капельном способе орошения достигает 83,3. Однако такой уровень был достигнут только в вариантах с нормой высева 400 тыс. сем./га. При этом с 1 м² можно собрать около 3332 некалиброванных семян сои. В вариантах с нормой высева 600 тыс. сем./га, обеспечивающих наибольший выход семян с площади посева (3655 сем./м²), коэффициент воспроизводства посевного материала составил 60,9. Это меньше, чем в вариантах с нормой высева 400 тыс. сем./га, но существенно больше в сравнении с вариантами, в которых полив осуществлялся способом дождевания.

Выводы. Использование капельного орошения при возделывании сои обеспечивает статистически доказанное и практически значимое повышение всхожести семян, а также сохранности взошедших растений в течение вегетационного периода. Наибольший эффект в этом плане получен в вариантах, где поливы проводили из расчета увлажнения слоя почвы 0,3 м в период от посева до получения всходов и ближайший послевсходовый период. При проведении поливов, ориентированных на увлажнение слоя почвы 0,5 м, эффективность капельного орошения снижается, а различия между ним и орошением способом дождевания нивелируются. Повышая всхожесть, сохранность растений и обеспечивая тем самым более высокую плотность посева при равных нормах высева, капельное орошение оказывает существенное влияние на формирование структуры растения и урожая. При капельном орошении увеличивается сбор семян с одного растения, с площади посева, существенно возрастает коэффициент воспроизводства посевного материала. В совокупности полученные результаты позволяют рассматривать капельное орошение как эффективный способ полива при производстве семян сои. Существенное (до 1,5 т/га) увеличение зерновой продуктивности сои предполагает возможность оценки эффективности капельного орошения при производстве товарного зерна. Однако при этом следует учесть возможность повышения затрат на возделывание, увеличения трудоемкости, определенных изменений в плане технологичности производства, что требует проведения дополнительных исследований.

Список использованных источников

- 1 Бородычев, В. В. Современные технологии капельного орошения овощных культур / В. В. Бородычев. – Коломна: ВНИИ «Радуга», 2010. – 241 с.
- 2 Курбанов, С. А. Влияние густоты посевов подсолнечника на его продуктивность при капельном орошении / С. А. Курбанов, Д. С. Магомедова, Л. Ю. Караева // Зерновое хозяйство России. – 2015. – № 5. – С. 53–56.
- 3 Мухортова, Т. В. Эффективность применения минеральных удобрений под арбузы при капельном орошении в условиях Северо-Западного Прикаспия / Т. В. Мухортова, А. Н. Бондаренко // Вестник Прикаспия. – 2013. – № 1(1). – С. 35–40.
- 4 Капельное орошение сои / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, А. А. Диденко, Д. А. Пахомов. – Волгоград: Панорама, 2006. – 168 с.
- 5 Кружилин, И. П. Плодородие светло-каштановых почв при водосберегающем орошении / И. П. Кружилин, А. Г. Болотин, А. А. Бекмаматов // Плодородие. – 2009. – № 6(51). – С. 34–35.
- 6 Балакай, Г. Т. Урожайность сортов сои при поливе дождеванием и системами капельного орошения в условиях Ростовской области / Г. Т. Балакай, С. А. Селицкий // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(35). – С. 80–97. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=614&id=620>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-3-80-97.
- 7 Мелихов, В. В. Возделывание сои при капельном орошении в условиях Ниж-

него Поволжья / В. В. Мелихов, Е. В. Ушакова // Плодородие. – 2013. – № 5(74). – С. 19–21.

8 Капельное орошение сои на тяжелосуглинистых почвах / А. В. Шуравилин, В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, О. А. Белик // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2009. – № 3. – С. 21–26.

9 Ольгаренко, Г. В. Развитие технологий и техники микроорошения / Г. В. Ольгаренко // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 1. – С. 17–20.

УДК 626.816(83)

О. Я. Гловацкий, Ш. М. Шарипов

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

Н. М. Исмаилов

O'ZSUVLOYIHA, Ташкент, Республика Узбекистан

А. Б. Сапаров

Mott Macdonald Temelsu, Термез, Республика Узбекистан

НОВЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ СОПРЯГАЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

В статье рассматривается часть вопросов совершенствования методов управления технологическими режимами сопрягающих сооружений насосных станций. Анализ этих методов показал, что они обеспечивают равномерную подачу насосов с различными формами транзитных и водоворотных областей и возможностью влияния на них в желательную сторону. Гидравлический процесс протекания потока в новых сопрягающих сооружениях не зависит от степени расширения потока и различных конструктивных ограничений. Полученные рекомендации применены при проектировании и эксплуатации многоагрегатных станций крупнейших каскадов насосных станций. Выход из строя насосных агрегатов по механическим причинам уменьшен на исследованных насосных станциях с новыми элементами с 48 до 39 %, по причине уменьшения уровня воды ниже нормы с 18 до 11 %.

Ключевые слова: техническое состояние; безопасность; насосные станции; сопрягающие сооружения; управление технологическими режимами эксплуатации; транзитные; водоворотные области потока.

O. Ya. Glovatskiy, Sh. M. Sharipov

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

N. M. Ismailov

“UZSUVLOYIHA” joint-stock company, Tashkent, Republic of Uzbekistan

A. B. Saparov

Company Mott Macdonald-Temelsu, Termez, Republic of Uzbekistan

NEW METHODS OF TECHNOLOGICAL MODES CONTROL OF THE PUMPING STATION TRANSITION STRUCTURES

Some issues of improving the control methods of technological modes of transition structures of pumping stations are discussed. An analysis of these methods showed that they provide a constant pump flow with various forms of transit and whirl areas and the possibility of influencing them in the desired direction. The hydraulic process of the flow in new transition structures does not depend on the degree of flow expansion and various design restrictions. The recommendations received were applied in the design and operation of multi-unit stations of the largest pumping stations cascades. The breakdown of pumping units for

mechanical reasons has been reduced from 48 to 39 % in the studied units with new elements due to decrease in water level below normal from 18 to 11 %.

Key words: technical condition, safety, pumping stations, mating structures, control of technological operating modes, transit, whirlpool flow areas.

Введение. В Постановлении Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления водными ресурсами» в целях дальнейшего совершенствования эксплуатации водохозяйственных объектов, обеспечения эффективности реализации проектов ирригации, а также развития науки в данной сфере определены главные приоритетные направления [1]. Выполнение разделов постановления, касающихся разработки научно обоснованных рекомендаций по рациональному и эффективному использованию водных ресурсов, обеспечению надежной и безопасной работы насосных станций (НС), связано с новыми методами управления технологическими режимами сопрягающих сооружений НС и может обеспечить уменьшение непроизводительных потерь и затрат электроэнергии на водоподъем. Это способствует выполнению задания по сокращению потребления электроэнергии на водохозяйственных объектах не менее чем на 10 % за счет широкого внедрения энергосберегающих и энергоэффективных технологий, а также внедрения эффективных методов регулирования режима работы НС как наиболее крупных потребителей электроэнергии.

Материалы и методы. В процессе исследования при изучении состояния сооружений и оборудования НС использованы системный анализ, математическое моделирование, статистическая обработка результатов натурных исследований, посвященных повышению эффективности эксплуатации и безопасности гидротехнических сооружений НС.

Результаты и обсуждение. Уровень технологического процесса, его совершенствование и прогрессивные изменения, связанные с разработкой принципиально новых элементов, являются предметом анализа. Вырабатываются методы управления потоком в сопрягающих сооружениях, система учета неблагоприятных факторов движения потока с переходными процессами на всех крупных гидроэнергетических системах, в первую очередь на сопрягающих сооружениях НС [2–4].

Разработка инструкций по сокращению эксплуатационных расходов на НС ведется на основе анализа безопасности и надежности эксплуатации гидротехнического узла крупных НС, эксплуатационных режимов всего узла машинного водоподъема с новыми конструкциями насосов [5–7]. При анализе методов эксплуатации технологических режимов сопрягающих сооружений НС целесообразно сконцентрироваться на элементах водоподводящего комплекса [8].

Значительное внимание необходимо уделить также связующим звеньям в работе основного насосно-энергетического оборудования и гидротехнического комплекса НС.

Развитие неблагоприятных режимов НС связано с резкими изменениями таких параметров, как расход и глубина воды [6, 7]. В зависимости от скорости потока большие колебания уровня воды вызывают серьезные проблемы кавитационного износа и повреждения оборудования НС.

Гидравлические исследования аванкамер различных типов показали влияние конструктивных соотношений площадей водоприемного фронта и отверстий всасывающих труб на образование водоворотных областей и характер их взаимодействия. Установлена количественная взаимосвязь между кинематической характеристикой потока в аванкамере и эксплуатационными показателями агрегатов [8].

Натурные исследования крупных ирригационных НС показали, что неблагоприятные условия подвода воды из аванкамеры, связанные с заилением и скоплением плавника, резко изменяют значения нижнего бьефа (рисунок 1).



Рисунок 1 – Состояние водоподводящих сооружений ирригационных насосных станций: а – заиление откосов подводящего канала; б – скопление плавника в аванкамере (фото НИИИВП)

Полученные при исследованиях выражения $q = f(t)$, $Z_{\text{нб}} = f(t)$ и $z = f(q)$ зависят от конструкции и режима гидротехнических сооружений.

Основной характеристикой движения в рассматриваемых створах является зависимость между значениями уровней z и расходов q (рисунок 2).

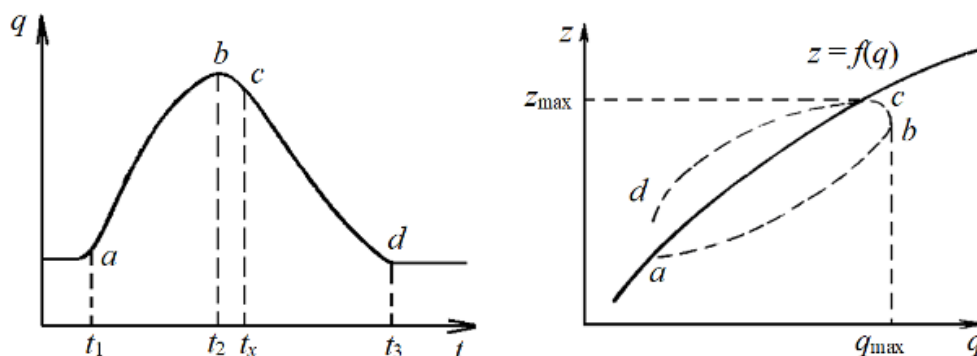


Рисунок 2 – Характеристики движения в рассматриваемых створах насосных станций

В момент t_2 максимума расхода при неустановившемся движении уклон поверхности потока также имеет максимум. После прохождения максимума расхода уровни продолжают повышаться в течение времени $t_2 t_x$, несмотря на уменьшение расхода. Однако уровни не достигают значений, соответствующих максимуму расхода при установившемся движении. Периоду $t_2 t_x$ соответствует участок bc при неустановившемся движении. Пересечение кривых между собой может иметь место только на участке cd при уменьшающихся значениях уровня.

Резкое переформирование эпюры средних скоростей вызывает увеличение пульсационных составляющих скоростей и увеличивает вероятность воронкообразования в приемных камерах. Под руководством авторов разработана новая конструкция аванкамеры, которая отличалась устройством донной поперечной стенки [2]. Ее работа заключается в создании минимального подпора, препятствующего распространению водоворотов за стенку. За счет снижения уровня воды за стенкой прекращается доступ воды из нижнего бьефа стенки, пополняющего водоворотные зоны.

Необходимая высота поперечной стенки определена аналитическим путем с помощью построенных авторами расчетных графиков [2, 6]. Новые конструкции аванкамер и водоприемников внедрены на Каршинском и Джизакском каскадах. Режимы и экспертная оценка технического состояния сопрягающих сооружений НС-7 КМК с донными стенками показали их хорошую работу.

Применена аванкамера НС ковшового типа, она выполнена в виде расширяющегося в плане непризматического русла с переходом от ширины по дну подводящего канала к ширине водоприемника у здания НС. Сопряжение с водоприемником осуществляется вертикальными открылками из монолитного железобетона, расположенными под углом 45° к фронту водозабора. В начале аванкамеры расположена струенаправляющая система (рисунок 3). Система включает два продольных вертикальных бычка-растекателя, поперечную стенку между ними и донную стенку в начале наклонного участка по всей ширине аванкамеры. Система предназначена обеспечить равномерный подвод воды ко всем всасывающим трубам. При неполной загрузке НС или несимметричном подключении агрегатов эффект от струенаправляющей системы является выборочным.



Рисунок 3 – Аванкамера насосной станции № 7 КМК (фото НИИИВП)

Основным фактором, определяющим влияние аванкамеры на работоспособность и функциональную безопасность НС, является уровень воды нижнего бьефа (УВНБ). Это влияние проявляется в величине подпора над рабочим колесом насоса. Достаточный подпор (подтопление рабочего колеса) обеспечивает бескавитационную и энергоэффективную работу насосов.

При нормальной эксплуатации НС глубина наполнения аванкамеры определяется режимом совместной работы подводящего канала и обводного канала КМК, пропорциональным числу работающих агрегатов на НС-6 и НС-7. При этом расчетный проектный минимальный уровень воды в аванкамере, безопасный для продолжительной эксплуатации насосов, располагается на отметке 374,4 м. При работе только разменных насосов УВНБ может быть снижен при необходимости до 370,10 м. Работа основных насосов при УВНБ ниже 374,4 м допускается только при манометрическом напоре насосов не менее 20 м и при углах установки лопастей направляющих аппаратов не менее 20° .

В момент обследования авторами в 2019 г. при одном работающем разменном насосе УВНБ находился на отметке 374,1 м, при одном основном насосе – 373,6–374,6 м при напоре менее 16 м, что соответствует кавитационным условиям работы.

В лаборатории НС и гидроэнергетики НИИИВП рассматриваются дальнейшие первоочередные рекомендуемые мероприятия по программе для обеспечения надежности насосных агрегатов, элементов устройств в водоподводящих и отводящих сооружениях НС с минимальной надежностью от регуляционных сооружений до аванкамеры и водоприемника [8].

Выводы

1 Обзор научно-исследовательских работ, проектных решений и результатов натурных исследований сопрягающих сооружений ирригационных НС показал, что они работают неудовлетворительно, а методики их гидравлического расчета, особенно

в специфических условиях Центральной Азии, до сих пор нет. Отсутствие научно обоснованных рекомендаций приводит к проектированию сопрягающих сооружений по конструктивным соображениям. Добиться благоприятных условий подвода воды ко всем агрегатам за счет изменения размеров камер водоприемника и напорного бассейна в определенных пределах в целом не всегда удается. Характерно, что ненадежно работают крайние агрегаты на станциях с различными конструкциями камер и сопряжением со зданием НС.

2 Вопросы проектирования и методики гидравлического расчета сопрягающих сооружений НС камерного и блочного типа требуют дальнейшего исследования. Если аналитически пока невозможно рассчитать поток в сопрягающих сооружениях при всех изменениях режима, обеспечивающего равномерное питание насосов, то перечисленные работы указывают пути определения формы транзитных и водоворотных областей, а значит, и возможность влияния на них в желательную сторону. Однако гидравлический процесс протекания потока в сопрягающих сооружениях не должен зависеть от степени расширения потока и различных конструктивных ограничений, которые не всегда выполнимы при проектировании многоагрегатных станций, получивших сейчас большое распространение.

3 Для выбора вариантов конструкций, удовлетворяющих основным требованиям, необходимо внедрить методику проектирования и гидравлического расчета сопрягающих сооружений многоагрегатной станции без ее заиливания в процессе эксплуатации, оценить в этом аспекте влияние водоворотных и застойных зон, продолжить натурное изучение и количественную оценку условий забора воды из средних и крайних камер, получить сопоставимые и объективные данные о влиянии забора воды на подачу и долговечность насосов. Следует уточнить для сопрягающих сооружений, особенно приемных камер, оптимальные пределы скоростей и характер их распределения по сечениям.

4 Выход из строя насосных агрегатов по механическим причинам уменьшен на исследованных НС с новыми элементами с 48 до 39 %, по причине уменьшения уровня воды ниже нормы с 18 до 11 %. В результате создана возможность определения наиболее важной причины выхода из строя насосных установок по причинам других механических воздействий.

Список использованных источников

1 Постановление Президента Республики Узбекистан от 9 октября 2019 года № ПП-4486 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления водными ресурсами» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35775454, 2020.

2 Мажидов, Т. Ш. Новые методы управления потоком в аванкамерах насосных станций / Т. Ш. Мажидов, А. И. Азимов, О. Я. Гловацкий // Проблемы эффективного использования ирригации и ирригационных ресурсов для орошения: материалы респ. науч.-техн. конф. – Ташкент, 2015. – С. 278–282.

3 Гловацкий, О. Я. Методы управления безопасностью сопрягающих сооружений насосных станций с переходными процессами / О. Я. Гловацкий, Ш. Р. Рустамов, Ш. М. Шарипов // Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства: сб. науч. тр. – Казахстан, 2016. – С. 143–146.

4 Насырова, Н. Р. Управление надежностью насосных станций для обеспечения безопасности эксплуатации / Н. Р. Насырова, Ш. Р. Рустамов, О. Я. Гловацкий // Проблемы управления водными и земельными ресурсами: материалы междунар. науч. форума. – М., 2015. – С. 160–167.

5 Гловацкий, О. Я. Оценки безопасности и повышение надежности эксплуатации гидротехнического узла крупных насосных станций / О. Я. Гловацкий, Н. Р. Насырова,

Р. Р. Эргашев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 108–113.

6 Rustamov, Sh. R. Constructive peculiarities of modernized centrifugal pump / Sh. R. Rustamov, N. R. Nasirova // European Science Review. – Vienna, 2018. – № 3–4. – P. 278–280.

7 Interconnection of influent channel and pumping station units / O. Glovatskiy, T. Djavburiyev, Z. Urazmukhamedova, A. Gazaryan, F. Akhmadov // Construction the Formation of Living Environment: XXII International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering, April 18–21, 2019. – Tashkent, 2019. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199705011>.

8 Гловацкий, О. Я. Эксплуатация и поддержка технического состояния оборудования насосных станций, диагностика: учеб. пособие / О. Я. Гловацкий. – Ташкент, 2019. – 130 с.

УДК 631.67

Т. С. Пономаренко, А. Н. Рыжаков, Д. В. Мартынов

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

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В БАССЕЙНЕ РЕКИ, НА ПРИХОДНУЮ ЧАСТЬ ВОДОХРАНИЛИЩА (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ КУНДРЮЧЬЯ)

В статье представлены результаты сценарных исследований гидродинамической модели участка р. Кундрючья от границы Ростовской области до створа Соколовского водохранилища. Сценарные исследования заключались в сопоставлении двух моделей (с наличием гидротехнических сооружений и без). Выполненные исследования позволили установить, что степень влияния водохранилищ на динамику наполнения Соколовского водохранилища зависит от вероятности превышения стока. Оценка выполнена по двум показателям: расход и уровень воды.

Ключевые слова: моделирование; гидрологические расчеты; расход; уровень воды; сценарные исследования.

T. S. Ponomarenko, A. N. Ryzhakov, D. V. Martynov

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

ASSESSMENT OF THE IMPACT DEGREE OF THE RESERVOIRS LOCATED IN THE RIVER POOL ON THE RESERVOIR INPUT (ON THE EXAMPLE OF THE KUNDRYUCH'YA RIVER)

The results of scenario studies of a hydrodynamic model of the Kundryuch'ya river section from the Rostov region border to the section of the Sokolovsky reservoir are presented. Scenario studies consisted in comparing two models (with and without hydraulic structures). The completed studies allowed establishing that the degree of reservoirs impact on the Sokolovsky reservoir filling dynamics depends on the probability of flow exceedance. The assessment was performed on two indicators: water flow and water level.

Key words: modeling; hydrological calculations; water flow; water level; scenario studies.

Введение. Под воздействием хозяйственной деятельности человека гидрологический режим рек сильно изменился. Зарегулированность поверхностного стока рек водохранилищами и прудами, интенсивный забор воды на промышленные, сельскохо-

зяйственные и бытовые нужды, сброс недостаточно очищенной воды в гидрографическую сеть приводят к необратимым изменениям гидрологического режима [1].

Антропогенное воздействие затронуло русла малых рек на всей территории России. В России таких рек насчитывается почти 2,5 млн, они формируют около половины общего речного стока и составляют более 95 % общей протяженности гидрографической сети. Несмотря на очевидное богатство российских водных ресурсов, во многих регионах страны (особенно в европейской части) наблюдается дефицит чистой питьевой воды [2].

Одной из таких рек является р. Кундрючья. Бассейн р. Кундрючья расположен в западной части Ростовской области и занимает площадь 2320 км², из которых 240 км² относится к территории Луганской области.

Бассейн р. Кундрючья вытянут с запада на восток узкой (около 20 км) полосой вдоль отрогов Донецкого кряжа более чем на 100 км.

Для изучения влияния водохранилищ на стоковый режим реки были проведены исследования на участке реки, ограниченном двумя створами. Начальный створ исследованной части бассейна р. Кундрючья расположен в районе границы Ростовской области и Луганской Народной Республики, а замыкающим является створ ГТС Соколовского водохранилища [3, 4]. Площадь исследованной части водосбора составляет 486 км², или 21 % от общей площади водосбора реки.

На водосборной территории расположена часть русла р. Кундрючья протяженностью 20 км, а также пять водотоков первого порядка. На боковой приточности к руслу р. Кундрючья расположены 53 подпорных гидроузла, образующих пруды (рисунок 1).

Материалы и методы. На участке исследований были выполнены инженерно-геодезические изыскания и инженерно-гидрометеорологические расчеты. По результатам их в программном комплексе МКЕ 11 разработана гидродинамическая модель исследуемого участка реки. На данной модели были проведены сценарные исследования, суть которых заключалась в сопоставлении модели с гидротехническими сооружениями (ГТС) и с их отсутствием. Полученные результаты позволили решить поставленную задачу.

Результаты и обсуждения. Для оценки влияния водохранилищ, расположенных в русле приточных балок, на динамику наполнения Соколовского водохранилища анализ результатов выполнен по расходам и уровням воды для створа непосредственно перед плотиной данного водохранилища. По данным батиграфических кривых известно, что суммарный объем всех прудов и водохранилищ, расположенных на боковой приточности исследуемого участка, составляет 1 млн м³.

Графики сопоставления расходов, полученные в результате моделирования при вышеописанных сценариях, представлены на рисунке 2.

Как видно из представленных данных, при низких обеспеченностях годового стока (10 и 25 %) графики расходов в обоих сценариях практически совпадают, небольшие смещения наблюдаются только на начальном этапе моделирования, в период, когда в первом сценарии происходит заполнение прудов. Для 10% обеспеченности стока период смещения составляет 4 дня, для 25% – 6 дней. Пики максимальных значений расходов не имеют значительных отличий.

Что касается 50% обеспеченности стока, то в этом случае также наблюдаются различия в начальном периоде (смещение графика на 9 дней) и помимо этого срезается пик максимальных расходов с 1,67 до 1,47 м³/с.

Наибольшие отличия расходных характеристик наблюдаются при 75% обеспеченности стока: в данном случае пик максимальных расходов полностью срезается, и поэтому формы графиков различны. При наличии плотин наблюдается постоянный расход в абсолютных значениях около 0,3 м³/с в течение всего периода моделирования. В сценарии при отсутствии плотин наблюдаются практически такие же значения расхода, но отсутствует пик, максимальное значение которого составляет 0,45 м³/с.

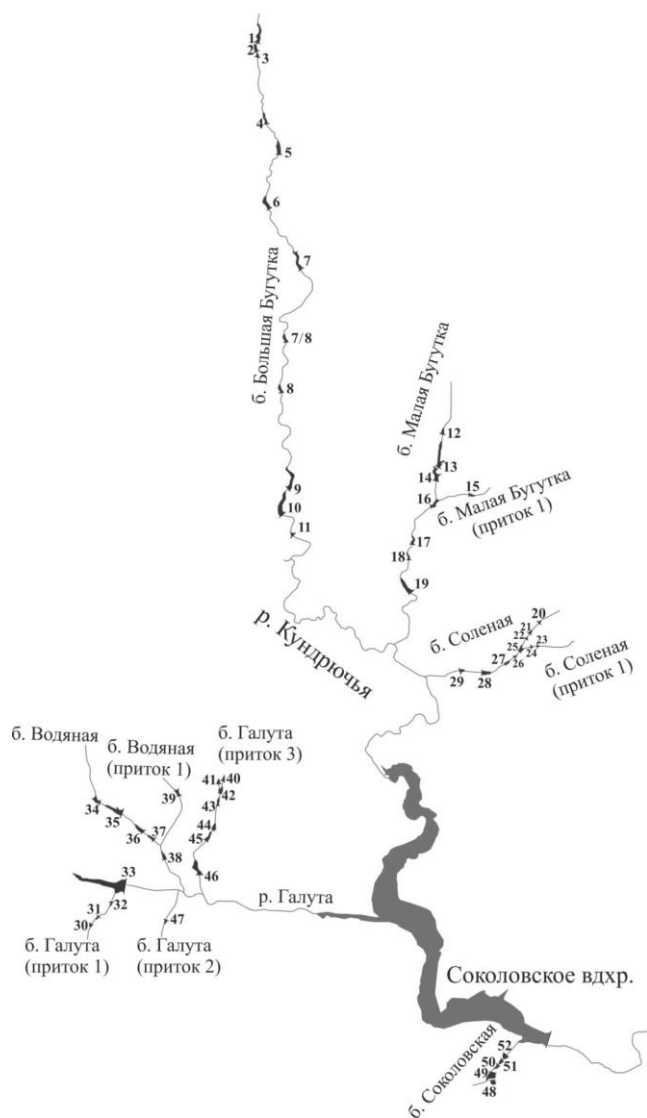


Рисунок 1 – Схема исследованной части бассейна р. Кундрючья

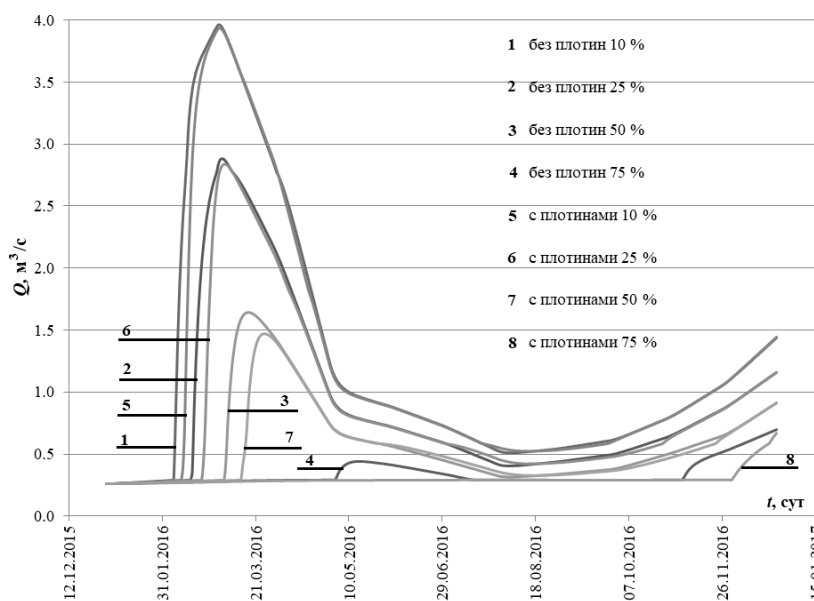


Рисунок 2 – Графики расходов в створе Соколовского водохранилища при различных сценариях

Графики сопоставления уровней воды в Соколовском водохранилище представлены на рисунке 3.

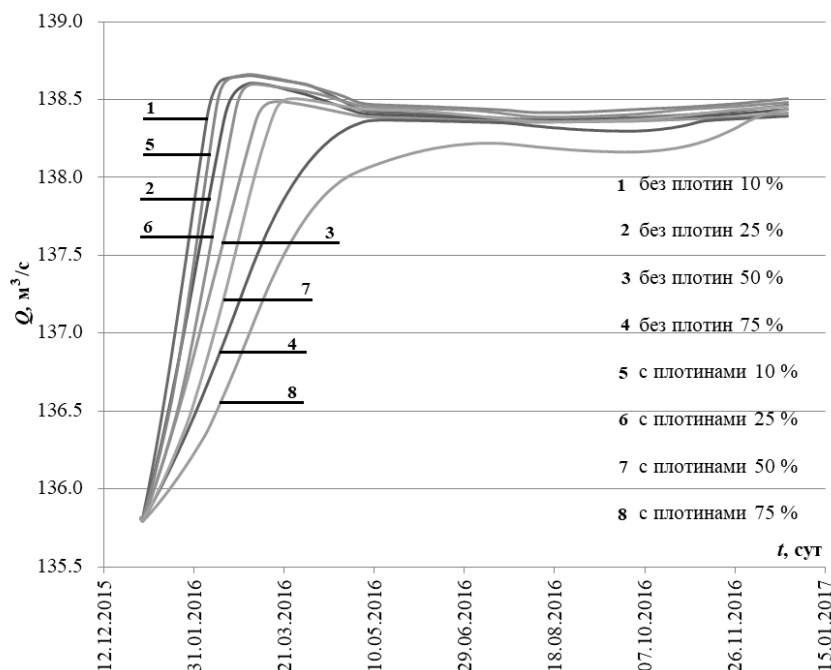


Рисунок 3 – Графики уровней воды в створе Соколовского водохранилища при различных сценариях

Результаты моделирования показывают незначительные смещения значений на начальный период при сопоставлении графиков 10, 25 и 50% обеспеченности стока, которые в целом не оказывают большого влияния на уровни воды в водохранилище в годовом разрезе.

При анализе уровней воды при обеспеченности стока 75 % графики имеют однотипную форму, но, помимо смещения в начальный период, различаются и в течение всего года. Максимальные различия в отметках составляют порядка 16 см.

Выводы. Исходя из представленного анализа, можно сделать вывод, что влияние водохранилищ на приходную часть Соколовского водохранилища зависит от вероятности превышения стока.

Список использованных источников

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

2 Щедрин, В. Н. Современное состояние и пути дальнейшего развития мелиорации в России / В. Н. Щедрин // Проблемы рационального использования природохозяйственных комплексов засушливых территорий: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., 22–23 мая 2015 г. – Волгоград, 2015. – С. 330–342.

3 Обоснование и перечни мероприятий по расчистке русла и ликвидации подпорных ГТС на водных объектах бассейна р. Кундрючья, которые необходимо выполнить с целью увеличения приходной части водохозяйственного баланса Соколовского водохранилища: техн. отчет / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2016. – 158 с.

4 О работах по разработке гидродинамических цифровых компьютерных моделей русла реки и ГТС и сценарных исследованиях разработанных моделей: техн. отчет / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2016. – 69 с.

УДК 631.31:631.612

В. С. Пунинский

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОСВОЕНИЯ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Целью исследований является разработка предложений по техническим средствам для освоения неиспользуемых земель с надпокровным удалением растительности и обоснование обработки пограничного слоя грунта и почвы в новых условиях производства культуртехнических работ. Приведен обзор новых технических решений по конструкциям машин. Показаны схемы перспективных машин, и приведена область их применения. Рекомендуются к разработке комбинированные агрегаты, адаптируемые к рассредоточенности пятен деградации земель при адресном внесении: мелиоранта, органических удобрений и возможной массы измельченной древесины.

Ключевые слова: слой обработки; измельчение; лесокустарник; структура почвы; комбинированные агрегаты; утилизация; деградированные земли; щеп.

V. S. Puninskiy

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

ENGINEERING PROCESSES MECHANIZATION IMPROVEMENT OF THE UNUSED LAND DEVELOPMENT

The aim of the research is to develop proposals on technical means for the development of unused land with overcover vegetation removal and justification for boundary layer of terrain and soil cultivation under the new land clearing work production conditions. A review of new technical solutions for machine design is given. Schemes of promising machines are shown, and the field for their application is determined. The combined units adaptable to the dispersal of land degradation spots with targeted application of ameliorants, organic fertilizers and possible mass of chopped wood are recommended for development.

Key words: cultivation layer; shredding; shrubbery; soil structure; combined units; disposal; degraded land; wood chips.

Введение. Занимая ведущее положение среди природных ресурсов, сельскохозяйственные угодья являются исходной базой благосостояния людей. Земли сельскохозяйственного назначения России составляют 402,6 млн га, из них 43,6 млн га находятся в фонде перераспределения и не используются для сельскохозяйственного производства [1, 2]. При реформировании аграрного сектора России перераспределение угодий не подкреплялось материально-техническим обеспечением, и сельские товаропроизводители стали резко сокращать использование имеющихся в собственности земель, переводя их в залежь. В результате комплекса природных и антропогенных процессов и отказа сельских жителей от обработки неиспользуемых сельскохозяйственных угодий резко возросла деградация земель, включающая: зарастание кустарником, эрозию, засоление, заболачивание и слитизацию почв [3, 4].

Цель исследований – разработка предложений по техническим средствам для освоения неиспользуемых земель с надпокровным удалением растительности и обоснование обработки пограничного слоя грунта и почвы в современных условиях.

Материалы и методы. Изучены базовые типизированные технологии и технические средства (ТС) для выполнения мелиоративных работ на деградированных зем-

лях и ирригационной сети. Исследования проводились по общепринятым методикам с использованием научно-практических методов определения прогнозных технико-экономических показателей ведущих машин [5–7]. Для осуществления анализа новых технических решений в 2019 г. разработана методика оценки с диапазоном индикаторных показателей (таблица 1).

Таблица 1 – Индикаторные показатели для оценки характеристик новых технических решений

Наименование показателя, техническая характеристика, балл	Существенное улучшение значения $T \times 1$	Незначительное улучшение значения $T \times 2$	Сохранение уровня значения $T \times 3$	Снижение уровня значения $T \times 4$	Выход значения за ограничение $T \times 5$
Экологическая оценка					
1 Сохранение плодородного почвенного слоя	0,21	0,18	0,15	0,005	0,00
2 Предотвращение загрязнения поверхности почвы технологическим материалом и грунтом	0,14	0,12	0,09	0,01	0,00
Функциональная оценка					
3 Повышение качества обработки	0,15	0,13	0,12	0,04	0,00
4 Совершенствование конструкции узлов и конструктивных показателей деталей	0,11	0,09	0,085	0,02	0,00
5 Соединения рабочего оборудования с базовой машиной	0,10	0,09	0,06	0,04	0,01
Оценка безопасности и охраны труда					
6 Соблюдение требований ГОСТ Р по безопасности труда	0,08	0,075	0,07	0,05	0,01
Оценка эксплуатационно-технологическая					
7 Повышение коэффициента технического использования	0,10	0,08	0,05	0,02	0,008
Мелиоративная оценка					
8 Соблюдение норм введения в почву жидкого навоза, выравнивания поверхности участка, сева и заделки семян	0,06	0,05	0,02	0,01	0,005
9 Предотвращение образования бессточных понижений и выноса гумуса	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00
Σ по графе	1,0	0,845	0,655	0,195	0,033

По каждой строке для нового технического решения заполняются девять граф технической характеристики с суммированием по строке оценки, которая делится на среднее значение баллов по группе, полученный коэффициент весомости ранжируется. Технические решения с самым высоким рангом рекомендуются к использованию при разработке конструкторской документации на новые ТС. Для оценки применимости новых технических решений рассмотрены 407 патентов, зарегистрированных за последние 5 лет, из них по теме НИР было принято 23 наименования патентов, которые составили три группы: I – технические решения на способы (семь изобретений); II – комбинированные агрегаты и орудия (восемь изобретений); III – рабочие органы машин и их элементы (восемь изобретений). Выявлена наибольшая активность в вос-

требуемом совершенствовании способов, сочетающих обработку почвы с другими сельскохозяйственными работами (весомость 1,06; 1,07), при этом наблюдается тенденция перехода от многопроходных способов к однопроходным. Запатентованные технические решения ФГБНУ, отраслевых институтов имеют тенденцию перехода от навесных и прицепных рабочих органов машин к самоходным комбинированным агрегатам для сохранения гумусовых веществ в почве и повышения плодородия, а научные отделы ФГБОУ ВПО, региональных институтов имеют тенденцию совершенствования деталей, узлов существующей техники для повышения надежности машин, их проходимости.

Результаты и обсуждение. Окультуривание почв сельскохозяйственных угодий, ранее не мелиорированных либо не используемых более 2 лет, традиционно содержит после выполнения культуртехнических мероприятий технологический процесс обработки почвогрунта с внесением веществ, не только удовлетворяющих потребность растений, микроорганизмов и биоты в питательных веществах, физико-химической среде, оптимальном соотношении твердой, жидкой и газообразной фаз почвы, но и обеспечивающих стимуляцию ростовых и защитных свойств растений для достижения потенциальной урожайности в сельскохозяйственной зоне и возможного превышения ее. Разработаны в 2019 г. предложения по новым комбинированным агрегатам, обеспечивающим сохранение органических веществ в подповерхностном слое почвы.

В процессе эксплуатации сельскохозяйственных земель и их неиспользования возникают слитизация почвенных микроагрегатов, просадка грунта, приводящие к образованию пятен и линз солонца, бессточных макропонижений рельефа, волнистости и увеличению изреженности. Обработка почвогрунтов этих земель направлена на создание выровненных по рельефу и однородных по плодородию полей.

Ранее обработку почвогрунта осуществляли энергетические средства с тяговым усилием от 30 до 100 кН и рабочими органами пассивного или активного принципа действия, например корчеватели МП-18, МП-2Б, МП-7В, МП-12, плуги ПБН-100А, рыхлители РУ-65-2,5, РК-1,2 и РС-0,5, РС-0,8, фрезы ФБН-1,5, ФБК-2, фрезер ФКН-1,7, агрегаты АЛС-2,5, АЗ-2,4, АПР-2,6, КА-6/8, длиннобазовые планировщики с чизельным и рыхлительным оборудованием, машины МТП-42А, МТП-44Б, МТП-81А.

При реформировании машиностроительного сектора России были ликвидированы ВНИИземмаш, НАТИ, Новосибирское ГСКБ по лугам, а на заводах конструкторские бюро, что привело к отсутствию новых машин и прекращению производства ТС для механизации мелиоративных работ. Освоение неиспользуемых полей возможно с применением ТС, изготавливаемых для лесного хозяйства, дорожного строительства или завезенных из государств, на которых не распространяются ограничения.

В настоящее время в России Онежский тракторный завод производит самоходные агрегаты тягового класса 195 кН с двигателями мощностью 205 кВт (харвестеры на ОТЗ-515 и форвардеры на ОТЗ-520), Гатчинский завод бумагоделательного оборудования изготавливает измельчитель веток и вершин кустарника, ООО «Волоконский РМЗ» изготавливает агрегаты КУМ-4, Апшеронский машиностроительный завод изготавливает длиннобазовый планировщик ПД-4,5. ОАО «Михневский РМЗ» и ООО «Тракт» (Московская область РФ) с заводов ОАО «Лидсельмаш», ОАО «Минскагропромаш» (Белоруссия) завозят для реализации длиннобазовые планировщики П-2,8, ПЛМ-2,8, ПЛМ-4,5, изготавливаемые РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» машины роторные МПР-2,1 и МПР-2,8, фрезы болотные ФП-3,0, агрегаты АПП-4, АППА-6, выравниватель-планировщик ПЛМ-4,6, из КПУП «Лунецкий РМЗ» бороны мелиоративные БДМ-2,5А, БДТ-3,0, БДТ-7Б. Вышеуказанные машины выполняют технологические процессы существующих технологий культуртехнических работ, и общий их недостаток – сплошная обработка слоя почвогрунта с неизбежной минерализацией органических веществ и потерей гуминовых кислот почвы.

Для сокращения потерь органических веществ в почве возможно применение тех-

нологических операций: кулисного снятия почвенного слоя (бульдозер ДЗ-110А, ДЗ-94С, агрегат бульдозерно-рыхлительный D65EX, скрепер ДЗ-87 либо ДЗ-77); рыхления подпочвенного грунта (плуг ПБН-75, виброрыхлители ВР-80 конструкции ВНИИГиМ, WS-1 фирмы «Бренинг» (Германия) либо глубокорыхлитель РС-0,8) в местах будущей срезки; срезки грунта (скрепер ДЗ-87) с повышенных мест кулис и перемещения его в очищенные от почвы понижения [8]; планировки кулисы тяжелых грунтов без почвы длиннобазовым планировщиком (ПЛМ-4,6) либо рыхлых – короткобазовым планировщиком (ПАУ-4,2Р); перемещения почвы из бурта на спланированную кулису (агрегат D65EX либо скрепер ДЗ-87); окончательного выравнивания с внесением химических мелиорантов (мала МВ-6,0, планировщики-выравниватели ВПН-5,6А, ВП-8А и клин-планировщик эксплуатационный ПЭ-3 с возможностью установки на основной раме оборудования для внесения химмелиорантов типа приспособления к сеялке ПХГ-4) (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Прицепной скрепер-планировщик СП-4,2 (а); агрегат D65EX (б)



Рисунок 2 – Клин-планировщик: а – рабочий орган; б – общий вид ПЭ-3

Клин-планировщик ПЭ-3 прицепной к тракторам с тяговым усилием 40, 50, 80, 100 кН содержит переднюю ходовую тележку с колесами и дышлом для соединения с трактором. Основная рама шарнирно опирается на переднюю ось, имеет жестко закрепленный на раме клинообразный бездонный ковш и в конце горизонтальный шарнир для установочно-подвижного крепления рамы ко второй оси спаренных колес, изменением положения второй рамы машина гидроприводом переводится в рабочее положение и регулируется величина срезки.

За ковшом ПЭ-3 расположены рыхлители для обработки на глубину 0,10 м, на основной раме можно располагать оборудование типа ПХГ-4 для внесения мелиоранта либо водного раствора гербицидов. Клин-планировщик ПЭ-3 обеспечивает маячно-

полосовым способом выравнивание не используемых до 2 лет полей севооборота с качеством в пределах агротехнических требований без установки лазерного оборудования.

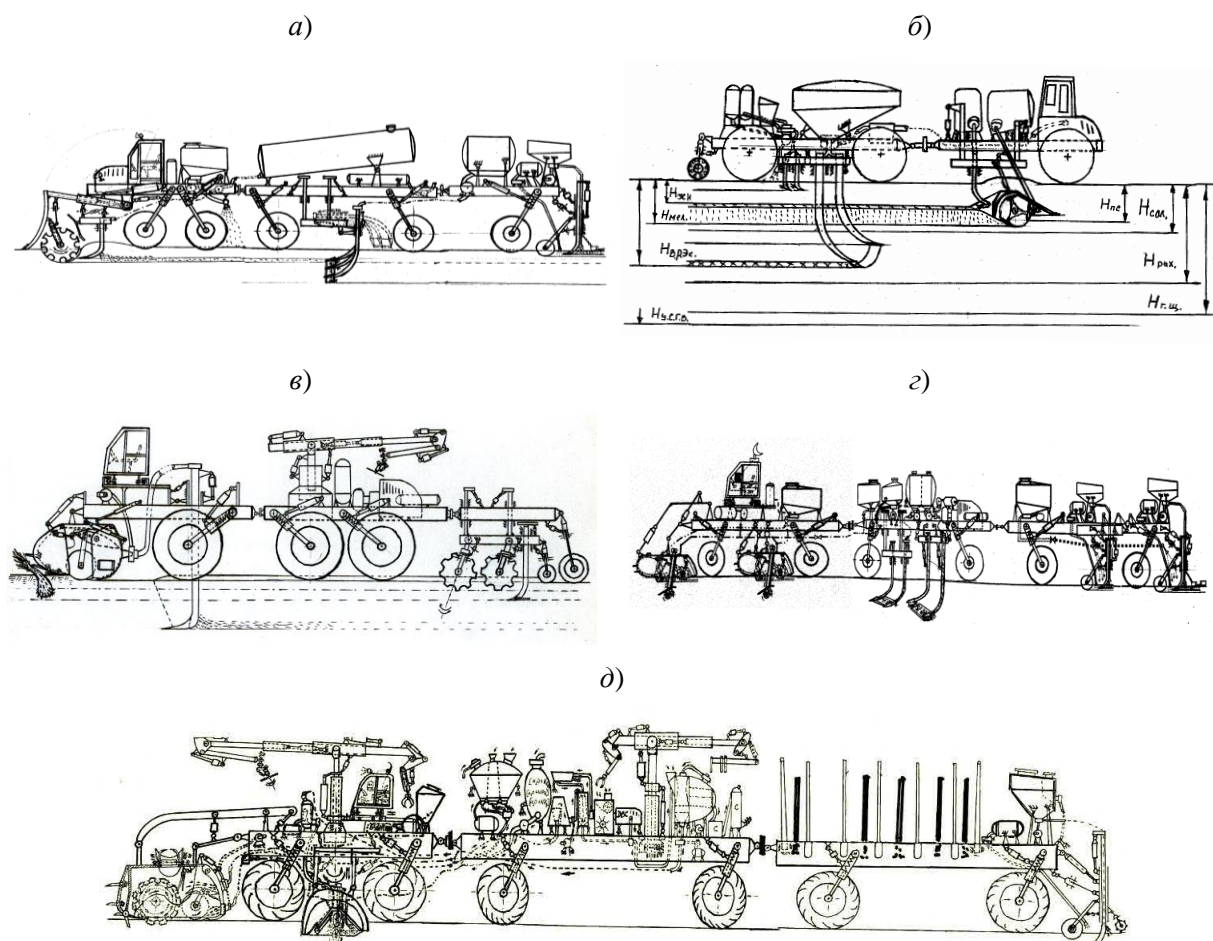
В ходе исследований разработана область применения технических решений по утилизации щепы при уровне зарастания земель лесокустарником от 15 до 80 т/га с учетом глубины почвенного слоя (таблица 2). Исследованиями СевНИИГиМ установлен объем (100 т/га) лесокустарника, допустимый к биологической утилизации на осваиваемом участке [9–12]. К первоочередной разработке предлагается «Комбинированный агрегат биомелиорации сильноокислых почв с расколением и комплексной обработкой деградированных богарных земель», весомость 1,07 (патент РФ на изобретение № 2696034, МПК А 01 В 49/06; А 01 В 13/14; А 01 В 79/02; А 01 С 23/02; А 01 В 51/02, бюл. № 22, 30.07.2019), включает самоходное базовое шасси с 3-секционной рамой и установленными на каждой секции рамы двумя колесными парами со спаренными колесами. На первой секции рамы установлена кабина комбинированного агрегата с компьютером, управляющим процессором с кодовым GPS – приемником координат и пультом управления автоматическим включением и выключением привода рабочих органов. На второй секции рамы установлены двигатель базового шасси с делителем потока, фильтром выхлопных газов, топливный бак и бак рабочей жидкости гидросистемы с гидронасосом, делителями потоков, патрубками. Патрубок от фильтра выхлопных газов соединен с эжектором продуктопровода, связанного с 2-секционным контейнером для органоминеральных компонентов удобрительной прослойки или водорегулирующего экрана. За кабиной размещены 2-секционные емкости мелиоранта с дозаторами, запорным устройством, насосом, соединенным патрубками с выпусками дисперсных мелиорантов за ножами под пластинами плющения почвообрабатывающих машин. По бокам спереди кабины содержатся емкости для гербицидов, соединенные через запорные устройства с насосом и патрубками с насадками под отвалом, расположенными за батареей рубительно-пильных дисков. На второй секции рамы расположен 3-секционный ярусный объемный глубокорыхлитель, составленный из параболических стоек рыхлителей с наклонными пластинами-ножами, отвалы, патрубки и щелевые выпуски смеси. На третьей секции рамы размещены компрессор, продуктопровод, контейнеры для семян, емкость для раствора азотофиксирующих микроорганизмов, соединенная с распределительной головкой и патрубком. За рамой третьей секции и на ее боках размещены аналогичные пневматические сеялки, а за стойками сошников сеялки для заделки семян расположено выравнивающее-уплотняющее устройство.

В конструкциях комбинированных агрегатов, совмещающих операции глубокого рыхления с подпочвенным внесением химических мелиорантов и жидкого навоза, применяют гидропривод хода и рабочих органов, а также бесступенчатое регулирование скоростей в широком диапазоне. Увеличилась мощность двигателей, устанавливаемых на комбинированных агрегатах и машинах, обеспечивающих нулевую обработку почвы с распылением гербицидов (без оборота пласта почвы) и одновременное эксплуатационное выравнивание с лушением дерна. Предлагается схема комбинированного агрегата биомелиорации земель с переработкой лесокустарника для утилизации щепы, древесной золы и подсева семян, включающая самоходное базовое шасси с 3-секционной рамой с измельчителем, рубительным устройством, манипулятором, контейнером с центрифугой и фрезером с насадками для внесения технологического материала и подпочвенной планировки поверхности грунта, кабину оператора с компьютером, управляющим процессором с приемником координат и пультом управления, топочную камеру и газогенератор, емкость для раствора азотофиксирующих микроорганизмов, накопители створов деловой древесины, а также пневматические сеялки с дозаторами и прикатывающим устройством (рисунок 3).

Схемы комбинированных агрегатов представлены на рисунке 3.

Таблица 2 – Технико-экономические показатели процессов и значения прогнозных параметров новых ведущих машин, обрабатывающих деградированные и неиспользуемые земли с кустарником и мелколесьем

Категория ТС	Показатель процесса и параметр комбинированного агрегата для его осуществления			
Вид объекта	Обработка осваиваемых земель со слоем почвы 0,05–0,18 м и средним листовым кустарником массой до 20 т/га	Обработка богарных земель со слоем почвы 0,09–0,25 м и смешанным кустарником массой от 15 до 40 т/га	Обработка богарных земель со слоем почвы 0,10–0,24 м и темной хвойной, листовым лесостепным кустарником массой от 20 до 80 т/га	Обработка богарных и поливных земель со слоем почвы 0,10–0,24 м и темной хвойной, листовым лесостепным кустарником массой от 20 до 80 т/га
Наименование ТС	Комбинированное почвообрабатывающее орудие	Комбинированный агрегат ярусной обработки	Комбинированный агрегат для биомелиорации почв	Машин для комплексной обработки почв
Предварительные марки ТС, номер патента	КОСЛ-6-0,8, № 2553638	КАСК-6,1-0,65, № 2618097	КАБДП-5,4-0,75, № 2619449	КМО-4-0,45, № 1762772 и 2535162
Затраты на машиночас Со, руб./ч	3545,42	3464,47	4044,13	3386,19
Удельные затраты на производство Се, руб./га	909,08	873,76	674,69	705,46
Предварительная стоимость машины Смаш, тыс. руб.	10178,00	9732,80	14422,80	11492,3
Производительность W, га/ч	3,9	4,0	5,994	4,8
Мощность N ₀ , кВт	205,00	205,00	180,00	161,90
Область применения рекомендуемых ТС	Лесостепная зона. Подзолистые и серые почвы	Лесная зона. Карбонатные почвы со светлехвойной древесной 5–25 %	Лесостепная зона. Подзолистые, каштановые, бурые почвы с древнозеленой до 15 %	Лугостепная зона. Карбонатные луговые, черноземовидные почвы с лесостепным старником
				Сухостепная зона. Подзолистые, луговые, каштановые, бурые почвы
				2,3
				205,00
				9637,4



a – комбинированный агрегат ярусной обработки земель с подсевом семян (патент РФ на изобретение № 2618097); *б* – комбинированный агрегат биомелиорации деградированных почв с подсевом семян (патент РФ на изобретение № 2619449); *в* – кочкорез (патент РФ на изобретение № 2567516); *г* – комбинированный агрегат биомелиорации сильноокислых почв с расколением и комплексной обработкой деградированных богарных земель (патент РФ на изобретение № 2696034); *д* – комбинированный агрегат биомелиорации земель с переработкой лесокустарника для утилизации щепы, древесной золы и подсева семян (заявка на патент на изобретение № 2020103399 от 28.01.2020)

Рисунок 3 – Схемы комбинированных агрегатов

Обзор и анализ рассмотренных технических решений выявили тенденцию создания комбинированных агрегатов, обеспечивающих возможность подпочвенного планирования деградированных земель с сохранением органических веществ в подпочвенном слое почвы.

Список использованных источников

1 Гордеев, А. В. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России / А. В. Гордеев, Г. А. Романенко. – М.: Росинформагротех, 2008. – 67 с.

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

3 Пунинский, В. С. Совершенствование механизации улучшения лугов и пастбищ с солонцовыми комплексами на богарных землях / В. С. Пунинский // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы

развития сельского хозяйства: материалы междунар. науч.-техн. конф., г. Москва, 15–16 сент. 2015 г. / ФГБНУ ВИМ. – М.: ВИМ, 2015. – Ч. 1. – С. 156–163.

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

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

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

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

8 Ефремов, А. Н. Лазерная планировка орошаемых земель / А. Н. Ефремов. – М.: Литера-Принт, 2016. – 52 с.

9 Преображенский, К. И. Биологическая утилизация древесины на мелиорируемых землях / К. И. Преображенский. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 31 с.

10 Преображенский, К. И. Разложение древесины в почве при ее окультуривании / К. И. Преображенский // Мелиорация земель Севера и Северо-Запада Нечерноземной зоны РСФСР: сб. тр. / СевНИИГиМ. – Л.: СевНИИГиМ, 1986. – С. 76–89.

11 Преображенский, К. И. Биологическая утилизация запаханной в почву древесины / К. И. Преображенский // Вопросы освоения закустаренных и каменистых земель. Труды ЛитНИИГиМ. – Елгава: Союзводполимер, 1983. – С. 47–52.

12 Гинтовт, И. А. Освоение залесенных земель / И. А. Гинтовт // Вопросы освоения закустаренных и каменистых земель. Труды ЛитНИИГиМ. – Елгава: Союзводполимер, 1983. – С. 18–26.

УДК 631.6

О. В. Рулева, В. А. Веденева

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

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье представлен анализ современного состояния мелиорируемых земель Волгоградской области. Отмечена роль орошаемого земледелия в регионе. Приведены сравнительные характеристики различных способов полива. Рассчитаны оросительные нормы при выращивании сельскохозяйственных культур, позволяющие выбрать эффективный и рациональный способ орошения. Обусловлена необходимость проведения комплексных мелиораций для обеспечения стабильных и необходимых для жизнеобеспечения объемов качественной продукции, выращиваемой в сложных природно-климатических условиях Волгоградской области. Рассмотрен вопрос изменения правового статуса мелиоративных защитных лесных полос.

Ключевые слова: мелиорируемые земли; режим орошения; дождевание; капельное орошение; защитные лесные полосы.

O. V. Ruleva, V. A. Vedeneva

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

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE AND DEVELOPMENT PROSPECTS FOR THE RECLAIMED LANDS IN VOLGOGRAD REGION

The analysis of the current state of reclaimed land in Volgograd region is presented. The role of irrigated agriculture in the region is noted. Comparative characteristics of various irrigation methods are given. Irrigation rates for growing crops have been calculated, allowing choosing an effective and rational method of irrigation. The necessity of carrying out comprehensive land reclamation to ensure stable and essential for life support volumes of quality products grown under the difficult climatic conditions of Volgograd Region is explained. The issue of changing the legal status of reclamation protective forest belts is considered.

Key words: reclaimed land; irrigation regime; sprinkling; drip irrigation; protective forest belts.

Введение. Более 70 % всех сельхозугодий России (площадь которых составляет около 210 млн га) и около 80 % пашни (из 125 млн га) расположены в зонах недостаточного увлажнения с атмосферными осадками, аккумулирующимися в почве, часто повторяющимися засухами, суховеями. Площадь сельскохозяйственных угодий Волгоградской области по состоянию на 2018 г. составила 8,8 млн га, в т. ч. 3,8 млн га пашни. Земледелие в области ведется в сложных погодно-климатических условиях. Значительная часть земель сельскохозяйственного назначения области расположена в зоне неустойчивого, рискованного земледелия. Резко континентальный климат области, дефицит влаги, аномально высокие температуры воздуха в сочетании с суховеями в летний период приводят к снижению эффективности использования земель, т. е. резко снижают урожайность сельскохозяйственных культур и валовые сборы продукции. Тем самым наносят ущерб многим сферам экономики, экологии, а также продовольственной безопасности региона [1].

В то же время Волгоградская область в соответствии со своими природно-климатическими условиями выступает как крупный производитель зерна, крупяных культур, семян масличных культур (подсолнечника, горчицы и др.), овощей, фруктов, бахчевых культур. Важнейшей составляющей экономики агропромышленного комплекса Волгоградской области всегда было и остается производство продукции растениеводства. В растениеводстве производится около 70 % валовой продукции сельского хозяйства. В 2018 г. Волгоградская область заняла второе место в Южном федеральном округе по производству овощей – 1000,1 тыс. т (первое – Астраханская область – 1290,2 тыс. т) и четвертое по производству картофеля – 218,4 тыс. т (Краснодарский край – 384,8 тыс. т, Ростовская область – 338,9 тыс. т, Астраханская область – 333,0 тыс. т) [2].

Материалы и методы. Устойчивое возделывание сельскохозяйственных культур, особенно овощных, в климатических условиях Волгоградской области без орошения практически невозможно. Так, оценка естественного увлажнения за вегетационный период по показателю гидротермического коэффициента (ГТК) согласно критерию Г. Т. Селянинова показывает, что численное значение ГТК составляет от 0,50 на юго-востоке до 0,85 на северо-западе области – зоны засушливого и сухого земледелия (таблица 1). Даже в периоды с достаточным количеством осадков бесперебойное снабжение растений влагой требует проведения вегетационных поливов. Следовательно, возделывание овощных культур с получением экономически эффективных урожаев без орошения невозможно, что также подтверждается и многолетней практикой овощеводов.

Площадь орошаемых земель Волгоградской области в 2019 г. составила порядка 60 тыс. га. Орошение как средство борьбы с засухой и неурожаем стало быстро разви-

ваться в 30-е гг. прошлого столетия. В 1940 г. площадь орошаемых земель в области составляла 40,3 тыс. га. Благоприятные условия для развития мелиорации земель в области сложились после строительства Волго-Донского канала и гидроэлектростанций на р. Дон и Волга на базе Цимлянского и Волгоградского водохранилищ. Увеличение темпов роста началось в 1980–1990 гг. Эти годы были рекордными по приросту мелиорируемых земель. В 1984 г. впервые за один год вводится в эксплуатацию 25 тыс. га новых орошаемых земель, а в 1985 г. – уже 40 тыс. га. Площадь орошаемых земель в 1991 г. составила 431,5 тыс. га, в т. ч. лиманного орошения – 78,7 тыс. га.

Таблица 1 – Показатели гидротермического коэффициента Г. Т. Селянинова за вегетационный период

Месяц	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Σ
2019 г.							
Количество осадков, мм	25,2	39,8	15,0	71,4	1,7	26,7	179,8
Сумма средних суточных температур, °С	338,1	591,0	771,2	709,3	705,7	479,5	3594,8
ГТК	0,75	0,67	0,19	1,01	0,02	0,56	0,50
2018 г.							
Количество осадков, мм	8,0	1,0	1,0	127,3	0,8	10	148,1
Сумма средних суточных температур, °С	280,3	616,0	681,9	798,5	714,6	547,5	3638,8
ГТК	0,29	0,02	0,02	1,60	0,01	0,18	0,41
2017 г.							
Количество осадков, мм	24,6	23,3	27,6	4,3	1,0	8,0	88,8
Сумма средних суточных температур, °С	285,2	472,8	606,5	768,0	805,7	535,4	3473,6
ГТК	0,86	0,49	0,50	0,06	0,01	0,15	0,26

По мере увеличения площадей возделываемых и орошаемых земель возникает необходимость эффективного и рационального использования вод. Несмотря на совершенствование техники и способов поверхностного орошения, к которому в историко-хронологическом порядке относятся лиманное орошение, затопление чеков, полив по полосам и бороздам, недостатками остаются: трудоемкость, низкая производительность; подъем грунтовых вод с последующим заболачиванием и засолением территорий; разрушение структуры почв и их плодородия; ирригационная эрозия и вымыв питательных веществ; неравномерность увлажнения; уплотнение, образование корки, переувлажнение поверхности почвы; большие потери воды на испарение, фильтрацию, сброс.

В начале XIX в. получило свое развитие внутрипочвенное орошение (Америка, Франция, Италия в 1830–1848 гг.). Однако ряд недостатков, а именно: относительно высокая стоимость строительства, материалоемкость, закупорка водовыпусков и поливных труб, сложность контроля полива, ремонт и эксплуатация систем, не позволяют этому способу орошения найти широкое практическое применение.

Спустя столетие, в 30-х гг. XX в. началось применение капельного орошения (КО). В настоящее время КО применяется в сельскохозяйственном производстве многих стран. Продуктивность культур при этом увеличивается на 20–50 %, экономия оросительной воды до 50–80 %, удобрений 30–50 % по сравнению с поверхностным, внутрипочвенным поливом и дождеванием. Усовершенствование конструкции и технологии орошения позволяет комбинировать КО со спринклерными мелкодисперсными дождевателями, что дает возможность регулировать микроклимат окружающей растение сре-

ды, смягчать температурный и водный стресс растений. К недостаткам КО относятся высокая стоимость систем, закупорка капельниц, что требует тщательной подготовки поливной воды [3].

Так, проведенные нами исследования показывают, что при выращивании томатов в условиях светло-каштановых почв Нижнего Поволжья объем оросительной воды при КО изменяется от 1140 до 2190 м³/га. В аналогичных условиях поддержания уровня предполивного порога влажности 60–70 % оросительная норма при поливе дождеванием изменяется от 2750 до 4200 м³/га (таблица 2). Экономия оросительной воды при КО по сравнению с дождеванием составляет более 40 % [4, 5].

Таблица 2 – Сравнительная оценка оросительных норм при поливе дождеванием и капельным орошением

Предполивная влажность, % НВ	Оросительная норма при КО, среднее значение	Оросительная норма при поливе ДМ «Фрегат», среднее значение
80	2100	4100
70	1800	3200
60	1700	2800

В м³/га

При орошении острой проблемой остается засоление. Оптимизация режима орошения позволяет уменьшить или свести к нулю эту форму деградации земель. Так, локальность КО исключает глубинную фильтрацию, а следовательно и поднятие уровня грунтовых вод, до 95 % поступающей оросительной воды усваивается возделываемыми сельскохозяйственными культурами.

Результаты и обсуждение. Высокопродуктивное и стабильное сельскохозяйственное производство на орошаемых землях может быть создано в сочетании с другими мероприятиями по повышению обеспеченности растений влагой – снегозадержанием, устройством лесных полос, фитомелиорацией, специальными приемами обработки почвы и др. Орошение устраняет лишь почвенную засуху и не полностью защищает сельскохозяйственные культуры от ущерба, наносимого атмосферной засухой. При засухах даже с достаточной влажностью почвы недобор урожая пашни составляет 18–30 %. В преодолении засушливых условий большая роль принадлежит полезащитному лесоразведению. Лесные полосы на орошаемых землях кроме выполнения традиционных функций понижают уровень грунтовых вод, сокращают испарение воды из оросительной сети и уменьшают испарение влаги с полей, сдерживают подъем солей к поверхности почвы, предупреждают вторичное засоление и заболачивание угодий. Вопрос мелиоративного влияния лесных полос остается актуальным и перспективным [6].

По разным оценкам, в настоящее время на территории земель сельскохозяйственного назначения Волгоградской области имеется более 130 тыс. га защитных насаждений, из них более 70 тыс. га отведено под полезащитные лесные полосы, созданные в виде линейных посадок на границах полей севооборотов.

В настоящее время мелиоративные защитные лесные насаждения требуют проведения восстановительных мероприятий, связанных с их неудовлетворительным состоянием, что подтверждается проводимыми лесоинвентаризационными работами. Совершенствование нормативно-правовой базы, разработка государственных и региональных программ в области защитного лесоразведения должны вывести агролесомелиорацию на новый уровень развития.

Так, внесены изменения в Федеральный закон от 10.01.1996 № 4-ФЗ «О мелиорации земель», вступающие в силу с 01.07.2020. Введено понятие «мелиоративные защитные лесные насаждения», что увеличивает важность и значимость агролесомелиорации земель. Отдельным абзацем отмечено направление агролесомелиорации земель

на регулирование водного, воздушного, теплового и питательного режимов почв на мелиорируемых землях посредством осуществления мероприятий по проектированию, созданию и содержанию мелиоративных защитных лесных насаждений. Такие виды агромелиорации земель, как противоэрозионная, полезащитная и пастбищная, должны проводиться путем «создания» мелиоративных защитных лесных насаждений. В полномочия субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления будет входить и «содержание» мелиоративных защитных лесных насаждений, к основным же направлениям деятельности добавлена «организация учета мелиоративных защитных лесных насаждений». Содержание мелиоративных защитных лесных насаждений и мероприятия по их сохранению выделены отдельным подпунктом ст. 29 настоящего закона, в котором указано, что правообладатели земельных участков, на которых расположены мелиоративные защитные лесные насаждения, обязаны содержать мелиоративные защитные лесные насаждения в надлежащем состоянии, обеспечивающем выполнение ими полезных функций мелиоративных защитных лесных насаждений, и проводить мероприятия по сохранению мелиоративных защитных лесных насаждений, в т. ч. по охране, защите, воспроизводству мелиоративных защитных лесных насаждений [7].

Выводы. Внесенные изменения в Федеральный закон «О мелиорации земель» определяют правовой статус мелиоративных защитных лесных полос, что позволит ускорить процесс проведения необходимых мероприятий по реконструкции, улучшению санитарного состояния и повышению мелиоративной эффективности древостоев. Проведение комплексных мелиораций обеспечит стабильное по годам получение необходимых для жизнеобеспечения объемов качественной продукции в сложных природно-климатических условиях Волгоградской области.

Список использованных источников

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

2 Волгоградская область в цифрах. 2018: крат. сб. / Территор. орган Федер. службы гос. статистики по Волгогр. обл. – Волгоград: Волгоградстат, 2019. – 380 с.

3 Бородычев, В. В. Регулирование мелиоративных режимов при орошении / В. В. Бородычев, М. Ю. Храбров, Н. Г. Колесова // Агроекология, мелиорация и защитное лесоразведение: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 18–20 окт. 2018 г. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. – С. 370–374.

4 Боровой, Е. П. Особенности режима орошения томатов при поливе ДМ «Фрегат» / Е. П. Боровой, Т. И. Потапова // Современные оросительные мелиорации – состояние и перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию экол.-мелиоратив. фак. ВГСХА / Волгогр. гос. с.-х. акад. – Волгоград, 2004. – С. 66–68.

5 Григоров, М. С. Эффективность орошения томатов в Волгоградской области / М. С. Григоров, В. А. Федосеева // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2007. – № 3. – С. 58–60.

6 Рулева, О. В. Почвенно-мелиоративные особенности агролесомелиоративных районов Заволжья и пути повышения биопродуктивности сельскохозяйственных культур / О. В. Рулева, Н. Н. Овечко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 4(72). – С. 58–64.

7 О внесении изменений в федеральный закон «О мелиорации земель» и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования правового регулирования проведения агролесомелиорации: Федеральный закон от 27 декабря 2019 г. № 477-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_341778/, 2020.

УДК 631.674.6:634

А. С. Штанько, М. В. Власов

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

Я. Е. Удовидченко

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПРОЕКЦИИ ЛОКАЛЬНОГО КОНТУРА КАПЕЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВЫ

Целью исследования является разработка способа определения геометрических параметров горизонтальной проекции локального контура капельного увлажнения почвы. При проектировании капельной поливной сети в садовых насаждениях перед проектировщиком встает задача подбора количества и расстановки капельных микропроводовыпусков в зоне расположения корневой системы растения. На начальном этапе решения этой задачи необходимы сведения о геометрических параметрах формирующейся в почве при капельном поливе зоны увлажнения. В процессе исследований проведен анализ опытных данных о параметрах контуров капельного увлажнения почвы, в результате которого получены описывающие их эмпирические зависимости, учитывающие почвенные, технологические и рельефные условия их формирования. В результате с использованием полученного комплекса зависимостей предложен способ определения геометрических параметров локального контура капельного увлажнения почвы, позволяющий прогнозировать конфигурацию и площадь горизонтальной проекции локальных контуров капельного увлажнения.

Ключевые слова: капельное орошение; контур увлажнения; горизонтальная проекция; геометрические параметры; конфигурация; площадь.

A. S. Shtanko, M. V. Vlasov

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

Y. E. Udovidchenko

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

DETERMINATION OF GEOMETRIC PARAMETERS OF HORIZONTAL PROJECTION OF SOIL DRIP MOISTENING LOCAL CONTOUR

The aim of the research is the development of a method for determining the geometric parameters of the horizontal projection of the soil drip moistening local contour. When designing a drip irrigation network in gardens, the designer is faced with the task of selecting the number and arrangement of drip micro-outlets in the zone of the plant's root system. At the initial stage of solving this problem, information on geometric parameters of moisture formed in soil during drip irrigation is needed. In the process of research an analysis of experimental data on the parameters of the soil drip moistening contours was conducted, as a result of which empirical dependencies describing soil, technological, and relief conditions for their formation were obtained. As a result, using the obtained complex of dependences, a method for determining the geometric parameters of the soil drip moistening local contour which allows predicting the configuration and the area of the horizontal projection of the drip moistening local contours is proposed.

Key words: drip irrigation; moisture contour; horizontal projection; geometric parameters; configuration; area.

Введение. При капельном поливе сельскохозяйственных культур, в отличие от других способов полива, и в частности от дождевания [1], в почве формируются локальные зоны увлажнения, геометрические и влажностные параметры которых зависят от ряда условий проведения полива, основными из которых являются почвенные, технологические и рельефные [2–4]. При проектировании поливной сети капельного орошения сельскохозяйственных культур, особенно многолетних древесных культур в садовых насаждениях, проектировщик сталкивается с задачей подбора количества и расстановки капельных микроводовыпусков на площади, освоённой корневой системой растения. Одним из способов решения этой задачи является сопоставление площадей горизонтальных проекций зоны питания корневой системы растения и контуров капельного увлажнения почвы, соотношение которых принимается в зависимости от природно-климатической зоны культивирования растения и может составлять от 0,1 до 0,5 [5]. В связи с этим целью настоящего исследования определена разработка способа определения геометрических параметров горизонтальной проекции локального контура увлажнения почвы, формирующегося при капельном поливе.

Материалы и методы. Опытной базой для получения эмпирических зависимостей и разработки на их основе способа определения геометрических параметров горизонтальной проекции локального контура капельного увлажнения почвы послужили результаты натурных исследований параметров контуров влажности почвы. Проведёнными ранее исследованиями было установлено, что на конфигурацию контура капельного орошения почвы, кроме технологических (поливная норма, расход капельного микроводовыпуска) и почвенных (содержание физической глины, наименьшая влагоёмкость и объёмная масса почвы) условий проведения полива, значительное влияние оказывает уклон земельного участка [6, 7]. На относительно ровном (безуклонном) участке аппроксимированный контур увлажнения в плане имеет форму круга, а на пологосклонном участке при прочих равных условиях вытянут в направлении уклона поверхности земли, что проиллюстрировано рисунком 1.



Рисунок 1 – Схемы контуров капельного увлажнения почвы

Установлено, что чем больше уклон поверхности земли, тем больше выражено смещение очертания контура капельного увлажнения вниз по склону относительно капельного микроводовыпуска (точки водоподачи) [7]. При разработке способа прогнозирования параметров горизонтальной проекции локального контура влажности почвы приняты нижеследующие допущения: 1) при одинаковых технологических и почвенных условиях проведения полива площади горизонтальных проекций контуров влаж-

ности на безуклонных и пологосклонных участках принимаются одинаковыми; 2) в тех же условиях радиус горизонтальной проекции «безуклонного» контура влажности равен расстоянию от капельницы до границы контура влажности в поперечном склоне направлении для «склонового» контура влажности почвы.

Результаты и обсуждение. Анализ экспериментальных данных, собранных авторами настоящего исследования, позволил получить эмпирические зависимости для функциональной связи линейных размеров горизонтальной проекции локального контура увлажнения почвы с параметрами почвенной среды, требуемой глубиной увлажнения и уклоном поверхности земли на орошаемом участке. С использованием указанных зависимостей получены уравнения для определения координат граничной линии и площади горизонтальной проекции контура влажности почвы. На базе полученного комплекса зависимостей был разработан способ определения геометрических параметров горизонтальной проекции локального контура капельного увлажнения почвы, заключающийся в нижеследующем.

1 Исходными данными для расчета являются параметры, характеризующие условия проведения капельного полива: среднее содержание физической глины в почве W_{Γ} в процентах от массы сухой почвы (% МСП); средняя наименьшая влагоемкость исследуемого почвенного профиля $W_{\text{НВ}}$, % МСП; средняя плотность сложения почвы γ , т/м³; требуемая глубина увлажнения $h_{\text{увл}}$, м, и уклон поверхности земли φ_c , °.

2 Расстояние от точки капания до границы горизонтальной проекции контура влажности в поперечном склоне направлении $L_{\text{к,п}}$, м, определяется по зависимости:

$$L_{\text{к,п}} = 0,25 \cdot \left[(0,51 + 0,009 \cdot \bar{W}_{\Gamma}) + (0,073 + 0,038 \cdot \bar{W}_{\text{НВ}}) \right] \cdot h_{\text{увл}} \quad (1)$$

Необходимо отметить, что в частном случае при уклоне поверхности земли φ_c , равном нулю, форма горизонтальной проекции контура капельного увлажнения принимается круглой с центром в точке капания и радиусом $R_{\text{к}}$, м. При этом радиус горизонтальной проекции «безуклонного» контура $R_{\text{к}}$ равен значению $L_{\text{к,п}}$ «склонового» контура и определяется по зависимости (1).

3 Расстояние от точки капания до границы горизонтальной проекции контура влажности в направлении вверх по склону $L_{\text{к,в}}$, м, рассчитывается по зависимости вида:

$$L_{\text{к,в}} = (1 - 0,045 \cdot \varphi_c) \cdot L_{\text{к,п}}$$

4 Расстояние от точки капания до границы горизонтальной проекции контура влажности в направлении вниз по склону $L_{\text{к,н}}$, м, определяется по зависимости:

$$L_{\text{к,н}} = (1 + 0,045 \cdot \varphi_c) \cdot L_{\text{к,п}}$$

5 Координаты y_i граничной линии «верхового» сектора А (рисунок 2) для $0 \leq x_i \leq L_{\text{к,в}}$ с шагом $0,1 L_{\text{к,в}}$ определяются из уравнения вида:

$$\frac{y_i}{L_{\text{к,п}}} = 1 - \left[0,05 \cdot \frac{x_i}{L_{\text{к,в}}} + 0,10 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{\text{к,в}}} \right)^2 + 0,20 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{\text{к,в}}} \right)^3 + 0,50 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{\text{к,в}}} \right)^4 - 0,10 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{\text{к,в}}} \right)^5 + 0,25 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{\text{к,в}}} \right)^{25} \right], \quad (2)$$

где y_i – вертикальные координаты точки граничной линии, м;

x_i – горизонтальные координаты точки граничной линии, м.

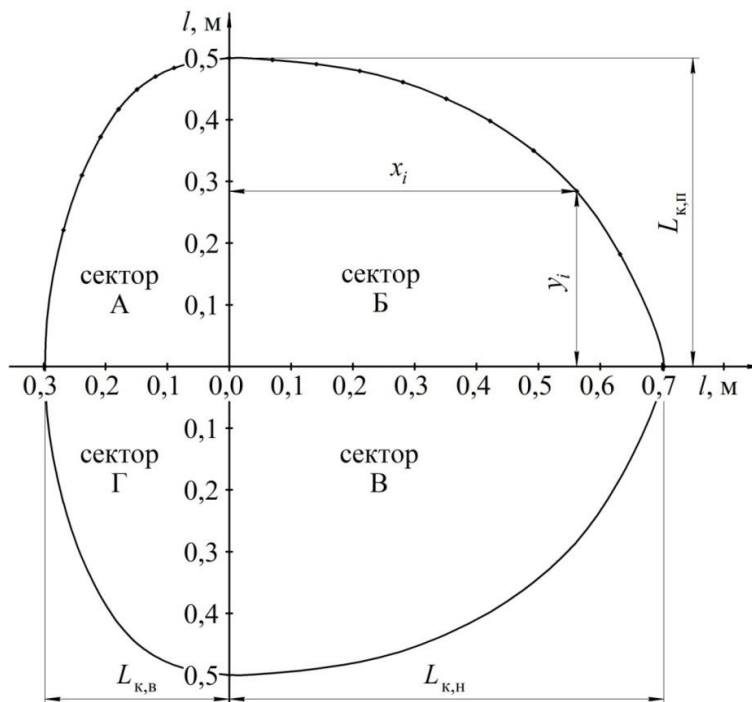


Рисунок 2 – Схема планового очертания контура капельного увлажнения почвы

6 Координаты y_i граничной линии «низового» сектора Б (рисунок 2) для $0 \leq x_i \leq L_{к,н}$ с шагом $0,1 L_{к,н}$ определяются из уравнения вида:

$$\frac{y_i}{L_{к,п}} = 1 - \left[0,05 \cdot \frac{x_i}{L_{к,н}} + 0,15 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,н}} \right)^2 + 0,40 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,н}} \right)^3 + 0,60 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,н}} \right)^4 - \right. \\ \left. - 0,60 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,н}} \right)^5 + 0,40 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,н}} \right)^{10} \right]. \quad (3)$$

7 Построение очертания горизонтальной проекции «склонового» контура капельного увлажнения почвы производится в соответствии с рисунком 2. Точка расположения капельного микроводовыпуска принимается за начало системы координат.

7.1 Граничные линии горизонтальной проекции контура влажности почвы строятся по секторам А и Б. Для этого на принятую систему координат наносятся точки граничной линии в указанных секторах, которые соединяются между собой. Необходимо отметить, что исходя из условия $0 \leq x_i \leq L_{к,в}$ в эмпирической зависимости (2) для верхового сектора значение x_i принимается положительным. В системе координат по рисунку 2 точка расположения капельницы принимается за начало координат, следовательно, в данной системе координат при построении верхового сектора плана контура необходимо использовать отрицательные значения координаты x_i .

7.2 Очертания граничной линии горизонтальной проекции контура влажности почвы в секторах В и Г принимаются симметричными секторам А и Б.

8 Определяется площадь горизонтальной проекции контура влажности почвы.

8.1 Зависимости для определения площади секторов А и Б горизонтальной проекции «склонового» контура капельного увлажнения почвы получены путем интегрирования уравнений (2) и (3) соответственно. В результате площадь сектора А (S_A, m^2) определяется по зависимости вида:

$$S_A = \int_0^{L_{к,в}} L_{к,п} \cdot \left(1 - \left[0,05 \cdot \frac{x_i}{L_{к,в}} + 0,10 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,в}} \right)^2 + 0,20 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,в}} \right)^3 + 0,50 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,в}} \right)^4 - \right. \right. \\ \left. \left. - 0,10 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,в}} \right)^5 + 0,25 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,в}} \right)^{25} \right] \right) dx = 0,799 \cdot L_{к,п} \cdot L_{к,в},$$

а площадь сектора Б (S_B , м²) по зависимости вида:

$$S_B = \int_0^{L_{к,н}} L_{к,п} \cdot \left(1 - \left[0,05 \cdot \frac{x_i}{L_{к,н}} + 0,15 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,н}} \right)^2 + 0,40 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,н}} \right)^3 + 0,60 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,н}} \right)^4 - \right. \right. \\ \left. \left. - 0,60 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,н}} \right)^5 + 0,40 \cdot \left(\frac{x_i}{L_{к,н}} \right)^{10} \right] \right) dx = 0,767 \cdot L_{к,п} \cdot L_{к,в}.$$

8.2 Так как секторы В и Г горизонтальной проекции контура являются симметричными секторам соответственно А и Б, общая площадь горизонтальной проекции контура капельного увлажнения почвы S_p , м², определяется по зависимости вида:

$$S_p = (S_A + S_B) \cdot 2.$$

8.3 В частном случае при $\varphi_c = 0^\circ$ площадь горизонтальной проекции «безуклонного» контура капельного увлажнения почвы $S_{\varphi=0}$, м², для упрощения расчетов можно определить по зависимости для площади круга:

$$S_{\varphi=0} = \pi \cdot R_k^2.$$

Применимость для практического использования предложенного способа подтверждается сопоставлением данных о параметрах контура капельного увлажнения, зафиксированного на пологосклонном участке крутизной $\varphi_c = 9^\circ$, расположенном в Октябрьском районе Ростовской области, с расчетными значениями этих параметров для данных условий проведения полива. Почвы опытного участка представлены южными среднетяжелыми тяжелосуглинистыми малогумусными черноземами со следующими характеристиками: $W_T = 58,0$ % МСП; $W_{НВ} = 25,2$ % МСП; $\gamma = 1,4$ т/м³. Глубина увлажнения составила $h_{увл} = 0,97$ м. Сопоставление очертаний горизонтальных проекций опытного (построенного по данным натурных исследований) и расчетного (построенного по результатам расчета по предложенному способу) контуров капельного увлажнения почвы проиллюстрировано рисунком 3, который подтверждает качественное и количественное подобие форм очертания горизонтальной проекции опытного и расчетного (прогнозируемого) контуров капельного увлажнения почвы.

Значение площади прогнозируемого по предложенному способу и опытного контуров капельного увлажнения, приведенных на рисунке 3, составило $S_p = 0,778$ м² и $S_{оп} = 0,776$ м² соответственно. Отклонение расчетного значения от опытного составило 0,2 %, что свидетельствует о практической применимости предложенного способа определения геометрических параметров для условий проведения опыта. Отметим, что имеющие место отклонения координат граничной линии в отдельных точках контура, достигающие 14 %, носят локальный характер и не изменяют общего совпадения опытного и расчетного контуров влажности. При расширении опытного банка данных о фактических параметрах контуров капельного увлажнения возможна корректировка

коэффициентов полученных зависимостей с целью адаптации предложенного способа к различным сочетаниям почвенных, технологических и рельефных условий проведения капельного полива сельскохозяйственных растений.

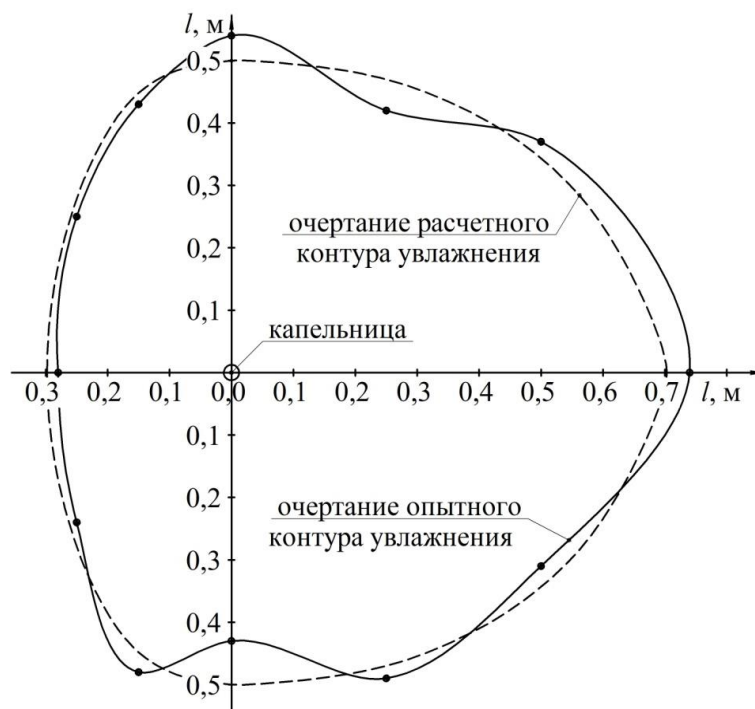


Рисунок 3 – Очертания горизонтальной проекции опытного и расчетного контуров капельного увлажнения почвы

Выводы

1 В результате исследований с использованием полученного комплекса эмпирических зависимостей был разработан способ определения геометрических параметров горизонтальной проекции локального контура капельного увлажнения почвы.

2 Апробацией способа путем сопоставления опытных и расчетных значений параметров горизонтальной проекции контура капельного увлажнения для конкретных условий проведения капельного полива установлено качественное и количественное подобие очертаний горизонтальной проекции опытного и прогнозируемого контуров.

3 В дальнейшем предполагается апробация предложенного способа в различных почвенных, технологических и рельефных условиях проведения капельного полива и его адаптация к различным сочетаниям почвенных, технологических и рельефных условий проведения капельного полива сельскохозяйственных растений.

Список использованных источников

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

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

3 Васильев, С. М. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие / С. М. Васильев, Т. В. Коржова, В. Н. Шкура. – Новочеркасск, 2017. – 200 с.

4 Рыжаков, А. Н. О форме локального контура капельного орошения / А. Н. Рыжаков, В. Н. Шкура, А. С. Штанько // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2(66). – С. 94–100.

5 Ясониди, О. Е. Капельное орошение / О. Е. Ясониди. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 322 с.

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

7 Храбров, М. Ю. Ресурсосберегающие технологии и технические средства орошения: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Храбров Михаил Юрьевич. – М., 2008. – 266 с.

УДК 634.11:581.43

А. С. Штанько, 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

РАСПОЛОЖЕНИЕ И РАЗМЕРЫ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ЯБЛОНИ СОРТА АЙДАРЕД, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА ПОЛОГИХ СКЛОНАХ

Цель исследования заключается в определении формы и геометрических параметров корневой системы яблоневых растений, произрастающих на склоновых землях, для последующего их использования при определении количества и мест расположения микроводовыпусков капельного орошения деревьев. Основу материала исследования составили результаты раскопок корневой системы яблонь сорта Айдаред, произраставших на полого-склоновом участке крутизной, составляющей 5,8; 6,0 и 9,0°, почвенный покров которого представлен южным среднемоощным слабогумусированным тяжелосуглинистым черноземом. В результате проведенного исследования корневой системы трех плодоносящих яблоневых растений сорта Айдаред, произраставших на склоновом ландшафте, установлены: очертания зоны расположения основной части корней растения; удаленность ее границ от корневой шейки и заглубленность основной массы корней под поверхность земли; очертания приштамбовой зоны растения с малым количеством обрастающих корней («водо- и пищепотребляющих корешков»); геометрические параметры области корнеосвоенного почвенного пространства для размещения капельных микроводовыпусков, обеспечивающих формирование в ее пределах локальных контуров капельного увлажнения почвы подачей поливной воды и растворенных в ней элементов питания растений. Сделанные обобщения позволяют прогнозировать расположение, форму и размеры зоны концентрации основной массы корневой системы исследованных яблоневых растений для обоснованного размещения в ее пределах капельницы, обеспечивающих качественный капельный полив яблони сорта Айдаред, культивируемой на полого-склоновых земельных участках.

Ключевые слова: яблоневые растения; корневая система; склоновые земли; заглубленность корней; удаленность корней; основная масса корней.

A. S. Shtanko, 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

LOCATION AND DIMENSIONS OF THE AIDARED APPLE TREE ROOT SYSTEM GROWING ON THE SMOOTH SLOPES

The purpose of the study is to determine the shape and geometric parameters of the apple trees root system growing on sloping lands for their subsequent use in determining the number and location of micro-water outlets for drip irrigation of trees. The basis of the research material was the results of the digging out of Aidared apple tree root system, growing on a sloping plot with a steepness of 5.8; 6.0 and 9.0°, the soil cover of which is the southern medium prehumic heavy loamy chernozem. The study of the root system of three fruit-bearing Aidared apple trees growing on a sloping land determined: the outline of the location zone of the tree roots bulk; its borders remoteness from the root crown and the buriedness of the roots bulk under the surface; the contours of the plant trunk with a small number of fouling roots ("water and food-consuming roots"); geometrical parameters of the rooted soil space area for drip micro-water outlets placement, which ensure the formation of local contours of drip soil moistening within it by the supply of irrigation water and plant nutrients dissolved in it. The generalizations made make it possible to predict the location, shape and size of the concentration zone of the studied apple trees root system main bulk for reasonable placement of emitters within it, which provide high-quality drip irrigation of the Aidared apple trees cultivated on smooth sloping land plots.

Key words: apple trees; root system; sloping lands; roots buriedness; roots remoteness; roots bulk.

Введение. Ведение садоводства на склоновых земельных участках при капельном орошении актуализирует задачу проектирования соответствующих потребностям растений и условиям их произрастания капельных поливных сетей. Обязательным требованием проведения качественных капельных поливов является обеспечение точной по объемам и месту подачи поливной воды и растворенных в ней агрохимических препаратов в зону питания корневой системы растений. Указанное требование может быть обеспечено при наличии исходной информации о геометрических параметрах корневых систем древесных культур, их формах и расположении основной части («массы») корней в почвенном пространстве. Использование данных о расположении основной части корней корневых систем многолетних растений и охватываемой ими площади питания позволит определить параметры зоны увлажнения, количество и расположение капельных микроводовыпусков, обеспечивающих качественный капельный полив выращиваемых культур. С учетом важности знаний параметров корневых систем их исследованиям уделялось должное внимание. Специалистами в области корневедения [1, 2 и др.] установлен ряд закономерностей роста и развития корневых систем различных видов растений, произрастающих в различных природно-климатических условиях. Ряд прикладных обобщений применительно к использованию данных о корневых системах яблоневых растений при проектировании систем капельного орошения яблоневых насаждений сделан специалистами-гидромелиораторами [3–5]. Отметим, что основной объем сведений о корневых системах яблоневых растений получен для равнинных участков их произрастания, а имеющиеся обобщения по прогнозированию их геометрических параметров сделаны для насаждений с уклоном земной поверхности к горизонту, не превышающим 0,035 (т. е. для склоновых участков крутизной $< 2^\circ$). И при всем при этом специалисты и пользователи известной информации испытывают дефицит сведений и рекомендаций по прогнозированию геометрических параметров многолетних древесных культур, возделываемых на склоновых землях. На восполнение дефицита информации о форме, расположении и геометрических параметрах (размерах) корневых систем яблоневых растений, культивируемых на пологих склонах крутизной, не превышающей 9° , направлено настоящее исследование.

Материалы и методы. Экспериментальную основу исследования составили дан-

ные раскопок корневых систем трех яблоневых растений сорта Айдаред возрастом 20, 18 и 12 лет, произрастающих на уклонных земельных участках юго-западной экспозиции с крутизной склонов, составляющей 5,8; 6 и 9° соответственно. Почвенный покров земельных участков представлен южными среднетяжелосуглинистыми малогумусными черноземами. Разрыв и раскопки корневых систем плодоносящих яблонь и последующая обработка опытных данных производились по методикам, приведенным в работах В. А. Колесникова, В. Н. Шкуры, Д. Л. Обумахова, Е. Н. Луневой [1, 3].

Для осуществления анализа приведенная на рисунке 1 четырехсекторная схема корневой системы радиалами А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З была разбита на восемь подсекторов с центральным углом между двумя соседствующими радиалами, равным 22,5°. Комбинации из двух соседствующих мини-секторов позволяли получать сектора с углом роспуска радиалей, составляющим 45°. Все корнеосвоенное пространство зоны питания яблони системой окружностей и дуг с радиусами 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 и 200 см было разделено на кольцевые учетные площадки. Принятая система разноразмерных 45- и 22,5-градусных секторов и кольцевых площадок позволила провести измерения и учет корней с последующим определением геометрических параметров корневой системы растения. Камеральная обработка плановой схемы корневой системы яблони предусматривала нижеследующие учетно-расчетные операции: посекторный подсчет количества срезов ($n_{ср}$) корней корневой системы растения по круговым (дуговым) сечениям; определение протяженности корней 1–3-го уровней ветвления в пределах круговых (дуговых) площадок по каждому мини-сектору ($\sum L_{к,i}$); установление площади охватываемого корнями растения земельного пространства по оконтуривающей корневую систему линии ($\omega_{к/с}$) в соответствии с контуром по рисунку 1; измерение удаленностей окончаний корневых ветвей от корневой шейки растения вверх ($L_{к/в}$) и вниз ($L_{к/н}$) по склону и по направлениям, перпендикулярным уклону земной поверхности ($L_{к/п}$), на участке произрастания исследуемого яблоневого растения.

Камеральная обработка схем корневых систем производилась в целях установления их формы и геометрических размеров, определения очертаний зон расположения основной части («массы») корней растения и положения приштамбовой зоны с низким содержанием обрастающих корней. Последовательность ведения камеральных работ и полученные результаты рассмотрены на примере корневой системы яблони, произраставшей на ландшафте с крутизной склона $\alpha_c = 5,8^\circ$. Результаты первичной обработки опытных данных представлялись в виде плановых схем корневых систем раскопанных яблоневых культур и их вертикальных разрезов, характерный пример которых приведен на рисунке 1.

Результаты и обсуждение. В результате камеральной обработки схем корневых систем исследуемых яблоневых растений установлены опытные значения их геометрических параметров, пример которых для условий склона 5,8° приведен таблице 1.

Опытные значения протяженности корневых ветвей (удаленности окончаний корней от корневой шейки) для рассматриваемого яблоневого растения $L_{к/в}$, $L_{к/н}$, $L_{к/п}$ и данные о других корневых системах яблонь позволили получить зависимости для прогнозирования значений этих параметров на разноуклонных склонах:

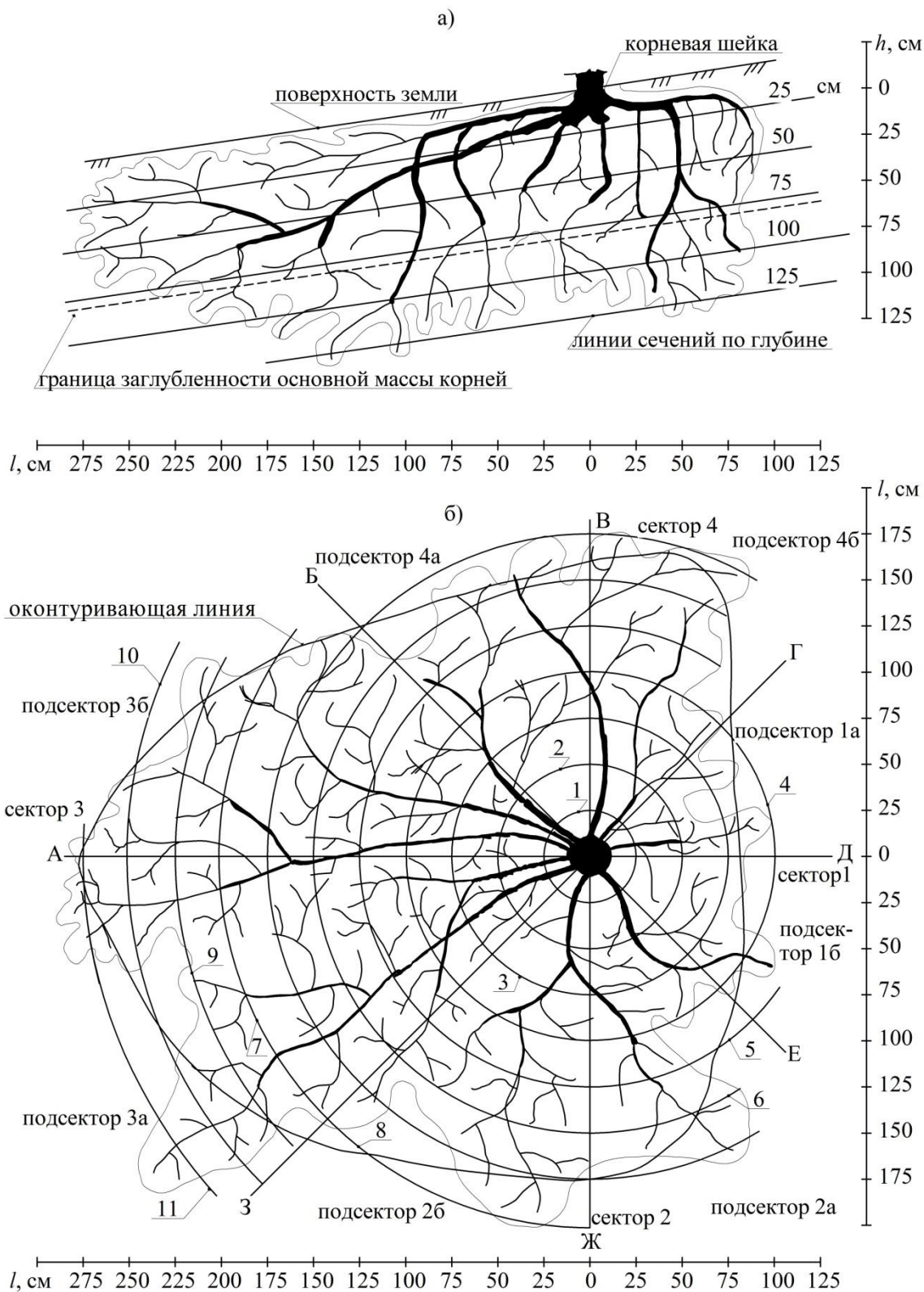
$$L_{к/в} = (1 - 0,067 \cdot \alpha_c) \cdot R_{к/с},$$

$$L_{к/н} = (1 + 0,067 \cdot \alpha_c) \cdot R_{к/с},$$

$$L_{к/п} = (1 - 0,01 \cdot \alpha_c) \cdot R_{к/с},$$

где $R_{к/с} = 0,564 \cdot \sqrt{\omega_{к/с}}$ – средний радиус удаленности корней корневой системы яблоневых растений от штамба с очертанием, приведенным к форме окружности;

α_c – угол наклона (склона) земной поверхности к горизонту в градусах.



l – расстояние на плане, см; h – глубина распространения корней, см;
 А, В, Д, Ж – контурные радиали, ограничивающие 45-градусные сектора;
 Б, Г, Е, З – расчетные радиали, ограничивающие подсектора в 22,5°;
 1 – 11 – расчетные круговые и дуговые линии, ограничивающие учетные площади и сечения корневой системы растения

Рисунок 1 – Продольный разрез (а) и план (б) корневой системы яблони, произрастающей на склоне крутизной 5,8°

Таблица 1 – Значения геометрических параметров корневой системы плодоносящей яблони сорта Айдаред, произраставшей на склоне крутизной 5,8°

Площадь корневой системы яблоневого растения ($\omega_{к/с}$, м ²)	Удаленность окончаний корневых ветвей от корневой шейки			Средняя удаленность корней корневой системы от штамба ($R_{к/с}$, м)
	вверх по склону ($L_{к/в}$, м)	вниз по склону ($L_{к/н}$, м)	поперек склона ($L_{к/п}$, м)	
10,40	0,98	2,75	1,72	1,82

На последующем этапе анализа в соответствии с приведенной в работе В. Н. Шкуры, Д. Л. Обумахова, А. Н. Рыжакова [4] методикой по каждому сектору устанавливались удаленность расположения границы зоны, в пределах которой концентрируется основная часть (80 %) корней корневой системы, и удаленность границы приштамбовой зоны, содержащей 20 % массы корней. При этом удаленности границ указанных зон (L_k)_{о/ч} и (L_k)_{п/ш} устанавливались по двум критериям: количеству срезов корней и по протяженности корней. Соответствующие данные определений вышеуказанных геометрических параметров корневой системы рассматриваемого яблоневого растения приведены в таблице 2 и проиллюстрированы рисунком 2.

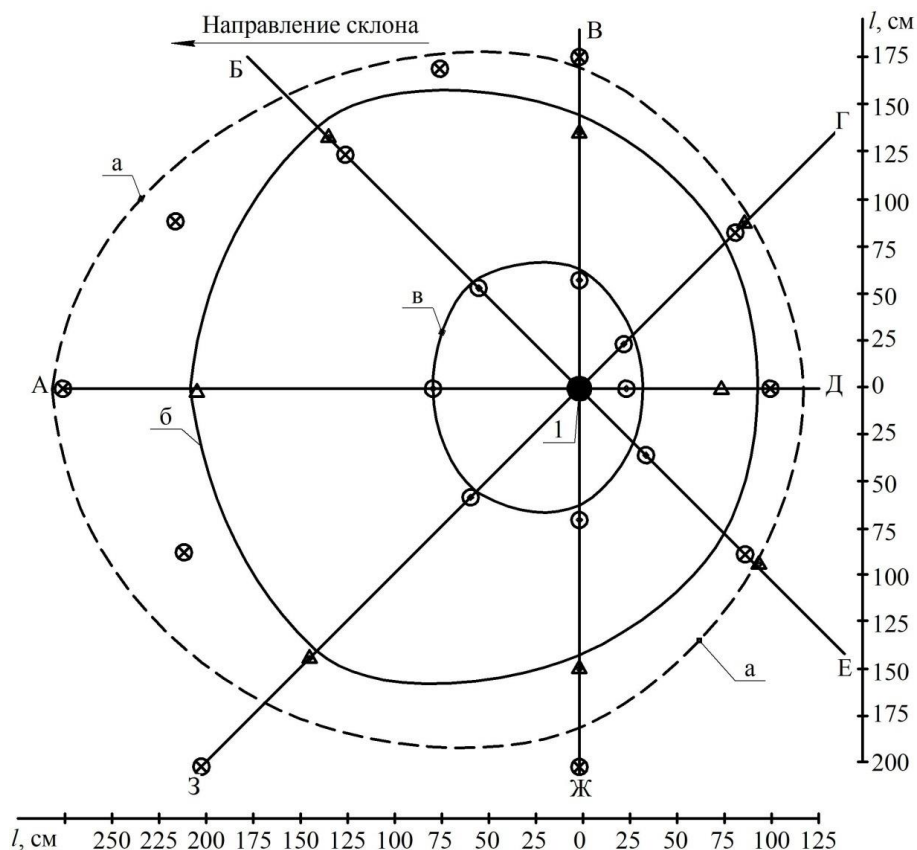
Таблица 2 – Данные определения удаленностей границ приштамбовой зоны и зоны расположения основной части корней яблони от штамба

В см

Показатель	Значение показателя по радиалам							
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
Удаленность границ приштамбовой зоны по количеству срезов	75	80	54	30	25	56	70	78
Удаленность границ приштамбовой зоны по протяженности корней	82	73	60	35	24	55	74	80
Средняя удаленность границы зоны	78	76	57	32	25	55	72	79
Удаленность границ зоны расположения основной части корней по срезам	200	176	128	115	75	125	145	195
Удаленности границ зон расположения основной части корней по их длине	205	200	145	134	74	135	155	210
Средняя удаленность границы зоны	202	188	136	125	74	130	150	203

Пространство, заключенное между граничными очертаниями указанных зон, соответствует корнеосвоенной области, рекомендуемой для размещения капельных микрородовыпусков, формирующих при поливе локальные контуры увлажнения почвы.

Определение заглубленности границ зоны, в пределах которой содержится основная часть корней корневой системы растения, осуществлялось по схеме расположения корней в сечении корнеобитаемого почвенного пространства вертикальной плоскостью, проходящей через середину корневой шейки в направлении склона поверхности земли (рисунок 1а). В качестве измерителей рассматривались количество срезов корней, попадающих в секущие линии, протрассированные через каждые 25 см, если считать от поверхности земли ($n_{ср}$)_h, и протяженности корней первого, второго и третьего уровней ветвления ($(l_k)_{h_i-h_k}$, $(l_k)_{h_i-h_{ik}}$ и т. д.) с глубинами 0–25, 25–50, 50–75, 75–100 и 100–125 см. Данные о значениях этих параметров приведены в таблицах 3 и 4.



1 – корневая шейка; А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, З – расчетные радиали; ⊙ – средние опытные значения удаленности границ приштамбовой зоны; ▲ – средние опытные значения удаленностей от корневой шейки границ расположения основной массы корней; ⊗ – средние значения окончания корневых ветвей

Рисунок 2 – Аппроксимированные очертания границ корневой системы (а), зоны расположения основной части корней (б) и приштамбовой зоны корневой системы растения (в)

Таблица 3 – Данные подсчета срезов корней

Показатель	Значение показателя				
Удаленность сечения от корневой шейки (см)	25	50	75	100	125
Количество срезов корней (шт.)	19	20	14	13	4
Количество срезов корней (%)	27,1	28,6	20,0	18,6	5,7

Таблица 4 – Данные определений протяженности корней

Показатель	Значение показателя				
Заглубленность расчетных почвенных слоев (см)	0–25	25–50	50–75	75–100	100–125
Протяженность корней 1, 2 и 3-го уровней ветвления (см)	575	620	578	330	212
Протяженность корней в расчетном слое почвы (%)	24,8	26,8	25,0	14,2	9,2

В соответствии с данными таблиц заглубленность основной части корней корневой системы исследованного яблоневого растения по 80% уровню значений использованных критериальных измерителей составила $(h_k)_{0/ч} = (80,0 \pm 2,0)$ см.

Выводы

1 Для корневых систем яблонь сорта Айдаред характерно наличие склоновой

асимметричности их формы, проявляющейся в вытянутости большей части корневых ветвей в направлении уклона земной поверхности склона.

2 Получены экспериментальные зависимости, характеризующие степень асимметричности формы корневой системы исследованных яблоневых растений.

3 По полученным опытным данным установлены координаты границ корневой системы, зоны расположения основной массы ее корней и приштамбовой зоны, позволяющие прогнозировать формы этих зон для растений, произрастающих на пологих склоновых нетеррасированных земельных участках крутизной до 9°.

Список использованных источников

1 Колесников, В. А. Корневая система плодовых и ягодных растений / В. А. Колесников. – М.: Колос, 1974. – 509 с.

2 Корневая система яблони при разных типах почвы / Б. С. Гегечкори, А. А. Кладь, В. Г. Кладь, С. Ю. Орленко // Доклады Рос. акад. с.-х. наук. – 2012. – № 5. – С. 25–27.

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

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

5 Рыжаков, А. Н. Исследование основной массы корней яблоневых растений / А. Н. Рыжаков, В. Н. Шкура // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2015. – № 4(20). – С. 85–95. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=366&id=372>.

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.67:621.311

А. А. Кириленко, В. В. Слабунов

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

О ПРИМЕНИМОСТИ МИКРОГЭС ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОРОШЕНИЯ ДОЖДЕВАНИЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Целью исследования являлось изучение альтернативных источников энергоресурсов применительно к дождевальной технике на орошаемых сельскохозяйственных землях. Разработана общая классификация микрогидроэлектростанций в зависимости от типа и вида строительной конструкции, в результате которой выявлено два вида и четыре типа. Выделены возможные виды конструктивного исполнения в части установки микрогидроэлектростанции. Среди них: установка на водном объекте, на напорном гидранте, на водопроводящем напорном трубопроводе. Отмечены основные достоинства и недостатки видов и конструкций микрогидроэлектростанций. Наиболее подходящим видом и типом гидроэлектростанции для применения на дождевальной машине является деривационная станция рукавного типа. Данный вид отвечает требованиям энергообеспечения и повышения энергетической эффективности. Исходя из конструкции дождевальной машины установлено, что применение деривационного вида и рукавного типа микрогидроэлектростанции возможно не только на оросительных деривационных системах, устраиваемых в предгорных районах, но и на действующих оросительных системах закрытого типа.

Ключевые слова: энергоэффективность; дождевальная машина; микроГЭС; деривационная система; орошение; дождевание.

A. A. Kirilenko, V. V. Slabunov

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

ON APPLICABILITY OF SMALL HYDROELECTRIC POWER PLANTS FOR SPRINKLING IRRIGATION OF AGRICULTURAL CROPS

The aim of the research was to study alternative energy sources as applied to sprinkling equipment on irrigated agricultural lands. A general classification of small hydroelectric power plants depending on the type and kind of building structure was developed, as a result of which two kinds and four types were identified. Possible types of design in terms of the installation of a small hydroelectric station are highlighted. Among them are installation on a water body, on a pressure hydrant, on a water conducting pressure pipe. The main advantages and disadvantages of the types and designs of small hydroelectric power plants are noted. The most suitable kind and type of hydroelectric station for use on a sprinkler is a hose type derivation station. This type meets the requirements of energy supply and energy efficiency improvement. Based on the design of the sprinkler machine it was found that the use of a derivative kind and a hose type of a small hydroelectric power plant is possible not only on irrigation diversion systems arranged in foothill areas, but also on operating closed type irrigation systems.

Key words: energy efficiency; sprinkler; small hydroelectric power plant; diversion system; irrigation; sprinkling.

Введение. В настоящее время применение различного рода дождевальной техники на орошаемых землях связано с большими затратами энергетического топлива, стоимость которого поступательно увеличивается. В свою очередь возрастает использование природных возобновляемых энергоресурсов [1].

Среди наиболее перспективных источников природных возобновляемых энергоресурсов энергия потока воды занимает одно из ведущих мест. В связи с этим возникает необходимость в проведении исследований, посвященных разработке комплекса автономного энергообеспечения для дождевальной машины посредством применения кинетической энергии поливной воды. Для достижения этой цели возможно прибегнуть к использованию высокоэффективного гидроэнергетического оборудования – микрогидроэлектростанции (микроГЭС).

Направление исследования отвечает реализации положений Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности...» [2], а также всем требованиям устойчивого экологического развития, чистого энергообеспечения.

На основании вышеизложенного встает необходимость в определении вида и типа микроГЭС, которые возможно применить для целей орошения дождеванием сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы. Методологическую основу исследования составили положения научных трудов и разработок отечественных и зарубежных авторов, посвященных вопросам использования малой гидроэнергетики. Исследование проводится с применением теоретического анализа научной литературы, описательного метода, методов графического представления информации, методов сопоставления, аналогии и систематизации.

Результаты. Для решения поставленной задачи в первую очередь необходимо определить:

- условия реализации микроГЭС для дождевальной машины;
- что будем понимать под микроГЭС;
- преимущества и недостатки различных видов микроГЭС;
- какой вид и тип возможно использовать для реализации поставленной задачи.

Рассматривая такой немаловажный вопрос, как обеспечение необходимым количеством электроэнергии, непосредственно затрачиваемой дождевальной машиной на полив сельскохозяйственных культур, а также передвижение по орошаемому участку, можно выделить несколько возможных видов конструктивного исполнения в части места установки микроГЭС:

- установка на водном объекте (канале, трубопроводе), которая потребует дополнительных затрат на устройство энергосети к дождевальной машине, а производительность микроГЭС из расчета использования нескольких дождевальных машин и потерь по сети может быть недостаточной;

- установка непосредственно на напорном гидранте. Однако если за основу брать использование не только фронтальных, но и дождевальных машин кругового действия, то в случае круговой потребуются значительные изменения присоединительного выходного напорного гидранта (так как высота напорного водопроводящего пояса дождевальной машины строго регламентируется моделью используемой дождевальной машины), а также наличие на гидранте соединения с дождевальной машиной, выполненного под 90°, что в совокупности с потерями на генерацию энергии потребует значительного увеличения напора или усложнения конструкции подсоединения микроГЭС;

- установка микроГЭС на водопроводящем напорном трубопроводе дождевальной машины. Однако данная установка в свою очередь потребует использования дополнительного устройства для гашения завихрений после крыльчатки микроГЭС.

Для дальнейшего анализа определим, что будем понимать под микроГЭС, а так-

же основную ее характеристику – производительность, так как основная производительность микроГЭС напрямую зависит от потребляемой мощности дождевальной машины для производства полива и передвижения по орошаемому участку.

Необходимо отметить, что с развитием техники и технологий применяемые на дождевальных машинах электродвигатели прошлого столетия «прошли», можно сказать, «полную модернизацию». Так, если, например, требовался для передвижения тележки дождевальной машины «Днепр» электродвигатель 1,1 кВт, то в настоящее время обеспечить требуемую мощность позволяют электродвигатели, затрачивающие на производство необходимых действий по передвижению порядка 0,25 кВт. То есть если принять условно дождевальную машину шириной 450 м (оптимальная и применяемая ширина дождевальной машины), то потребуется для полива не более 5 кВт электроэнергии.

Так, под микроГЭС будем понимать малую гидроэлектростанцию с установленной мощностью от 5 до 100 кВт [3]. С учетом вышеприведенной необходимой производительности данный термин «полностью» компилируется с требованиями.

Далее необходимо остановиться на классификации микроГЭС и определить вид и тип возможной для решения поставленной задачи. На основании анализа литературных источников [3–11] разработана классификация микроГЭС (рисунок 1).



Рисунок 1 – Классификация микрогидроэлектростанций

Далее отметим наиболее значимые особенности микроГЭС, отраженных на рисунке 1.

Деривационный тип микроГЭС применяют при больших уклонах реки и сравнительно малых используемых расходах. Если в качестве деривации используется нестационарный сборный или гибкий рукав либо шланг, такой тип микроГЭС называют деривационным рукавным. Деривационный тип требует меньших затрат на строительство и обеспечивает лучшие экологические условия (по сравнению с плотинным) [9].

Свободнопоточные (плавучие, гирляндные и погружные) микроГЭС наиболее экономичны и мобильны, не требуют земляных работ. Данный тип ГЭС не предполагает строительства напорных сооружений, кинетическая энергия воды используется в ее свободном течении, а также путем установки специальных устройств наплавного или погружного типа. ГЭС, имеющую общий валопровод, в котором несколько соосных гидравлических машин работают на одну или несколько электрических машин, называют гирляндной (гидроколеса Савониуса в США, турбины Ленева и гирляндного типа в России).

Заключение. На основании вышеприведенного можно сделать следующие выводы: установку микроГЭС, на наш взгляд, необходимо осуществлять непосредственно на напорном трубопроводе дождевальной машины, так как это позволит сократить модельный ряд микроГЭС вследствие применения как на новой, так и на старой дожде-

вальной технике «унифицированных» диаметров напорных трубопроводов, а также позволит обеспечить «быстрый» монтаж на машинах как кругового, так и фронтального действия; в соответствии с приведенной классификацией для разработки следует принять микроГЭС деривационного вида и рукавного типа, что позволит устанавливать их непосредственно на трубопровод, а также использовать не только на оросительных деривационных системах, устраиваемых в предгорных районах, но и на действующих оросительных системах закрытого типа.

Список использованных источников

1 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.

2 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.

3 Гидроэлектростанции (ГЭС) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://water-info.net/bk/1-1-1-1-2.htm>, 2020.

4 ГОСТ Р 51238-98. Нетрадиционная энергетика. Гидроэнергетика малая. Термины и определения. – Введ. 1999-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 8 с.

5 Малая, мини- и микрогидроэнергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://alobuild.ru/ispolzovaniye-vozobnovlyayemoj-energii/mikroenergetika.php>, 2020.

6 Малые гидроэлектростанции (МГЭС) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gigavat.com/mini_ges.php, 2020.

7 Мини ГЭС. Микрогидроэлектростанции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rina.pro/napravleniya-deyatelnosti/alternativnaya-energetika/mikro-gidro-elektro-stancii>, 2020.

8 Михайлов, Л. П. Малая гидроэнергетика / Л. П. Михайлов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 184 с.

9 О выборе типа микроГЭС и ее оптимальной мощности в зависимости от гидрологических параметров / Е. А. Спиринов, А. А. Никитин, М. П. Головин, А. Л. Встовский // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2012. – № 4(36). – С. 109.

10 Ушаков, В. Я. Современная и перспективная энергетика / В. Я. Ушаков. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2008. – 468 с.

11 Четошникова, Л. М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: учеб. пособие / Л. М. Четошникова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. – 69 с.

УДК 633.2

С. Ю. Турко

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

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ПАСТБИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ЗОНАЛЬНЫХ ПОЧВАХ ПОЛУПУСТЫНИ

Целью исследований явилась разработка технологии использования многолетних кормовых трав на экспериментальных моделях и подготовка научно-практических предложений по восстановлению и продлению продуктивного долголетия аридных пастбищ в условиях сухой степи и полупустыни, а также выявление наиболее перспективных моделей сеяных фитоценозов кормовых трав и кустарникового яруса.

При этом были сконструированы различные типы пастбищ, оптимизированных по продуктивности, структурно-функциональной организации и устойчивости. Это было достигнуто путем сочетания разных зонально-типичных доминантных видов и жизненных форм кормовых растений, относящихся к различным типам адаптивной стратегии. Конструкции пастбищных систем, особенно на дефляционно опасных территориях, должны состоять из адаптированных кустарников, многолетних и однолетних трав в определенных пропорциях в зависимости от назначения и функциональности пастбищ. Для оптимизирования создания пастбищных экосистем аридной зоны на весенне-летних пастбищах необходимо вводить 15–20 % кустарников, 15–20 % полукустарников, 30–40 % злаков, 15–20 % бобовых. На летне-осенних пастбищах 5 % кустарников, 25–30 % полукустарников, 60–70 % многолетних злаков.

Ключевые слова: кормовые травы; пастбищные экосистемы; экспериментальные модели; конструкции пастбищных систем; жизненные формы; виды; экотипы.

S. Yu. Turko

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

PROPOSALS FOR TECHNOLOGY OF PASTURE ECOSYSTEMS FORMATION ON SEMI-DESERT ZONE TYPES

The aim of the research was to develop the technology for using perennial forage grasses on experimental models and to prepare academic and practical proposals for restoring and prolonging the productive longevity of arid grasslands under the conditions of dry steppe and semi-desert, as well as to identify the most promising models of seeded phytocenoses of forage grasses and shrub layer. At the same time, various types of pastures were designed, optimized by productivity, structural and functional organization and sustainability. It was achieved by combining different zonal-typical dominant species and life forms of fodder plants belonging to different types of adaptive strategies. The constructions of pasture systems, especially in deflationally dangerous areas, should consist of adapted shrubs, perennial and annual grasses in certain proportions depending on the purpose and functionality of the pasture. To optimize the creation of pasture ecosystems of arid zone in spring-summer pastures, it is necessary to introduce 15–20 % shrubs, 15–20 % subshrubs, 30–40 % cereals, 15–20 % legumes. In estivo-autumnal pastures 5 % of shrubs, 25–30 % of subshrubs, 60–70 % of perennial cereals are necessary.

Key words: forage grasses; pasture ecosystems; experimental models; construction of pasture systems; life forms; species; ecotypes.

Введение. Для половины деградированных пастбищ в настоящее время негативные изменения приобрели практически необратимый характер. В связи с таким состоянием пастбищ требуют решения следующие задачи: разработать методы ускоренной фитомелиорации пастбищ с учетом свойств растительного покрова, его долговечности, засухоустойчивости, солеустойчивости, кормовой ценности, хорошей возобновляемости и почвозащищенности в ветроэрозийный период; разработать методы противозерозионной защиты территорий в переходные периоды (смена травостоя) там, где ветроэрозийные процессы идут активно. Для решения этих задач предполагается использовать фундаментальные положения экологии – принципы флористической и ценотической неполночленности современных пастбищных биоценозов, принципы соотношения создаваемых пастбищных экосистем и зонального типа биоценологических структур, адаптивной концепции растений, выявленные нами ранее, и принцип дифференциации экологических ниш на основе взаимодополняемости различных входящих в состав пастбищной экосистемы жизненных форм, видов, экотипов, сортов кормовых растений в процессе формирования пастбищных фитоценозов.

В целях повышения продуктивности деградированных естественных пастбищ должны создаваться и специализированные культурные пастбища целевого назначения, обеспечивающие высокий выход корма и животноводческой продукции и интенсивно используемые, а также должен сохраняться и рационально использоваться богатый генфонд естественных пастбищных трав, т. е. должна полностью учитываться агроэкологическая ситуация в регионе.

При создании пастбищных экосистем учитывалось то, что более полное использование ресурсов среды будет лишь в конструируемых сообществах, смоделированных по типу естественных зональных биоценологических структур. Поставленные задачи при этом могут быть решены благодаря сочетанию зонально-типичных доминантных видов кормовых растений с учетом адаптивной стратегии, принятой за основу. Это, с одной стороны, позволит расширить кормовую базу, а с другой стороны, создаст возможность построения противодефляционного каркаса (при смене травостоя в переходные периоды времени) и экологических ниш для полезных организмов.

Материал и методы. Изучение пастбищных экосистем проводили на экспериментальных участках гидрологического комплекса ФНЦ агроэкологии РАН. Были сконструированы различные типы пастбищ, оптимизированных по продуктивности, структурно-функциональной организации и устойчивости. Это было достигнуто путем сочетания разных зонально-типичных доминантных видов и жизненных форм кормовых растений, относящихся к различным типам адаптивной стратегии [1]. Конструкции пастбищных экосистем представлены полидоминантными сообществами, состоящими из сочетания кустарников, полукустарников и многолетних трав. Созданы долголетние пастбищные экосистемы весенне-летнего и летне-осеннего срока использования, основанные на использовании кустарников: джугун древовидный (*Calligonum arborescens*) и безлистный (*C. aphyllum*); полукустарничков: терескен (*Krascheninnikovia ceratoides*), полынь песчаная (*Artemisia arenaria*); многолетних кормовых трав: житняк (*Agropyron cristatum* L.), пырей удлиненный солончаковый (*Agropyron elongatum*), костер безостый (*Bromus inermis*), мятлик (*Poa pratensis*), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.).

При закладке и проведении полевых экспериментов, выполнении наблюдений, учетов и лабораторных исследований руководствовались методиками, описанными в предыдущих работах [2, 3]. Посев производился ранней весной. Подготовка почвы по типу зяблевой вспашки на глубину 25–27 см с предпосевной культивацией и прикатыванием. Глубина заделки семян 0,5–2,0 см. Способ посева сплошной. Норма высева для трав ставропольской селекции из расчета 10 кг/га, овсяницы, мятлика – 6 кг/га, полыни белой – 8 кг/га, полыни черной – 6 кг/га, полыни песчаной – 6 кг/га, повторность 3-кратная. Посевы проводились на светло-каштановых и черноземовидных супесчаных почвах. В течение вегетации осуществлялись уходы, изучался рост и состояние растений, определялась продолжительность вегетационного периода, время цветения, плодоношения, урожайность.

Результаты и обсуждение. Одним из составляющих элементов продуктивности многолетних трав является плотность травостоя, которая в первый год жизни во многом зависит от сроков и способов посева, всхожести и изреживаемости трав. Поэтому технологическим процессам при закладке опытных объектов уделяется особенное внимание. При размещении посевов были учтены нормы высева и биологические особенности трав и кустарников [4].

Закладка опытов была проведена на экспериментальных участках гидрологического комплекса ФНЦ агроэкологии РАН путем посева смесей многолетних кормовых трав, кустарников и полукустарников.

Травосмеси были высеяны 15 апреля, кустарники и полукустарники высажены 25 апреля. Всходы злаков отмечены в начале мая на 15–17-й день после посева. Во всех

вариантах опыта всходы и рост травосмесей были дружными. Однако всходы злаковых трав были изреженными. Это объясняется тем, что для высева был взят некачественный семенной материал, данное обстоятельство сказалось на выживаемости растений, особенно житняка и пырея. Высота всходов злаков на 6 мая на светло-каштановых супесчаных почвах составляла 8–10 см, на черноземовидной супесчаной почве – 10–15 см; прирост у кустарников и полукустарников составил: на светло-каштановых супесчаных почвах – 50–75 см, на черноземовидных супесчаных почвах – 70–85 см. Прирост у полыни на светло-каштановых супесчаных почвах – 5–10 см, на черноземовидных супесчаных почвах – 15–45 см (таблица 1).

Таблица 1 – Описание растительности пастбищ разного сезона использования в зависимости от видового состава фитоценоза, 2019 г.

В см

Вид	Средняя высота (прирост)			
	15 мая	15 июля	15 августа	15 сентября
Черноземовидные супесчаные почвы				
Весенне-летнее пастбище				
Джузгун	80(50)	100(70)	115(85)	115(85)
Терескен	80(50)	90(60)	100(70)	100(70)
Житняк + пырей + костер + мятлик	10–15	18–25	30–35	30–35
Летне-осеннее пастбище				
Тамарикс	75(50)	100(75)	100(75)	100(75)
Терескен	80(50)	110(80)	110(80)	110(80)
Полынь	50(15)	50(15)	80(45)	80(45)
Житняк + пырей + овсяница	11–16	15–20	25–30	30–37
Светло-каштановые супесчаные почвы				
Весенне-летнее пастбище				
Джузгун	80(50)	100(70)	110(80)	110(80)
Терескен	80(50)	80(50)	90(60)	90(60)
Житняк + пырей + костер + мятлик	8–10	10–15	18–20	20–25
Летне-осеннее пастбище				
Тамарикс	75(50)	100(75)	100(75)	100(75)
Терескен	80(50)	110(80)	110(80)	110(80)
Полынь	35(5)	40(10)	40(10)	40(10)
Житняк + пырей + овсяница	10–15	15–19	20–22	22–25

Для стабильного воспроизводства кормовой биомассы как в течение вегетации, так и в динамике по годам необходимо, чтобы растительный покров был полночленным в плане сукцессионных изменений. Поэтому в растительном сообществе необходимо присутствие: а) однолетних и многолетних злаков; б) длительно вегетирующих кустарников и полукустарников; в) бобовых (особенно многолетних) [5–8].

Для оптимизации создания пастбищных экосистем аридной зоны на весенне-летних пастбищах необходимо вводить 15–20 % кустарников, 15–20 % полукустарников, 30–40 % злаков, 15–20 % бобовых. На летне-осенних пастбищах 5 % кустарников, 25–30 % полукустарников, 60–70 % многолетних злаков. Предложенная «модель» позволяет сформировать устойчивые растительные сообщества, добиться оптимального состава флоры и фауны и ускорить естественные процессы восстановления деградированных пастбищ (таблица 2) [9, 10].

Таблица 2 – Видовое соотношение кормовых растений на разных почвенных субстратах, 2019 г.

Вид пастбища	Вид	Соотношение видов
Черноземовидные супесчаные почвы		
Весенне-летнее	джузгун	20
	терескен	20
	житняк + пырей + костер + мятлик	60
Летне-осеннее	тамарикс	5
	полынь, терескен	25
	житняк + пырей + овсяница	70
Светло-каштановые супесчаные почвы		
Весенне-летнее	джузгун	20
	терескен	20
	житняк + пырей + костер + мятлик	60
Летне-осеннее	тамарикс	5
	полынь, терескен	25
	житняк + пырей + овсяница	70

Заключение. В основе устойчивого функционирования естественных полукустарниково-травяных пастбищных экосистем, наиболее распространенных в аридных зонах России, лежит многокомпонентность при доминировании полукустарников и многолетних трав, обеспечивающих флористическую и ценотическую полночленность – свидетельство плотной упаковки экологических ниш и относительную замкнутость травостоев против внедрения других элементов.

Такая структурно-функциональная организация аридных экосистем дает основание предположить: при создании пастбищных экосистем необходимо учитывать, что более полное использование ресурсов среды будет лишь в конструируемых сообществах, смоделированных по типу естественных зональных биоценотических структур.

Выявлено, что основными условиями создания и использования природных кормовых угодий являются: создание экономически эффективных, энергосберегающих и экологически безопасных систем интенсивного и устойчивого кормопроизводства на ландшафтной основе, максимально адаптивных к местным условиям; сохранение продуктивного долголетия кормовых угодий; подбор жизненных форм, видов и экотипов, их биологическая и фитоценотическая совместимость применительно к особенностям природных условий.

Список использованных источников

1 Методы экологического восстановления природно-ресурсного потенциала пастбищных экосистем Калмыкии / Н. З. Шамсутдинов, Г. Н. Суханов, А. В. Матвеев, Ю. Н. Арылов, Ю. Б. Каминов, Б. А. Гольдварг, Н. Л. Цаган-Манджиев, З. Ш. Шамсутдинов // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. науч. тр. – М.: ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса, 2017. – Вып. 14(62). – С. 74–93.

2 Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю. К. Новоселов [и др.]. – М.: Россельхозакадемия, 1997. – 156 с.

3 Краснощеков, В. Н. Методические рекомендации по оценке эколого-экономической эффективности инвестиционных проектов мелиорации земель сельскохозяйственного назначения / В. Н. Краснощеков, Г. В. Ольгаренко, Д. Г. Ольгаренко. – Коломна, 2016. – 100 с.

4 Турко, С. Ю. Фитомелиорация деградированных угодий на основе технологии выращивания перспективных видов кормовых растений / С. Ю. Турко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1(57). – С. 68–72.

5 Власенко, М. 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.

6 Улучшенные технологии рационального использования и фитомелиорации агроландшафтов / И. П. Свинцов [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2008. – 64 с.

7 Технология создания устойчивых кормовых фитоценозов в условиях орошения Северо-Западного Прикаспия / В. П. Зволинский, В. А. Федорова, Т. В. Мухортова, М. В. Власенко, С. Ю. Турко // Адаптивное кормопроизводство. – 2016. – № 1. – С. 68–75.

8 Турко, С. Ю. Устойчивость и долговечность кормовых фитоценозов деградированных пастбищ / С. Ю. Турко, А. В. Вдовенко, С. Н. Сивцева // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 2(98). – С. 176–186.

9 Турко, С. Ю. Моделирование функционирования пастбищ в целях прогнозирования их состояния при хозяйственной эксплуатации / С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова // Вестник Башкирского ГАУ. – 2018. – № 1(45). – С. 33–38.

10 Власенко, М. В. Современное состояние степной растительности Придонских песчаных массивов / М. В. Власенко, А. К. Кулик // Аграрная Россия. – 2017. – № 9. – С. 22–29.

УДК 631.675.2:631.51.01

Ш. Я. Пулатов

Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемура, Душанбе, Республика Таджикистан

ВЛИЯНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ НА ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ, СРОКИ И НОРМЫ ПОЛИВОВ ХЛОПЧАТНИКА

Целью исследования является изучение влияния предполивной влажности почвы на сроки и нормы поливов хлопчатника в зависимости от технологии полива и уклона поливного участка. В результате многолетнего исследования было выявлено, что в варианте производственного полива по обычной технологии с проведением четырех поливов по схеме 0-2-2 оросительная норма в среднем за три года исследований составила: при уклоне участка 0,01 – 7755 м³/га, при уклоне 0,04 – 7886 м³/га. На фоне применения дифференцированного глубокого рыхления почвы поперек поля при соблюдении оптимального режима орошения (поливы при влажности 65-70-60 % НВ) количество поливов составило семь со схемой 2-4-1. Оросительная норма в среднем за годы исследований при уклоне участка 0,01 составила 6768 м³/га, а при уклоне 0,04 – 6929 м³/га. Установлено, что разница между оросительными нормами в двух сопоставляемых вариантах в среднем на участке с уклоном 0,01 составила 987 м³/га и с уклоном 0,04 – 957 м³/га.

Ключевые слова: глубокое рыхление; влажность почвы; бороздковый полив; оросительная норма; эффективное водопользование.

Sh. Ya. Pulatov

Tajik Agrarian University named Shirinsho Shotemur, Dushanbe, Republic of Tajikistan

INFLUENCE OF DIFFERENTIATED DEEP LOOSENING ON SOIL MOISTURE, TERMS AND IRRIGATION RATE OF COTTON

The aim of the research is to study the effect of pre-irrigation soil moisture on the terms and rate of irrigation of cotton, depending on the irrigation technology and slope of the irrigated area. As a result of a multi-years research, it was determined that in the variant of the “industrial irrigation” with the usual technology of 4 irrigations with the scheme 0-2-2,

the average irrigation rate for three years of research was: with a slope of 0.01 – 7755 m³/ha and with a slope of 0.04 – 7886 m³/ha. In the variant of differentiated deep loosening of soil across the field, in compliance with the optimal irrigation regime (irrigation at nominal value moisture 65-70-60 %), there were 7 irrigations with the scheme 2-4-1. The average irrigation rate on over the years of research with the area slope of 0.01 was 6768 m³/ha, and with a slope of 0.04 was 6929 m³/ha. It was found that the difference between irrigation norms of two compared variants on average in the field with a slope of 0.01 was 987 m³/ha and with a slope of 0.04 was 957 m³/ha, respectively.

Key words: deep loosening; soil moisture; furrow irrigation; irrigation rate; effective water use.

Введение. В настоящее время одной из основных глобальных проблем XXI в. является дефицит водных ресурсов. За последние 60 лет потребление водных ресурсов на нашей планете увеличилось в 8 раз. К середине столетия многие страны вынуждены будут импортировать воду. Вода является достаточно ограниченным ресурсом, она в настоящее время становится важным ключевым фактором геополитики и одновременно одной из причин глобальной напряженности и конфликтных ситуаций. Мировое сельское хозяйство использует 2,8 тыс. км³ пресной воды в год. Это составляет 70 % потребления пресной воды в мире, что в 7 раз больше используемой в мировой промышленности воды. Почти вся вода в сельском хозяйстве используется для орошения. На орошаемых землях производится около 40 % мирового продовольствия и 60 % зерновых культур [1]. По данным Международной комиссии по ирригации и дренажу, площадь орошаемых земель в мире составляет около 299,488 млн га [2].

Основатель мира и национального единства – Лидер нации Президент Республики Таджикистан Эмомали Рахмон в своем Послании к Маджлиси Оли (Парламенту Республики Таджикистан) обратил внимание на дальнейшее улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель, модернизацию мелиоративных и ирригационных сооружений, широкое внедрение интенсивных методов, прежде всего разработку и внедрение современных ресурсосберегающих агротехнологий. Несмотря на то, что Республика Таджикистан богата водными ресурсами, в нынешних условиях и с учетом интересов будущих поколений необходимо регулярно принимать меры по соблюдению высокой культуры земледелия, экономному расходу воды для орошения земель, использованию инновационных водосберегающих технологий в сфере сельского хозяйства и защите водных ресурсов.

В последующие годы увеличится отрицательное влияние климатических изменений на сельскохозяйственную отрасль. Ежегодное увеличение площадей неиспользуемых земель, опустынивание, маловодье и засухи становятся причинами все большего снижения урожайности сельскохозяйственных культур. Ежегодно в Республике Таджикистан более 40 тыс. га земель остаются в неудовлетворительном мелиоративном состоянии [3].

Для получения высоких и устойчивых урожаев на орошаемых землях важно своевременно обеспечить подачу достаточного количества воды, необходимой для растений. Применение водосберегающих технологий позволяет эффективно использовать водные ресурсы.

В условиях орошаемого земледелия Таджикистана 98 % орошаемых земель поливаются бороздковым способом. Из-за дороговизны и отсутствия технико-технологической и финансовой базы процесс широкого внедрения прогрессивных методов орошения (капельное, дождевание, подпочвенное и др.) в республике ограничен.

Поверхностный полив по бороздам как основной способ полива сельскохозяйственных культур имеет ряд недостатков, главными из которых являются: большие потери воды на поверхностный сброс и глубинная фильтрация, низкий коэффициент рав-

номерности увлажнения почвы по длине поливного участка, низкая производительность труда поливальщиков, возникновение ирригационной эрозии почвы и др., способствующие поднятию грунтовых вод и вторичному засолению почв.

С учетом перечисленных недостатков для рационального и эффективного использования оросительной воды многими учеными были проведены большие работы по усовершенствованию техники и технологии полива по бороздам. Известны усовершенствованные технологии полива по бороздам (А. А. Терпигорев и др.) [4]:

- дискретный полив с постоянным расходом поливных струй;
- полив с переменным расходом поливных струй;
- полив с раздельной подачей воды в уплотненные и неуплотненные борозды с разными расходами поливных струй;
- полив через борозду по коротким бороздам.

Эти технологии уменьшили недостатки поверхностного полива по бороздам, но не устранили их полностью. Поэтому дальнейшее совершенствование данного способа полива остается актуальным. Особенно высокие требования к поверхностному поливу предъявляются в условиях нарастающего год за годом дефицита оросительной воды. Известно, что переполивы вызывают поднятие грунтовых вод, ухудшают эколого-мелиоративное состояние орошаемых земель, а недополивы приводят к снижению урожайности хлопчатника.

Методы исследования. Основным методом исследований являлся полевой эксперимент (по методике Д. А. Доспехова). В основу исследований положен системный подход. Обработка результатов исследований проводилась методом математической статистики, корреляционного и дисперсионного анализа. С целью изучения влияния предполивной влажности почвы на сроки и нормы поливов хлопчатника в зависимости от технологии полива нами проведены специальные полевые опыты на среднесуглинистых почвах в хозяйствах «Ильич» с уклоном участка 0,01 и «Дурбат» с уклоном 0,04 в Гиссарском районе Центрального Таджикистана. В условиях полевого опыта для всех вариантов использовали одинаковый режим орошения хлопчатника (III гидромодульный район), который соответствовал предполивной влажности почвы 65-70-60 % от наименьшей влагоемкости (НВ) почвы.

Сопоставлялись следующие технологии орошения хлопчатника:

- технология полива хлопчатника, принятая в хозяйстве (контроль);
- поливы при влажности почвы 65-70-60 % НВ на фоне глубокого рыхления поперек поля (дифференцированная глубина): 1/3 (начальная часть длины борозды) – без рыхления; 1/3 (средняя часть длины борозды) – рыхление на глубину 40 см; 1/3 (концевая часть длины борозды) – рыхление на глубину 60 см.

Результаты и обсуждение. Систематическое наблюдение за состоянием влажности почвы позволило оценить качество поливов в контрольном варианте, которые были проведены по усмотрению фермера, и рекомендованного нами оптимального режима предполивной влажности почвы на уровне 65-70-60 % НВ на фоне применения дифференцированной глубины рыхления.

Наблюдения показали, что на участке хозяйства «Ильич» с уклоном 0,01 при производственном поливе влажность почвы перед поливами колебалась от 53,9 до 67,6 % НВ. Поливы проведены большими нормами (1648–2164 м³/га) с растянутыми межполивными периодами (23–32 дня). Такая картина наблюдалась на участке хозяйства «Дурбат» с уклоном 0,04 (таблица 1).

В варианте поливов при влажности почвы 65-70-60 % НВ на фоне глубокого рыхления систематическое определение состояния влажности почвы позволило проводить поливы при влажности почвы, близкой к заданной. Здесь межполивной период изменялся от 14 дней (при 70 % НВ) до 24 дней (при 60 % НВ). Поливная норма колебалась от 850 до 1100 м³/га.

Таблица 1 – Схема полива и оросительная норма хлопчатника при различных технологиях и уклонах поливного участка

Вариант технологии	Схема полива	Оросительная норма (среднее), м ³ /га
Участок хозяйства «Ильич», $i = 0,01$		
Производственный полив (контроль)	0-2-2	7755
Поливы при влажности почвы 65-70-60 % НВ на фоне глубокого рыхления	2-4-1	6768
Участок хозяйства «Дурбат», $i = 0,04$		
Производственный полив (контроль)	0-2-2	7886
Поливы при влажности почвы 65-70-60 % НВ на фоне глубокого рыхления	2-4-1	6929

Выяснилось, что в итоге в варианте производственного полива при обычной технологии проведено четыре полива со схемой 0-2-2. При этом оросительная норма в среднем за три года исследований составила: при уклоне участка 0,01 (хозяйство «Ильич») 7755 м³/га; при уклоне 0,04 (хозяйство «Дурбат») – 7886 м³/га.

На фоне применения дифференцированного глубокого рыхления почвы поперек поля при соблюдении оптимального режима орошения (поливы при влажности 65-70-60 % НВ) количество поливов составило семь со схемой 2-4-1. Оросительная норма в среднем за годы исследований в этом варианте составила 6768 м³/га.

Установлено, что разница между оросительными нормами в двух сопоставляемых вариантах в среднем на участке с уклоном 0,01 составила 987 м³/га и с уклоном 0,04 – 957 м³/га.

Сравнительный анализ норм поливов хлопчатника приведен в таблице 1.

Обобщение и анализ полученных данных показали, что в производственных условиях поливы проводятся большими поливными нормами с длинными межполивными периодами и при низкой влажности почвы. В зависимости от вариантов опыта оросительная норма в течение вегетации распределяется таким образом: в варианте производственного полива от всходов до цветения – 0 %, от цветения до раскрытия корбочек – 46,1–48,43 %, а в период созревания – 51,6–53,9 %; в варианте глубокого рыхления 28,4–30,1; 54,8–56,2; 13,7–16,8 % соответственно (таблицы 2, 3).

Таблица 2 – Распределение оросительной нормы по периодам вегетации хлопчатника

Номер варианта	Срок полива		Количество поливов	Фактическая оросительная норма, м ³ /га	Распределение оросительной нормы по периодам, %		
	первого	последнего			всходы – цветение	цветение – созревание	созревание
Участок хозяйства «Ильич»							
1	09.VI	02.IX	4	7755	–	46,1	53,9
2	01.VI	27.VIII	7	6768	28,4	54,8	16,8
Участок хозяйства «Дурбат»							
1	12.VI	05.IX	4	7886		48,4	51,6
2	21.V	03.IX	7	6929	30,1	56,2	13,7

Таким образом, установлено, что в производственных условиях поливы проводятся визуально, без соблюдения биологических норм водопотребления по периодам развития хлопчатника, без учета количества подаваемого объема воды, почвенных и гидрогеологических особенностей орошаемого поля.

Таблица 3 – Влияние предполивной влажности почвы на сроки и нормы поливов хлопчатника

Показатель	Полив							Итого: количество поливов и оросительная норма, м ³ /га	
	1	2	3	4	5	6	7		
Участок хозяйства «Ильич»									
1 Производственный полив (контроль)									
Сроки полива	09.VI	02.VII	05.VIII	02.IX	–	–	–	–	0-2-2
Межполивной период, сут	23	34	28	–	–	–	–	–	–
Фактическая предполивная влажность почвы, % НВ	53,9	54,0	51,7	67,6	–	–	–	–	–
Фактическая поливная норма, м ³ /га	1648	1809	2164	2133	–	–	–	–	7755
2 Полив при влажности почвы 65-70-60 % НВ. Фон – глубокое рыхление									
Сроки полива	01.VI	17.VI	02.VII	16.VII	30.VII	13.VIII	27.VIII	–	2-4-1
Межполивной период, сут	16	15	14	14	14	14	14	–	–
Предполивная влажность почвы, % НВ	65	65	70	70	70	70	60	–	–
Фактическая поливная норма, м ³ /га	809	797	1005	1044	984	1002	905	–	6311
Фактическая поливная норма, м ³ /га	860	844	1001	1071	1014	1054	923	–	6768
Участок хозяйства «Дурбат»									
1 Производственный полив (контроль)									
Сроки полива	12.VI	07.VII	08.VIII	05.IX	–	–	–	–	0-2-2
Межполивной период, сут	25	32	26	–	–	–	–	–	–
Фактическая предполивная влажность почвы, % НВ	55,3	52,1	53,9	69,8	–	–	–	–	–
Фактическая поливная норма, м ³ /га	1727	1933	2123	2104	–	–	–	–	7886
2 Полив при влажности почвы 65-70-60 % НВ. Фон – глубокое рыхление									
Сроки полива	21.V	09.VI	26.VI	11.VII	27.VII	10.VIII	03.IX	–	2-4-1
Межполивной период, сут	20	17	15	16	15	15	24	–	–
Предполивная влажность почвы, % НВ	65	65	70	70	70	70	60	–	–
Фактическая поливная норма, м ³ /га	828	793	971	1060	1020	1049	886	–	6607
Фактическая поливная норма, м ³ /га	882	830	1014	1077	1035	1142	949	–	6929

Выводы. Исследованиями установлено, что в производственных условиях поливы проводятся большими поливными нормами (схема полива 0-2-2, оросительная норма при уклоне участка 0,01 – 7755 м³/га, при уклоне 0,04 – 7886 м³/га) с длинными межполивными периодами (23–32 дня) и при низкой влажности почвы (53–68 % НВ). При технологии дифференцированного глубокого рыхления поперек склона, соблюдении оптимального режима орошения (65-70-60 % НВ) и схеме полива 2-4-1 оросительная норма при уклоне участка 0,01 в среднем равняется 6768 м³/га и при уклоне 0,04 – 6929 м³/га. Установлено, что разница между оросительными нормами в двух сравниваемых вариантах в среднем на участке с уклоном 0,01 составила 987 м³/га и с уклоном 0,04 – 957 м³/га.

Список использованных источников

1 Матякубов, Б. Ш. Научно-практические основы эффективного использования водных ресурсов в орошаемом земледелии (на примере Хорезмского оазиса): автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.02 / Матякубов Бахтияр Шамуратович. – Ташкент, 2019. – 60 с.

2 Международная комиссия по ирригации и дренажу. Публикации Тренингового центра МКВК. Вып. 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cawater-info.net/int_org/igid/index.htm, 2020.

3 Послание Президента Республики Таджикистан Маджлиси Оли Республики Таджикистан, Душанбе, 26 декабря 2019 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tajikistan24.com/prezident-respubliki-tadzhikistan-lider-nacii-uvazhaemyj-jemomali-rahmon-obratilsja-s-poslaniem-k-madzhlisi-oli-respubliki-tadzhikistan/>, 2020.

4 Терпигорев, А. А. Основные методы обоснования рациональных элементов технологии поверхностного полива по бороздам / А. А. Терпигорев, М. С. Зверьков // Экология и строительство. – 2017. – № 2. – С. 25–30.

УДК 631.347

А. Е. Шепелев

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

ВОПРОСЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ГЛАВНОЙ ХОДОВОЙ ТЕЛЕЖКЕ МНОГООПОРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ФРОНТАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

В статье рассмотрен вопрос размещения основного и вспомогательного оборудования многоопорной дождевальной машины фронтального действия при различных конструктивных схемах главной ходовой тележки. Установлены функции, осуществляемые главной ходовой тележкой. Описано основное и вспомогательное оборудование, размещаемое на главной ходовой тележке дождевальной машины. Представлены существующие конструкции главной тележки. Раскрыты подходы к решению вопроса конструктивных схем тележки при соединении водоподводящего и напорного трубопровода дождевальной машины. Предложена новая конструктивная схема главной ходовой тележки. Произведен расчет полезного монтажного объема основного и вспомогательного оборудования для «типовой» и разработанной конструкции главной ходовой тележки.

Ключевые слова: полезный объем; оборудование; главная ходовая тележка; многоопорная дождевальная машина; конструкция.

A. E. Shepelev

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

ISSUES OF EQUIPMENT PLACEMENT ON THE MAIN UNDERCARRIAGE OF LINEAR MULTITOWER SPRINKLING MACHINE

The issue of placement of the main and auxiliary equipment of a multitower sprinkling machine for various construction designs of the main undercarriage are discussed. The functions carried out by the main undercarriage are determined. The main and auxiliary equipment located on the main undercarriage of the sprinkler are described. Current designs of the main undercarriage are presented. The approaches to solving the problem of construction designs of the undercarriage when connecting the feed and discharge pipes of the sprinkler are revealed. A new construction design of the main undercarriage is proposed. The calculation of the net installation volume of the main and auxiliary equipment for the “standard” and developed design of the main undercarriage was made.

Key words: net volume; equipment; main undercarriage; multitower sprinkling machine; design.

Введение. Главная ходовая тележка многоопорной дождевальная машины фронтального действия, помимо осуществления функций силового энергообеспечения, обеспечения подвода воды в напорный трубопровод дождевальной машины, а также управления процессом орошения, предназначена для реализации «закона движения» многоопорной дождевальной машины [1]. В связи с тем, что дождевальная машина осуществляет процесс полива, постоянно перемещаясь по орошаемому участку, конструкция рамы главной ходовой тележки служит для размещения и транспортировки основного и вспомогательного оборудования, такого как [2]:

- шкаф управления многоопорной дождевальной машиной;
- электрогенератор многоопорной дождевальной машины;
- топливный бак генератора дождевальной машины;
- емкость для химических препаратов и удобрений;
- дополнительные емкостные конструкции и навесное оборудование.

Данная рамная конструкция главной ходовой тележки соответствует конструкциям большинства фронтальных тележек многоопорных дождевальных машин таких производителей, как Bauer, ГК «ТРИА», «Фрегат» и т. д., внешний вид которых приведен на рисунках 1–3 [3–5].



Рисунок 1 – Фото конструкции главной ходовой тележки многоопорной дождевальной машины Bauer [3]



Рисунок 2 – Фото конструкции главной ходовой тележки многоопорной дождевальной машины 2iE [4]



Рисунок 3 – Фото конструкции главной ходовой тележки многоопорной дождевальной машины «Фрегат» [5]

Материалы и методы. Анализируемую базу для конструкторских расчетов составили различные методики и методы вычисления объемов произвольных пространственных фигур таких ученых, как Демокрит, Евдокс, Архимед, Кеплер, Кавальери, Ферма и др.

В исследовании использовались различные методы, такие как сравнительный, аналитический и логический [6].

Результаты и обсуждение. Все представленные выше конструкции главной ходовой тележки современных многоопорных дождевальных машин, работающих «в движении», объединяет общий подход к решению вопроса о соединении водоподводящего трубопровода и напорного трубопровода водопроводящего пояса дождевальной машины.

Подвод воды осуществляется через входной адаптер. Далее через тройник и присоединенный к нему вертикальный сегмент трубопровода воду поднимают на рабочую высоту напорного трубопровода водопроводящего пояса дождевальной машины.

Эта схема предполагает центральное размещение вертикального сегмента водоподводящего трубопровода и удерживающей его пирамиды, что приводит к разделению полезного объема для размещения оборудования на две части (рисунок 4).

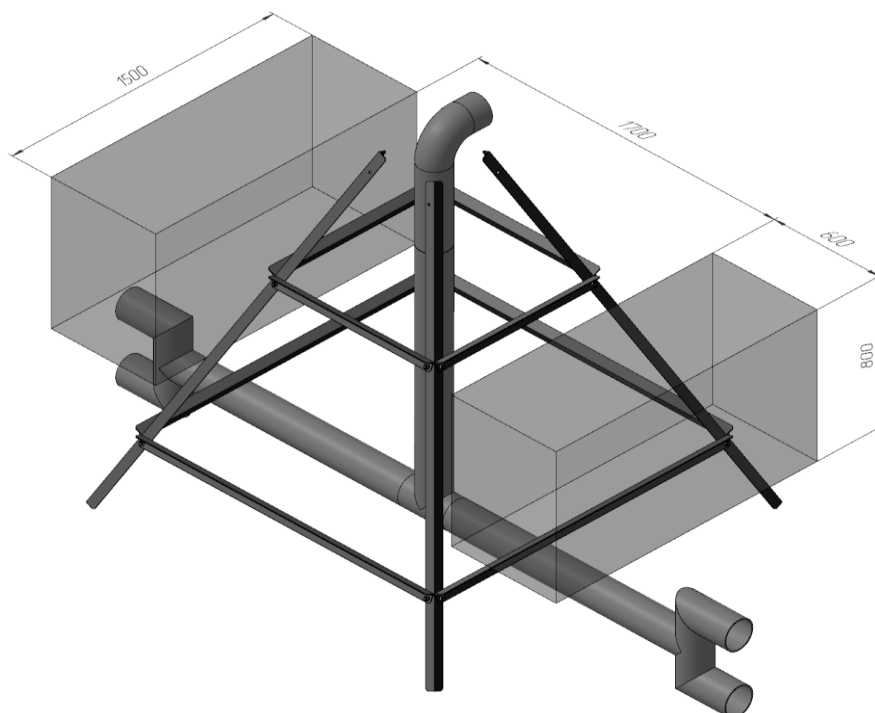


Рисунок 4 – Схема главной ходовой тележки с центральным размещением вертикального сегмента водоподводящего трубопровода дождевальной машины

Для реализации возможности размещения и транспортировки габаритного оборудования на главной тележке многоопорной дождевальной машины, работающей «в движении», и увеличения полезного монтажного объема без изменения размеров рамной конструкции необходимо объединить функции подводящего трубопровода и силового каркаса в единый узел. В связи с этим в ФГБНУ «РосНИИПМ» была разработана конструктивная схема главной ходовой тележки, представленная на рисунке 5.



Рисунок 5 – Разработанная конструктивная схема главной ходовой тележки многоопорной дождевальной машины

При применении конструктивной схемы главной ходовой тележки дождевальной машины с центральным размещением вертикального сегмента водоподводящего трубопровода и удерживающей его пирамиды (рисунок 4) полезный монтажный объем основного и вспомогательного оборудования равен:

$$V_{\text{пол}} = (a \cdot b \cdot c) \cdot 2 = (800 \cdot 1500 \cdot 600) \cdot 2,$$

где a – высота прямоугольного параллелепипеда, мм;

b – ширина прямоугольного параллелепипеда, мм;

c – длина прямоугольного параллелепипеда, мм.

В результате данной компоновки главной ходовой тележки полезный монтажный объем основного и вспомогательного оборудования составляет порядка 1440 л, или 1,44 м³.

При применении разработанной схемы главной ходовой тележки дождевальной машины (рисунок 6) полезный монтажный объем оборудования равен:

$$V_{\text{пол}} = \frac{1}{3} H \cdot (S_{\text{В}} + S_{\text{Н}} + \sqrt{S_{\text{В}} \cdot S_{\text{Н}}}) = \\ = \frac{1}{3} \cdot 1200 \cdot (1000 \cdot 1500 + 2400 \cdot 1500 + \sqrt{1000 \cdot 1500 \cdot 2400 \cdot 1500}),$$

где H – высота усеченной пирамиды, мм;

$S_{\text{В}}$ – площадь верхнего основания пирамиды, мм²;

$S_{\text{Н}}$ – площадь нижнего основания пирамиды, мм².

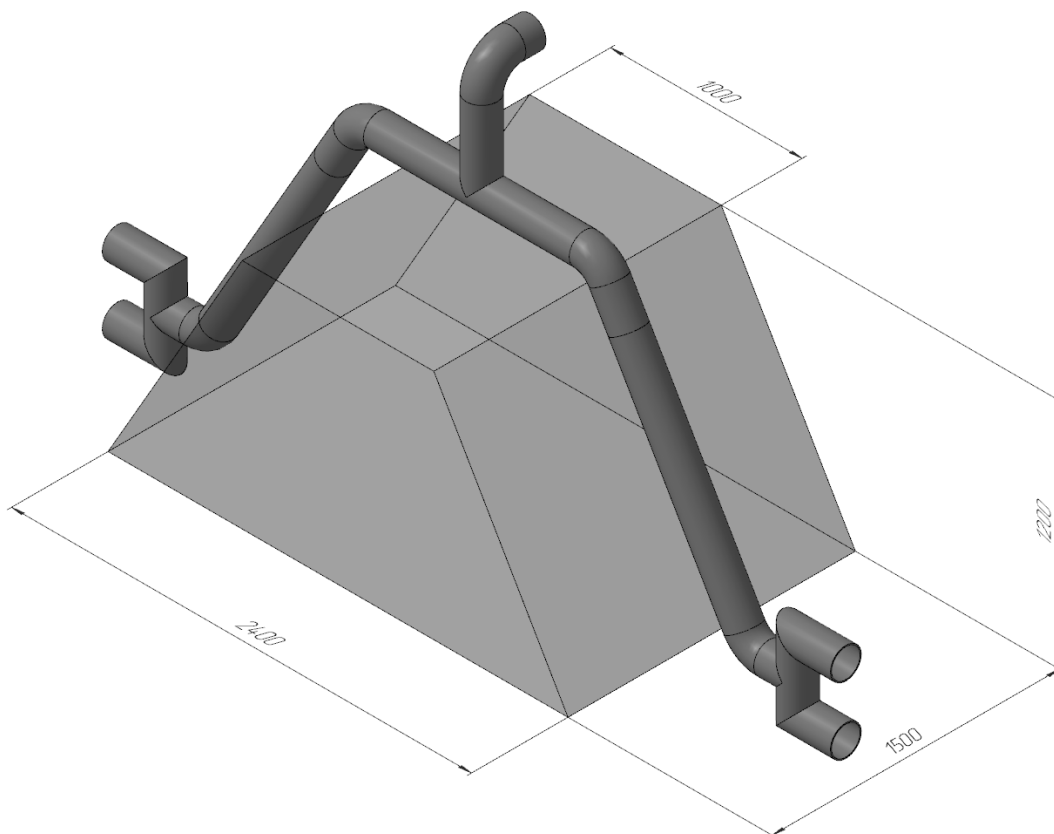


Рисунок 6 – Схема главной ходовой тележки дождевальной машины с объединенной функцией подводящего трубопровода и силового каркаса

В результате применения предложенной компоновки главной ходовой тележки полезный монтажный объем основного и вспомогательного оборудования увеличился до 3000 л, или 3 м³.

Выводы. В связи с тем, что дождевальная машина фронтального действия осу-

ществляет процесс полива, постоянно перемещаясь по орошаемому участку, конструкция рамы главной ходовой тележки служит для размещения и транспортировки основного и вспомогательного оборудования, такого как шкаф управления многоопорной дождевальная машина, электрогенератор многоопорной дождевальная машины, топливный бак генератора дождевальная машины, емкость для химических препаратов и удобрений, дополнительные емкостные конструкции и навесное оборудование.

Большинство конструктивных схем главной ходовой тележки современных многоопорных дождевальных машин, работающих «в движении», объединяет общий подход к конструкции тележки при решении вопроса о соединении водоподводящего и напорного трубопровода дождевальной машины, что влечет за собой разделение монтажного пространства и уменьшение габаритов оборудования.

Для реализации возможности размещения и транспортировки основного оборудования на раме главной тележки многоопорной дождевальной машины, работающей «в движении», и увеличения монтажного объема была разработана новая конструктивная схема главной ходовой тележки, применение которой позволяет повысить размер полезного монтажного объема оборудования с 1,44 до 3 м³, т. е. примерно в 2 раза.

Список использованных источников

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

2 Фронтальная дождевальная машина с автономным энергообеспечением и непрерывным процессом полива / В. Н. Щедрин, А. А. Чураев, Ю. Ф. Снопич, М. В. Вайнберг // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 1(73). – С. 46–51.

3 Системы орошения австрийской компании BAUER [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bauer-at.com/ru/products/irrigation/pivot-linear-systems/centerliner-9000>, 2020.

4 Новая дождевальная машина. Оросительная установка 2iE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tria-agro.com/product/orositelnye-mashiny/2ie-frontalnaya-sistema-ippodrom>, 2020.

5 Машины для полива. Оросительные системы «Фрегат» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pivdenukraine.com.ua/2016/06/01/agrarii-yuga-ukrainy-boryutsya-zavozobnovlenie-orosheniya>, 2020.

6 Blei, R. Analysis in integer and fractional dimensions / R. Blei. – New-York: Cambridge University Press, 2003. – 556 p.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 626.88

О. А. Баев, В. Ф. Сильченко

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

АНАЛИЗ ТИПОВЫХ ПРОЕКТОВ КАНАЛОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С БЕТОННОЙ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОБЛИЦОВКОЙ РУСЛА

Целью исследований является анализ типовой проектной документации, включающей ряд конструктивных решений облицовок каналов гидромелиоративных систем, выполненных с бетонными монолитными, железобетонными сборными и сборно-монолитными противοфильтрационными покрытиями. По данным проведенных исследований было проанализировано четыре типовых альбома и шесть выпусков, в которых приведено 888 вариантов конструктивных решений облицовок оросительных каналов с различными типоразмерами и противοфильтрационными элементами. Проведенный анализ типовой проектной документации, предусматривающей применение бетонных и железобетонных покрытий на оросительных каналах, показал, что представленные в альбомах конструктивные решения выполнены в соответствии с нормами и правилами проектирования и нашли ранее широкое применение на многих оросительных каналах гидромелиоративных систем. В то же время такие конструкции противοфильтрационных покрытий (с использованием бетонных и железобетонных элементов и полиэтиленовой пленки) разработаны более 40 лет назад и нуждаются в переработке с учетом современных требований нормативно-технической документации. Многие из таких материалов (в т. ч. тиоколовые герметики, пленки и рубероид) в настоящее время не применяются при устройстве облицовок на каналах в связи с использованием современных строительных материалов – геосинтетических и геокомпозитных.

Ключевые слова: оросительный канал; противοфильтрационная облицовка; бетонное покрытие; типовой проект; железобетонная облицовка.

O. A. Baev, V. F. Silchenko

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

STANDARD PROJECTS ANALYSIS OF IRRIGATION CANAL SYSTEMS WITH CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE CHANNEL LINING

The aim of the research is the analysis of standard design documentation, including a number of design solutions for irrigation and drainage systems channel lining made with concrete monolithic, precast reinforced concrete and precast monolithic impervious linings. According to the data research carried out, 4 typical albums and 6 issues with 888 design solutions for irrigation canal linings with different sizes and impervious elements were analyzed. The analysis of typical design documentation, which provides for the use of concrete and reinforced concrete coatings on irrigation canals showed that the design solutions presented in the albums were made in accordance with the design rules and regulations and were previously widely used on many irrigation canals of irrigation and drainage systems. At the same time, such designs of impervious lining (using concrete and reinforced concrete elements and a polythene film) were developed more than 40 years and need to be processed

taking into account modern requirements of normative and technical documentation. Many of these materials (including thiocol sealants, films and ruberoid material) are not currently used in canal lining due to the modern construction materials – geosynthetics and geocomposites.

Key words: irrigation canal; impervious lining; concrete coating; standard project; reinforced concrete lining.

Введение. При строительстве и реконструкции каналов гидромелиоративных систем актуальным является вопрос выбора формы сечения канала и конструкций противofильтрационных и защитных покрытий с учетом гидравлических и других особенностей работы объекта [1, 2]. При этом значительная часть построенных до 1990-х гг. и успешно функционирующих по настоящее время оросительных каналов протрассированы в земляном русле и лишь порядка 12–15 % облицованы бетонными и железобетонными защитными покрытиями. Многие из таких облицовок выполнены с использованием типовой проектной документации, в т. ч. альбомов [3–6].

В связи с этим авторами было рассмотрено значительное количество типовых проектов для каналов оросительных систем с бетонной и железобетонной облицовкой русла с расходом от 0,1 до 230 м³/с, шириной по дну от 0,6 до 5,0 м, строительной глубиной от 0,4 до 4,0 м и заложением откосов 1,0 до 2,5. Всего было проработано четыре альбома, включающих шесть выпусков и 888 различных вариантов. При этом часть вариантов относится к рекомендуемым типовым секциям, а другая – к разрешенным к применению типовым решениям. Рассмотренные варианты типоразмеров оросительных каналов охватывают практически все параметры каналов, которые встречаются на оросительных системах.

Материалы и методы. Рассмотрим типовой проект 820-207 «Каналы оросительные с расходом воды до 100 м³/с с бетонной и железобетонной облицовкой русла» [3–6], который разработан институтами «УкрГИПРОВОДХОЗ», «АзГИПРОВОДХОЗ» и «Союзводпроект» на стадии технорабочего проекта в соответствии с планом типового проектирования. Разработка данного проекта произведена в увязке с каталогом железобетонных конструкций для водохозяйственного и гидромелиоративного строительства. В разделах секций каналов со сборной и сборно-монолитной облицовкой рассмотрены типовые секции каналов с длиной 18 м (в пределах поперечных температурно-усадочных швов). В разделах секций каналов с монолитной облицовкой рассмотрены каналы протяженностью 1 км.

Результаты и обсуждение. Типовой проект 820-207 [3–6] состоит из двух основных разделов – рекомендуемые и разрешаемые к применению типовые секции оросительных каналов. В разрешенной к применению части проекта разработаны типовые секции каналов, ширина которых принята в соответствии с временным техническим руководством (ВТР-II-7-75). Эта часть проекта охватывает параметры каналов, строительство которых можно было вести с помощью механизмов, выпускаемых промышленностью в тот период до 1975 г.

В рекомендуемой к применению части проекта с целью унификации сделано сокращение типоразмеров сечений каналов, что позволило исключить дублирование их сечений. Были разработаны типовые секции, в состав которых входят каналы четырех типоразмеров ширины по дну: $b = 0,6; 1,2; 2,5; 5,0$ м. Применение этих секций возможно в сборном и сборно-монолитном вариантах облицовки, в монолитном варианте – частично в диапазоне параметров (по глубинам) существовавших ранее строительных машин и механизмов. Выбор основных параметров каналов производится по заданному расходу воды (Q , м³/с) и уклону (i) по номограмме, где определяются ширина канала по дну (b), средняя скорость потока (v , м/с) и глубина наполнения (h_0 , м).

Толщина облицовки (δ , м) определяется по графику $\delta = f(h_0)$ [3], составленному на основе анализа отечественного и зарубежного опыта строительства и эксплуа-

тации каналов с монолитной бетонной облицовкой, в зависимости от глубины наполнения канала. Согласно графику, толщина облицовки при глубине воды в канале от 1,0 до 5,0 м принимается от 6 до 16 см.

Структура типового проекта 820-207 представлена на рисунке 1.

Областью применения типовых секций каналов оросительных систем, облицованных плитами крепления универсальными (ПКУ), являются каналы с глубинами воды от 3,0 до 5,0 м и высотой волны не более 1,0 м, толщиной льда не более 0,80 м.

Областью применения типовых секций каналов, облицованных монолитным бетоном, являются оросительные каналы с глубиной воды до 5,0 м при максимально допустимой высоте нерегулярных волн 0,50 м и толщине льда до 1,0 м, а каналов, облицованных напряженными плитами крепления (НПК), – оросительные каналы с глубинами воды до 2,0 м при допустимой высоте волн до 5,0 м и толщиной льда до 0,5 м.

Привязку одной из предлагаемых схем сборной или сборно-монолитной облицовки необходимо осуществлять с учетом нижеследующих условий:

- для оросительных каналов гидромелиоративных систем, работающих в летнее и зимнее время и распространенных в зонах, где толщина льда составляет 0,5–0,8 м, облицовка выполняется полностью из плит типа ПКУ;

- для оросительных каналов, работающих в летнее и зимнее время, но расположенных в зонах, где толщина льда не превышает 0,5 м, нижний пояс облицовки выполняется из плит типа ПКУ, верхний – из плит крепления (ПК) или НПК.

Типовые секции каналов с монолитной облицовкой разработаны для схемы регулирования уровней воды в канале по верхнему бьефу при строительной высоте $h_{\text{стр}} = \text{const}$, а для каналов со сборной и сборно-монолитной облицовкой разработаны с учетом возможности осуществления двух схем регулирования уровня воды в канале:

- по верхнему бьефу (бровки параллельны дну канала);
- по нижнему бьефу (бровки горизонтальны).

В конструкциях сборных и сборно-монолитных облицовок используются сборные железобетонные плиты типа НПК (с предварительно напряженной арматурой) и плиты типа ПК и ПКУ (без напряженной арматуры).

При решении схемы раскладки плит на откосах в основу был положен принцип перекрытия откоса с минимальным количеством швов, параллельных оси оросительного канала. Это не только способствует ускорению монтажа плит при выполнении облицовки, но и значительно повышает их устойчивость на откосах.

При длинах откосов, больших, чем наибольший размер плит (для ПК и ПКУ – 3,0 м, для НПК – 6,0 м), необходимо укладывать плиты параллельно оси канала. Укладка плит производится согласно технологической карте, преимущественно лицевой стороной вверх. В этом случае для повышения устойчивости предусматривается соединение плит жесткими швами в карты длиной 18 м и шириной, равной длине откоса.

В пояснительной записке к типовым проектам [4] представлена методика гидравлических расчетов, основанная на уравнении равномерного движения воды в открытых руслах. По результатам выполненных расчетов были разработаны номограммы для гидравлических расчетов облицованных каналов, которые приведены в соответствующих выпусках типовых проектов.

Кроме того, рассмотрены унифицированные железобетонные лотки-каналы глубиной до 1 м, которые выпускались из ненапряженного железобетона пролетом 6,0 м и из предварительно напряженного – пролетом 8,0 м. Лотки параболического сечения, предназначенные для мелиоративного строительства, марки ЛР (ЛР-40, 60, 80 и 100, глубиной соответственно 40, 60, 80 и 100, с расходом воды до $5 \text{ м}^3/\text{с}$).

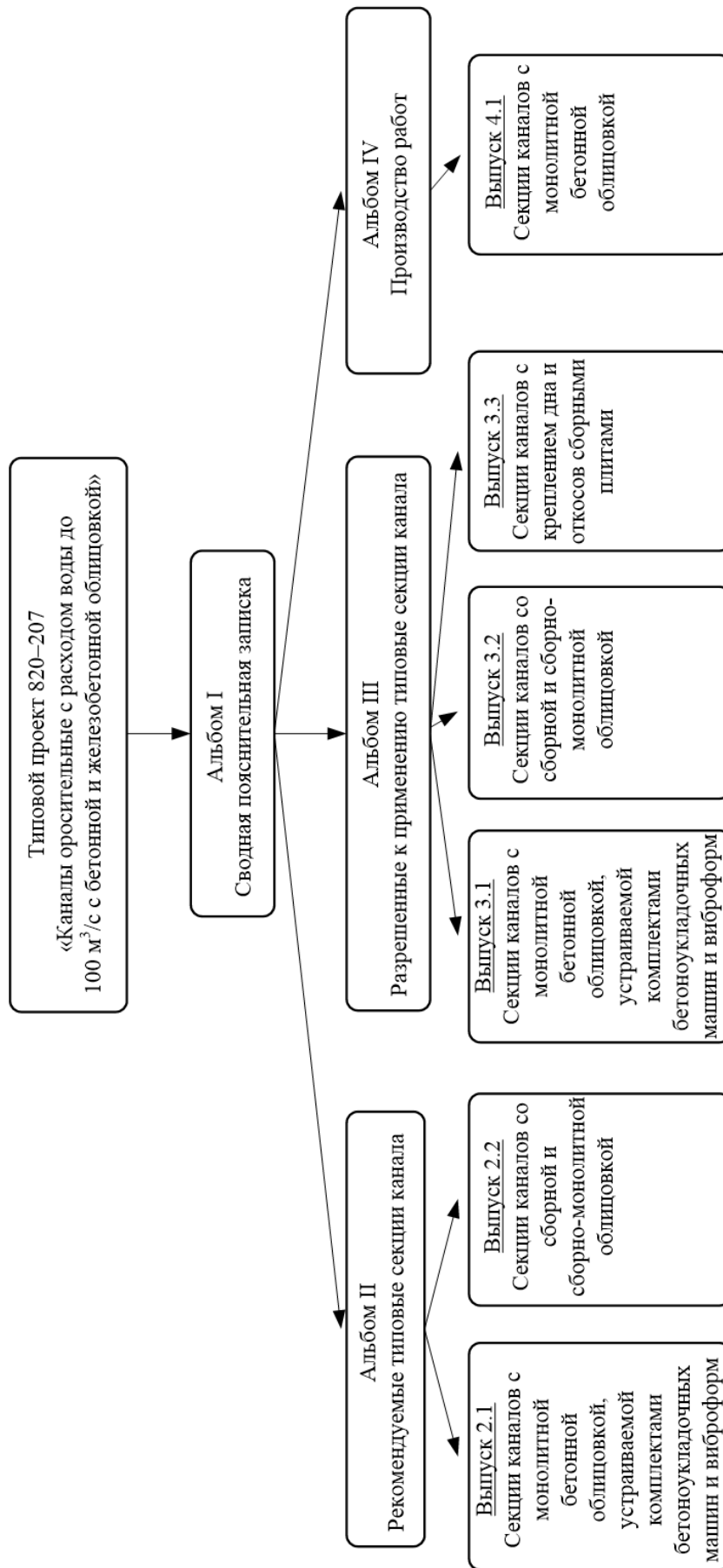


Рисунок 1 – Структура типового проекта 820-207 «Каналы оросительные с расходом до 100 м³/с с бетонной и железобетонной облицовкой» [3]

Анализ этих данных показал, что коэффициент водопроницаемости бетонопленочных и сборно-монолитных облицовок каналов с пленочным экраном (из полиэтиленовой пленки) изменяется от $0,35 \cdot 10^{-6}$ до $4,11 \cdot 10^{-6}$ см/с со средними значениями от $0,44 \cdot 10^{-6}$ до $3,41 \cdot 10^{-6}$ см/с. Наименьшей эффективностью среди бетонопленочных облицовок обладают сборные облицовки с коэффициентом водопроницаемости $4,56 \cdot 10^{-6}$ см/с, которые уступают по эффективности монолитным в 2,3 раза [2].

Таким образом, обобщая вышеизложенное, отметим, что анализ всех альбомов и выпусков типового проекта 820-207 [3–6] по строительству каналов с бетонными и железобетонными облицовками показывает: они выполнены в соответствии с нормами и правилами проектирования, существующими в тот период. Несомненно, разработанные типовые проекты способствовали их внедрению в практику проектирования на основе использования передового опыта, который был накоплен к тому времени.

Все типовые проектные решения основываются на применении передового опыта проектирования и строительства каналов с противодиффузионными покрытиями из монолитного бетона и сборных железобетонных плит НПК, ПК и ПКУ, а также герметизацией швов тиоколовыми герметиками и битумно-полимерными мастиками.

Выводы. Представленные типовые проекты каналов оросительных систем с бетонной и железобетонной облицовкой разработаны уже более 40 лет назад и поэтому нуждаются в переработке с учетом современных требований нормативно-технической документации, в частности СП 58.13330.2012¹ и СП 100.13330.2016². Кроме того, в типовых проектах каналов оросительных систем с бетонной и железобетонной облицовкой приводятся устаревшие конструкции, материалы, строительные механизмы и нормы, что требует их уточнения и пересмотра.

За последние 40 лет появились совершенно новые строительные материалы, например геосинтетические, которые успешно используются уже более 10–15 лет в гидротехническом, мелиоративном, природоохранном, гражданском, транспортном и промышленном строительстве, а также в ряде других отраслей. В гидротехническом и мелиоративном строительстве такие геосинтетические материалы, как геомембраны, бетонные маты, георешетки, геосетки, габионы, геотекстиль тканый и нетканый, используются для создания противодиффузионных устройств, экранов, облицовок, применяются в качестве защитных, армирующих и фильтрующих материалов при строительстве дренажа, берегоукрепления, армирующих дамб и насыпей [7].

Разработанные конструктивно-технические решения и рекомендации по их применению на оросительных каналах и водоемах [8] уже находят применение на некоторых объектах гидромелиоративных систем при устройстве противодиффузионных облицовок и при соответствующем расчетном обосновании могут применяться в качестве типовых конструктивных решений. При актуализации типовой проектной документации требуется также приведение к современным ценам стоимости работ и материалов, заложенных в данных типовых проектах.

Список использованных источников

1 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.

¹ Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003: СП 58.13330.2012: утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации 29.12.11: введ. в действие с 01.01.13. – М.: Минрегион России, 2012. – 39 с.

² Мелиоративные системы и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85: СП 100.13330.2016: утв. М-вом стр-ва и жилищ.-коммун. хоз-ва Рос. Федерации 16.12.16: введ. в действие с 17.06.17. – М.: Стандартинформ, 2016. – 229 с.

2 Косиченко, Ю. М. Теоретическая оценка водопроницаемости противofильтрационной облицовки нарушенной сплошности / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2014. – № 3(178). – С. 68–74.

3 Типовой проект 820-207 «Каналы оросительные с расходом воды до 100 м³/с с бетонной и железобетонной облицовкой русла». Альбом II. Рекомендуемые типовые секции канала. Вып. 2.1. Секции каналов с монолитной бетонной облицовкой, устраиваемой комплектами бетоноукладочных машин и виброформ. Пояснительная записка. Чертежи. Объемы работ / ЦИТП Госстроя СССР, Киев. фил. – Киев, 1977. – 20 с.

4 Типовой проект 820-207 «Каналы оросительные с расходом воды до 100 м³/с с бетонной и железобетонной облицовкой русла». Альбом II. Рекомендуемые типовые секции канала. Вып. 2.2. Секции каналов со сборной и сборно-монолитной облицовкой. Пояснительная записка / ЦИТП Госстроя СССР, Киев. фил. – Киев, 1977. – 21 с.

5 Типовой проект 820-207 «Каналы оросительные с расходом воды до 100 м³/с с бетонной и железобетонной облицовкой русла». Альбом III. Разрешенные к применению типовые секции канала. Вып. 3.1. Секции каналов с монолитной бетонной облицовкой, устраиваемой комплектами бетоноукладочных машин и виброформ. Пояснительная записка. Чертежи. Объемы работ / ЦИТП Госстроя СССР, Киев. фил. – Киев, 1977. – 24 с.

6 Типовой проект 820-207 «Каналы оросительные с расходом воды до 100 м³/с с бетонной и железобетонной облицовкой русла». Альбом III. Разрешенные к применению типовые секции канала. Вып. 3.2. Секции каналов со сборной и сборно-монолитной облицовкой. Пояснительная записка / ЦИТП Госстроя СССР, Киев. фил. – Киев, 1977. – 27 с.

7 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.

8 Косиченко, Ю. М. Рекомендации по применению геосинтетических материалов для противofильтрационных 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.

УДК 627:528

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

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ГТС ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ

В данной статье представлен опыт использования результатов полевых геодезических изысканий при создании географических информационных систем. В качестве объектов обследования были выбраны участки Донского магистрального канала (ДМК): ПК 622 – ПК 1122, ПК 1122 – ПК 1425 и ПК 0 – ПК 167 + 50 Пролетарского распределителя (ПР-1) Пролетарской оросительной системы. В ходе проведенных исследований установлена высокая эффективность и удобство использования результатов измерений, получаемых с помощью современного цифрового геодезического оборудования, и дальнейшей их обработки в специализированном программном обеспечении. Применение современных геодезических методов позволяет достаточно оперативно пополнять геоинформационные базы данных точной информацией не только о местоположении гидротехнических сооружений, но и об их техническом состоянии.

Это позволяет прогнозировать развитие неблагоприятных процессов и своевременно принимать меры для их предотвращения.

Ключевые слова: географические информационные системы; мелиоративные системы; геодезические изыскания; электронные геодезические приборы; гидротехнические сооружения.

D. A. Osipenko, A. A. Kuzmichev, A. N. Ryzhakov, D. V. Martynov
Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

USING THE HYDRAULIC STRUCTURE GEODETIC SURVEY RESULTS IN GEOINFORMATION DATABASE DEVELOPMENT

The experience of using the results of field geodetic surveys when creating geographic information systems is presented. Sections of the Don main canal were selected as objects of survey Don main canal station equation (DMK): PK 622 – PK 1122, PK 1122 – PK 1425 and PK 0 – PK 167 + 50 of Proletarsky distribution canal (PR-1) of Proletarsky irrigation system. In the course of research high efficiency and operability of the measurement results obtained with the help of modern digital geodetic equipment and their further processing in specialized software have been determined. The use of modern geodetic methods helps to seed quickly geoinformation databases with accurate information not only about the location of hydraulic structures, but also about their technical condition. It makes possible to predict the development of adverse processes and take timely measures to prevent them.

Key words: geographical information systems; reclamation systems; geodetic surveys; electronic geodetic instruments; hydraulic structures.

Введение. В настоящее время ГИС-технологии находят все большее применение во многих отраслях народного хозяйства, в т. ч. и в мелиоративной отрасли. Благодаря развитию цифровых технологий появилась возможность объединять и структурировать разнородную информацию об объектах в единую информационную среду. Это позволяет обеспечивать своевременное комплексное информирование руководителей о ситуации на предприятии и на конкретных объектах за счет совместного представления картографической, текстовой, фотоинформации, графиков и диаграмм изменения значений показателей в настраиваемых информационных столах [1].

Основными задачами географических информационных систем (ГИС) являются:

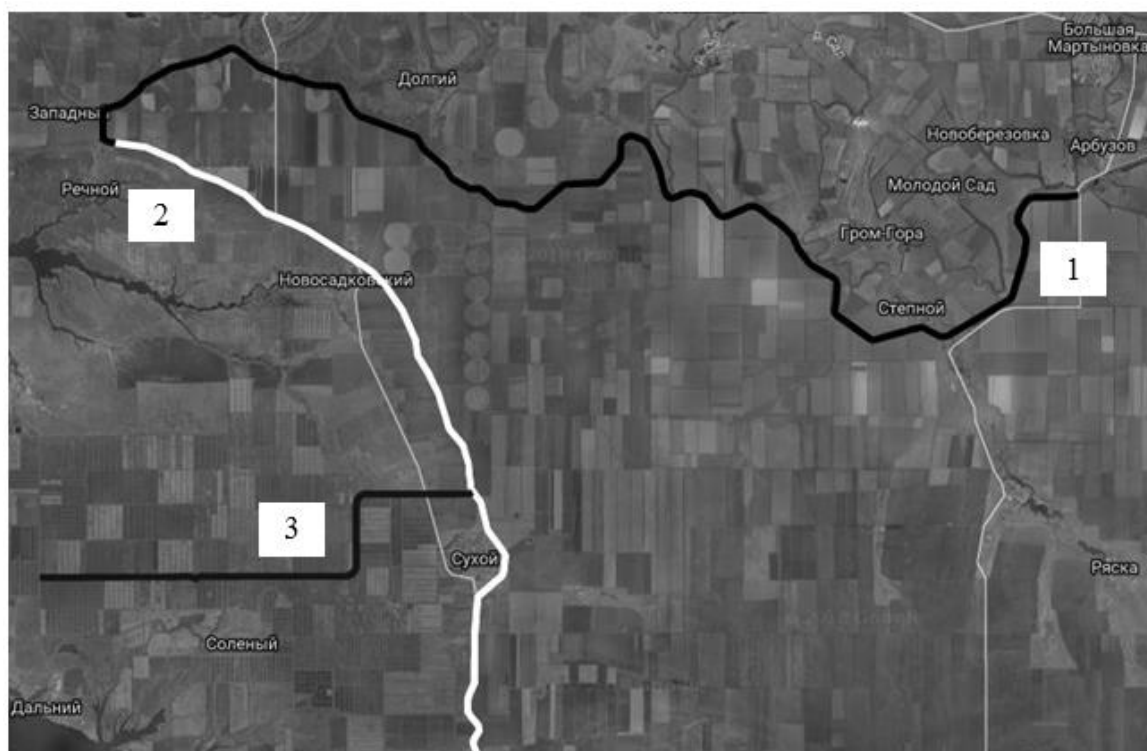
- определение местоположения, а также качественных и количественных характеристик мелиоративных систем и входящих в их состав ГТС;
- построение взаимосвязей объектов;
- мониторинг изменений качественного и количественного состояния водных объектов;
- отображение актуальной информации в наглядном графическом представлении;
- моделирование различных процессов и явлений, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации мелиоративных систем и сооружений.

Формирование, пополнение и обновление данных ГИС тесно связаны с проведением геодезических изысканий. Геодезические изыскания на местности осуществляют различными способами и методами и по их результатам вносят местоположение объектов в базы данных ГИС с указанием необходимых характеристик. Исходя из требуемой точности, существующего объема работ, затрат на их проведение в настоящее время применяют различные методы геодезических съемок: аэро- и космическую съемку, лазерное сканирование, спутниковые методы определения пространственных координат (GPS, ГЛОНАСС) и др.

Основным этапом в создании ГИС является сбор максимально точных и досто-

верных для нее данных. Наиболее эффективно это можно сделать, используя электронные геодезические приборы, которые позволяют исключить характерные для работы с оптическими приборами источники ошибок, связанные со снятием отсчетов, с диктовкой, записью, переносом данных из полевых журналов в расчетные ведомости и ручными вычислениями. В 2019 г. в ФГБНУ «РосНИИПМ» в рамках государственной тематики проводились исследования, направленные на разработку методических указаний по применению электронных баз данных ГИС при паспортизации мелиоративных систем и ГТС.

Материалы и методы. В соответствии с техническим заданием для проведения НИР в качестве объектов обследования были выбраны участки Донского магистрального канала: ПК 622 – ПК 1122, ПК 1122 – ПК 1425 и ПК 0 – ПК 167 + 50 Пролетарского распределителя ПР-1 Пролетарской оросительной системы (рисунок 1).



1 – ПК 622 – ПК 1122; 2 – ПК 1122 – ПК 1425; 3 – ПК 0 – ПК 167 + 50

Рисунок 1 – Схема расположения объектов обследования

По данным участкам каналов и сооружениям, входящим в их состав, были собраны все необходимые сведения (как из имеющихся документов ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз», содержащих сведения о технических характеристиках выбранных объектов исследования, так и из иных материалов, относящихся к предмету исследования, и по результатам камеральной обработки результатов полевых обследований) для включения в технические паспорта, которые в итоге были использованы при создании геоинформационной базы данных.

Производство геодезических изысканий осуществлялось с применением комплекса современных приборов и оборудования, который включал в себя спутниковое оборудование глобального позиционирования (GNSS) с программным обеспечением и приложения для полевых контроллеров, электронный тахеометр и цифровой нивелир. Использование цифрового оборудования позволило значительно повысить точность и скорость производства геодезических работ, а также в значительной степени автоматизировать дальнейшую обработку полевых данных.

Результаты и обсуждение. В ходе проведения полевых геодезических изыска-

ний наряду с выполнением ряда других работ была осуществлена съемка русел каналов на исследуемых объектах: непосредственно на каналах ДМК, ПМК и ПР-1, а также съемка поперечных профилей на отводящих трактах участка ДМК. Планово-высотное положение характерных точек дна в промерных створах определялось проложением высотных (нивелирных) ходов вдоль русловых участков и съемкой поперечников русла с промером глубин. Также были проведены обмерные работы на водовыпусках участков магистральных каналов и межхозяйственного распределителя.

Дальнейшая камеральная обработка результатов полевых измерений была выполнена с помощью специализированного программного обеспечения. Создание топографических планов местности в районах рассматриваемых участков ДМК было выполнено в программном модуле Autocad Civil 3D, который нашел широкое применение в геодезической среде благодаря высокой точности построений и возможности эффективного взаимодействия с другими программами. Построение поперечных профилей каналов производилось по координатам точек в программе MS Excel. В итоге все результаты полевых исследований были представлены как в виде таблиц (результаты обмерных работ) и графиков (поперечные профили) Microsoft Excel, так и в виде фотографий, чертежей в формате PDF (топографические планы местности). В дальнейшем совместно с картой местности они были интегрированы в среду ПО Esri ArcGis (рисунок 2).



Рисунок 2 – Отображение результатов полевых обследований в среде ГИС

Вся информация, содержащаяся в ГИС, была представлена в пространственном и атрибутивном виде. Пространственные данные содержат информацию о расположении объектов на местности и описание их геометрии, а атрибутивные служат для описания их качественных и количественных характеристик [2].

Полученные в результате геодезических изысканий данные могут использоваться в расчетах с применением стандартных инструментов ГИС для определения суммарной протяженности каналов с учетом принадлежности к той или иной мелиоративной системе, определения средней величины живого сечения канала, определения максимальных и минимальных значений величин (расходов воды, протяженности каналов и др.) [3].

Выводы. Применение современных геодезических методов позволяет пополнять геоинформационные базы данных актуальной и точной информацией о местоположении ГТС, их геометрии и целом ряде других параметров. В свою очередь, это дает возможность оперативно отслеживать изменения технического состояния мелиоративных систем и ГТС, прогнозировать развитие неблагоприятных процессов и своевременно принимать меры для их предотвращения. В результате это позволит значительно

снизить вероятность ошибок при принятии управленческих решений, повысить экономическую эффективность осуществляемых мелиоративных мероприятий.

Список использованных источников

1 Введение в геоинформационные системы. Запросы и выборки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gis-lab.info/docs/giscourse/16-query.html>, 2019.

2 Курлович, Д. М. Геоинформационные методы анализа и прогнозирования погоды: учеб.-метод. пособие / Д. М. Курлович. – Минск: БГУ, 2013. – 191 с.

3 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.

УДК 626/627

А. И. Тищенко

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

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ДАМБ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ И ПРОДЛЕНИЮ СРОКА ИХ СЛУЖБЫ

Цель исследований – выработка рекомендаций по повышению надежности работы дамб мелиоративных каналов и продлению срока их службы. Материалом явились результаты выполненных автором натурных исследований современного состояния дамб каналов на примере Большого левобережного канала в Ставропольском крае. Методы исследований – правила выполнения геодезических и гидрометрических работ на мелиоративных каналах. Анализ материала показал крайне неблагоприятную картину состояния как в пределах подводящего русла, в пределах самого сооружения, так и на участке отводящего русла. Сформировавшиеся условия эксплуатации приводят к прогрессирующему размыву дамб канала и разрушению составляющих элементов самого сооружения. Отсутствие высокоэффективных гасителей, недостаточная глубина потока в нижнем бьефе определяют причины прогрессирующих размывов. Результатами исследований явились краткие рекомендации по повышению надежности работы дамб мелиоративных каналов и продлению срока их службы.

Ключевые слова: мелиоративные каналы; состояние дамб; местные деформации; назначение створов; нижний бьеф; длина участка канала; ширина между дамбами.

A. I. Tishchenko

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

RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING RELIABILITY OF RECLAMATION CANALS DAMS AND THEIR SERVICE LIFE EXTENSION

The purpose of the research is to develop recommendations for improving the performance reliability of reclamation canals dams and extending their service life. The material was the results of field studies of the current state of canal dams using the example of the Great Left-Bank Canal in Stavropol Territory performed by the author. Research methods are the rules for performing geodetic and hydrometric works on reclamation canals. Analysis of the material showed an extremely unfavorable picture of the state both within the approach channel, within the structure itself and in the area of the discharge channel. The formed operating conditions lead to a progressive erosion of the channel dams and the destruction of

the constituent elements of the structure itself. The absence of highly effective bafflers and the insufficient depth of flow in the downstream determine the causes of progressive erosion. The results of the studies were brief recommendations on improving the reliability of reclamation canal dams and extending their service life.

Key words: reclamation canals; dam state; local deformations; discharge section function; downstream; canal section length; width between dams.

Введение. Еще в начале прошлого столетия эксплуатационные работники на оросительных каналах заметили, что за многими гидротехническими сооружениями образуются местные деформации в отводящем русле, приводящие к авариям гидротехнических сооружений. Детальные исследования причин возникновения местных деформаций были начаты с 40–50 гг. XX в.

Значительный вклад в решение ряда вопросов внесли И. И. Леви [1], М. М. Гришин [2], М. С. Вызго [3], Ц. Е. Мирцхулава [4], М. А. Михалев [5], В. Н. Щедрин [6, 7], С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко [8] и другие исследователи [9–16].

Большое признание получила формула М. С. Вызго [3] для определения глубины воронки местного размыва падающей струей:

$$t = AK\sqrt{\sigma q\sqrt{P_0}}, \quad (1)$$

где t – глубина воронки местной деформации земляного русла канала, м;

A – коэффициент аэрации, вычисляемый по формуле:

$$A = (0,55)q / Z_0;$$

q – удельный расход жидкости, м²/с;

Z_0 – перепад уровней воды между верхним и нижним бьефами сооружения, м;

K – коэффициент, учитывающий в основном свойства грунта оснований;

σ – коэффициент сбойности течения;

P_0 – скоростной напор потока в верхнем бьефе (с учетом скорости подхода v_0), м.

Формула (1) предназначена для определения глубины размыва в несвязных грунтах. Последующие его ученики проводили исследования с уточнением существующих и добавлением других коэффициентов в формулу (1).

Первым, кто вплотную занялся изучением размыва связных грунтов, стал акад. Ц. Е. Мирцхулава. При нахождении глубины воронки размыва в связных грунтах им были решены две задачи: 1) определение придонных скоростей и их пульсационных характеристик; 2) установление значений неразмывающих скоростей на дне воронки.

Решение первой задачи связано с разработками М. А. Михалева [5], который предложил скорость по оси струи определять по формуле:

$$v_{\max} = \frac{v_{\text{вх}}}{0,9} + \frac{0,09x}{B_0},$$

где v_{\max} – максимальная осредненная скорость течения в воронке размыва, м/с;

$v_{\text{вх}}$ – средняя скорость струи при входе ее под уровень нижнего бьефа, м/с;

x – длина начального участка струи, м;

B_0 – полная ширина струи в месте ее затопления, м.

Вторую задачу Ц. Е. Мирцхулава решил составлением уравнения устойчивости грунта на дне стабилизировавшейся воронки, получив на этом основании формулу:

$$t_0 = 11,1B_0 \left(\frac{v_{\text{вх}}}{v_{\Delta\text{доп.вх}}} - 0,9 \right) \frac{\sin \beta_{\text{вх}}}{1 - 0,175 \text{ctg} \beta_{\text{вх}}},$$

где $v_{\Delta\text{доп.вх}}$ – допускаемая неразмывающая скорость грунта во входном сечении струи, м/с;

$\beta_{\text{вх}}$ – угол наклона струи при ее входе под уровень воды нижнего бьефа, град.

На основании приведенных зависимостей можно отметить, что глубина воронки

размыва падающей струей зависит от удельного расхода q , гидравлического перепада Z_0 , скоростного напора P_0 , аэрации потока и ряда других факторов, объединенных коэффициентом K (свойства грунта, угол наклона струи к горизонту и др.).

Материалы и методы. Материалами явились результаты натурных исследований, проведенных на сооружениях Большого левобережного канала в Ставропольском крае.

По запросу работников Управления Курской обводнительно-оросительной системы (УКООС) необходимо было выявить: причины возникновения местных деформаций за горизонтальным креплением, влияние сооружения на распределение скоростей потока в нижнем бьефе, связь между средней скоростью потока в живом сечении и придонной осевой скоростью (определяющей размывающую способность потока).

Приведенные пожелания, объем и очередность работы выполнялись по установленному плану. При выполнении поставленных задач достаточное внимание было уделено и общему анализу русловых процессов и закономерностей, определяющих развитие местных деформаций.

Результаты и обсуждения. По трассе канала расположено 16 сетевых сооружений. В состав исследований всех сооружений входили: визуальные наблюдения, замеры осредненных гидравлических характеристик, измерения геометрических параметров подводящего русла, участка верхнего бьефа, нижнего бьефа и участка отводящего канала, критическая оценка состояния геометрических сечений и стыковых соединений железобетонных элементов. Все это проиллюстрируем на примере одного сооружения.

Быстроток на ПК 39 канала представляет собой лоток трапецеидального поперечного сечения с геодезическим перепадом дна лотка 1,72 м.

Для гашения потока устроен водобойный колодец глубиной 0,35 м. В конце колодца установлены три направляющие стенки длиной 1 м, толщиной 20 см, возвышающиеся над дном бетонной части крепления на 0,32 м. Высота передней грани стенки 0,68 м.

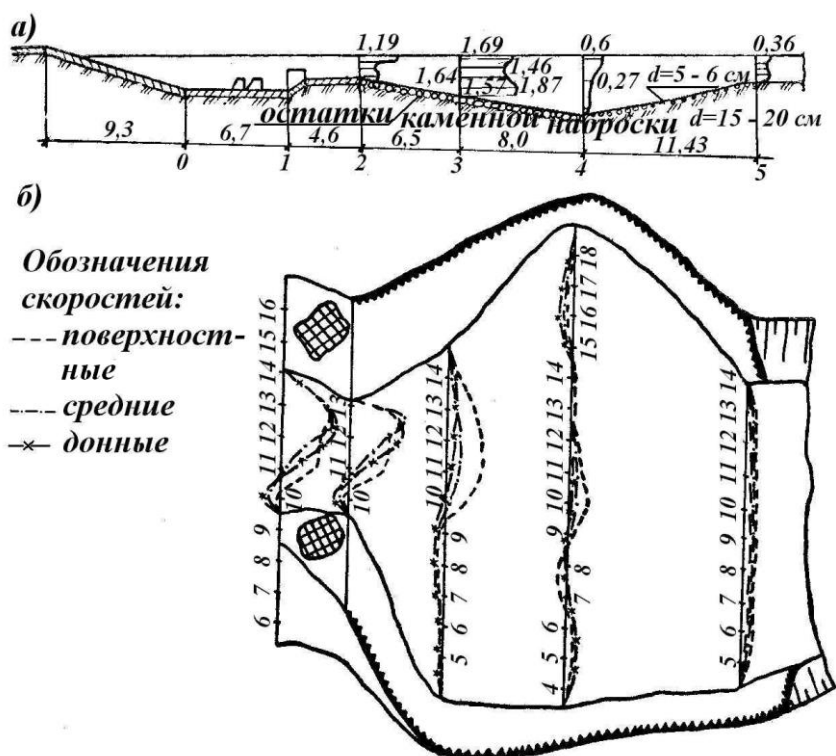
На дне водобойного колодца (рисунок 1) установлены в шахматном порядке семь шашек в виде пирсов высотой 0,4 м, толщиной 0,27 м. Расстояние между пирсами в свету 0,5 м, между направляющими стенками 1,0 м. Оси пирсов и гасителей ориентированы относительно проектной оси водобойного колодца и отводящего канала. Несмотря на такое оснащение нижнего бьефа сооружения гасящими устройствами, крепление из камней наброски разрушено полностью. В 15 м от конца бетонного крепления глубина размыва достигла 1,15 м (рисунок 1). Дно участка размыва на протяжении 26 м покрыто камнем и галькой различных по фракционному составу размеров. За пределами размыва участка наблюдается небольшое заиливание дна.

В водобойном колодце перед порогом между направляющими стенками скопились донные наносы из камней и булыжников размером 10–15 см. В результате этого получился уположенный откос порога водобойного колодца, который, в сущности, прекратил выполнять свои функции. Поток в пределах колодца не гасится в нужной мере и не распределяется по ширине отводящего русла. В пределах колодца образуется свал потока к левому откосу, а в конце бетонного крепления поток отклоняется к правому берегу.

Помимо разрушения крепления из каменной наброски и занесения водобойного колодца, за сооружением зафиксированы недопустимые деформации откосов. Правый откос в 4 м от конца бетонной части крепления обрушился. Ширина обрушения составила 7 м (рисунок 1). Длина размыва участка правого откоса достигла 56 м.

В 15 м от бетонного крепления левый откос размыв на ширину 5,5 м на протяжении 19,5 м. Размыв левого откоса продолжается. И правый, и левый откосы обрывистые. Обнаружены границы (появление трещин) дальнейших разрушений откосов. В результате обследований отмечено, что левый откос имеет большее уплотнение грун-

та, чем правый. За пределами участка размыва на левом откосе произрастает растительность, которая не допускает разрушения откоса.



а – продольный разрез и эпюры скоростей по оси потока;
 б – план воронки размыва в нижнем бьефе и эпюры скоростей в створах

Рисунок 1 – Быстроток на ПК 39 Большого левобережного канала

Участок подводящего канала в момент натурных исследований представлял собой деформированное русло, утратившее первоначальные геометрические формы. Как показали геодезические исследования, дно канала имеет отдельные вымоины. Откосы подвержены значительным размывам и оползневым явлениям. Деформированная поверхность откосов заросла травой. Вследствие такого состояния динамическая ось потока искривлена.

В намеченном для замеров створе 1 распределение скоростей отличается от классической формы (проектной). Максимальные скорости 0,8–0,9 м/с сосредоточились как в придонном слое, так и в поверхностном. Максимальные осредненные скорости показывают, что основной поток идет вдоль оси канала.

В верхнем бьефе в период исследований отмечалась раскочка уровня воды с амплитудой в пределах 5–10 см по высоте, что указывает на наличие существенных нагрузок, приводящих к нарушению целостности стыковых соединений и повреждению плит крепления.

Вследствие значительного перепада уровней воды верхнего и нижнего бьефов в водобойной части (снабженной гасителями кинетической энергии потока) образовался бурный режим течения. Значения скоростей достигают 1,8–2,4 м/с с направлением вдоль продольной оси закрепленного участка отводящего канала.

При выходе из водобойной части поток на участке между створами 1 и 2 практически подвержен «внезапному расширению». Гашение кинетической энергии происходит явно замедленно на значительной длине. В конце закрепленной части нижнего бьефа отмечается появление водоворотных зон и обратных водотоков. Динамическая ось в плане искривляется зигзагообразно.

Осредненные гидравлические характеристики в створе 3 показали крайне неудо-

влетворительное состояние гашения избыточной кинетической энергии. Сопоставительный анализ скоростей в створах 3 и 4 указывает на прогрессирующие размывы участка, расположенного за креплением. С одной стороны, это вызвано значительными размывами, с другой стороны – отсутствием стабилизации удельных расходов и малыми бытовыми глубинами. Максимальные осредненные скорости на вертикалях по абсолютной величине достигают 0,7–1,2 м/с, значит, размывающая способность потока велика. Основной причиной такой картины является интенсивная раскочка потока. Колебания уровней воды находятся в пределах 7–15 см. Период колебаний составляет 3–5 с. Наличие этих динамических нагрузок на незакрепленных участках канала приводит к продолжающимся размывам и деформациям отводящего русла.

В створе 5 русло настолько деформировано, что не может быть и речи о стабилизации формы динамической оси потока. Поток, сохраняя свою размывающую способность, продолжает деформировать поперечное сечение. Заросшие откосы не спасают их от деформирования.

Вывод. Анализ вышеизложенного показывает крайне неблагоприятную картину состояния сооружения как в пределах подводящего русла, в пределах самого сооружения, так и на участке отводящего русла. Сформировавшиеся условия эксплуатации приводят к прогрессирующему размыву дамб канала и разрушению составляющих элементов самого сооружения. Отсутствие высокоэффективных гасителей, недостаточная глубина потока в нижнем бьефе определяют причины прогрессирующих размывов.

Рекомендации. На Большом левобережном канале по результатам полевых исследований необходимо выполнить следующее.

1 По сооружению на ПК 89 + 70.

Для устранения устойчивого сбойного течения, которое возникает в отводящем потоке вследствие смещения трубы, необходимо за жестким креплением плитами установить V-образные гасители кинетической энергии потока, что позволит добиться более равномерного распределения удельного расхода в отводящем русле. Кроме того, поле осредненных скоростей по глубине потока и в плане приблизится к характеру, свойственному равномерно установившемуся движению потока в канале на прямолинейном участке.

За V-образными гасителями потока необходимо выровнять дно и откосы с помощью каменной наброски с размерами камней 5–10 см, выполнив более качественно, с утрамбовкой камня.

2 По сооружению на ПК 83 + 00.

Для повышения устойчивости дамб и откосов канала и надежной работы сооружения необходимо добиться уменьшения турбулентности потока, снизить пульсационные составляющие актуальных скоростей, получить эпюры осредненных скоростей потока, соответствующие равномерно движению воды в каналах.

Реализовать это возможно путем установки V-образного гасителя кинетической энергии за бетонным креплением отводящего русла канала. Работа V-образных гасителей исследована в лаборатории ОНИЛ и в натуральных условиях.

3 Сопрягающее сооружение на ПК 43 + 00.

Крепление наброской из камня выполнено недоброкачественно. Отдельные камни достигают размера 50–60 см. В связи с этим значительно повысилась кинетическая энергия потока и неравномерность распределения поля скоростей, недостаточное гашение кинетической энергии потока, выходящего из нижнего оголовка водопроводящей трубы, наличие деформаций русла в плане привело к сложному сопряжению и неустойчивому гидравлическому режиму в нижнем бьефе сопрягающего сооружения. Для устранения перечисленных негативных явлений необходимо убрать крупные камни каменной наброски, особенно расположенные на дне и на откосах ниже уреза воды.

4 Сооружение на ПК 27 + 60.

Строителями допущено необоснованное поднятие выходного оголовка трубы, и по существу в гидравлическом отношении сооружение представляет собой трубчатый быстроток. Сопряжение поверхностное, удлинено по сравнению с сооружениями, рассмотренными ранее, на которых происходит выравнивание поля скоростей. В отношении деформации русла это сооружение является наиболее неблагоприятным. Чтобы устранить нежелательные явления, необходимо установить на расстоянии 4 м от нижнего оголовка трубы водобойную стенку, от этой стенки на расстоянии 4–5 м установить вторую водобойную стенку таким образом, чтобы высота ее достигала оси трубы, вторая стенка должна быть на 20–30 см ниже первой.

За водобойными стенками необходимо установить V-образные гасители, назначение которых – перераспределение удельных расходов, выравнивание актуальных скоростей, преобразование кинетической энергии потока путем диссипации вихревых образований в тепловую энергию и снижение турбулентности.

5 Сооружение на ПК 20 + 20.

Поток, выходящий из нижнего оголовка трубы, обладает значительной кинетичностью и турбулентностью, что особенно заметно при анализе эпюр скоростей в створах 1, 2 и 3. Такой поток при взаимодействии с руслом отводящего канала, естественно, вызывает местные размывы и деформации дна и откосов.

Для ликвидации образования негативных явлений необходимо выровнять дно отводящего канала от конца бетонного крепления до створа 5, применив для этой цели щебень с размерами, не превышающими 5–10 см, с выполнением его уплотнения.

Список использованных источников

1 Леви, И. И. О местном размыве за сооружениями / И. И. Леви // Гидротехническое строительство. – 1956. – № 1. – С. 42–56.

2 Гришин, М. М. Гидротехнические сооружения / М. М. Гришин. – М.: Госстройиздат, 1962. – 763 с.

3 Вызго, М. С. Эксплуатационные мероприятия, прогнозы и способы уменьшения местных размывов за гидротехническими сооружениями / М. С. Вызго. – Ташкент, 1966. – 292 с.

4 Мирцхулава, Ц. Е. Современные исследования в области местных размывов русел за гидротехническими сооружениями / Ц. Е. Мирцхулава, А. М. Мухаммедов // Гидротехническое строительство. – 1968. – № 12. – С. 22–35.

5 Михалев, М. А. Местный размыв за сооружениями при сопряжении бьефов по типу отброшенной струи / М. А. Михалев // Научные доклады высшей школы. – 1958. – № 3. – С. 25–37.

6 Щедрин, В. Н. О проблемах безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного назначения / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко // Гидротехническое строительство. – 2011. – № 5. – С. 33–38.

7 Щедрин, В. Н. Вопросы обеспечения безопасности гидротехнических сооружений для целей мелиорации / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко // Вестник аграрной науки Дона. – 2010. – № 4. – С. 97–102.

8 Эффективное техническое обслуживание сопрягающих сооружений магистральных каналов: науч. обзор / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко, Ю. Ф. Снопич, П. В. Калинин, Н. А. Антонова, М. С. Ляшков; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 45 с. – Деп. в ВИНТИ 01.09.14, № 242-В2014.

9 Астраханцев, В. И. Разрушение рисбермы и отводящего канала при эксплуатации Иркутской ГЭС / В. И. Астраханцев, В. П. Каленов // Гидротехническое строительство. – 1959. – № 8. – С. 133–157.

10 Дмитриев, А. Ф. Определение глубины воронки размыва в нижнем бьефе лесосплавных плотин / А. Ф. Дмитриев // Первоначальный сплав древесины. Труды ВНИИ лесосплава. – М.: Леспромиздат, 1972. – С. 134–140.

11 Овчаренко, И. Х. Исследование причин, вызывающих размывы в нижнем бьефе действующих сооружений на Большом Ставропольском канале / И. Х. Овчаренко, Б. П. Автономов, А. И. Тищенко // Научные исследования по гидротехнике в 1971 г. – Л., 1973. – Ч. 2. – С. 106–107.

12 Leschenko, S. V. Vertical hydrodynamic loads on the elements of hydrotechnical constructions / S. V. Leschenko, K. N. Makarov // European Researcher. – 2013. – № 5-1(48). – P. 1189–1193.

13 Panov, S. I. Scientific aspects of hydraulic engineering in the Extreme North / S. I. Panov, N. F. Krivonogova // Power Technology and Engineering. – 2012. – Vol. 45. – P. 417–421. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s10749-012-0287-z>.

14 Россинский, К. И. Местный размыв dna в нижних бьефах крупных гидротехнических сооружений / К. И. Россинский // Проблемы регулирования речного стока. – М.: АН СССР, 1956. – Вып. 6. – С. 94–187.

15 Натурные наблюдения и исследования сооружений Красноярского гидроузла в периоды строительства и эксплуатации / В. В. Блинков, А. П. Епифанов, В. А. Кореньков, В. Е. Ляпин, М. Ф. Складнев, А. Г. Соловьева, Э. К. Александровская, Л. М. Гаркун, Ю. А. Григоров, Н. А. Елисеев // Гидротехническое строительство. – 1972. – № 9. – С. 10–15.

16 Гончаров, В. Н. Динамика русловых потоков / В. Н. Гончаров. – Л.: Гидрометеоздат, 1962. – 373 с.

УДК 626.861.5:681.3.06:626.3

А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин

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

ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Целью исследований являлась разработка программы для расчета параметров поперечных сечений осушительных каналов трапециевидальной, параболической, полигональной, комбинированной формы, а также параболической формы с донной вставкой. На основе алгоритмов в среде Microsoft Excel разработана программа для ЭВМ в виде «Калькулятора», которая позволяет выполнять один из видов работ при проектировании осушительных каналов, заключающийся в расчете элементов живых сечений осушительных каналов полигональной, комбинированной, параболической, трапециевидальной и параболической формы с донной вставкой.

Ключевые слова: калькулятор; алгоритм; поперечное сечение; осушительный канал; проектирование.

A. L. Kozhanov, O. V. Voevodin

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

PROGRAM FOR CALCULATING PARAMETERS OF DRAINAGE CHANNELS CROSS SECTIONS

The aim of the research was to develop a program for calculating the cross-section parameters of the drainage channels of a trapezoidal, parabolic, polygonal, combined shape, as well as a parabolic shape with a bed insert. Based on the algorithms in the Microsoft Excel environment, a computer program was developed in the form of a “Calculator”, which allows

one of the types of work in the design of drainage channels to be performed, which consists in calculating the elements of clear sections of the drainage channels of a polygonal, combined, parabolic, trapezoidal and parabolic shape with a bed insert.

Key words: calculator; algorithm; cross section; drainage channel; design.

Введение. В настоящее время современные технологии являются неотъемлемой частью нашей жизни и без них мы попросту не можем вообразить наше существование. В частности, из-за развития компьютерных технологий многие работы уже невозможно осуществлять без использования электронных вычислительных машин, которые открывают перед будущими поколениями большие возможности. Постоянно увеличивается использование различных гаджетов, информационных систем и пр. в геометрической прогрессии. Расчет различных параметров мелиоративных систем, гидротехнических сооружений вручную занимает большое количество времени, в связи с чем необходима разработка программ для ЭВМ, позволяющих упростить расчеты и в разы снизить затрачиваемое время, а также уменьшить влияние человеческого фактора при проводимых расчетах.

В Российской Федерации имеется значительная территория, занятая осушительными мелиорациями, расположенная в гумидной зоне, где количество осадков намного превышает количество испарения, в связи с чем наблюдается большая заболоченность данных территорий, и поэтому необходимо проведение осушительных мелиораций [1].

Ввиду пребывания осушительных систем в неудовлетворительном состоянии, выражающемся в зарастании древесно-кустарниковой растительностью территории, нарушении рельефа полей [2] и повреждении проектного профиля каналов, а также возрастающей необходимости расширения мелиорируемых площадей на землях сельскохозяйственного назначения в рамках продовольственной безопасности [3, 4] требуется их обширная реконструкция и новое строительство. Наибольшую долю затрат несут работы, связанные с восстановлением и развитием сети осушительных каналов, что требует дополнительных обеспечивающих механизмов. При проектировании осушительных каналов подбирается гидравлически наиболее выгодное сечение, которое достигается путем многочисленных циклов расчета геометрических параметров многих конфигураций поперечных сечений. Автоматизация данной работы с использованием калькулятора, реализованного в виде программы для ЭВМ, позволит упростить выбор необходимого поперечного сечения с оптимальными параметрами. Также, по мнению С. М. Васильева, А. Л. Кожанова [5], применение программ для ЭВМ в дальнейшем позволит автоматизировать процессы проектирования мелиоративных систем.

Согласно вышеизложенному целью исследования являлась разработка программы для ЭВМ в виде калькулятора, позволяющего рассчитывать все необходимые геометрические параметры живого сечения осушительных каналов различных форм при проектировании осушительных каналов мелиоративного назначения.

Материалы и методы. Основным исходным материалом являлись разработанные авторами алгоритмы расчета геометрических параметров живого сечения осушительных каналов различных форм [6]. Разработка калькулятора велась в программной среде Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. При разработке программы для расчета параметров поперечных сечений нами был составлен алгоритм подбора формы живого сечения канала проводящей сети в зависимости от расхода воды, глубины канала и характеристики грунта, а также выбора необходимых параметров регулирующей сети, зависящих также от используемых механизмов, коэффициента заложения откосов и ширины канала по дну (рисунок 1) [6].

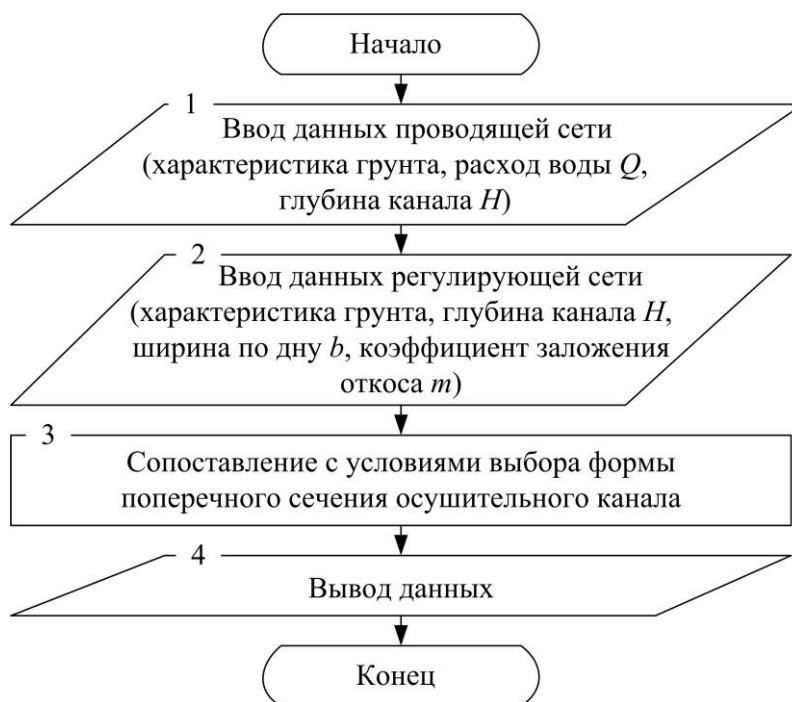


Рисунок 1 – Алгоритм выбора формы поперечного сечения осушительного канала

На основе данного алгоритма была начата разработка программы. На первоначальном этапе проектировщиком выбирается необходимая форма поперечного сечения канала (рисунки 2, 3).

Выбор формы поперечного сечения канала проводящей сети в зависимости от характеристики грунта, расхода и глубины				
1				
2	Проводящая сеть			
3	Характеристика грунта	Расход, м ³ /с	Глубина, м	Форма поперечного сечения
4	1 Пески и супеси любого гранулометрического состава, торф со степенью разложения $\geq 50\%$	< 10	$\leq 2,5$	Трапецидальная
5	2 Связные грунты (глины, суглинки, торф со степенью разложения < 50%), песчаные грунты с наличием крупнозернистой фракции $d \geq 1-2$ мм не менее 15% по массе	≤ 25	$\leq 3,5$	Трапецидальная
6	3 Песчаные мелкозернистые и среднезернистые грунты, в которых фракция $d \geq 1-2$ мм в количестве 15% не содержится; торф со степенью разложения $\geq 50\%$	10–25	< 2,0	Трапецидальная
7	4 Песчаные мелкозернистые и среднезернистые грунты, в которых фракция $d \geq 1-2$ мм в количестве 15% не содержится; торф со степенью разложения $\geq 50\%$	10–25	> 2,5	Параболическая
8	5 Песчаные и супесчаные грунты, легкие суглинки, торф со степенью разложения $\geq 50\%$	> 25	> 2,0	Параболическая с донной вставкой
9	6 Глины, средние и тяжелые суглинки, торф со степенью разложения < 50%	> 25	> 2,0	Параболическая
10	7 Слоистые грунты (торф, глины, суглинки, подстилаемые среднезернистыми и крупнозернистыми песками, супесями)	< 25	> 1,5	Полигональная
11	8 Слоистые грунты (торф, глины, суглинки, подстилаемые мелкозернистыми и пылеватыми песками)	< 25	> 1,5	Комбинированная (нижняя часть на 0,2 м выше залегания неустойчивых грунтов – параболическая, верхняя – трапецидальная)
12				

Рисунок 2 – Выбор формы поперечного сечения канала проводящей сети

Калькулятор расчета элементов живого сечения осушительных каналов различных форм [Режим совместности] - Excel

Выбор основных параметров регулирующей сети от характеристики грунта и используемых механизмов (расчет производится для трапецидальной формы)

Регулирующая сеть

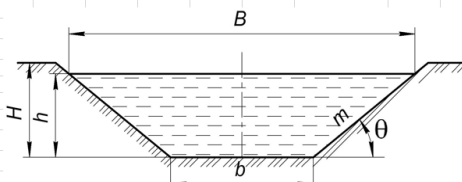
Характеристика грунта	Глубина H , м	Ширина по дну b , м	Коэффициент заложения откосов m
1 Торф мощностью 0,7 м и более (независимо от типа и степени заложения)	1,5	0,4-0,6	1,0-1,5
2 Глина, тяжелый и средний суглинок, торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый этими почвогрунтами	1,0-1,2	0,4-0,6	1,0-1,5
3 Легкий суглинок, торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый этим почвогрунтом	1,2	0,4-0,6	1,0-1,5
4 Супесь, мелкозернистый (частиц от 0,25 до 1,1 мм более 50 %) песок, торф мощностью до 0,7 м, подстилаемый этими почвогрунтами	1,2	0,4-0,6	1,5-2,5
5 Крупнозернистый песок (частиц 0,5-2,0 мм более 50 %), мощностью до 0,7 м, подстилаемый этими почвогрунтами	1,2	0,4-0,6	1,5-2,0
6 Мелкозернистый песок и пылеватый суглинок (частиц 0,005-0,05 мм более 50 %)	1,2	0,8-1,0	2,5-4,0

Рисунок 3 – Выбор основных параметров регулирующей сети

Далее согласно разработанным авторами алгоритмам [6] подготовлен блок ввода исходных данных для каждой формы поперечного сечения канала, например, для трапецидальной приведен на рисунке 4. В данном блоке имеются ячейки ввода данных (зеленые) и ячейки с заданными интервалами значений для определенных параметров, ячейки выбора исходных данных из выплывающего списка (голубые ячейки), а также желтые ячейки автоматического расчета и вывода результатов (пример для комбинированной формы на рисунке 5).

Калькулятор расчета элементов живого сечения осушительных каналов различных форм [Режим совместности] - B

Определение элементов живого сечения канала трапецидальной формы



Исходные данные

Ширина канала по дну b , м	2
Глубина воды в канале h , м	0,5
Коэффициент заложения откоса m	2

Результаты расчетов

Ширина поверху B , м	4,00
Ширина средняя b_m , м	3,00
Глубина средняя h_m , м	0,38
Площадь сечения ω , м ²	1,50
Смоченный периметр χ , м	4,24
Гидравлический радиус R , м	0,35

B – ширина поверху, м; b – ширина канала по дну, м;
 h – глубина воды в канале, м; H – глубина канала, м;
 m – коэффициент заложения откоса
 $(m = \text{ctg}\theta, \theta$ – угол наклона откоса)

Рисунок 4 – Область ввода данных и вывода результатов расчета

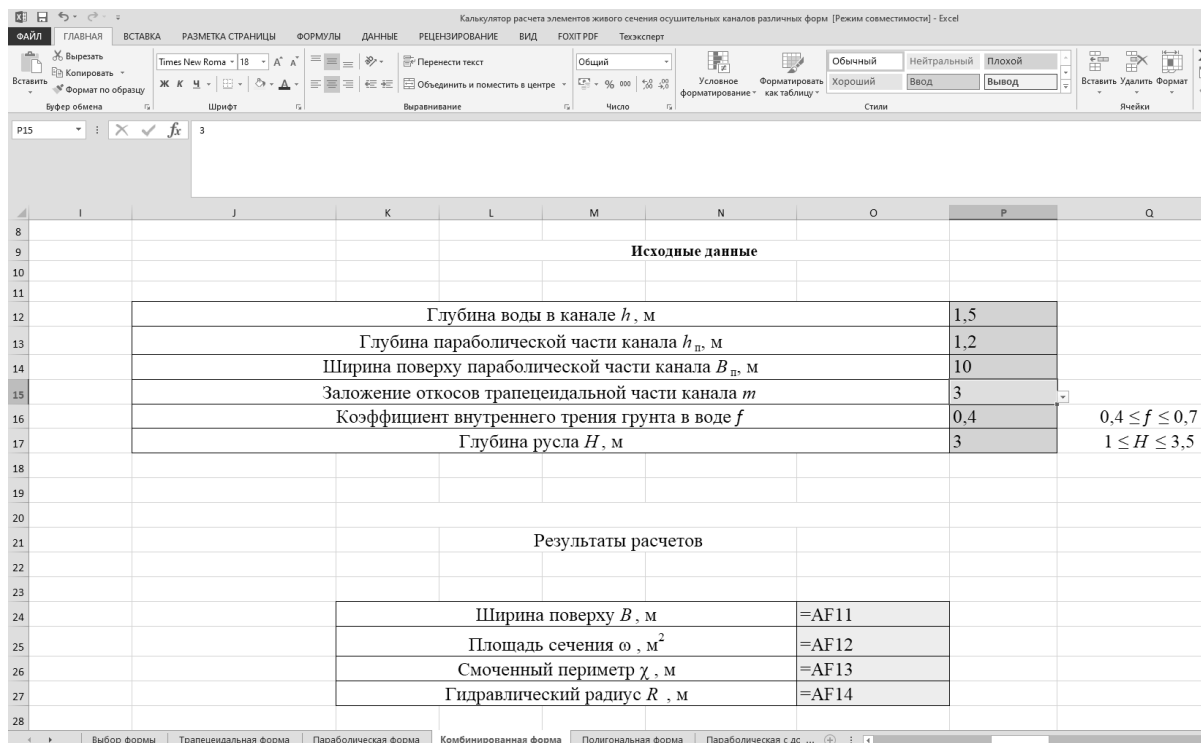


Рисунок 5 – Область ввода и выбора исходных данных, а также вывода результатов расчета для комбинированной формы поперечного сечения

Далее по разработанным алгоритмам производится сам расчет всех необходимых параметров выбранного сечения (пример для трапециевидной и полигональной форм на рисунках 6, 7).

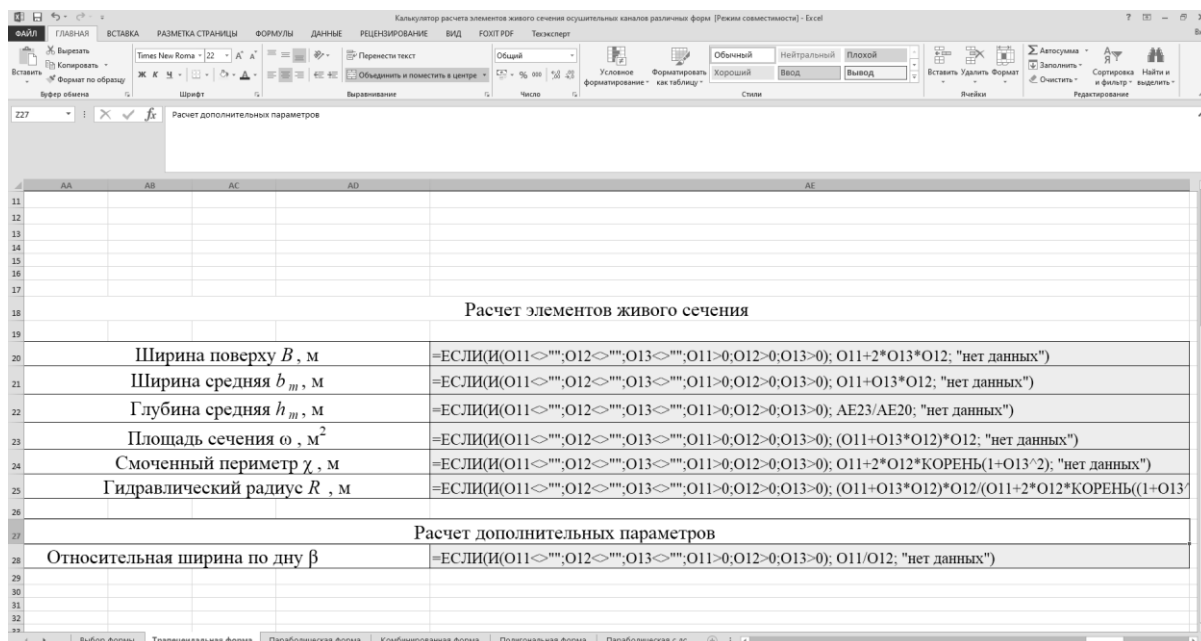


Рисунок 6 – Расчет элементов живого сечения осушительного канала трапециевидной формы

Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM
Расчет элементов живого сечения														
20			Ширина поверху B , м					4,90						
21			Ширина относительная β , м					3,80						
22			Относительная глубина средней части α_2					0,60						
23			Относительная глубина донной части α_3					0,20						
24			Глубина средней части h_2 , м					0,30						
25			Глубина донной части h_3 , м					0,10						
26			Площадь сечения ω , м ²					2,07						
27			Смоченный периметр χ , м					5,23						
28			Гидравлический радиус R , м					0,40						
Расчет дополнительных параметров														
32			Относительная ширина по дну β					0,00						
33			Ширина канала у подножья верхних откосов B_1 , м					1,90						
34			Ширина канала у подножья средних откосов B_2 , м					0,40						

Рисунок 7 – Расчет элементов живого сечения осушительного канала полигональной формы

Также при необходимости программа рассчитывает дополнительные показатели, такие как «относительная ширина по дну β », «параметр параболы p », «функция параболического сечения $N(\tau)$ », «характеристика живого сечения τ » и др., необходимые для дальнейшего расчета всех геометрических параметров сечений осушительных каналов.

В итоге программа выводит результаты расчетов необходимых параметров осушительного канала для конкретной формы поперечного сечения (пример для осушительного канала параболической формы с донной вставкой на рисунке 8).

I	J	K	L	M	N	O	P
Исходные данные							
							Пределы
		Глубина воды в канале h , м				0,5	
		Глубина русла H , м				3	$1 \leq H \leq 3,5$
		Коэффициент внутреннего трения грунта в воде f				0,4	$0,4 \leq f \leq 0,7$
		Ширина донной вставки b , м				0,4	
Результаты расчетов							
		Ширина поверху B , м				=AE9	
		Глубина средняя h_m , м				=AE10	
		Площадь сечения ω , м ²				=AE11	
		Смоченный периметр χ , м				=AE12	
		Гидравлический радиус R , м				=AE13	

Рисунок 8 – Вывод результатов расчета параметров осушительного канала параболической формы с донной вставкой

Выводы. Разработанное в среде Microsoft Excel программное обеспечение в виде «Калькулятора» позволяет выполнять один из видов работ при проектировании осушительных каналов, заключающийся в расчете элементов живых сечений осушительных каналов полигональной, комбинированной, параболической, трапецеидальной и параболической формы с донной вставкой.

Список использованных источников

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

2 Культуртехнические работы на мелиорируемых землях / О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, В. В. Слабунов, С. Л. Жук / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2012. – 24 с. – Деп. в ВИНТИ 07.07.12, № 291-В2012.

3 Щедрин, В. Н. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Краснообск: СФНЦА РАН, 2017. – С. 167–169.

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/archive?n=584&id=585>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11.

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

6 Кожанов, А. Л. Алгоритм расчета элементов живого сечения осушительных каналов различных форм / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин, Л. А. Воеводина // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2019. – № 3(03). – С. 107–126. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm1.ru/article?n=41>. – DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-107-126.

ОСОБОЕ МНЕНИЕ

УДК 631.6.001.4

В. Н. Щедрин, С. А. МанжинаРоссийский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация**К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕРМИНОЛОГИИ
НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ АКТОВ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ**

Целью исследования стало сопоставление ряда терминов и понятий, применяемых в отраслевом законодательстве в области мелиорации, с общепринятыми определениями их дефиниции. Как известно, нормативно-правовые акты не могут разрабатываться в отрыве от общего и отраслевого законодательства, от имеющихся достижений научно-технического развития общества, в связи с чем к ним предъявляются специализированные лексические и терминологические требования. Для построения согласованного законодательства необходимо соблюдать единообразие терминов и понятий. В процессе исследований изучены труды российских и зарубежных ученых в области теории права, мелиорации и почвенного плодородия, нормативно-правовые документы в области мелиорации земель и поддержания плодородия почв. Использовались методы системного, комплексного изучения, сопоставительный и сравнительный методы. В процессе исследования у авторов сложилось мнение, что в законе «О мелиорации земель» отсутствует четкое определение некоторых терминов и понятий, в связи с чем необходимо четко определиться с терминологией в области мелиорации и стандартизировать ее.

Ключевые слова: унификация терминов и понятий; мелиорируемые земли; плодородие земель; фитомелиорация; агролесомелиорация; эффективное плодородие.

V. N. Shchedrin, S. A. ManzhinaRussian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk,
Russian Federation**ON THE ISSUE OF REGULATORY AND LEGAL ACTS TERMINOLOGY
IMPROVEMENT IN THE FIELD OF LAND RECLAMATION**

The aim of the study was to compare a number of terms and concepts used in industry legislation in the field of land reclamation with generally accepted definitions of their concepts. As is well known, normative legal acts cannot be developed in isolation from general and sectoral legislation, from existing achievements of the scientific and technical development of society, for which reason specialized lexical and terminological requirements are applied to them. To develop coherent legislation, it is necessary to observe uniformity of terms and concepts. In the process of research, the works of Russian and foreign scientists in the field of the legal theory, land reclamation and soil fertility, regulatory documents in the field of land reclamation and soil fertility maintainance were studied. The methods of system and comprehensive study, contrastive and comparative methods were used. In the course of investigation, the opinion that the Law on Land Reclamation lacks a clear definition of certain terms and concepts was formed by the authors, due to what it is necessary to define clearly the terminology in the field of land reclamation and standardize it.

Key words: standardization of terms and concepts; reclaimed land; land fertility; phytomelioration; land and forest reclamation; effective fertility.

Введение. Как показывает международный опыт, сформированный на протяжении всего существования государственных систем управления, нормотворчество и правовые инструментариумы являются обязательными составляющими государственного руководства и администрирования во всех социально-экономических направлениях существования общества. Согласно А. Ф. Черданцеву (1999), правовое регулирование представляет собой разновидность движения информации [1]. Нормы права содержат разъяснения, руководства для субъектов правовых отношений относительно объекта этих отношений. Поэтому нормативно-правовые акты не могут разрабатываться в отрыве от общего и отраслевого законодательства, от имеющихся достижений научно-технического развития общества, в связи с чем к ним предъявляются специализированные лексические и терминологические требования [2, 3]. Все эти требования необходимы для построения согласованного законодательства, которое сопряжено в том числе с единообразием толкования терминов и понятий, с их унификацией [2, 4]. Так, В. Ю. Турагин (2002) подчеркивал, что несогласованность терминов и понятий, их различное толкование в различных отраслях права (тем более в смежных) является серьезной проблемой межотраслевого взаимодействия нормативно-правовых актов [4, 5]. В последнее время расширяется так называемый «пакетный принцип законодательной инициативы», который характеризуется тем, что при формировании отраслевого права рассматривается сразу законопроект и пакет правовых и (или) технических документов, связанных с этим направлением [6].

Целью исследования стало сопоставление ряда терминов и понятий, применяемых в отраслевом законодательстве в области мелиорации, с общепринятыми определениями их дефиниции.

Материалы и методы. В процессе исследований изучены труды российских и зарубежных ученых в области теории права, мелиорации и почвенного плодородия, нормативно-правовые документы в области мелиорации земель и поддержания плодородия почв. Использовались методы системного, комплексного изучения, сопоставительный и сравнительный методы.

Результаты и обсуждение. В ст. 2 закона РФ «О мелиорации земель» приведено следующее определение земель в контексте их отношения к мелиорации: «Мелиорируемые земли – земли, недостаточное плодородие которых улучшается с помощью осуществления мелиоративных мероприятий...» [7].

При толковании норм данной статьи совершенно оправданно возникает вопрос о том, что понимать под «недостаточным плодородием земель», как измерять «достаточное» и «недостаточное» плодородие. Анализ научной, справочной, учебно-методической и правовой литературы не выявил утвержденного определения термина «недостаточное плодородие земель». Однако в научной литературе и в нормативно-правовых актах есть понятие «плодородие почв» сельскохозяйственного назначения. Последнее в Федеральном законе № 101-ФЗ от 16.07.1998 «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» определяется как «способность почвы удовлетворять потребность сельскохозяйственных культурных растений в питательных веществах, воздухе, воде, тепле, биологической и физико-химической среде и обеспечивать урожай сельскохозяйственных культурных растений» [8]. В соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 27593-88 плодородие почвы определяется как «способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности». Там же приведено такое понятие, как «качество почвы», под которым понимается «характеристика свойств и состава почвы, определяющая ее плодородие» [9].

Следует ли понимать, что «недостаточное плодородие» подразумевает «плохое качество почв»? При изучении специализированной литературы, посвященной почвам

и их плодородию, было выяснено, что определение такого словосочетания, как «недостаточное плодородие почв», нигде не приводится, а качество почвы определяется ее структурой, наличием гумуса и составом питательных веществ.

Далее из исследуемого определения термина для улучшения недостаточного плодородия земель необходимо проводить «мелиоративные мероприятия», которые в соответствии с приведенным в ст. 2 закона РФ «О мелиорации земель» определением включают следующее: «проектирование, строительство, эксплуатация и реконструкция мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, обводнение пастбищ, создание систем защитных лесных насаждений, проведение культуртехнических работ, работ по улучшению химических и физических свойств почв, научное и производственно-техническое обеспечение указанных работ» [7]. По сути, кроме работ по улучшению химических и физических свойств почвы, все перечисленные мероприятия носят экосистемный характер, оказывая влияние на качество локальной агроэкосистемы, и никак не указывают на плохое качество земель и их корректировку. Например, черноземы в контексте их общепризнанной характеристики являются плодородными почвами с хорошими качественными показателями. Однако расположение их в зоне с недостаточным увлажнением предполагает возможность выращивания ряда культур на фоне орошения. Это совсем не характеризует непосредственные свойства почв, отвечающие за их плодородие, т. е. их плохую способность удовлетворять потребности растений в воде или других необходимых для их произрастания веществах, здесь речь идет о недостаточном увлажнении экосистемы для определенного вида возделываемых культур.

Следует отметить, что по имеющимся классификациям выделены следующие разновидности плодородия:

- естественное, которое характеризует благоприятность почвы для биопродуктивности в естественных экосистемах;
- естественно-антропогенное, которое создается или образуется в результате воздействия человека (например, целевое воздействие при производстве сельскохозяйственной продукции либо нецелевое воздействие, которое является побочным эффектом другой производственной деятельности);
- искусственное, создаваемое в результате прямых целенаправленных действий человека (например, субстраты для выращивания растений в теплицах или рекультивированные земли после разработки полезных ископаемых).

При этом, как подчеркивает С. А. Курбанов и другие авторы, каждый вид почвенного плодородия имеет потенциальное и эффективное плодородие [10, 11]. Потенциальное плодородие почв является предполагаемой биопродуктивностью с учетом имеющихся благоприятных факторов среды и возможных среднестатистических рисков, а эффективное плодородие почв может являться экономической мерой целевой биопродуктивности последних, так как оценивается посредством урожайности возделываемых культур.

Высоким потенциальным плодородием обладают черноземные почвы, низким – подзолистые [10, 12].

Так как различные виды растений (в т. ч. и сельскохозяйственные) предъявляют разные требования к почвенным и климатическим условиям, говоря о плодородии почв, правильнее исходить из определенных видов растений и растительных формаций, что подразумевает рассмотрение «относительного плодородия почв». Для оценки относительного плодородия почв исходя из их свойств, климатических ресурсов агробиотопы и потребностей культур разработана их бонитировка [10].

Учитывая все приведенные научные и нормативные толкования, считаем, что в данном случае словосочетание «недостаточное плодородие» земель, которые мелиорируются, является некорректным. Более правильным было бы в данной формулировке

опираться на эффективное плодородие почв. В качестве примера предложим следующее толкование: «Мелиорируемые земли – земли, состояние которых улучшается с помощью осуществления мелиоративных мероприятий в целях достижения максимально возможного для них эффективного плодородия». Или «мелиорируемые земли – земли, на которых осуществляются (либо выделенные под осуществление) мелиоративные мероприятия в целях достижения максимально возможного для них эффективного плодородия».

Вторым моментом в терминологии закона «О мелиорации», который можно считать спорным, является отсутствие в видах мелиорации фитомелиорации. Так, в ст. 5 этого закона приведены следующие типы и виды мелиорации земель: гидромелиорация, агролесомелиорация, культуртехническая мелиорация, химическая мелиорация [6]. При этом в дальнейшем пояснении к видам мелиорации (положения, отраженные в ст. 6–9) ни к одному из приведенных видов фитомелиорация не отнесена. Фитомелиорация (по смыслу имеющихся определений в ряде словарей и учебных пособий по мелиорации) является системой мероприятий по использованию растений для улучшения условий существующих экосистем, в т. ч. и искусственных (например, агроэкосистем) [13–15]. В систему ее мероприятий входит создание лесополос, кулисных посадок, подбор для посева культур с определенными средообразующими или средо-корректирующими свойствами (например, растения-сидераты, галофиты и пр.). Эффективность фитомелиорации изучается российскими учеными, а результаты отражены в научных работах [16–18]. Более того, в России действует ФГБУ «Управление «Фитомелиорация» с центральным расположением организации в г. Элисте и с филиалом в Республике Дагестан, а упоминания о ней в основном законе о мелиорации нет.

Исходя из имеющихся понятий о содержании работ и мероприятий в области агролесомелиорации и фитомелиорации, по нашему мнению, эти два вида мелиорации «растениями» следует определить в одну группу, которая может быть названа биомелиорацией или мелиорацией биоорганизмами. Так как в настоящее время в качестве стимуляции продуктивности растений используют так называемые биоудобрения, которые имеют в составе благоприятные для почвы микроорганизмы или грибы, в дальнейшем по аналогичной технологии могут быть созданы и биомелиоранты, что позволит их отнести в общую группу к фитомелиорации и агролесомелиорации [19–22]. В любом случае в настоящее время в связи с достижением определенного уровня научно-технического прогресса необходимо осуществить пересмотр, актуализацию, унификацию и стандартизацию терминов и определений в области мелиорации.

Выводы. В настоящее время в российской правовой системе в области мелиорации отсутствует четкое определение некоторых терминов и понятий, согласованное со смежными отраслями права.

Для совершенствования нормативно-правовой базы в области мелиорации необходимо четко определиться с терминологией в области мелиорации и стандартизировать ее. Пересмотр и актуализация терминов в области мелиорации должны осуществляться с учетом достижений научно-технического прогресса.

Список использованных источников

1 Черданцев, А. Ф. Теория государства и права: учебник / А. Ф. Черданцев. – М., 1999. – 353 с.

2 Арзамасов, Ю. Г. Юридическая терминология в современном российском законодательстве / Ю. Г. Арзамасов // Современное право. – 2012. – № 3. – С. 140–141. – Рец. на кн.: Туранин, В. Ю. Юридическая терминология в современном российском законодательстве: теоретические и практические проблемы использования: монография. – М.: Изд-во СГУ, 2010. – 260 с.

3 Туранин, В. Ю. Юридическая терминология в современном российском законодательстве: теоретические и практические проблемы использования: монография / В. Ю. Туранин. – М.: Изд-во СГУ, 2010. – 260 с.

4 Турагин, В. Ю. Проблемы и перспективы унификации терминологии / В. Ю. Турагин // Журнал российского права. – 2002. – № 11. – С. 46–48.

5 Крюкова, Е. А. Методические рекомендации по лингвистической экспертизе законопроектов / Е. А. Крюкова, Л. А. Крыжановская. – М.: Изд-во Гос. Думы, 2013. – 40 с.

6 Нормография: теория и технология нормотворчества: учеб. для вузов / Ю. Г. Арзамасов [и др.]; под ред. Ю. Г. Арзамасова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2020. – 542 с. – (Высш. образование).

7 О мелиорации земель: Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

8 О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения: Федеральный закон от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

9 ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения. – Введ. 1988-07-01. – М.: Стандартинформ, 2006. – 9 с.

10 Курбанов, С. А. Почвоведение с основами геологии: учеб. пособие / С. А. Курбанов, Д. С. Магомедова. – Изд. 2-е, стер. – СПб.: Лань, 2016. – 288 с.

11 Лозе, Ж. Толковый словарь по почвоведению / Ж. Лозе, К. Матье.; пер. с фр. – М.: Мир, 1998. – 398 с.

12 Марчик, Т. П. Почвоведение с основами растениеводства: учеб. пособие / Т. П. Марчик, А. Л. Ефремов; Гродн. гос. ун-т им. Я. Купалы. – Гродно: ГрГУ, 2006. – 249 с.

13 Быков, Б. А. Экологический словарь / Б. А. Быков. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 216 с.

14 Дедю, И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев: Гл. ред. Молд. совет. энцикл., 1990. – 406 с.

15 Базавлук, В. А. Инженерное обустройство территорий. Мелиорация: учеб. пособие для приклад. бакалавриата / В. А. Базавлук. – М.: Юрайт, 2018. – 140 с. – (Ун-ты России).

16 Шестеркин, Д. Г. Эффективность фитомелиорации в повышении плодородия чернозема южного и урожайности зерновых культур в Поволжье: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Шестеркин Дмитрий Геннадьевич. – Саратов, 2013. – 23 с.

17 Фитомелиорация засоленных почв Западного Прикаспия / М. М. Джембулатов [и др.] // Аграрная наука. – 2008. – № 3. – С. 27–30.

18 Многолетние травы как фитомелиоранты / Е. П. Денисов, Д. А. Уполовников, Н. П. Молчанова, Д. В. Сураев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3. – С. 48–50.

19 Экориз – препарат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://udachny.su/fertilizers/biogical/715-ekoriz-preparat.html>, 2020.

20 Пальчиков, С. Корневые симбиозы. Микориза [Электронный ресурс] / С. Пальчиков. – Режим доступа: <https://givoyles.ru/articles/nauka/kornevye-simbiozy-mikoriza/>, 2020.

21 Patent CA1313772C Canada, Y 02 A 40/21. Fertilizer combined with mycelium of fungi and the process of production [Electronic resource] / Grabbe K., Nille B. – Mode of access: <https://patents.google.com/patent/CA1313772C/en>, 2020.

22 Mykolife GmbH [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mykolife.de/ru/>, 2020.