

ISSN 2313-2248

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал

Выпуск № 2(74)/2019

Новочеркасск

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

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

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

Выпуск № 2(74)/2019

Апрель – июнь 2019 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 технических наук, профессор А. В. Колганов; доктор технических наук, профессор Ю. М. Косиченко; доктор сельскохозяйственных наук, профессор Г. Т. Балакай; доктор технических наук Ю. Ф. Снопич; доктор экономических наук, доцент Л. Н. Медведева; кандидат технических наук А. А. Чураев; чл.-кор. РАН, доктор технических наук, профессор НИМИ им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ В. И. Ольгаренко; кандидат технических наук О. А. Баев; кандидат физико-математических наук М. В. Власов; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент В. Д. Гостищев; кандидат сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаева; кандидат технических наук Ю. Е. Домашенко; 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. 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 14.06.2019. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 21,05. Тираж 500 экз. Заказ № 24

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

Отпечатано ИП Белоусов А. Ю.
346421, Ростовская область,
г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190 «Е»

ISSN 2313-2248



9 772313 224008

Дата выхода в свет 28.06.2019
Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

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

| | |
|---|-----|
| Чураев А. А., Шепелев А. Е. Техническое состояние пунктов водоучета мелиоративных систем Минсельхоза России..... | 5 |
| Юркова Р. Е., Докучаева Л. М. Современное состояние производства сои в России..... | 8 |
| Бабичев А. Н., Монастырский В. А., Ольгаренко В. Иг. Метод прецизионного орошения для современных дождевальных машин..... | 14 |
| Сидаренко Д. П. Мелиорация ландшафтов на склоновых землях Приазовской зоны Ростовской области..... | 17 |
| Салугин А. Н., Кулик А. К., Хныкин А. С., Балкушкин Р. Н. Нейросетевое прогнозирование динамики агроэкосистем..... | 22 |
| Рамазанов А., Хожанов Н. Н., Масатбаев М. А. О научных основах орошаемого земледелия в Казахстане..... | 26 |
| Азизов О. Р., Гловацкий О. Я., Эргашев Р. Р. Некоторые проблемы оценки и улучшения технического состояния насосов водохозяйственно-мелиоративного комплекса..... | 32 |
| Рыжак А. Н., Мартынов Д. В. Анализ существующего порядка ведения паспортизации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений..... | 38 |
| Бубер А. А., Федотова Е. В. Управление водными ресурсами Ангарского каскада ГЭС на основе гидродинамического моделирования..... | 43 |
| Снипич Ю. Ф., Арискина Ю. Ю. Исследования эффективности распределения поливной воды в капельной ленте..... | 48 |
| Трубакова К. Ю. Анализ сезонных изменений гидрохимических показателей Береславского водохранилища в условиях антропогенного загрязнения..... | 52 |
| Бубер А. А., Талызов А. А. Особенности разработки гидродинамической модели Нижней Волги..... | 56 |
| Пономаренко Т. С., Бреева А. В. Результаты расчета стока взвешенных наносов реки Кундрючья..... | 61 |
| Шевченко А. В. Основные причины формирования верховодки при обосновании проектов мелиорации в степной зоне юга России..... | 66 |
| Чураев А. А., Вайнберг М. В., Кореновский А. М. Способы орошения сложноконтурных участков сельскохозяйственных угодий поливной техникой..... | 71 |
| Шепелев А. Е., Юченко Л. В., Филимонова В. М. Орошение сложноконтурных участков сельскохозяйственных угодий..... | 78 |
| Манжина С. А. Формирование благоприятной среды для развития малого и среднего агробизнеса на площадках мелиоративных парков..... | 86 |
| Коржов В. И., Белоусов А. А., Гонзалез-Гальего М. Р., Нецепляев Д. А. Автоматизация определения расчетных значений расходов на водозаборных и регулирующих сооружениях оросительной системы..... | 93 |
| Саклакова О. А. Бизнес-процессы в учете затрат сельскохозяйственных организаций..... | 98 |
| Воеводина Л. А., Воеводин О. В. Калькулятор окупаемости инвестиций в мелиоративный парк..... | 103 |

| | |
|--|-----|
| Манжина С. А., Вагнер А. С. Управление мелиоративным парком: расширение функций эксплуатационных учреждений по мелиорации | 108 |
| Медведева Л. Н., Ванеева П. Д., Медведев А. В. Методологический подход в обосновании рационального использования водных ресурсов в сельском хозяйстве | 115 |

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

| | |
|--|-----|
| Штанько А. С., Сукало Г. М. Определение наименьшей влагоемкости в почвенном профиле светло-каштановых почв Ростовской области расчетным методом | 125 |
| Кожанов А. Л. Применение малоуклонного и безуклонного дренажа в составе осушительных систем двустороннего действия для условий Западной Сибири ... | 131 |
| Шкура В. Н., Штанько А. С. Расчет наименьшей влагоемкости черноземных почв Ростовской области | 137 |

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

| | |
|---|-----|
| Косиченко Ю. М., Баев О. А., Сильченко В. Ф. Методика расчета испарения с поверхности водосборных бассейнов | 144 |
| Мельникова Л. И. Водосбросные сооружения автоматического действия для водоохранных объектов | 149 |
| Тищенко А. И. Разработка рекомендаций по продлению жизненного цикла быстотока-перепада на 21-м км Терско-Кумского канала | 153 |
| Щербаков А. О., Талызов А. А. Численное моделирование плана течений при разработке руслозащитных мероприятий | 158 |
| Васильева Н. В. Расчет осадки оснований, сложенных биогенными грунтами, на объекте «Доватора» | 164 |
| Косиченко Ю. М., Баев О. А., Сильченко В. Ф. Оценка возможности повышения водности р. Бурла | 170 |

ЭКОНОМИКА МЕЛИОРАЦИИ

| | |
|--|-----|
| Саклакова О. А. Оценка экономической эффективности использования орошаемых земель | 177 |
|--|-----|

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

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

УДК 626.823.6:626.82

А. А. Чураев, А. Е. Шепелев

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПУНКТОВ ВОДОУЧЕТА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ

В статье проведен анализ технического состояния пунктов водоучета на мелиоративных системах Минсельхоза России. Определены условия, предъявляемые к состоянию пунктов водоучета с целью рационального использования водных ресурсов на мелиоративных системах. Отслежена динамика количества пунктов водоучета, а также их технического состояния, которая показала, что за период с 1995 по 2018 г. количество пунктов водоучета на мелиоративных системах снизилось в пять раз, а уровень технического состояния продолжает снижаться. Установлено, что более половины, а именно 53 %, из общего количества пунктов водоучета находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют проведения реконструкции, капитального или текущего ремонта.

Ключевые слова: пункт водоучета, состояние, мелиоративная система, ремонт, год, количество.

A. A. Churaev, A. E. Shepelev

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

TECHNICAL CONDITIONS OF WATER ACCOUNTING STATIONS ON RECLAMATION SYSTEMS OF RUSSIAN MINISTRY OF AGRICULTURE

The technical conditions of water accounting stations on reclamation systems of the Ministry of Agriculture of Russia are analyzed. The conditions imposed on the state of water accounting stations for the rational use of water resources on reclamation systems have been determined. The dynamics of the number of water accounting stations as well as their technical condition showed that for the period from 1995 to 2018 the number of water accounting stations on reclamation systems decreased five times, and the level of technical condition continues to decrease. It has been determined that more than a half, namely 53 %, of the total number of water accounting stations are in an unsatisfactory state and require reconstruction, major or current repair.

Key words: water accounting station, condition, reclamation system, repair, year, quantity.

Основным условием рационального использования водных ресурсов на мелиоративных системах является обеспечение точного и достоверного учета подачи, потребления и сброса воды [1]. В настоящее время эксплуатационные организации, обслуживающие современные оросительные и осушительные системы, заинтересованы в пунктах водоучета на объектах мелиоративных систем Минсельхоза России [2].

На сегодняшний день количество пунктов водоучета, а также их уровень технического состояния снижаются. Большинство пунктов водоучета считаются таковыми лишь номинально, так как находятся в неудовлетворительном состоянии [3]. Практически половина пунктов водоучета требуют проведения текущего, а многие и капитального ремонта. Большая часть построенных ранее гидрометрических сооружений на оросительных и осушительных системах Минсельхоза России разрушена или деформирована и не оправдывает своего назначения как пункт измерения водного потока [4].

В 2018 г. сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ» в соответствии с тематическим планом был проведен мониторинг состояния пунктов водоучета и водоизмерения на гидромелиоративных объектах государственных эксплуатационных организаций Минсельхоза России.

Анализ получаемой информации с учетом прошлых лет [5] показал, что за период с 1995 по 2018 г. количество пунктов водоучета на мелиоративных системах снизилось в пять раз, с 13086 до 2555 ед. Характеристика состояния пунктов водоучета и водоизмерения с 1995 по 2018 г. на мелиоративных системах Минсельхоза России представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Техническое состояние пунктов водоучета и водоизмерения на объектах мелиоративных систем Минсельхоза России с 1995 по 2018 г.
В шт.

| Год | Количество пунктов водоучета | | |
|------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| | всего | в удовлетворительном состоянии | в неудовлетворительном состоянии |
| 1995 | 13086 | 8248 | 4838 |
| 1996 | 12518 | 6435 | 6083 |
| 1997 | 11655 | 3871 | 7784 |
| 1998 | 10373 | 3676 | 6697 |
| 1999 | 9978 | 3614 | 6364 |
| 2000 | 9766 | 3590 | 6176 |
| 2001 | 7510 | 3585 | 3925 |
| 2002 | 7408 | 3530 | 3910 |
| 2003 | 7408 | 3530 | 3910 |
| 2004 | 7399 | 3520 | 3876 |
| 2005 | 6836 | 2957 | 3874 |
| 2006 | 6381 | 2869 | 3512 |
| 2007 | 5247 | 2196 | 3051 |
| 2008 | 3764 | 1944 | 1820 |
| 2009 | 3504 | 1911 | 1593 |
| 2018 | 2555 | 1361 | 1194 |

Динамика технического состояния пунктов водоучета и водоизмерения на мелиоративных системах Минсельхоза России за период с 1995 по 2018 г. представлена на рисунке 1.

Как показывают данные мониторинга состояния пунктов водоучета и водоизмерения на гидромелиоративных объектах государственных эксплуатационных организаций Минсельхоза России за 2018 г., более половины, а именно 53 %, из общего количества пунктов водоучета находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют проведения текущего или капитального ремонта.

В таблице 2 и на представленной диаграмме (рисунок 2) наглядно отображены сведения о текущем состоянии в эксплуатационных организациях, подведомственных Минсельхозу России, пунктов водоучета и водоизмерения на открытой и закрытой сети мелиоративных систем Минсельхоза России.

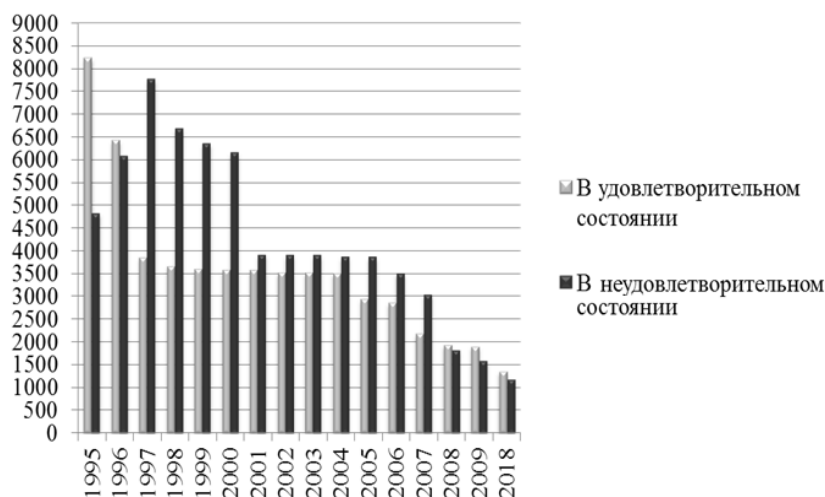
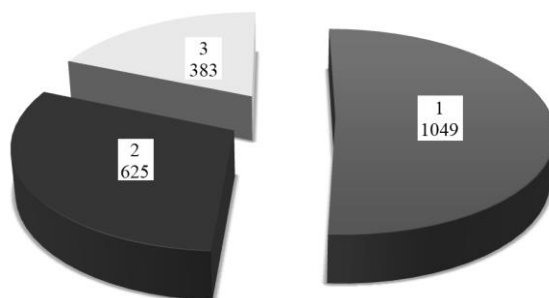


Рисунок 1 – Техническое состояние пунктов водоучета на мелиоративных системах субъектов Российской Федерации с 1995 по 2018 г.

Таблица 2 – Техническое состояние пунктов водоучета на объектах мелиоративных систем Минсельхоза России в 2018 г.

В шт.

| Характеристика пункта водоучета | Общее количество пунктов водоучета | Количество пунктов водоучета | | | |
|---|------------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------|-----|
| | | текущий ремонт | капитальный ремонт | реконструкция | |
| Открытая сеть | | | | | |
| Пропускательный расход, м ³ /с | < 2 | 1016 | 410 | 266 | 230 |
| | 2–5 | 617 | 233 | 147 | 114 |
| | 5–10 | 242 | 109 | 50 | 9 |
| | 10–50 | 250 | 162 | 45 | 1 |
| | 50–100 | 45 | 17 | 17 | |
| | > 100 | 11 | 6 | 4 | |
| Итого | 2181 | 937 | 529 | 354 | |
| Закрытая сеть | | | | | |
| Диаметр, мм | < 300 | 7 | 1 | 1 | |
| | 300–500 | 71 | 7 | 16 | 12 |
| | 600–800 | 167 | 54 | 42 | |
| | 800–1200 | 98 | 31 | 37 | 8 |
| | > 1200 | 31 | 19 | | 9 |
| Итого | 374 | 112 | 96 | 29 | |



1 – текущий ремонт; 2 – капитальный ремонт; 3 – реконструкция

Рисунок 2 – Техническое состояние пунктов водоучета на объектах мелиоративных систем Минсельхоза России в 2018 г.

Выводы

1 Основным условием рационального использования водных ресурсов на мелиоративных системах является обеспечение точного и достоверного учета подачи, потребления и сброса воды.

2 За период с 1995 по 2018 г. количество пунктов водоучета на мелиоративных системах снизилось в пять раз.

3 На сегодняшний день количество пунктов водоучета, а также их уровень технического состояния продолжает снижаться.

4 Анализ технического состояния пунктов водоучета на объектах мелиоративных систем Минсельхоза России показал, что более половины, а именно 53 %, из общего количества пунктов водоучета находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют проведения реконструкции, капитального или текущего ремонта.

5 Из пунктов водоучета, находящихся в неудовлетворительном состоянии, текущему ремонту подлежит 1049 ед., капитальному ремонту – 625 ед. и реконструкции – 383 ед.

Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Платность водопользования как метод экономического регулирования водных отношений при подаче воды для орошения на крупных мелиоративных системах / С. М. Васильев, В. И. Гирин, Н. И. Сафарова // Актуальные проблемы экономики современной России: сб. материалов VIII Междунар. науч.-практ. конф., 28 янв. 2012 г. / Приволж. науч.-исслед. центр. – Йошкар-Ола: Коллоквиум, 2012. – Т. 1. – С. 132–138.

2 Васильев, С. М. Комплексный подход к оценке поколений оросительных систем на основе средств имитационного моделирования сложных систем / С. М. Васильев, В. Н. Щедрин, А. А. Чураев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2013. – № 4(32). – С. 189–193.

3 Щедрин, В. Н. Перспективы развития метрологического обеспечения эксплуатации ОС с учетом введения платного водопользования и вступления России в ВТО / В. Н. Щедрин, В. Я. Бочкарев // Проблемы информационного и метрологического обеспечения эксплуатации оросительных систем, пути их решения: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2005. – С. 5–11.

4 Чураев, А. А. Сбор исходной информации для построения модели динамического управления водораспределением на оросительной сети / А. А. Чураев, Л. В. Юченко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2014. – № 54. – С. 124–132.

5 Бочкарев, В. Я. Результаты мониторинга состояния и предложения по совершенствованию организации водоучета на мелиоративных системах РФ / В. Я. Бочкарев, А. Е. Ивахненко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2007. – Вып. 38. – С. 118–122.

УДК 633.853.52

Р. Е. Юркова, Л. М. Докучаева

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

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА СОИ В РОССИИ

В статье дан анализ производства сои в России и ее доли в мировых объемах (1,1 %). Рассмотрены перспективы развития производства данной культуры в имеющихся в стране регионах с благоприятными агроклиматическими условиями для ее возделывания. Основным производителем сои в России может стать Южный федеральный округ и Северный Кавказ, где валовое производство зерна возможно довести

до 1 млн т. Отмечено, что экспортно привлекательным является выращивание не генно-модифицированной сои как дефицитной и экономически рентабельной культуры.

Ключевые слова: соя, валовое производство, посевная площадь сои, урожайность, цена реализации.

R. E. Yurkova, L. M. Dokuchaeva

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

CURRENT STATE OF SOY PRODUCTION IN RUSSIA

The analysis of soybean production in Russia and its share in world volumes (1.1 %) is provided. The prospects for the development of its production in the regions with favorable agro-climatic conditions for its cultivation in the country are considered. The Southern Federal District and the North Caucasus, where gross grain production can be brought up to 1 million tons can become the main soybean producers in Russia. It is noted that the cultivation of non-genetically modified soybean as a deficient and economically profitable crop is export-attractive.

Key words: soybean, gross production, soybean cropland, yield, sales price.

Соя занимает ведущее место в мировых ресурсах производства масла, шрота и комбикормов, имеет большой удельный вес в региональных и национальных продовольственных программах [1]. Основными производителями этой стратегически важной культуры являются США, Бразилия, Аргентина, Китай, Индия и Парагвай [1]. Несмотря на благоприятные агроклиматические условия для возделывания сои и возможность выращивать до 30–50 млн т/год, Россия по объемам производства сои в мире несравнимо отстает от других стран. Доля РФ от мирового производства сои (349,1 млн т) составляет 1 % (3,9 млн т) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Доли стран в мировом производстве сои (средние значения 2018 г.)

Потребности животноводства в стране оцениваются в 5 млн т соевых продуктов. При уровне производства 3,8 млн т сои 24 % объема, потребляемого животноводством, приходится импортировать.

Следует отметить, что данная культура – это не только лучший растительный белок, растительное масло, конкурентоспособность продукции животноводства, улучшение плодородия почв, но, самое главное, это продовольственная безопасность населения.

В связи с этим в 2016 г. президент РФ В. В. Путин в ответ на обращение прези-

дента Российского соевого союза о государственной поддержке соевой отрасли в стране поручил рассмотреть этот вопрос в МСХ РФ. Уже в 2017 г. посевные площади сои были увеличены на 24 % и получен рекордный урожай сои – 3,7 млн т, что дало прибыль более 20 млрд руб. [2].

По данным Росстата, посевные площади сои в 2018 г. выросли до 2,93 млн га. Но с учетом гибели растений площади к уборке составили ориентировочно 2,77 млн га. В результате валовой сбор агрокультуры в 2018 г. составил около 4 млн т [3]. Россия поднялась выше в рейтинге мировых стран по сравнению с 2013 г. (11-е место) и уже стала занимать 8-е место в мире по производству сои в 2018 г.

Основное производство сои сосредоточено в регионах Дальнего Востока (50 %), поскольку Амурская область и Приморский край считаются территориями с самым благоприятным климатом для этой масличной культуры, и Центрального федерального округа (31 %). На другие регионы приходится 19 % (рисунок 2). Самыми эффективными зонами, где регулярно собирают высокие урожаи сои, являются Краснодарский край и Центральное Черноземье. Но качественные параметры сои (в первую очередь содержание протеина), выращиваемой на европейской территории России, всегда ниже, чем, например, на Дальнем Востоке России. Это связано с особенностями климатических и почвенных условий. Так, в Белгородской и Курской областях соя в среднем содержит 28–32 % протеина, в Краснодарском крае – 32–35 %, а на Дальнем Востоке – 34–38 %. Более низкие качественные параметры сои в центральных регионах определяют необходимость работы над ее селекцией [4].

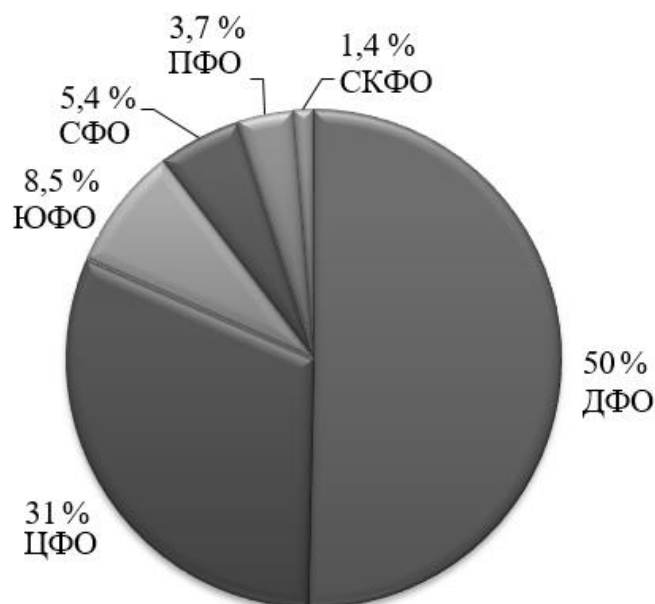


Рисунок 2 – Производство сои в различных регионах России

По данным российского Минсельхоза, урожайность сои в 2018 г. составила 15,5 ц/га против 14,9 ц/га в 2017 г. Лишь два федеральных округа России (Центральный и Приволжский) улучшили урожайность сои по сравнению с 2017 г. (соответственно на 23 и 4 %). Среди субъектов Дальневосточного округа урожайность сои улучшил только Хабаровский край (+15 %), остальные регионы заметно сдали позиции [5].

В 2018 г. впервые в истории российского соеводства Центральный федеральный округ вышел на первое место по производству сои (1781,5 млн т), обойдя Дальневосточный федеральный округ (1713,4 млн т).

В основных зонах возделывания сои естественная продуктивность пашни позволяет получать урожайность зерна от 13 до 22 ц/га, а в лучшие годы до 30 ц/га (таблица 1) [6, 7].

Таблица 1 – Агроклиматический потенциал ведущих зон возделывания сои

| Зона возделывания сои | Климатический индекс биологической продуктивности | Сумма активных температур (> 10 °С) | Коэффициент увлажнения территории | Естественная продуктивность территории в переводе на зерно, т/га |
|-----------------------|---|-------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Центральная | 88–128 | 1600–2400 | 0,99–1,33 | 2,11–3,07 |
| Южная | 92–126 | 2400–3300 | 0,44–0,81 | 2,21–3,02 |
| Дальневосточная | 55–12 | 1000–2200 | 0,39–1,33 | 1,32–2,69 |

Сравнительный анализ показал рост производства сои в РФ с 2013 по 2018 г. примерно на 36 % и увеличение цены за этот же период (с 16,4 до 23,5 тыс. руб./т) в 1,4 раза (рисунки 3, 4) [8].

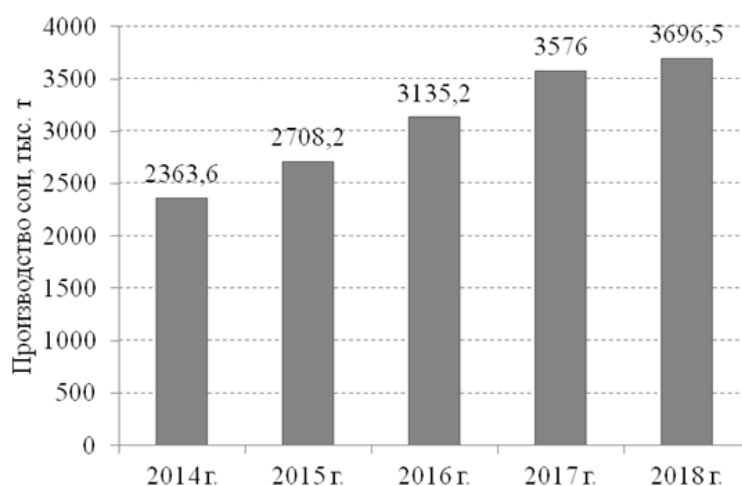


Рисунок 3 – Динамика производства сои в РФ

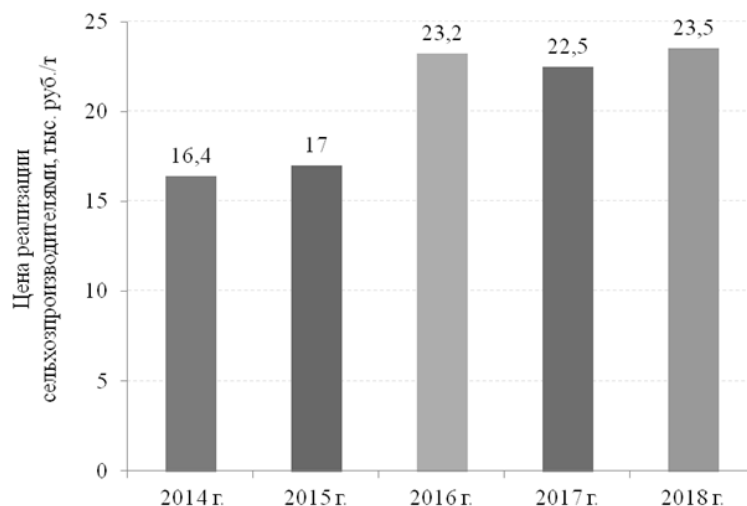


Рисунок 4 – Динамика цены соевых бобов в РФ (цена реализации сельхозпроизводителями)

Однако потребность в сое и ее производных не только в России, но и во всех странах значительно выше, чем производство данной культуры. Так, дефицит сои в мире составляет около 180 млн т (76 млн долл.), в России – 8,3 млн т.

Отраслевой программой Российского соевого союза «Развитие производства и переработки сои в Российской Федерации на 2015–2020 годы» предусматривается покрытие потребности в сое, равное 13122 тыс. т, в т. ч. 9,5 млн т на кормовые цели, 3122 тыс. т на пищевые цели, 500 тыс. т на семена, за счет доведения к 2020 г. отече-

ственного производства до 7177 тыс. т [9]. Для решения этой задачи Россия располагает земельными, агроклиматическими, водными ресурсами, уникальным сортовым потенциалом и многолетним опытом возделывания сои.

В настоящее время, по данным Федерального центра оценки безопасности и качества зерна, Россия вынуждена ввозить сою, на которую приходится 58 % всего импорта зерновых и масличных культур [10]. Согласно статистике центра, с июля 2017 г. по июнь 2018 г. объемы импорта сои сохранились на уровне предыдущего сельхозгода – 2,2 млн т. Больше всего поставляется сои из Бразилии и Парагвая (по 1 млн т в год).

В то же время Россия нарастила экспорт сои. За сезон 2017/2018 г. он вырос в два раза – примерно до 1 млн т [11]. Основным покупателем является Китай. На его долю приходится около 90 % всего объема экспорта соевых бобов, 6 % продукции идет в Белоруссию и 2 % – в Иран.

Российские производители заинтересованы в экспорте не сои, а продуктов ее переработки – соевого масла, шрота, концентрата или изолята на пищевые цели, что отвечает основным направлениям развития АПК в современных условиях по снижению объемов экспорта непереработанной сельскохозяйственной продукции [12]. Но сложилась ситуация, что основные объемы сои выращиваются на Дальнем Востоке и в Приморском крае, где проживает всего 4 % населения страны, а мощности по ее переработке в основном сосредоточены в европейской части России и Сибири. В результате избыточные урожаи сои экспортируются с Дальнего Востока в Китай, а в европейской части России и Сибири наблюдается дефицит белка – 2806 тыс. т.

Необходимо принятие мер со стороны государства по регулированию перевоза сои из профицитных регионов в дефицитные, где есть свободные мощности по переработке, что будет способствовать увеличению экспорта именно переработанной продукции.

Перспективность возделывания сои, как одной из самых рентабельных культур, оценивается экономической и экологической эффективностью. Многие сельхозпроизводители переходят на выращивание наиболее дефицитной и экономически рентабельной не генно-модифицированной сои. Ее производство в мире составляет всего 9 %. Именно производство не генно-модифицированной сои является экспортно привлекательным, так как спрос в мире на нее растет. По мнению председателя Российского соевого союза А. В. Санакина, в ближайшие 5–7 лет с урожаем сои до 30–50 млн т Россия станет лидером по производству не генно-модифицированной сои [2].

Главным условием рентабельности сои считается высокое качество (с точки зрения ценообразования) и урожайность (по объему выручки с 1 га). Установлено, что урожайность сои на орошаемых полях более чем в три раза выше в сравнении с богарой и, как следствие, существует перспектива снижения стоимости сырья для животноводства РФ. Орошение земель создает условия для стабильно высокого производства сои в засушливом климате [13].

Возделывание сои благоприятно сказывается и на почвенном плодородии. Эта бобовая культура насыщает почву азотом, улучшает ее структуру благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями. Соя – ценнейший предшественник для многих сельскохозяйственных культур, урожайность пшеницы после сои увеличивается на 17–20 %. Возделывание сои позволяет резко снизить затраты на все дорожающие минеральные удобрения [14].

Основным производителем сои в России благодаря наиболее благоприятным почвенно-климатическим условиям для возделывания этой культуры может стать Северный Кавказ. Валовое производство зерна в этой зоне может достигнуть 1 млн т [15]. Но на настоящий момент на долю ЮФО и СКФО приходится всего 15 % валового сбора [16].

Выводы. Заметное увеличение валового производства высокобелковой и масличной культуры сои направлено на решение проблемы дефицита белка в продуктах питания и кормопроизводстве, импортозамещение сои и продуктов ее переработки.

В то же время, учитывая объемы сбора и урожайность сои в других странах, России еще придется много поработать над усовершенствованием технологии возделывания этой культуры, чтобы достичь результатов крупных производителей сои, таких как США, Бразилия, Аргентина и др.

Список использованных источников

1 Скоробагатая, Н. А. Успешное внедрение сои и зерновых в едином севообороте в Российской Федерации [Электронный ресурс] / Н. А. Скоробагатая. – Режим доступа: http://infotechno.ru/ros-soya/dok_skorobogataya.php, 2019.

2 Санакин, А. В. Вся правда о сое: 100 теорем (утверждений) и 100 метаморфоз (противоречий) о российской не ГМО-сое [Электронный ресурс] / А. В. Санакин. – Режим доступа: infotechno.ru/ros-soya2018/dok_sanakin2018.php, 2019.

3 Дятловская, Е. Урожайность сои сократилась до прошлогоднего уровня [Электронный ресурс] / Е. Дятловская. – Режим доступа: agroinvestor.ru/analytics/news/30638-urozhaynost-soi-sokratilas-do-proshlogodnego-urovnya/, 2019.

4 Фокша, И. Выгодная культура: чем обусловлен интерес к выращиванию сои / И. Фокша // Агротехника и технологии [Электронный ресурс]. – 2015, 25 нояб. – Режим доступа: agroinvestor.ru/analytics/article/22576-vygodnaya-kultura/.

5 Урожайность и намоток российской сои в 2018 году опережают прошлогодние показатели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zol.ru/n/2d578>, 2018.

6 Российский соевый союз. Аналитика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ros-soya.su/public.aspx?DB47E393>, 2015.

7 Устюжанин, А. П. Стратегия развития соевого комплекса России / А. П. Устюжанин // Земледелие. – 2010. – № 3. – С. 3–6.

8 Итоги работы отрасли растениеводства в 2017 году и задачи на 2018 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://barley-malt.ru/?p=22708>, 2018.

9 Отраслевая программа Российского соевого союза «Развитие производства и переработки сои в Российской Федерации на 2015–2020 годы» (утв. Минсельхозом РФ 12.11.14) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vossta.ru/rossijskogo-soevogo-soyuza-a-p-ustujjanin-10-oktyabrya-2014-g.html>, 2019.

10 Дятловская, Е. Россия нарастила импорт сои / Е. Дятловская // Агроинвестор [Электронный ресурс]. – 2018, 9 июля. – Режим доступа: <https://agroinvestor.ru/markets/news/30080-rossiya-narastila-import-soi/>.

11 Дятловская, Е. Индонезия разрешила поставки сои из России / Е. Дятловская // Агроинвестор [Электронный ресурс]. – 2018, 21 сент. – Режим доступа: <https://agroinvestor.ru/markets/news/30080-rossiya-narastila-import-soi/>.

12 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/dl_files/udb_files/udb13-rec585-field6.pdf.

13 Фокша, И. Соевые возможности: популярность сои в ближайшие годы будет увеличиваться / И. Фокша // Агротехника и технологии [Электронный ресурс]. – 2017, 20 нояб. – Режим доступа: <http://agroinvestor.ru/technologies/article/28927-soevye-voz/>.

14 Дорошенко, Е. Соя – основная сельскохозяйственная культура Амурской области [Электронный ресурс] / Е. Дорошенко. – Режим доступа: <https://kccc.ru/blogs/soya-osnovnaya-selskohozyaustvennaya-kultura-amurskoj-oblasti>, 2018.

15 Баранов, В. Ф. Опыт и перспективы возделывания сои на юге России [Электронный ресурс] / В. Ф. Баранов. – Режим доступа: <http://kaicc.ru/node/459>, 2019.

16 Сысоева, И. Соевые перспективы / И. Сысоева // Крестьянин [Электронный ресурс]. – 2017, 12 сент. – Режим доступа: <http://krestianin.ru/articles/58304-soevye-perspektivy>.

УДК 631.347:631.58

А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко

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

МЕТОД ПРЕЦИЗИОННОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

В статье приводится метод прецизионного орошения для современных дождевальных машин, который решает проблемы равномерного увлажнения сельскохозяйственных культур при поливе. В его основе лежит использование гиперспектрометра до и после полива. Полученные гиперспектральные изображения посредством системы управления обрабатываются, определяются сегменты участка, на которых растения испытывают стресс из-за недостатка или избытка влаги, и через дождеватели выдается необходимая оросительная норма. После полива гиперспектрометр производит так же обработку политых растений, определяет сегменты, на которых произошло избыточное или недостаточное увлажнение, и при очередном поливе осуществляет корректировку оросительной нормы.

Ключевые слова: прецизионное орошение, гиперспектрометр, система управления, влажность почвы, орошение, современные дождевальные машины.

A. N. Babichev, V. A. Monastyrsky, V. Ig. Olgarenko

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

PRECISION IRRIGATION METHOD FOR ADVANCED SPRINKLING MACHINES

The method of precision irrigation for modern sprinkling machines, that solves the problem of uniform crops wetting when irrigated is presented in the article. It is based on the use of a hyperspectrometer before and after irrigation. The hyperspectral images obtained by the control system are processed, the segments of the site where the plants experience stress due to a lack or excess of moisture are determined, and the required irrigation rate is given through sprinklers. After irrigation, the hyperspectrometer also treats watered plants, determines the segments on which excessive or inadequate moistening has occurred, and during the next watering it corrects the irrigation rate.

Key words: precision irrigation, hyperspectrometer, control system, soil moisture, irrigation, modern sprinkler machines.

Введение. Современное сельское хозяйство невозможно без использования прецизионных (точных) технологий орошения, которые являются стратегическим будущим конкурентоспособного орошаемого сектора сельского хозяйства России. Современные дождевальные машины для этих технологий должны обеспечивать точное управление производственными процессами орошения сельскохозяйственных культур. Как правило, они должны реализовать самоконтроль качества выполняемых технологических операций в увязке с изменяющимися природно-климатическими и хозяйственными условиями [1–6].

Пестрота почвенного покрова, природно-климатические условия и особенности сельскохозяйственных культур не позволяют точно определить оросительную норму для каждого участка. Поэтому нами предлагается метод, который позволит устанавливать, испытывают ли растения стресс от недостатка влажности или нет на каждом сегменте поля [7–10].

Результаты и обсуждения. Предлагаемый метод позволяет отличать политые

участки зеленой растительности от не политых и по вегетационным показателям определять, испытывают ли растения стресс от недостатка влажности или нет, в условиях одного поля до полива и после полива, также посредством гиперспектрометра для последующей корректировки оросительной нормы устанавливать, на каком сегменте поля проведен недостаточный или избыточный полив.

Алгоритм функционирования системы управления такой дождевальная машины выглядит следующим образом. Гиперспектральная камера осуществляет съемку растительности в заданном секторе по мере перемещения дождевальная машины до и после полива. Затем получаемые данные в процессе съемки обрабатываются в режиме онлайн, для чего осуществляется сборка гиперспектральных изображений, по которым определяются вегетационные индексы, полученные изображения разбиваются на участки, за полив которых ответственны отдельно взятые дождеватели, оснащенные управляемыми электромагнитными клапанами. По каждому отдельно взятому участку происходит вычисление вегетационных индексов и выдача команд на управление электромагнитными клапанами для регулирования подачи воды на дождеватели. При необходимости дополнительной обработки растений и почвы от вредителей, сорняков или подачи удобрений существует возможность включения в систему трубопровода соответствующего активного вносимого вещества путем подачи сигнала управления на электроуправляемые шаровые краны. Для осуществления правильного управления гиперспектральная камера осуществляет обзор с достаточной высоты под некоторым углом таким образом, чтобы распыляемая вода и реактивы не попадали в кадр, при этом с учетом данных о скорости движения машины и расстоянии от точек съемки в программу выдачи команд на систему управления вносится статическая задержка. Таким образом, к моменту перемещения машины в район, отснятый гиперспектральной камерой ранее, выдаваемые команды управления будут точно соответствовать вегетационным индексам отснятого изображения местности, расположенной точно под дождевальная машиной [11, 12]. После полива сельскохозяйственных культур дождевальная машиной также посредством гиперспектральной камеры происходит контроль качества полива. Данные о качестве вносятся в базу данных, которая при следующем поливе позволит скорректировать поливную норму по каждому сегменту поля. Вид сверху и схема работы дождевальная машины представлены на рисунке 1.

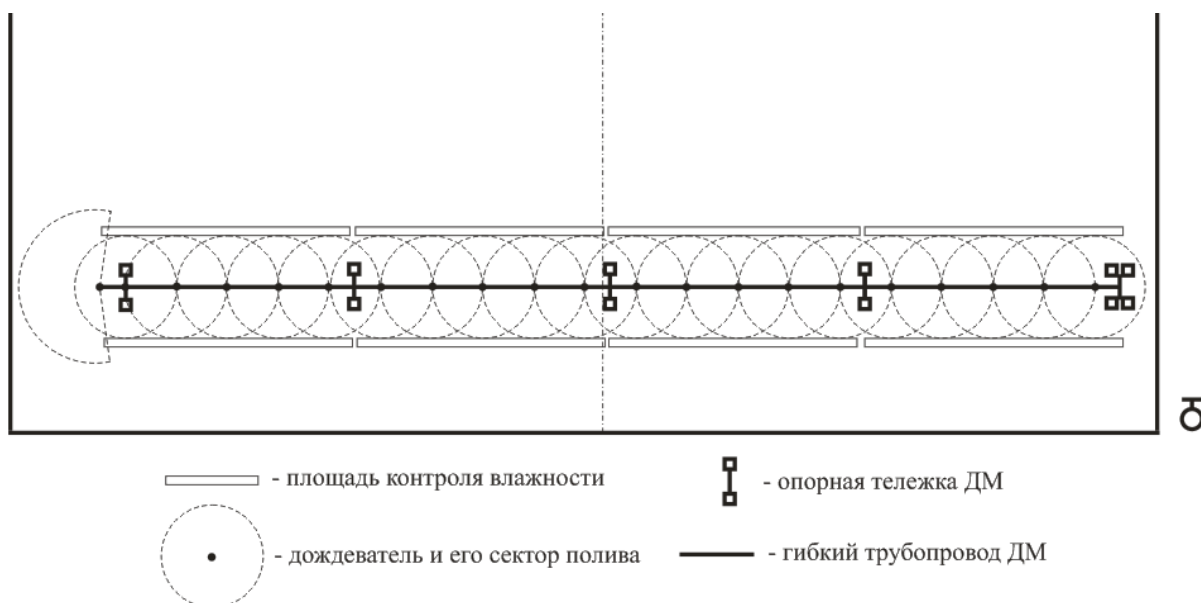
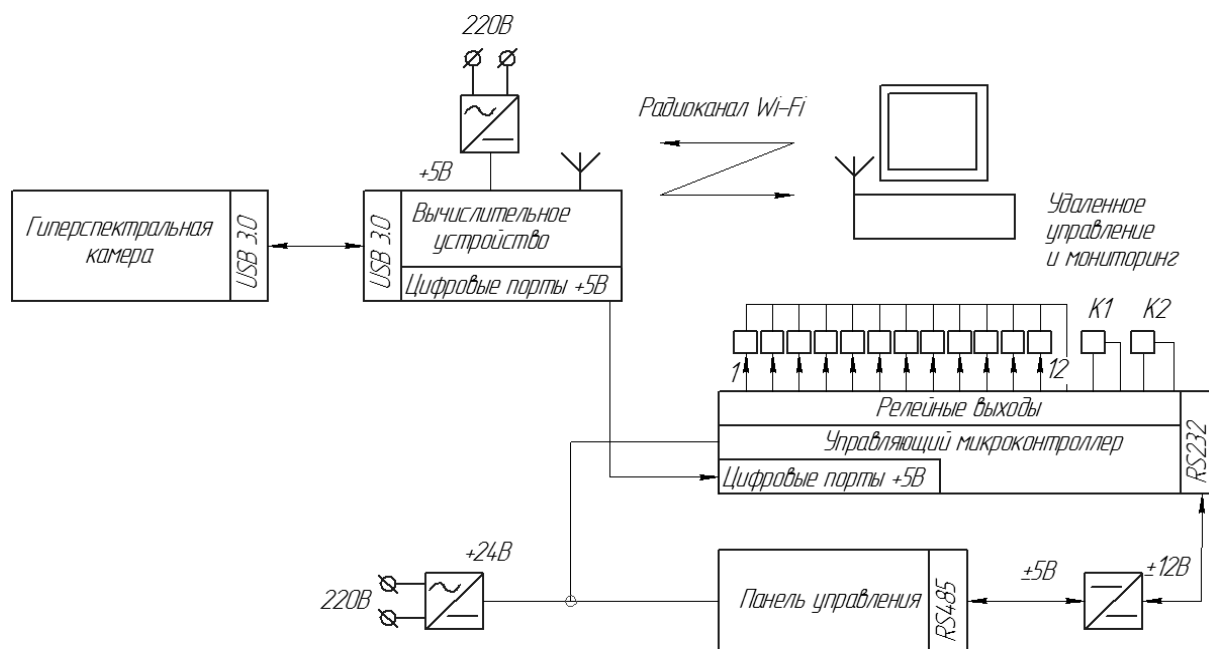


Рисунок 1 – Схема работы дождевальная машины фронтального действия, оснащенной гиперспектральной камерой, вид сверху

Согласно описанному ранее алгоритму для реализации управления дождеваль-ной машиной предложена следующая схема управления [13] (рисунок 2).



1–12 – электромагнитные клапаны, управляющие подачей воды к дождевателям;
K1, K2 – электроуправляемые шаровые краны, позволяющие подключать к трубопроводной сети необходимые реактивы и др.

Рисунок 2 – Схема управления прецизионным орошением

Выводы. Таким образом, предложенный метод прецизионного орошения можно использовать в составе современных дождевальных машин. Полученные данные дистанционного зондирования влажности растений по сегментам поля и позиционирования положения дождевальной машины на поле позволяют процессору, установленному на машине, обрабатывать данные и осуществлять технологию прецизионного орошения. После полива сельскохозяйственных культур дождевальной машиной посредством гиперспектральной камеры происходит контроль качества полива. Данные о качестве вносятся в базу данных, которая при следующем поливе позволит скорректировать поливную норму по каждому сегменту поля.

Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Мониторинг орошаемого агроландшафта с учетом калибровки данных дистанционного зондирования в рамках геоинформационных технологий / С. М. Васильев, Л. А. Митяева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2017. – № 131. – С. 216–231. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf>.

2 Бабичев, А. Н. Роль точного земледелия в программном выращивании урожая сельскохозяйственных культур / А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2(66). – С. 50–53.

3 Пат. 2631896 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/09. Многоопорная дождевальная машина для прецизионного орошения / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Чураев А. А., Снопич Ю. Ф., Куприянов А. А., Завалюев В. Э.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2016104019; заявл. 08.02.16; опубл. 28.09.17, Бюл. № 28. – 9 с.

4 Щедрин, В. Н. Оптимизация состава приборного обеспечения контроля агрометеопараметров как этап разработки технологии прецизионного орошения /

В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, А. А. Чураев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 3(23). – С. 1–18. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec425-field6.pdf.

5 Балакай, Г. Т. Концепция дождевальной машины нового поколения для технологии прецизионного орошения / Г. Т. Балакай, С. М. Васильев, А. Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 2(26). – С. 1–18. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec477-field6.pdf.

6 Корсак, В. В. Применение ГИС-анализа для оценки природных условий поливного земледелия / В. В. Корсак, Н. А. Пронько, Н. Н. Насыров // Научная жизнь. – 2014. – № 2. – С. 18–24.

7 Бабичев, А. Н. Оперативное управление режимом орошения при программировании урожайности сельскохозяйственных культур / А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, В. А. Монастырский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 3(27). – С. 83–96. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec498-field6.pdf.

8 Снопич, Ю. Ф. Оценка эффективности низкоэнергоемких оросительных систем / Ю. Ф. Снопич, А. Н. Бабичев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2014. – № 55. – С. 109–118.

9 Бабичев, А. Н. Технологические подходы к нормированию орошения и аппарат прогнозирования водопотребления картофеля в условиях поймы Нижнего Дона / А. Н. Бабичев, В. И. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 2(22). – С. 148–165. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec416-field6.pdf.

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

11 Формирование изображений дифракционной многоуровневой линзой / Н. Л. Казанский, С. Н. Хонина, Р. В. Скиданов, А. А. Морозов, С. И. Харитонов, С. Г. Волотовский // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 3. – С. 425–434.

12 Экспериментальное определение влажности почвы по гиперспектральным изображениям / В. В. Подлипов, В. Н. Щедрин, А. Н. Бабичев, С. М. Васильев, В. А. Бланк // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 5. – С. 877–884. – DOI: 10.18287/2412-6179-2017-42-5-877-884.

13 Система управления широкозахватной дождевальной машины кругового действия для прецизионного орошения / А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко, Р. В. Скиданов, В. В. Подлипов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 1(73). – С. 195–199.

УДК 631.6:631.48

Д. П. Сидаренко

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

МЕЛИОРАЦИЯ ЛАНДШАФТОВ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ ПРИАЗОВСКОЙ ЗОНЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель исследований состояла в изучении системного влияния контурно-полосного размещения сельскохозяйственных культур и агрофонов на эрозионно опасном склоне, стокорегулирующих лесных полос и простейших гидротехнических сооружений на интенсивность процессов эрозии и урожайность сельскохозяйственных культур, определении эколого-экономической эффективности системы почвозащитных мероприятий.

В результате исследований выявлено, что для воспроизводства эродированных почв, а вместе с ним и стабилизации урожайности необходимо применение системы мелиоративных мероприятий.

Ключевые слова: агроландшафт, почвозащитные мероприятия, мелиорация ландшафтов, сток талых вод, водная эрозия, урожайность.

D. P. Sidarenko

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

LANDSCAPE RECLAMATION ON SLOPE LANDS IN PRAIOV ZONE ROSTOV REGION

The purpose of the research was to study the systemic influence of the contour-strip cropping and cultivation history on the erosion-threatening slope; the influence of flow-regulating forest belts and the simplest hydraulic structures on the intensity of erosion processes and crop yields and to determine the ecological and economic efficiency of the system of soil protection measures. As a result of research it was found that it is necessary to use the reclamation measures system for the reproduction of eroded soils along with the stabilization of yields.

Key words: agrolandscape, soil conservation measures, landscape reclamation, snowmelt runoff, water erosion, yield.

Введение. Понятие «ландшафт» определяется как генетически однородный по физико-географическим показателям естественно ограниченный участок земной поверхности, характеризующийся общностью рельефа, климата, почв, вод и биогеоценоза [1]. Мелиорация ландшафтов осуществляется для их улучшения, восстановления и окультуривания. Эколого-ландшафтный подход к развитию зональных систем земледелия на основе мелиорации ландшафта сложился недавно. Новый этап развития базируется на новых теоретических положениях с учетом закономерности функционирования агроландшафтов как единства природных, хозяйственных и социальных компонентов, он нашел отражение в работах Е. В. Полуэктова, Г. Т. Балакая, А. С. Рулева [2–4].

Территория Ростовской области на юго-востоке европейской части Российской Федерации относится к региону совместного проявления эрозии и дефляции. Земельный фонд области интенсивно используется в сельскохозяйственном производстве, распаханность территории составляет свыше 70 %. Сочетание неблагоприятных природно-климатических условий и длительное применение на склоновых землях традиционной агротехники привели к ускоренному развитию эрозии почв. Дефляция кроме склоновых земель охватывает и плакорный агроландшафт [5].

Современные агроландшафты по составу и соотношению угодий с учетом сложившейся социально-экономической ситуации в большинстве случаев определяются как неустойчивые и разрушающиеся. Эрозионные процессы негативно сказываются на почвенном плодородии, снижают производство сельскохозяйственной продукции. Эрозии подвержено более 3 млн га пашни. Потери почвы от эрозии составляют 33625 тыс. т, в т. ч. элементов минерального питания растений: азота 856 тыс. т, фосфора 43 тыс. т, калия 784 тыс. т [5]. Ландшафтный принцип в земледелии предполагает систему землепользования, адаптированную к динамически равновесному ходу процессов обмена вещества и энергии в ландшафте и направленную на поддержание баланса между расходом ресурсов и их восстановлением [4].

Материалы и методы. Исследования такой направленности проводились нами в стационарном опыте лаборатории ландшафтного земледелия на черноземах обыкновенных в соответствии с тематическим планом Донского зонального научно-

исследовательского института сельского хозяйства. В данном опыте мелиорирующее воздействие мероприятий основано на одновременном использовании не менее двух мелиоративных мероприятий, что соответствует принятому определению мелиорации ландшафта. Общая площадь опытного участка – 21,6 га, опыт заложен в 1976–1977 гг. на водосборе балки Большой Лог Аксайского района Ростовской области на ветроударном склоне юго-восточной экспозиции, крутизной 3–5°. Схема опыта построена на основе последовательного включения компонентов вплоть до создания целостной системы агроландшафта. Ширина опытного участка – 800 м, длина – 270 м, ширина опытной делянки – 30 м, учетная площадь для оценки урожайности озимой пшеницы – 66 м², подсолнечника и кукурузы – 50 м². Делянки расположены вдоль склона, разбиты на пять полос шириной 54 м, которые проходят «сглаженными горизонталями» поперек склона, кроме контрольных вариантов. В нижней части склона для каждой делянки установлено стокопринимающее оборудование, повторность опыта 3-кратная. Методикой исследований приняты пять вариантов:

- 1) сплошное размещение одной сельскохозяйственной культуры или агрофона (1-й контроль);
- 2) контурно-полосное размещение сельскохозяйственных культур;
- 3) контурно-полосное размещение сельскохозяйственных культур + лесная полоса;
- 4) контурно-полосное размещение сельскохозяйственных культур + лесная полоса + вал-канавы с органическим наполнителем в лесной полосе;
- 5) сплошное размещение другой сельскохозяйственной культуры или агрофона (2-й контроль).

Опыт проводился в звене севооборота по схеме: вариант 1 и четные полосы: чистый пар – озимая пшеница – подсолнечник; вариант 5 и нечетные полосы: озимая пшеница – кукуруза на зеленый корм – чистый пар.

Исходя из цели и задач исследования, были использованы «Методические рекомендации по учету поверхностного стока и смыва почв при изучении водной эрозии» [6], «Методика полевого опыта» Б. А. Доспехова [7], «Методические указания по составлению проекта агроландшафтной организации территории и систем земледелия с комплексом противозерозионных мероприятий» [8].

Результаты и обсуждения. При проектировании системы почвозащитных мероприятий необходимо иметь средние показатели поверхностного стока талых вод и разной вероятности превышения с различных сельскохозяйственных угодий. Используя данные о стоке талых вод на черноземах обыкновенных за период 1970–1998, 2003–2008 гг. [9] и наши данные за 1999–2002 гг., мы продлили ряд наблюдений по стоку талых вод с рыхлой и уплотненной пашни на 3 года (всего 39). Математическая обработка этих данных позволила дать оценку разной вероятности превышения показателей стока (таблица 1).

Таблица 1 – Вероятность превышения стока талых вод с зяби и уплотненной пашни

| Агрофон | Вероятность превышения | | | | | | |
|-------------------|------------------------|----|----|----|----|----|----|
| | 5 | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 90 |
| Зябрь | 32 | 20 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Уплотненная пашня | 70 | 57 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Многолетние исследования (1970–2008 гг.) показали, что на зяби сток талых вод не формировался 26 лет, 10 лет он колебался от очень сильной до умеренной интенсивности, два года (1970 и 2003 гг.) был сильным. Средний слой стока с зяби за 39-летний период составил 8,3 мм, коэффициент стока – 0,12. На уплотненной пашне эти характе-

ристики стока за годы, кроме 1974, 1984, 1989–1990 и 1999–2002 гг., намного выше, чем на зяби (17,4 и 0,27 мм) [9]. Результаты наших обобщений подтверждаются данными Н. И. Балакай и др. [10]. В этих исследованиях было установлено, что на водосборе балки Большой Лог на протяжении 46 лет сток талых вод с рыхлой пашни наблюдается один раз в три года (вероятность 30 %, лет), с уплотненной пашни – два раза в три года (вероятность 65 %, лет), запасы воды в снеге + осадки в виде дождя в период таяния на рыхлой пашне (зять, вспашка) – в среднем 43,4 мм и на уплотненной пашне (посевы озимой пшеницы и многолетних трав) – 48,6 мм. Средний сток составил соответственно 7,3 и 16,3 мм, т. е. на уплотненной пашне сток увеличивается в 2,2 раза по сравнению с рыхлой пашней, где влага в большей степени впитывается в почву.

Стратегия расширенного воспроизводства эродированных почв, а вместе с ней и стабилизация урожайности, ориентированные на применение только одного какого-либо приема, по своей сути не обеспечивает ожидаемого эффекта. В связи с этим на эрозионно опасных землях необходимо применение прежде всего системы мероприятий, что подтвердили результаты наших исследований. Урожайность озимой пшеницы на контроле (таблица 2) в среднем за два года исследования составила 3,75 т/га. При контурно-полосном размещении она возросла на 8,3 %. Наибольшая урожайность озимой пшеницы сформирована в варианте с системой почвозащитных мероприятий – на 20 % выше контроля.

Таблица 2 – Урожайность сельскохозяйственных культур по вариантам опыта (1999–2002 гг.)

| Вариант | Озимая пшеница | | Кукуруза на зеленый корм | | Подсолнечник | |
|---|----------------|------------|--------------------------|------------|--------------|------------|
| | урожайность | отклонение | урожайность | отклонение | урожайность | отклонение |
| 1) Сплошное размещение (1-й контроль) | 3,75 | – | – | – | 1,93 | – |
| 2) Контурно-полосное размещение культур | 4,06 | 0,31 | 18,2 | 3,40 | 2,16 | 0,23 |
| 3) Вариант 2 + лесная полоса | 4,31 | 0,56 | 19,5 | 4,70 | 2,25 | 0,32 |
| 4) Вариант 3 + вал-канавы | 4,50 | 0,75 | 21,8 | 7,00 | 2,32 | 0,39 |
| 5) Сплошное размещение (2-й контроль) | 3,75 | – | 14,8 | – | – | – |
| НСР ₀₅ , т | 0,59 | – | 6,55 | – | 0,06 | – |

Отсутствие осадков и высокая температура воздуха в июне 2001 г. оказали значительное влияние на урожайность кукурузы на зеленый корм (14,8 т/га на контроле). Увеличение урожайности от применяемых почвозащитных мероприятий составило 23; 32 и 47 %. Достоверная величина прибавки получена только в варианте с использованием целостной системы почвозащитных мероприятий.

Крайне неравномерное распределение осадков за вегетацию 2002 г. (преимущественно в первой ее половине) оказало существенное влияние на урожайность подсолнечника. Его урожайность при сплошном размещении составила 1,93 т/га и достоверно увеличилась при контурно-полосном размещении на 12 %, при контурно-полосном в сочетании с лесной полосой – на 17 %, при полной системе почвозащитных мероприятий – на 20 %.

Как показали расчеты по эколого-экономической оценке (таблица 3), применение контурно-полосного размещения сельскохозяйственных культур и агрофонов на склонах крутизной 3–5° не окупает сделанных на это мероприятие затрат. В то же вре-

мя усиление контурно-полосного размещения сельскохозяйственных культур лесной полосой обеспечивает получение эколого-экономического эффекта в сумме 3275,2 руб./га (в ценах 2002 г.), а дополнение вышеуказанных двух приемов простейшими гидротехническими сооружениями в виде валов-каналов с органическим наполнителем обеспечивает получение эколого-экономического эффекта в сумме 6545,4 руб./га [11].

Таблица 3 – Эколого-экономическая оценка системы почвозащитных мероприятий

| Показатель | Вариант | | | | |
|--|---------|--------|--------|--------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Потери: | | | | | |
| почвы, т | 50 | 16,1 | 0 | 0 | 41,7 |
| гумуса, ц | 19,3 | 6,3 | 0 | 0 | 15,5 |
| азота, ц | 0,84 | 0,28 | 0 | 0 | 0,69 |
| фосфора | 0,76 | 0,26 | 0 | 0 | 0,64 |
| калия | 12,0 | 3,91 | 0 | 0 | 9,98 |
| Компенсация потерь удобрениями: | | | | | |
| органические, т | 19,3 | 6,3 | 0 | 0 | 15,5 |
| азотные, ц | 0,25 | 0,10 | 0 | 0 | 0,20 |
| фосфорные, ц | 0,38 | 0,28 | 0 | 0 | 0,26 |
| калийные, ц | 2,43 | 1,59 | 0 | 0 | 2,03 |
| Ущерб в прямых затратах, руб. | 2567,2 | 912,4 | 0 | 0 | 2068,6 |
| Общая стоимость недобора продукции, руб. | 3271,2 | 3271 | 2176,8 | 542,2 | 4634,2 |
| Общая стоимость прибавки урожая, руб. | - | 3543,8 | 5452 | 7087,6 | - |
| Эколого-экономический эффект, руб. | -5838,4 | -640 | 3275,2 | 6545,4 | -6702,8 |

Выводы. В Приазовской зоне Ростовской области при средних показателях стока талых вод с зяби 8,3 мм и 17,4 мм с уплотненной пашни на склонах крутизной 3–5° изучаемая система почвозащитных мелиоративных мероприятий является оптимальной, так как обеспечивает снижение эрозионных процессов, максимальное задержание, а в случае необходимости надежное перераспределение стока талых вод на агроландшафте в системе «склон – балка», что на склонах крутизной 3–5° обеспечивает получение достоверной прибавки урожайности озимой пшеницы 0,75 т/га, кукурузы на зеленый корм 7,0 т/га при условии применения всех мероприятий изучаемой системы, а именно контурно-полосное размещение сельскохозяйственных культур + лесная полоса + вал-канавы с наполнителем в лесной полосе. При возделывании подсолнечника достаточно применения контурно-полосного размещения, что обеспечивает получение достоверной прибавки урожайности 0,23 т/га, дополнительное включение в систему мероприятий до ее конечной формы увеличивает данный показатель до 0,39 т/га.

Как показали расчеты по эколого-экономической оценке, применение контурно-полосного размещения сельскохозяйственных культур и агрофонов на склонах крутизной 3–5° не окупает сделанных на это мероприятие затрат. В то же время усиление контурно-полосного размещения сельскохозяйственных культур лесной полосой обеспечивает получение эколого-экономического эффекта в сумме 3275,2 руб./га (в ценах 2002 г.), а дополнение вышеуказанных двух приемов простейшими гидротехническими сооружениями в виде валов-каналов с органическим наполнителем обеспечивает получение эколого-экономического эффекта в сумме 6545,4 руб./га.

Список использованных источников

1 Шкура, В. Н. Природообустройство: терминологический словарь / В. Н. Шкура. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д.: Книга, 2010. – 768 с.

2 Мероприятия по охране почв от эрозии: науч. обзор / Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов, Н. И. Балакай, А. Н. Бабичев, В. А. Кулыгин, Л. А. Воеводина, Л. И. Юрина, Н. И. Тупикин, Е. А. Кропина, А. Б. Финошин / М-во сел. хоз-ва РФ, Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – М., 2010. – 71 с.

3 Полуэктов, Е. В. Методология организации территории на эколого-ландшафтной основе (на примере Ростовской области) / Е. В. Полуэктов, М. И. Абузов. – Новочеркасск: Изд-во НГМА, 2000. – 114 с.

4 Рулев, А. С. Концепция ландшафтного планирования в агролесомелиорации / А. С. Рулев, З. П. Дорохина // Проблемы и перспективы развития лесомелиораций и лесного хозяйства в Южном федеральном округе: материалы науч. конф. – Новочеркасск, 2012. – С. 102–109.

5 Сидаренко, Д. П. О необходимости развития новых систем земледелия / Д. П. Сидаренко // Инновационные подходы в решении экологических проблем сельскохозяйственного производства: материалы науч.-практ. конф. – пос. Персиановский, 2010. – С. 58–59.

6 Методические рекомендации по учету поверхностного стока и смыва почв при изучении водной эрозии / И. В. Боголюбова [и др.]. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 88 с.

7 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – М.: Альянс, 2011. – 350 с.

8 Полуэктов, Е. В. Эколого-экономическая оценка системы земледелия с комплексом противоэрозионных мероприятий / Е. В. Полуэктов, М. В. Техина, И. И. Техин. – Новочеркасск: Изд-во НГМА, 2002. – 48 с.

9 Полуэктов, Е. В. Сток талых вод со склонов Правобережья Дона / Е. В. Полуэктов, Н. В. Легкая, Д. П. Сидаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 4. – С. 54–55.

10 Балакай, Н. И. Особенности стока талых вод с рыхлой и уплотненной пашни на черноземах обыкновенных в условиях Ростовской области / Н. И. Балакай, Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 3(23). – С. 66–82. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec429-field6.pdf.

11 Сидаренко, Д. П. Почвозащитная и агротехническая эффективность системы почвозащитных мероприятий: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Сидаренко Дмитрий Петрович. – пос. Рассвет, 2003. – 23 с.

УДК 632.125:574

А. Н. Салугин, А. К. Кулик, А. С. Хныкин, Р. Н. Балкушкин

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

НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ АГРОЭКОСИСТЕМ

Исследования выполнены в рамках гранта РФФИ и Правительства Волгоградской области № 18-45-340001 р_а «Эколого-социальные проблемы человека в условиях неблагоприятной экологической обстановки песчаных земель Донского бассейна».

Для аппроксимации временных рядов динамики почвенных экосистем используются искусственные нейронные сети (ИНС). В тех ситуациях, когда отсутствуют теоретические положения и нет зависимости между параметрами временных рядов, описывающих динамику развития экосистем, ИНС является единственным средством их интерпретации и прогнозирования. Исследуется структура нейросети в виде радиальных базисных функций (РБФ). Приведены примеры обработки данных аэрокосмического мониторинга опустынивания юго-запада России с помощью РБФ.

Ключевые слова: агроэкосистема, динамика растительных сообществ, искусственные нейронные сети, прогноз, аппроксимация.

A. N. Salugin, A. K. Kulik, A. S. Khnykin, R. N. Balkushkin

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

NEURAL NETWORK FORECASTING OF AGROECOSYSTEM DYNAMICS

The artificial neural networks (ANN) are used to approximate the time series of the soil ecosystems dynamics. Under those situations when there are no theoretical positions and no relationship between the parameters of the time series describing the ecosystems development dynamics, the ANN is the only means of their interpretation and forecasting. The structure of a neural network in the form of radial basic functions (RBF) is investigated. Examples of data processing of aerospace monitoring of desertification in south-west Russia with the help of the RBF are given.

Key words: agroecosystem, syndynamics, artificial neural networks, forecast, approximation.

Введение. В агроэкологии почвенно-растительных сообществ одной из проблем является прогнозирование их состояния с помощью регрессии результатов наблюдений аналитическими функциями. С помощью искусственных нейронных сетей (ИНС) можно аппроксимировать непрерывную функцию, описывающую некоторый процесс в экосистеме с высокой точностью [1]. Решение задач такого рода можно представить как построение некоторой функции, перерабатывающей исходные данные в конечный результат без физического обоснования, как это делается в случае отсутствия модели или гипотезы [2].

Статистический анализ временных рядов сводится к задачам выбора аппроксимирующих функций по выборкам наблюдений, к заполнению пробелов в таблицах и прогнозированию. При обработке наблюдений для каждого объекта экосистемы выделяется набор признаков, меняющихся во времени. Наиболее важные процедуры при обработке временных рядов: определение констант по заданным значениям переменных в разные моменты времени; определение объема выборки данных о прошлом, достаточного для предсказания будущего на заданное время и с требуемой точностью. Выявленная нами нелинейность динамики экосистем [3], несмотря на компьютерную обработку, не позволила получать надежные прогнозы из-за недостаточной репрезентативности данных. Это естественно: при использовании аэрокосмических снимков за 40–50 лет с интервалами в 10 лет получается 5–8 точек космического тренда, что приводит к большим разбросам параметров аппроксимации. Кроме этого, изменение на выделенном отрезке времени некоторой функции является частью более продолжительного интервала долговременной динамики эволюции. Из этого следует, что экстраполяционный прогноз с использованием подходящих функций затруднен сложностью получения репрезентативных пространственно-временных массивов.

Материал и методы. Математическое моделирование динамики почвенно-растительных экосистем, как правило, базируется на статистической информации, получаемой в результате космического мониторинга поверхности Земли. Подобная информация требует предварительного анализа для выявления динамики и интерпретации явления, составления дифференциальной модели. В связи с этим нейронные сети являются неоценимым помощником для имитации эволюционных процессов в почвенных экосистемах. Однако при рассмотрении методов настройки нейронных сетей для решения задач эволюции должны выявиться рамки их применимости [4]. В данном сообщении описывается метод настройки сетей для прогнозирования и решения задач регрес-

сии, состоящих в поиске наилучшего приближения функции, заданной конечным набором значений: дана выборка вектора временных отметок t_1, \dots, t_m и заданы значения функции в этих точках ($Y(t_i) = y_i$). Требуется найти функцию, ближайшую к Y . Рассмотрим один из типов ИНС, решающих подобную задачу, – сеть с радиальными базовыми функциями [1]. Эти сети способны производить разложение непрерывной функции многих переменных в ряд линейно независимых функций от одной переменной. Смещение функции активации значительно увеличивает чувствительность радиального нейрона. Сигмоидальные нейроны при этом распознают большую область входного пространства, в то время как радиальные нейроны отвечают только за относительно малые области [5]. Использование ИНС для прогнозирования в агроэкологии было осуществлено при обработке данных аэрокосмических наблюдений за опустыниванием Черных земель Калмыкии, протекавшим во второй половине прошлого века [3].

ИНС для прогнозирования процессов деградации были использованы при обработке данных аэрокосмических наблюдений за опустыниванием (рисунок 1).

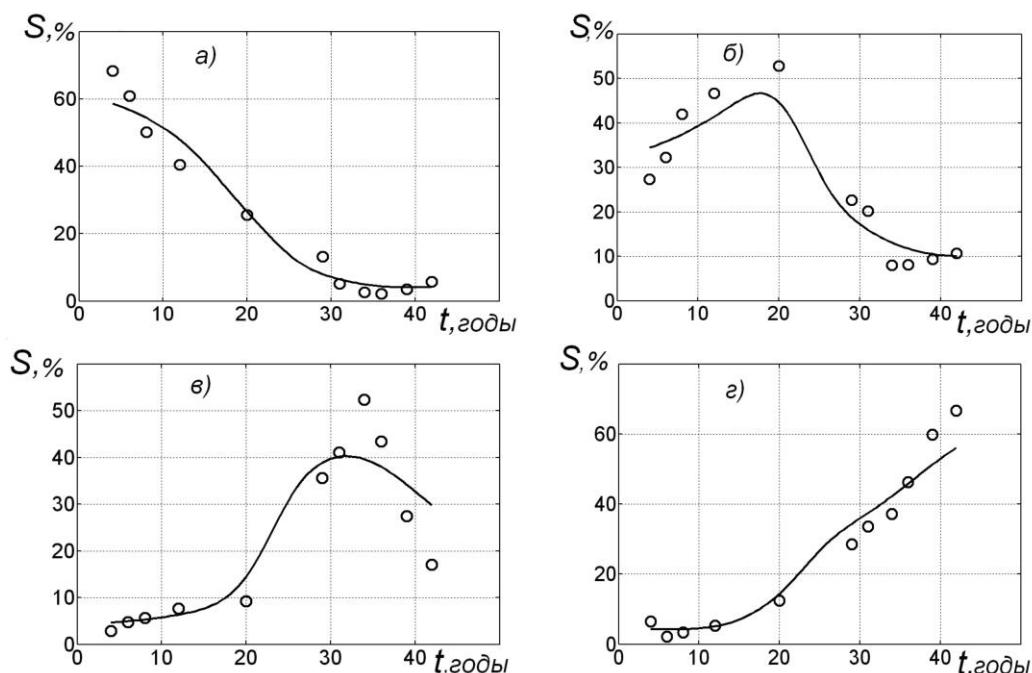


Рисунок 1 – Пример аппроксимации временной зависимости площадей классов деградации (классы: а – I; б – II; в – III; г – IV) с помощью радиальной базисной сети [6]

Результаты и обсуждение. На рисунке 1 демонстрируется применение ИНС – выявление закономерностей поведения экосистем, подверженных антропогенной деградации [7–11]. Показаны результаты нейросетевой аппроксимации данных космического мониторинга для четырех классов деградации почвенно-растительных сообществ на протяжении 46 лет наблюдений. Из данных рисунка явствует высокая способность ИНС к обучению на радиальных базисных функциях. Прогнозирование осуществлялось интерполяцией полученных трендов ИНС на десятилетние периоды. Временные ряды могут служить количественной (цифровой) моделью, которая предсказывает, полагая, что будущее ряда является функцией прошлого. Другими словами, в этих моделях рассматривается то, что уже произошло за определенный промежуток времени, и используются параметры ряда прошлых данных, чтобы сделать прогноз на будущее.

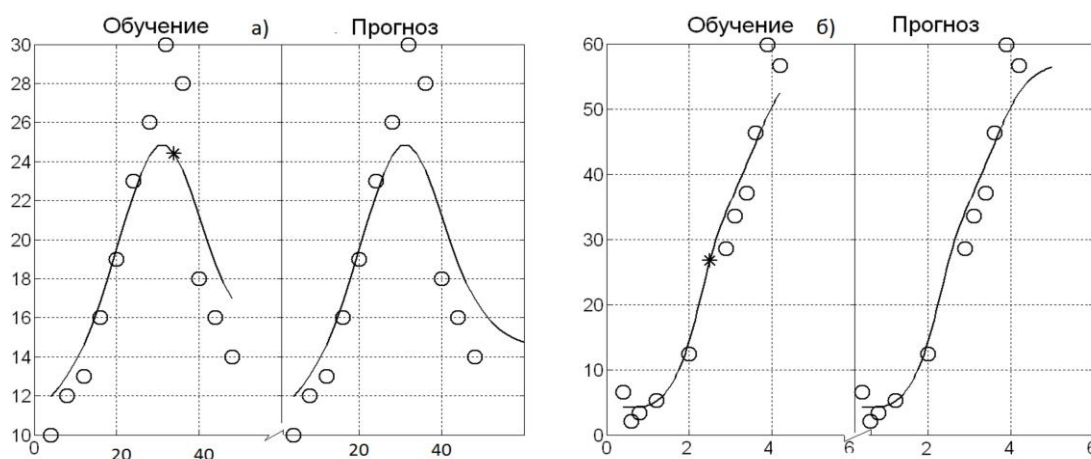
ИНС, построенные на (гипотетических) принципах обучения и функционирования мозга, позволяют прогнозировать поведение экосистем в новых наблюдениях по предшествующим данным на обученной ИНС. Поскольку на начальном этапе анали-

за временных рядов природа изучаемого явления неизвестна, требуется выбрать соответствующую архитектуру сети. После построения ИНС подвергается обучению. На этом этапе она итеративно (поэтапно) обрабатывает входные данные, корректируя веса сигналов так, чтобы наилучшим образом соответствовать данным, на которых выполняется обучение. После этого ИНС готова к работе и может быть использована для построения прогноза, выражая закономерности, присущие исходным данным. При этом ИНС оказывается функциональным эквивалентом некоторой модели связей между переменными, подобно тому, как это делается в традиционном моделировании с использованием регрессии. Однако, в отличие от традиционных моделей, эти зависимости не могут быть записаны в явном виде, подобно тому, как это делается в статистике с использованием замкнутых аналитических зависимостей. Иногда нейронные сети выдают прогноз очень высокого качества, представляя собой типичный пример «нетеоретического» подхода к исследованию (иногда это называют «черным ящиком»). В этом случае мы сосредотачиваемся исключительно на практическом результате, обращая внимание на точность прогнозов и их прикладную ценность, а не на сути механизмов, лежащих в основе явления или какой-либо теории. Это весьма ценно для прогнозирования в агроэкологии, где преобладают стохастические процессы, редко имеющие теоретические объяснения.

Методы ИНС могут использоваться для построения теоретической модели явления, поскольку помогают выявить наиболее важные данные для интерпретации явлений. Полученные при этом результаты могут значительно приблизить к теоретическим положениям. Более того, сейчас имеются нейросетевые программы, которые с помощью сложных алгоритмов определяют наиболее важные входные переменные для обучения, что непосредственно помогает строить модель. Принцип прогнозирования основан при этом на предварительном обучении.

Сам процесс обучения для прогнозирования рассматривается как настройка весов связей в сети. Как правило, по заданной обучающей выборке ИНС постепенно улучшает настройку весов, приближаясь к идеалу, продолжая тренд выявленной зависимости для прогноза. Способность сетей обучаться на конкретных примерах делает их более привлекательными по сравнению с системами, которые следуют определенной системе правил, сформулированной экспертами (экспертная система).

Сети, использующие радиальные базисные функции, наиболее эффективны для составления долгосрочных прогнозов. На рисунке 2 показаны примеры обучения для двух классов деградации: *a* – III; *b* – IV.



**Рисунок 2 – Результаты работы ИНС для прогнозирования.
РБФ-сеть обучалась на малой выборке (12 наблюдений)**

Выводы. Развитие ИНС вызвало немало энтузиазма и критики. Некоторые сравнительные исследования оказались оптимистичными, другие – наоборот. Для задач

прогнозирования пока не создано доминирующих подходов. Выбор лучшей технологии при этом должен диктоваться природой задачи. Всегда нужно пытаться понять возможности, предпосылки и область применения различных методов нейросетей и использовать их дополнительные преимущества. Подобные усилия могут привести к синергетической концепции, которая объединяет ИНС с другими технологиями, осуществляя прорыв в решении актуальных проблем прогнозирования. В нашем случае это прогнозы в агроэкологии – науке с широким набором неизвестных параметров, ведущих себя часто непредсказуемо как из-за сложностей внутри системных взаимодействий, так и из-за неопределенности поведения внешней среды (климата).

Список использованных источников

- 1 Горбань, А. Н. Нейронные сети на персональном компьютере / А. Н. Горбань, Д. А. Россиев. – Новосибирск: Наука (Сиб. отд-ние), 1996. – 276 с.
- 2 Салугин, А. Н. Автономные импульсные процессы и устойчивость систем / А. Н. Салугин, А. А. Устиченко // Интернет-вестник ВолгГАСУ [Электронный ресурс]. – 2013. – № 3(28). – С. 15–21. – Режим доступа: [http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Salugin-Ustichenko-2013_3\(28\).pdf](http://vestnik.vgasu.ru/attachments/Salugin-Ustichenko-2013_3(28).pdf).
- 3 Салугин, А. Н. Динамическое моделирование деградационных процессов в агроэкологии: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 03.00.16 / Салугин Александр Николаевич. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. – 40 с.
- 4 Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р. Шеннон. – М.: Мир, 1978. – 420 с.
- 5 Уоссермен, Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика / Ф. Уоссермен. – М.: Мир, 1992. – 128 с.
- 6 Салугин, А. Н. Моделирование, прогноз и оптимальное управление в экологии почвенно-растительного покрова Калмыкии / А. Н. Салугин, К. Н. Кулик // Аридные экосистемы. – 2001. – Т. 7, № 14–15. – С. 11–21.
- 7 Виноградов, Б. В. Основы ландшафтной экологии / Б. В. Виноградов. – М.: ГЕОС, 1998. – 418 с.
- 8 Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества / М. Бигон, К. Харпер, К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989. – 667 с.
- 9 Добровольский, Г. В. Тихий кризис планеты / Г. В. Добровольский // Вестник РАН. – 1997. – Т. 4, № 67. – С. 313–320.
- 10 Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975. – 741 с.
- 11 Омаров, Ш. А. О. Системно-динамическая модель устойчивого развития региона / Ш. А. О. Омаров // Бизнес Информ. – 2012. – № 12. – С. 353–360.

УДК 631.24

А. Рамазанов

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства,
Ташкент, Республика Узбекистан

Н. Н. Хожанов, М. А. Масатбаев

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

О НАУЧНЫХ ОСНОВАХ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В КАЗАХСТАНЕ

В статье рассматриваются пути совершенствования методологии оптимального регулирования почвенно-мелиоративных процессов с учетом энергетических ресурсов и радиационных балансов орошаемых массивов, обеспечивающих оздоровление эколого-мелиоративной обстановки и повышение продуктивности водно-земельных ресурсов. Предложена формула ($R_n = R/H$) для оценки продуктивности климата с уче-

том абсолютной высоты местности, которая позволит детально охарактеризовать реальные возможности той или иной территории для размещения сельскохозяйственных культур и оценки продуктивности растений и почвы, рационального использования земельно-водных ресурсов, направленных на оздоровление экологической обстановки в орошаемой зоне.

Ключевые слова: продуктивность климата, абсолютные отметки местности, радиационный баланс, оросительная норма, коэффициент ретроспективности.

A. Ramazanov

Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Republic of Uzbekistan

N. N. Khozhanov, M. A. Masatbaev

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

ON SCIENTIFIC BASES OF IRRIGATED AGRICULTURE IN KAZAKHSTAN

The ways of improving the methodology of optimal regulation of soil-reclamation processes, taking into account the energy resources and radiation balances of irrigated areas, ensuring the improvement of the ecological-reclamation situation and the increase of water and land resources productivity are discussed. A formula ($R_n = R/H$) for assessing climate productivity taking into account the absolute relief elevations which will allow to characterize the real possibilities of a given territory in detail for locating agricultural crops and assessing the plants and soil productivity, land and water resources conservation aimed at improving the environmental situation in the irrigated area is proposed.

Key words: climate productivity, absolute relief elevations, radiation balance, irrigation rate, retrospective coefficient.

Введение. В естественно-историческом разрезе времени физическая среда представляет собой совокупность различных факторов, оказывающих на природную среду энергетические воздействия. Физические факторы – носители различных видов энергии в природной системе представлены упругими колебаниями, инерционными силами и энергетическими полями. В отличие от многих химических и некоторых биологических загрязнителей, физические факторы не являются чем-то новым для биосферы. Между тем необходимость регулирования физических факторов обуславливается прежде всего увеличением выраженности этих факторов, т. е. изменением направленности и интенсивности эволюционного процесса по сравнению с естественными режимами средообразующих процессов.

Материалы и методы. Выбор научно обоснованной стратегии развития, равнозначно учитывающей экологические, экономические и социальные критерии, требует прогнозирования во времени и в пространстве тех состояний системы, которые наиболее точно учитывают определяющие изменения системы. Поэтому для выявления фактических изменений энергетических ресурсов нами на основе метода аналитического мониторинга энергетических ресурсов орошаемой зоны среднего течения р. Сырдарьи произведена оценка ретроспективности орошаемых массивов. Однако, как следует из данных таблицы 1, коэффициент ретроспективности (K_1) орошаемых массивов свидетельствует о том, что показатели абсолютной отметки местности оказывают серьезное влияние на все виды агротехнических и мелиоративных работ. При этом ее абсолютные величины по южным областям республики колеблются в пределах 0,14–2,70, а показатели суммарной испаряемости и радиации изменяются в значительной степени. Отсюда следует, что по показателям коэффициента ретроспективности (K_1) орошаемые массивы Казахстана можно подразделить на три группы: равнинный, когда $K_1 < 1$, предгорный ($K_1 = 1...2$) и горный ($K_1 > 2$). Однако коэффициенты ретроспективности орошаемых земель по пока-

зателям суммарной испаряемости (K_2) и радиационного баланса (K_3) начиная с абсолютной отметки высоты местности 952 м падают соответственно на 18–23 и 12–16 %. Это говорит о том, что в данной зоне следует корректировать состав, нормы и сроки агротехнологических и агрометеорологических мероприятий, реализуемых при возделывании сельскохозяйственных культур. Следует отметить, что во всех ранее разработанных рекомендациях не были учтены вышеуказанные снижения как испаряемости, так и радиационного баланса, что обуславливает необходимость совершенствования системы земледелия с учетом эколого-экономических условий, направленного на рациональное использование природно-ресурсного потенциала горной местности.

Таблица 1 – Коэффициенты ретроспективности орошаемых массивов

| Наименование метеостанции | Абсолютная отметка, м | E_0 | R | $K_1 = \frac{h}{h^{cp}}$ | $K_2 = \frac{E_0}{E_0^{cp}}$ | $K_3 = \frac{R}{R^{cp}}$ |
|---------------------------|-----------------------|-------|-------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Кызылординская область | | | | | | |
| 1 Арал | 62 | 1057 | 175,0 | 0,14 | 0,98 | 0,99 |
| 2 Казалы | 66 | 1094 | 179,0 | 0,16 | 1,02 | 1,01 |
| 3 Монсыр | 71 | 1051 | 174,4 | 0,17 | 0,98 | 0,98 |
| 4 Саксаул | 78 | 1094 | 179,0 | 0,18 | 1,02 | 1,01 |
| 5 Чидан-Работ | 88 | 1226 | 193,6 | 0,21 | 1,14 | 1,09 |
| 6 Карак | 91 | 1155 | 185,8 | 0,22 | 1,07 | 1,05 |
| 7 Жусалы | 101 | 1142 | 184,4 | 0,24 | 1,06 | 1,04 |
| 8 Кызылорда | 128 | 1129 | 183,0 | 0,30 | 1,05 | 1,03 |
| 9 Злиха | 138 | 1148 | 185,8 | 0,33 | 1,07 | 1,05 |
| 10 Шиели | 152 | 1165 | 186,8 | 0,36 | 1,08 | 1,06 |
| 11 Ак-кум | 173 | 1276 | 199,1 | 0,41 | 1,19 | 1,13 |
| Жамбылская область | | | | | | |
| 12 Камкалы-Кол | 207 | 1170 | 187,5 | 0,49 | 1,09 | 1,06 |
| 13 Уланбель | 266 | 1116 | 181,5 | 0,63 | 1,04 | 1,03 |
| 14 Байкадам | 337 | 1083 | 177,9 | 0,80 | 1,00 | 1,00 |
| 15 Шыганак | 349 | 1040 | 173,2 | 0,83 | 0,97 | 0,98 |
| 16 Мойынкум | 350 | 1052 | 174,4 | 0,83 | 0,98 | 0,98 |
| 17 Уюк | 372 | 1116 | 181,5 | 0,88 | 1,04 | 1,03 |
| 18 Тюкен | 420 | 1012 | 170,0 | 0,99 | 0,94 | 0,96 |
| 19 Толеби | 455 | 1096 | 179,3 | 1,08 | 1,02 | 1,01 |
| 20 Умбет | 520 | 1103 | 180,1 | 1,23 | 1,03 | 1,02 |
| 21 Тараз | 642 | 1048 | 173,9 | 1,52 | 0,97 | 0,98 |
| 22 Акыр-тобе | 643 | 1068 | 176,2 | 1,52 | 0,99 | 0,99 |
| 23 Кулан | 682 | 1051 | 170,4 | 1,62 | 0,98 | 0,96 |
| 24 Мерке | 703 | 1041 | 173,2 | 1,66 | 0,97 | 0,98 |
| 25 Отар | 742 | 935 | 161,5 | 1,76 | 0,87 | 0,91 |
| 26 Шокпар | 769 | 1041 | 173,3 | 1,82 | 0,97 | 0,98 |
| 27 Анаркай | 832 | 1109 | 180,8 | 1,97 | 1,03 | 1,02 |
| 28 Жуалы | 952 | 830 | 149,9 | 2,25 | 0,77 | 0,84 |
| 29 Шокпак | 1135 | 861 | 153,3 | 2,68 | 0,80 | 0,86 |
| 30 Кордай | 1141 | 879 | 155,3 | 2,70 | 0,82 | 0,88 |

Исходя из этого, предлагается ввести поправки в формулу Н. Н. Иванова [1]:

$$E_0 = 0,0018 \cdot (100 - \alpha) \cdot (25 + t)^2,$$

где E_0 – суммарная испаряемость, мм;

α – относительная влажность воздуха, %;

t – среднемесячная температура воздуха, °С.

Это связано с тем, что возникает существенное увеличение поливной нормы, вследствие чего возможно усиление процессов деградации почв и другие негативные явления, которые отрицательно влияют на ход дальнейшего ведения сельскохозяйственного производства. Коэффициент ретроспективности суммарного испарения K_2 для горной местности, как следует из данных таблицы 1, равен 0,77–0,82, поэтому истинный показатель суммарного испарения данной местности должен быть выражен в виде:

$$E_0 = 0,0018 \cdot K_2 \cdot (100 - \alpha) \cdot (25 + t)^2,$$

где E_0 – суммарная испаряемость, мм;

K_2 – коэффициент ретроспективности суммарного испарения;

α – относительная влажность воздуха, %;

t – среднемесячная температура воздуха, °С.

Соответственно, меняются показатели радиационного баланса, которые имеют коэффициент ретроспективности $K_3 = 0,84...0,88$.

Энергетические ресурсы ландшафтов как процесс теплообмена в конкретной географической точке пространства за известный промежуток времени характеризуются балансом прихода и расхода энергии [2]. Поэтому радиационный баланс [3] дневной поверхности (R), использованный А. А. Григорьевым [4] для определения показателя влияния радиации на испарение ($P_1 = P/LE$), и радиационный «индекс сухости» ($\dot{R} = R/LO_c$) полностью характеризуют сущность открытого В. В. Докучаевым закона природной зональности.

Преимущества показателя «индекса сухости» \dot{R} перед другими считают очевидными [5–8]. Во-первых, он характеризует условия тепло- и влагообеспеченности ландшафтов, во-вторых, определяет в значительной степени условия формирования почвенных, гидрогеологических и геохимических условий, в-третьих, позволяет учесть характер и интенсивность антропогенной деятельности.

Однако во всех вышеотмеченных методах расчета обеспеченности ресурсами климата природных систем не отражается показатель абсолютной высоты местности, где в зависимости от конфигурации и расположенности территории существенно различается величина солнечной радиации. На основании проведенного мониторинга существующих методов выявлено новое направление, основанное на аналитическом анализе, т. е. метод совершенствования определения индекса радиационного баланса в зависимости от абсолютной высоты местности.

Результаты и обсуждение. В орошаемой зоне, особенно в критические периоды вегетации, агротехнологические приемы земледелия должны быть направлены на снижение физического испарения, что может быть достигнуто путем широкомасштабного внедрения так называемой биологической мелиорации. Реструктуризация культуры земледелия путем расширения сферы биологической мелиорации является единственным решением вопроса оздоровления экологической обстановки региона. Наши многолетние наблюдения подтверждают, что показатели суммарного испарения с орошаемой территории с показателями агроклимата коррелируются зависимостью вида:

$$E_c = 1000 \sqrt{\frac{L}{W_b}},$$

где E_c – суммарное испарение, мм;

L – температурный коэффициент;

W_b – относительная влажность воздуха, %.

Однако суммарная испаряемость (E_c) с показателями осадков (O_c) коррелируются прямолинейной зависимостью. При этом коэффициент пропорциональности колеблется в пределах $\eta = 10...50$ % (для южной – 10 % и северной зоны – 50 %) (таблица 2) и выражается уравнением следующего вида:

$$E_c = \frac{100O_c}{\eta},$$

где E_c – суммарное испарение, мм;

O_c – количество осадков, мм;

η – коэффициент пропорциональности, %.

Таблица 2 – Зависимость суммарного испарения от осадков

| Осадки, мм | В мм | | | | | | | | |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | $\eta = 10$ | $\eta = 15$ | $\eta = 20$ | $\eta = 25$ | $\eta = 30$ | $\eta = 35$ | $\eta = 40$ | $\eta = 45$ | $\eta = 50$ |
| 10 | 100 | 66,6 | 50 | 40 | 33,3 | 28,5 | 25 | 22,2 | 20 |
| 20 | 200 | 133,3 | 100 | 80 | 66,6 | 57 | 50 | 44,4 | 40 |
| 30 | 300 | 200 | 150 | 120 | 99,9 | 85,5 | 75 | 66,6 | 60 |
| 40 | 400 | 266,6 | 200 | 160 | 133,2 | 114,2 | 100 | 88,8 | 80 |
| 50 | 500 | 333,3 | 250 | 200 | 166,5 | 142,7 | 125 | 111 | 100 |
| 60 | 600 | 400 | 300 | 240 | 200 | 171,4 | 150 | 133,2 | 120 |
| 70 | 700 | 466,6 | 350 | 280 | 233,3 | 204 | 175 | 155,4 | 140 |
| 80 | 800 | 533,3 | 400 | 320 | 266,6 | 228,5 | 200 | 177,6 | 160 |
| 90 | 900 | 600 | 450 | 360 | 300,0 | 257,0 | 225,0 | 199,8 | 180 |
| 100 | 1000 | 666,6 | 500 | 400 | 333,3 | 285,7 | 250,0 | 222,2 | 200 |
| 110 | 1100 | 733,3 | 550 | 440 | 366,6 | 314,2 | 275,0 | 244,4 | 220 |
| 120 | 1200 | 800 | 600 | 480 | 400,0 | 342,8 | 300,0 | 266,6 | 240 |
| 130 | 1300 | 866,6 | 650 | 520 | 433,3 | 371,4 | 325,0 | 288,8 | 260 |
| 140 | 1400 | 933,3 | 700 | 560 | 466,6 | 400,0 | 350,0 | 311,0 | 280 |
| 150 | 1500 | 1000 | 750 | 600 | 500,0 | 428,5 | 375,0 | 333,3 | 300 |
| 160 | 1600 | 1066,6 | 800 | 640 | 533,3 | 457,1 | 400,0 | 355,5 | 320 |
| 170 | 1700 | 1133,3 | 850 | 680 | 566,6 | 485,7 | 425,0 | 377,7 | 340 |
| 180 | 1800 | 1200 | 900 | 720 | 600,0 | 514,2 | 450 | 399,9 | 360 |
| 190 | 1900 | 1266,6 | 950 | 760 | 633,3 | 542,8 | 475,0 | 422,1 | 380 |
| 200 | 2000 | 1333,3 | 1000 | 800 | 666,6 | 571,4 | 500 | 444,3 | 400 |
| 210 | 2100 | 1400,0 | 1050 | 840 | 700,0 | 600,0 | 525,0 | 466,5 | 420 |
| 220 | 2200 | 1466,6 | 1100 | 880 | 733,3 | 628,5 | 550,0 | 488,3 | 440 |
| 230 | 2300 | 1533,1 | 1150 | 920 | 766,6 | 657,1 | 575,0 | 511,1 | 460 |
| 240 | 2400 | 1599,7 | 1200 | 960 | 800,0 | 685,7 | 600,0 | 533,3 | 480 |
| 250 | 2500 | 1666,6 | 1250 | 1000 | 833,4 | 714,3 | 625,0 | 555,5 | 500 |
| 260 | 2600 | 1733,3 | 1300 | 1040 | 866,6 | 742,8 | 650,0 | 577,7 | 520 |
| 270 | 2700 | 1799,5 | 1350 | 1080 | 900,0 | 771,1 | 675,0 | 600,0 | 540 |
| 280 | 2800 | 1866,6 | 1400 | 1120 | 933,3 | 800,0 | 700,0 | 622,2 | 560 |
| 290 | 2900 | 1933,3 | 1450 | 1160 | 966,6 | 828,5 | 725,0 | 644,4 | 580 |
| 300 | 3000 | 2000,0 | 1500 | 1200 | 1000,0 | 857,1 | 750,0 | 666,6 | 600 |

Из данных таблицы 2 следует, что до коэффициента пропорциональности, равного 35, прямолинейность осадков имеет строгую ступенчатость 40 мм, а начиная с пропорциональности, равной 40, она увеличивается до 170 мм. Отсюда видно, что на территории Казахстана связь между испаряемостью и осадками имеет тенденцию к увеличению испаряемости для южной зоны в 6,6–10,0 раза, для центральной зоны в 3,3–5,0 раза и для северной зоны 2,2–2,8 раза. Так, например, по данным метеостанции Есиль Акмолинской области за многолетний период количество осадков составляло 386 мм, а испаряемость – 884 мм, испаряемость в 2,3 раза превышает осадки. Для центральной зоны превышение составило 3,9 раза и для южной зоны соответственно 6,1 раза.

Кроме того, гидротермический показатель (\dot{R}) [3] не учитывает показатель абсо-

лютной высоты местности (H). Поэтому мы попытались восполнить данный пробел и уточнить действительные энергетические показатели продуктивности природной системы Казахстана с учетом географии местности. Установленные нами корреляционные зависимости свидетельствуют о том, что связь между отметкой местности (H) и индексом сухости (\dot{R}) для отдельных регионов Казахстана имеет специфические особенности. Так, для Южно-Казахстанской области она описывается уравнением вида: $\dot{R} = 4 - H/250$, для Северо-Казахстанской области $\dot{R} = 1,6 - H/794$, для Западно-Казахстанской области $\dot{R} = 2,2 - H/113,6$.

Далее, учитывая, что индекс сухости $\dot{R} = R/LO_c$, и приравнивая к расчетным данным, можно установить связь фактического показателя радиационного баланса (R) с абсолютной отметкой местности:

- для Южно-Казахстанской области $R = LO_c(1000 - H)/250$;
- для Северо-Казахстанской области $R = LO_c(1270 - H)/794$;
- для Западно-Казахстанской области $R = LO_c(250 - H)/113,6$.

С учетом эколого-мелиоративных и экономических аспектов орошаемого земледелия и данных радиационного баланса возникла необходимость дальнейшего совершенствования методологии регулирования почвенно-мелиоративных критериев на основе энергетических ресурсов конкретной местности. Предложенная Н. Н. Хожановым зависимость ($R_n = R/H$) для оценки продуктивности климата позволяет детально охарактеризовать реальные возможности той или иной территории в отношении размещения сельскохозяйственных культур с учетом абсолютной высоты местности, оценить продуктивность растений и почвы, способствует рациональному использованию земельно-водных ресурсов, оздоровлению экологической обстановки орошаемого земледелия (таблица 3).

Таблица 3 – Показатель радиационного индекса абсолютной высоты местности

| Абсолютная отметка местности, м | Радиационный баланс, кДж/см ² | Атмосферные осадки, мм | Показатель радиационного индекса абсолютной высоты местности R_n |
|--------------------------------------|--|------------------------|--|
| Южно-Казахстанская область | | | |
| 1) 316 | 305,3 | 186 | 0,96 |
| 2) 206 | 453,5 | 238 | 2,20 |
| 3) 789 | 481,1 | 951 | 0,61 |
| 4) 237 | 503,6 | 275 | 2,12 |
| 5) 543 | 636,1 | 582 | 1,17 |
| 6) 238 | 475,5 | 264 | 1,99 |
| Северо-Казахстанская область | | | |
| 7) 226 | 307,7 | 392 | 1,36 |
| 8) 132 | 275,2 | 320 | 2,08 |
| 9) 134 | 274,7 | 320 | 2,05 |
| 10) 114 | 270,8 | 310 | 2,37 |
| 11) 34 | 422,1 | 374 | 12,4 |
| 12) 104 | 269,9 | 352 | 2,59 |
| Западно-Казахстанская область | | | |
| 13) 28 | 473,7 | 391 | 16,91 |
| 14) 28 | 412,6 | 313 | 14,73 |
| 15) 15 | 434,4 | 351 | 28,96 |
| 16) 44 | 304,6 | 289 | 6,92 |

Выводы. Модернизация сельскохозяйственного производства указывает на необходимость введения в структуру земледелия энерго- и ресурсосберегающих технологий,

благодаря чему можно достичь максимально возможного увеличения продуктивности водно-земельных ресурсов. В существующих условиях земледелия из-за длительного и нерационального использования энергетических ресурсов из года в год нарастают процессы антропогенного опустынивания, что резко отразилось на валовом урожае и устойчивости сельскохозяйственного производства. Поэтому назрела необходимость перехода на новый уровень оценки основных принципов и методов системы земледелия.

Список использованных источников

- 1 Иванов, Н. Н. Зоны увлажнения земного шара / Н. Н. Иванов // Изв. АН СССР, сер. геогр. и геофиз. – 1941. – № 3. – С. 15–32.
- 2 Ольдекоп, Э. М. Об испарении с поверхности речных бассейнов / Э. М. Ольдекоп // Труды Юрьевской обсерватории. – М., 1911. – С. 12–24.
- 3 Будыко, М. И. Глобальная экология / М. И. Будыко. – М.: Мысль, 1977. – 327 с.
- 4 Григорьев, А. А. Географическая зональность и некоторые ее закономерности / А. А. Григорьев // Изв. АН СССР, сер. геогр. – 1954. – № 5. – С. 15–23.
- 5 Мустафаев, Ж. С. Почвенно-экологическое обоснование сельскохозяйственных земель в Казахстане / Ж. С. Мустафаев. – Алматы: Гылым, 1997. – 358 с.
- 6 Каримов, Э. К. Улучшение эколого-мелиоративного состояния и повышение продуктивности орошаемых земель Узбекистана (на примере Голодной и Каршинской степей): автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Каримов Эргаш Каримович. – М., 1997. – 50 с.
- 7 Айдаров, И. П. Моделирование почвенно-мелиоративных процессов / И. П. Айдаров, А. И. Корольков, В. Х. Хачатурьян // Биологические науки. – 1987. – № 9(285). – С. 27–28.
- 8 Волобуев, В. Р. Введение в энергетику почвообразования / В. Р. Волобуев. – М.: Наука, 1974. – 120 с.

УДК 621.65

О. Р. Азизов

Управление насосных станций и энергетики вилоята Министерства водного хозяйства, Самарканд, Республика Узбекистан

О. Я. Гловацкий, Р. Р. Эргашев

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

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ И УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НАСОСОВ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННО-МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА

Целью настоящих исследований является разработка теоретической модели и аналитических зависимостей, учитывающих основные эксплуатационные показатели насосов и водоподводящих сооружений. В статье излагаются результаты разработки основных элементов насосных станций (НС) и узлов насоса с использованием разработанной и адаптированной к реальным условиям эксплуатации машинных каналов методики сравнительной технико-экономической оценки технического состояния. Рассмотрен ряд конструктивных параметров и технологий эксплуатации, учитывающих стадии развития кавитации в НС с центробежными насосами, которые испытывались исполнителями проекта в 2019 г. в водоподводящих сооружениях НС «Нарпай». Выбраны методы, необходимые для уменьшения выхода из строя насосов из-за кавитации и обеспечения экономии электроэнергии в размере 1–2 %. Успешные результаты исследований речного бассейна Зеравшана могут быть пропорционально увеличены до национального уровня.

Ключевые слова: надежность, эксплуатация, насосные агрегаты, кавитация, водоподводящие сооружения, оценка технического состояния.

O. R. Azizov

Department of Pumping Stations and Energy Management Ministry of Water Resources, Samarkand, Republic of Uzbekistan

O. Ya. Glovatskiy, R. R. Ergashev

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

SOME PROBLEMS OF ASSESSMENT AND IMPROVEMENT OF TECHNICAL CONDITION OF PUMPS OF A WATER MANAGEMENT AND LAND RECLAMATION COMPLEX

The aim of the studies is the development of a theoretical model and analytical dependencies considering the main operational features of pumps and water supply facilities. The development results of the main elements of pumping stations (PS) and pump components using the method of comparative technical and economic assessment of the technical condition, developed and adapted to the actual operating conditions of the pumping canals are presented. A number of design parameters and operating technologies taking into account the stages of cavitation development in the PS with centrifugal pumps tested in 2019 in the water supply facilities of the Narpay PS were considered. The methods required to reduce the failure of the pumps due to cavitation and to provide energy savings of 1–2 % were chosen. The results of the successful studies of the Zeravshan river basin can be proportionally increased to the national level.

Key words: reliability, operation, pumping units, cavitation, water supply facilities, technical condition assessment.

Введение. Настоящая статья подготовлена в результате выполнения работ по договору № 03/2019 «Разработка и внедрение научно-обоснованных рекомендаций по предотвращению процессов кавитации, имеющихся в реконструированных и модернизированных насосных станциях».

В 2002 г. страны Центральной Азии присоединились к Глобальному водному партнерству. Главной целью водного партнерства является развитие принципов интегрированного управления водными ресурсами [1, 2]:

- устойчивое, справедливое и равноправное обеспечение водными ресурсами нужд водопользователей;
- управление водой и окружающей средой в пределах гидрографических границ в соответствии с морфологией конкретного бассейна;
- водосбережение и рациональное использование водных ресурсов, борьба с потерями путем создания системы.

По мнению авторов, эти принципы входят в процесс скоординированного управления водой и связанными с ней ресурсами с целью максимизации экономических выгод для водохозяйственно-мелиоративного комплекса.

Традиционный инженерно ориентированный подход к управлению водными ресурсами, основанный на технических решениях, привел к появлению проблем водного дефицита и загрязнения. Поэтому в передовых странах, прежде всего в Европейском союзе, укрепилось понимание того, что принятые ранее инженерные и финансовые решения должны быть переоценены с учетом современного опыта.

Материалы и методы. Оперативное управление водохозяйственным комплексом требует, чтобы головные сооружения, насосные станции (НС) были оборудованы измерительно-управляющими приборами, соответствующими современным требованиям [1, 3]. Внедрение передовых технологий на НС позволит значительно повысить эф-

эффективность управления водными ресурсами, снизить потери и увеличить продуктивность земельных и водных ресурсов.

Целью настоящих исследований является разработка аналитических зависимостей, учитывающих основные эксплуатационные показатели насосов и водоподводящих сооружений. Это является частью стратегии модернизации и стимулирования эффективности эксплуатации ирригационных НС на основе разработки новых ресурсосберегающих технологий НС, обеспечивающих экономию электроэнергии и потребления воды в Зеравшанском бассейне. Особенно важным является определение бескавитационного уровня нижнего бьефа НС. В процессе исследования при изучении состояния гидромеханического оборудования НС использован системный анализ, статистическая обработка результатов натурных испытаний.

Результаты и обсуждение. В результате натурной оценки технического уровня и состояния 22 наиболее крупных НС Зеравшанского бассейна установлено, что наиболее ненадежными элементами НС являются аванкамеры, сородерживающие сооружения, крайние агрегаты. Так, заиливание аванкамер головных НС достигает 65–69 % объема, износ корпусов и рабочих колес на НС – 70 %, напорных коммуникаций – 30–40 %, а в ряде случаев 80 %.

Рекомендации по новой технологии эксплуатации машинных каналов с учетом ресурсосбережения уточняют связь между контролируемыми параметрами и техническим состоянием НС в системе непрерывного оперативного контроля технологических параметров, комплексно определяющих внешние условия надежного функционирования НС.

В настоящее время назрела необходимость рассмотрения научно-методической стороны проблемы надежности для определения области и задач энергоэффективности, ее структуры и основных направлений развития.

Управление надежностью в процессе эксплуатации насосов достигается путем выявления и предупреждения отказов. При этом преобладающее значение приобретают отказы по функционированию, т. е. полной потере работоспособности из-за трех основных причин:

- резкое увеличение кавитационных и вибрационных явлений, угрожающих целостности агрегата;
- аварийное состояние корпусных частей и рабочих органов агрегата;
- прекращение возможности подачи или отвода воды.

Цель развития НС (проведение ее реконструкции) достигается на основе разработки критериев и выделения приоритетов на краткосрочный и долгосрочный периоды. Система представляется как комплекс отдельных объектов и набора переменных, характеризующих состояние системы.

Наиболее общеупотребительными этапами системного анализа могут быть этапы, которые сформулированы нами для НС:

- анализ и формулировка проблемы (стратегической);
- анализ структуры системы (функциональная, морфологическая);
- выбор критерия (генерального);
- декомпозиция цели (внутренние и внешние связи, ограничения);
- диагноз существующей системы, отбор вариантов реконструкции;
- прогноз и построение комплексной программы развития системы, включающей эффективность намеченных мероприятий.

Проблемы улучшения технического состояния насосов водохозяйственно-мелиоративного комплекса включают экономию в первую очередь энергоресурсов. Международная энергетическая эффективность быстро становится одним из наиболее критических инструментальных средств, содействующих удовлетворению надежного роста энергетических требований.

Страны Европейского союза (EU) предложили минимальные требования испол-

нения для новых и обновленных норм (кВт·ч) и для их компонентов [4, 5]. Это предполагает необходимые меры для развертывания стратегии подходящих технологий, снижения использования энергии. Энергетическое исполнение директивы ЕРВД обязывает члена ЕУ устанавливать минимальные энергетические стандарты исполнения (Энергетический сертификат исполнения).

В современных природно-хозяйственных и экономических условиях, когда в десятки и сотни раз возрастает стоимость эксплуатационных издержек, их экономиию на НС в первую очередь необходимо осуществлять за счет сокращения затрат на очистку водоподводящих сооружений от плавника и наносов, оптимизации эксплуатационных режимов и характеристик насосов. Перепады воды из-за забивки решеток увеличивают геодезический напор насосов, а кавитационно-абразивный износ рабочих органов резко уменьшает их параметры, особенно КПД [6, 7].

Задачи эксплуатационной службы постоянно усложняются, а объемы работ увеличиваются. Одной из главных задач является регулярная объективная оценка технического состояния НС. Под состоянием НС подразумевают уровень ее совокупных свойств, при соблюдении которых водопользователи получают оросительную воду в определенном объеме и в определенное время. В процессе эксплуатации технические показатели элементов НС, заложенные при их проектировании и строительстве, постепенно ухудшаются. Поэтому основной особенностью оценки технического состояния НС является учет факторов физического и морального старения ее элементов, на которые эта система условно разбивается. При оценке этого состояния элемент рассматривается как единое целое.

Предложенный метод позволяет определить уровень технического состояния элемента НС в сравнении с заложенным, принять решение относительно ее дальнейшего использования или модернизации. Помимо этого, используя предлагаемый метод, можно объективно сравнивать между собой различные типы НС, элементов НС, гидромеханического оборудования и т. п. Универсальность общего подхода позволяет широко внедрить новый метод оценки технического состояния НС в практику водных мелиораций.

Проанализированы случаи отказа насосных агрегатов вследствие механического воздействия плавающих тел. В результате проведенных исследований на НС установлены случаи попадания внутрь и забивания насоса плавающими телами, и даже поломки рабочих колес. Для предотвращения таких случаев и обеспечения надежной работы насосных агрегатов предложена новая технология и технические средства задержания плавников и недопущения их внутрь НС [7].

В результате анализа работы насосных агрегатов в кавитационном режиме установлено, что он возникает, во-первых, вследствие снижения уровня воды в подводящем канале, во-вторых, вследствие накопления плавающих тел перед решетками и подпора воды на них (рисунок 1, а).

При любых режимах работы НС в водоподводящих сооружениях наблюдаются боковые водоворотные зоны с обеих сторон транзитного потока. При наличии в воде наносов последние откладываются на откосах и в донной части. В отдельных случаях объем отложений может достигать 40–50 % объема (рисунок 1, б).

Транзитный поток в короткой аванкамере не успевает достаточно расшириться по всему водозаборному фронту, поэтому наблюдают искривление струй потока перед фронтом, течения вдоль фронта и косой подход к водоприемным камерам, особенно к крайним. Из-за косого подхода в водоприемных камерах образуются вихревые воронки, зачастую с подсосом воздуха, увеличиваются потери напора, ухудшается структура потока на входе в насос. Все это отрицательно влияет на работу насосов, снижая их подачу, КПД и увеличивая потери напора.



a



б

a – скопление плавника в аванкамере; *б* – заиливание откосов подводящего канала

Рисунок 1 – Состояние водоподводящих сооружений ирригационных НС (фото НИИИВП)

Новый центробежный насос с измененными радиусами входа потока в рабочее колесо внедрен на НС «Алат» Аму-Бухарского машинного канала (АБМК). В результате получена возможность защиты рабочих частей проточной части насоса, минимального износа и повышения КПД на 5 % [2, 6].

Эксплуатационные режимы, учитывающие стадии развития кавитации в НС с центробежными насосами, испытывались исполнителями проекта в 2019 г. в водоподводящих сооружениях НС «Нарпай».

Эта НС выбрана из-за необходимости улучшать параметры австрийского насоса фирмы Andritz типа SPNP80-700SI CD. При модернизации были изменены режимы, скорости в насосном агрегате и материал рабочих колес. Однако их износ из чугуна (рисунок 2, *a*) и нержавеющей стали (рисунок 2, *б*) абсолютно идентичен.



a



б

Рисунок 2 – Состояние рабочих колес центробежных насосов НС «Нарпай» (фото НИИИВП)

Водоприемники мелиоративных НС необходимо оборудовать сороудерживающими решетками, устанавливаемыми в специальные пазы, и ремонтными затворами. Решетки можно располагать вертикально или наклонно, под углом 70–80° к горизонту. При установке решеток наклонно условия очистки улучшаются, особенно при малых амплитудах колебаний уровней воды в источнике для НС малой и средней подачи.

Минимальное заглубление входного отверстия всасывающей трубы насоса определяют из условия недопущения воронкообразования и, как следствие, развития кавитации. В общем случае на воронкообразование влияют размеры и форма входного отверстия, скорости течения на входе, условия подхода потока, заглубление отверстия. Достаточно обоснованных рекомендаций по необходимому заглублению входных отверстий для водоприемников этого типа нет. Поэтому ориентировочно минимальное

заглубление входного отверстия трубы для НС можно определить по эмпирическим формулам [6, 7]. Возможно для повышения энергоэффективности работы применение способа регулирования работы центробежного насоса путем изменения параметров всасывающего трубопровода посредством впуска воздуха [8].

Для обоснования основных параметров предлагаемого авторами нового сорозащитного устройства изучен состав и размеры плавающих тел. В результате установлено, что стебли и корни камыша составляют 53 %, ветви и корни деревьев – 29 %, другие местные выбросы составляют 18 %. Определено, что толщина основной части плавающих тел составляет от 20 до 60 мм (49 %), по длине они имеют размеры от 201 до 600 мм (57 %). Полученные результаты позволяют обосновать параметры очистного устройства. Создана новая конструкция устройства, защищенного патентом РУз, позволяющая надежно очистить и удалить плавающие тела, разработаны рекомендации по технологии его эксплуатации [7].

Выводы

1 Проанализированы причины выхода из строя основного оборудования НС оросительной системы, установлены причины отказов и вынужденной остановки, которые проявляются в результате работы насосов в кавитационном режиме. На основе полученных универсальных характеристик кавитационно-абразивного износа дается возможность оценки допустимого кавитационного запаса в зависимости от режима работы для центробежного насоса от 1,15 до 1,7. Регулирование в границах рекомендуемой зоны, определяемой кавитационным запасом, не приводит к возникновению кавитации.

2 Технология, обеспечивающая очистку от плавника, внедрена на НС Аму-Бухарского машинного канала. В результате снижено поступление крупных плавающих тел на 35–40 %.

3 Для оценки надежности сооружений и оборудования оросительной системы требуется исследовать их как взаимосвязанные системы. Это направление обеспечивает правильную оценку надежной работы путем улучшения технического состояния насосов водохозяйственно-мелиоративного комплекса. Научной новизной исследований являются методы определения вероятности состояния гидромеханического оборудования НС водохозяйственно-мелиоративного комплекса.

Список использованных источников

1 Маматкулов, Д. А. О новых методах контроля и управления расходом воды / Д. А. Маматкулов, Х. К. Ташматов, О. Я. Гловацкий // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Курск, 2014. – С. 35–41.

2 Гловацкий, О. Я. Повышение надежности эксплуатации и водосбережения ирригационных насосных станций / О. Я. Гловацкий, Р. Р. Эргашев, Ш. Р. Рустамов // Водные ресурсы и водопользование. – 2015. – № 3. – С. 37–40.

3 Математическое моделирование управления режимом эксплуатации Аму-Бухарского машинного канала / Д. Р. Базаров [и др.] // International Academy Journal Web of Scholar. – Warsaw, Poland, 2018, Jan. – 1(19), vol. 1. – P. 26–32.

4 Ergashev, R. R. New aspects of reliability function of irrigation pumping stations / R. R. Ergashev // European Science Review. – Austria, Vienna, 2017. – № 1-2. – P. 247–249.

5 Flow uniformity in a multi-intake pump sump model / J.-W. Choi, Y.-D. Choi, C.-G. Kim, Y.-H. Lee // Journal of Mechanical Science and Technology. – 2010, July. – Vol. 24, iss. 7. – P. 1389–1400.

6 Glovatsky, O. Ya. Improvement to usages and studies large pumping station: monograph / O. Ya. Glovatsky, R. R. Ergashev, Sh. R. Rustamov. – Saarbruken, Deutschland: LAP Lambert Academic Publishing, 2013. – 170 p.

7 Гловацкий, О. Я. Обеспечение надежности гидромеханического оборудования

насосных станций ирригационных систем: монография / О. Я. Гловацкий, Р. Р. Эргашев. – Ташкент, 2019. – 150 с.

8 Назаркин, Э. Е. Регулирование работы центробежного насоса путем подачи воздуха во всасывающий трубопровод / Э. Е. Назаркин, В. В. Сушко, О. Н. Померанцев // Природообустройство. – 2017. – № 4. – С. 15–19.

УДК 626.820

А. Н. Рыжаков, Д. В. Мартынов

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

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ПОРЯДКА ВЕДЕНИЯ ПАСПОРТИЗАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Целью исследования является проведение анализа существующего порядка ведения паспортизации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. До настоящего времени основным документом, регламентирующим проведение паспортизации, является Приказ Минсельхоза России от 22 октября 2012 г. № 559. В настоящее время разработан новый проект Приказа Минсельхоза России «Об утверждении Правил паспортизации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений», который находится на этапе утверждения подготовки заключения Министерства экономического развития Российской Федерации об оценке регулирующего воздействия. Согласно рассмотренным нормативным актам сведения из технических паспортов мелиоративных систем и входящих в них гидротехнических сооружений накапливаются в эксплуатирующих организациях, а публикуются лишь сводные данные по системе в целом. Таким образом, огромный массив накапливаемых сведений не используется, что влечет за собой отсутствие контроля за соблюдением осуществления мероприятий по проведению паспортизации.

Ключевые слова: паспортизация, мелиоративная система, гидротехническое сооружение, агропромышленный комплекс, геоинформационная база данных.

A. N. Ryzhakov, D. V. Martynov

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

ANALYSIS OF EXISTING PROCEDURE FOR CERTIFICATION OF RECLAMATION SYSTEMS AND HYDRAULIC STRUCTURES

The aim of the study is to analyze the existing procedure for the certification of land-reclamation systems and separately located hydraulic structures. The Order of the Ministry of Agriculture of Russia dated October 22, 2012, no. 559 is still the main document regulating certification. A new draft Order of the Ministry of Agriculture of Russia “On Approval of Rules for Certification of Land Reclamation Systems and Separately Located Hydraulic Structures” is developed and is at the approval phase on preparation of the opinion of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation on impact assessment. According to the reviewed normative acts, information from the technical certificates of the reclamation systems and their hydraulic structures is accumulated in the operating organizations, and only summary data on the system as a whole are published. Thus, a huge package of accumulated information is not used, which leads to the lack of control over compliance with the implementation of certification activities.

Key words: certification, reclamation system, hydraulic structure, agro-industrial complex, geoinformation database.

Согласно ст. 20 Федерального закона от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель» [1], мелиоративные системы и отдельно расположенные гидротехнические сооружения подлежат паспортизации. При проведении паспортизации мелиоративной системы и на каждое гидротехническое сооружение, входящее или не входящее в мелиоративную систему, составляется паспорт, в котором содержатся сведения о технических характеристиках и состоянии мелиоративной системы и гидротехнического сооружения. Порядок проведения паспортизации устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере агропромышленного комплекса, включая мелиорацию.

В соответствии с п. 5.5.5 Положения о Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 12 июня 2008 г. № 450 [2], Минсельхоз России осуществляет эксплуатацию и паспортизацию государственных мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружений.

В соответствии с п. 4.3.2 Положения о Департаменте мелиорации, утвержденного Минсельхозом России 28 августа 2009 г. [3], он осуществляет эксплуатацию и паспортизацию государственных мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружений.

Основным документом, регламентирующим проведение паспортизации, является Приказ Минсельхоза России от 22 октября 2012 г. № 559 «Об утверждении административного регламента Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по предоставлению государственной услуги по паспортизации государственных мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружений» [4].

Данный документ устанавливает сроки и последовательность административных процедур (действий) по паспортизации мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружений, а также порядок взаимодействия структурных подразделений министерства, его должностных лиц, взаимодействия министерства с заявителями, иными органами государственной власти и органами местного самоуправления, учреждениями и организациями при предоставлении государственной услуги.

Необходимо отметить, что данный нормативный акт в большей степени регламентирует аспект правового регулирования паспортизации (сроки подачи и согласования заявлений и утверждения документов). Порядок и перечень мероприятий по непосредственному сбору сведений для составления технического паспорта мелиоративной системы или гидротехнического сооружения приведены только в п. 77.3: паспортизация состоит из подготовительных, геодезических и замерочных работ, технического обследования сооружений, расчета физического износа объекта. Работы по паспортизации выполняются поэтапно:

- осуществляется сбор исходной документации и данных, характеризующих рассматриваемый объект;
- назначаются параметры, характерные для рассматриваемой территории, по которым выбираются объекты – представители паспортизируемого объекта;
- изучаются или уточняются комплексные природные и техногенные воздействия на паспортизируемые объекты;
- составляются паспорта на все объекты.

В 2016 г. велись работы по разработке и утверждению правил паспортизации. В отношении проекта Приказа Минсельхоза России «Об утверждении Правил паспортизации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений» проводились общественные слушания, но документ так и не был утвержден.

В настоящее время разработан новый проект Приказа Минсельхоза России

«Об утверждении Правил паспортизации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений», в отношении которого проводятся публичные консультации по оценке регулирующего воздействия в Комиссии РСПП по агропромышленному комплексу.

Оценка регулирующего воздействия (ОРВ) – процедура, в ходе которой анализируются проекты нормативных правовых актов с целью выявления в них положений, приводящих к избыточным административным и другим ограничениям в деятельности предпринимателей, а также к необоснованным расходам, как для бизнеса, так и для бюджетной системы Российской Федерации [5].

ОРВ проектов актов проводится федеральными органами исполнительной власти в отношении проектов нормативных правовых актов федеральных органов исполнительной власти, проектов постановлений Правительства РФ, указов Президента РФ, проектов федеральных законов, проектов поправок Правительства РФ к внесенным в Государственную думу Правительством РФ законопроектам, проектов решений Совета Евразийской экономической комиссии. Основные этапы ОРВ: размещение уведомления о подготовке проекта акта, сводка предложений, полученных в рамках обсуждения уведомления; размещение проекта акта, составление сводного отчета о проведении ОРВ и публичных обсуждений; подготовка заключения Министерства экономического развития Российской Федерации об оценке регулирующего воздействия.

К данному моменту проект приказа прошел публичные обсуждения и находится на этапе подготовки заключения Министерства экономического развития Российской Федерации об оценке регулирующего воздействия (рисунок 1). Согласно проекту, порядок проведения паспортизации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, установленный согласно рассмотренным нормативным актам, представлен на рисунке 2.

В данном документе указаны мероприятия, необходимые при проведении паспортизации (п. 3), а также данные о том, кем и в какие сроки они должны производиться (п. 4–6); приведены разделы паспорта (п. 9) и необходимые приложения (п. 10); сроки внесения изменений в паспорт и подачи сведений (п. 14, 18); указано, кем производится согласование и учет паспортов (п. 16, 17), и сроки согласования (п. 19, 23–27); указано место хранения оригиналов паспортов (п. 22); указаны сроки передачи сводных данных в Минсельхоз России (п. 28–31) и публикации сводных таблиц в сети интернет (п. 32–35).

Согласно рассмотренным нормативным актам сведения из технических паспортов мелиоративных систем и входящих в них гидротехнических сооружений накапливаются в эксплуатирующих организациях, а публикуются лишь сводные данные по системе в целом. Таким образом, огромный массив накапливаемых сведений по факту нигде не используется, что влечет за собой отсутствие контроля за соблюдением осуществления мероприятий по проведению паспортизации.

Перспективным направлением для выхода из сложившейся ситуации является совершенствование способов сбора и обработки сведений о мелиоративных водных объектах на основе геоинформационных баз данных. Применение современных методов накопления, хранения и анализа сложной пространственной информации о мелиоративных объектах позволит сформировать банк актуальных данных и обеспечить высокую скорость доступа к нему, что помимо прочего отвечает современным тенденциям развития мелиоративного сектора [6]. Электронный формат позволит накапливать значительные объемы информации с ее отображением на цифровой картографической основе. Формирование актуальных блоков информации, их удобное отображение и наличие эффективных аналитических фильтров позволят вовлечь весь спектр собираемых при паспортизации сведений, что в свою очередь позволит снизить вероятность ошибок при принятии управленческих решений и будет способствовать в перспективе увеличению экономической эффективности мелиоративных мероприятий вплоть до 15–25 % [7].

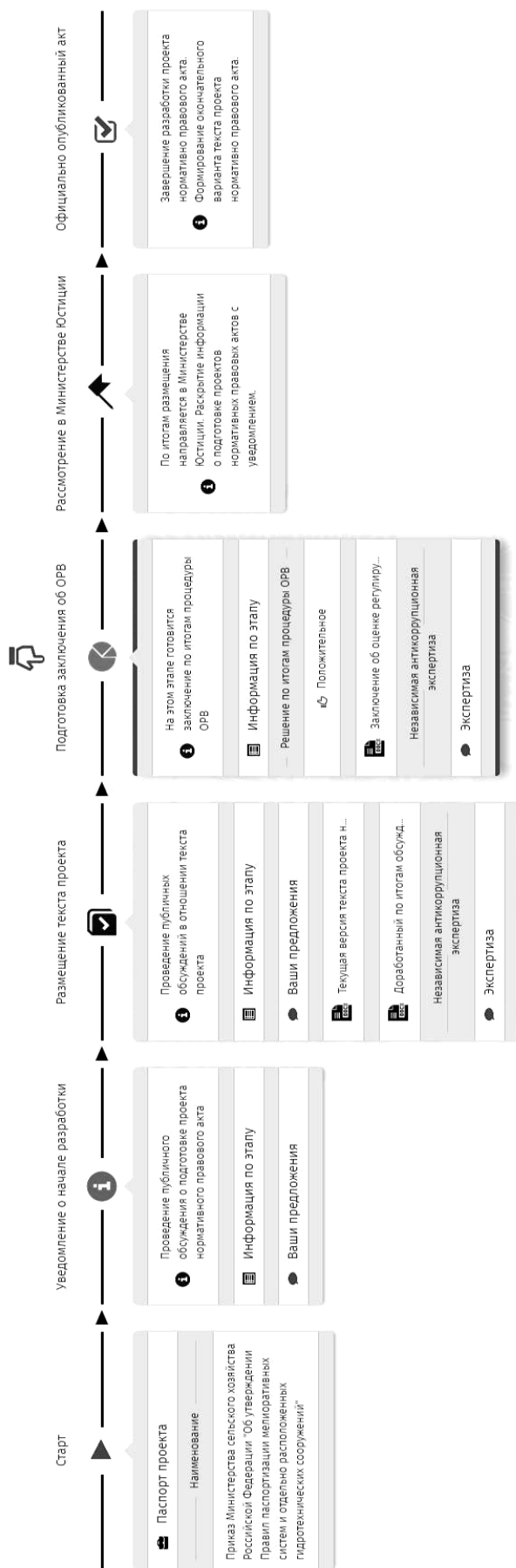


Рисунок 1 – Схема проведения оценки регулирующего воздействия Приказа Минсельхоза России «Об утверждении Правил паспортизации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений» (режим доступа: <https://regulation.gov.ru/projects#пра=47032>)

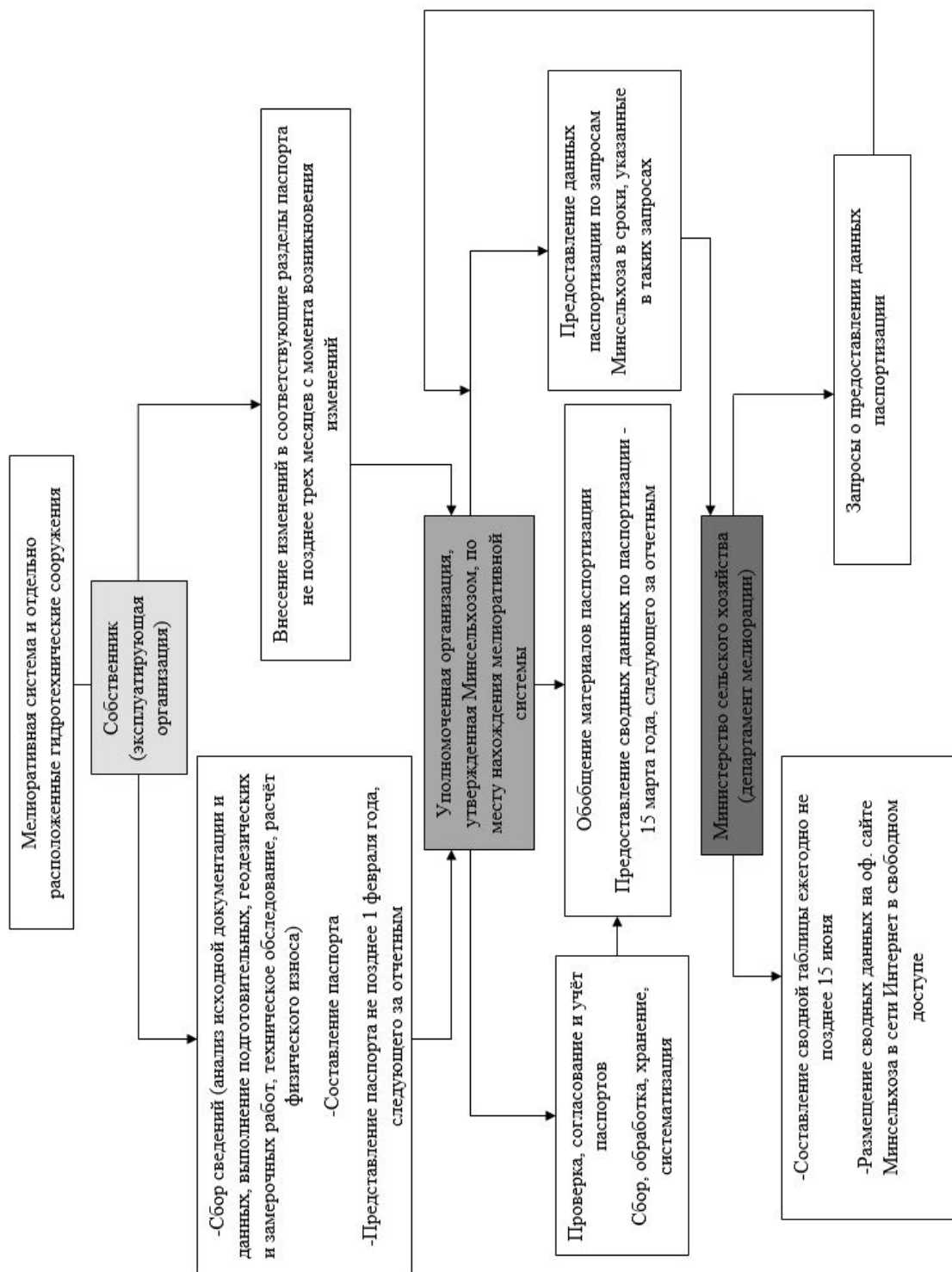


Рисунок 2 – Схема мероприятий по ведению паспортизации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений

Список использованных источников

1 О мелиорации земель: Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ: по состоянию на 5 апреля 2016 г. // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант сервис», 2019.

2 Положение о Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации (утв. Постановлением Правительства РФ от 12 июня 2008 г. № 450): по состоянию на 30 декабря 2018 г. // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант сервис», 2019.

3 Положение о Департаменте мелиорации Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (утв. Минсельхозом РФ 28 августа 2009 г.) // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант сервис», 2019.

4 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 Министерства сельского хозяйства РФ от 22 октября 2012 г. № 559: по состоянию на 28 сентября 2016 г. // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант сервис», 2019.

5 Оценка регулирующего воздействия нормативных правовых актов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://рспп.рф/library/view/50>, 2019.

6 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., г. Барнаул, 27–28 февр. 2017 г. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2017. – Т. 2. – С. 167–169.

7 Автоматизированная система государственного учета мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://niimel.by/produktsiya-i-uslugi/produktsiya/informatsionnye-tekhnologii-v-melioratsii/31-avtomatizirovannaya-sistema-gosudarstvennogo-ucheta-meliorativnykh-sistem-i-otdelno-raspolozhennykh-gidrotekhnicheskikh-sooruzhenij>, 2019.

УДК 519.87; 556.18; 631.95

А. А. Бубер, Е. В. Федотова

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

**УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ АНГАРСКОГО КАСКАДА ГЭС
НА ОСНОВЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Целью исследований являлась разработка алгоритма решения проблемы оптимального управления водными ресурсами водохранилищ Ангарского каскада на основе гидродинамического моделирования в программном комплексе MIKE 11. На основе предлагаемого алгоритма будет получена возможность обоснования диапазона колебаний уровня оз. Байкал и оптимизации управления режимами работы Ангарского каскада ГЭС с учетом противоречивости требований водопользователей и конфликта интересов.

Ключевые слова: водообеспечение, управление водными ресурсами, географическая информационная система, цифровая модель рельефа.

A. A. Buber, E. V. Fedotova

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

WATER RESOURCES MANAGEMENT OF ANGARA HPP CASCADE BASED ON HYDRODYNAMIC MODELING

The aim of the research was to develop an algorithm for problem solving of optimal water management of the Angara cascade reservoirs based on hydrodynamic modeling in the MIKE 11 software package. On the basis of the proposed algorithm, it will be possible to justify the fluctuations range of the lake Baikal and to optimize the management of the Angara HPP Cascade operating regimes, taking into account the contradictory requirements of water users and conflicts of interest.

Key words: water supply, water management, geographic information system, digital elevation model.

Введение. Озеро Байкал по своему географическому и геополитическому положению, природному и ресурсному потенциалу представляет собой один из важнейших стратегических регионов России, а в условиях роста дефицита пресной воды – главный водный ресурс планеты.

В настоящее время из-за активного использования водных ресурсов озера наблюдается негативное влияние на его природную среду. Это приводит к необходимости усиления природоохранной деятельности, направленной на улучшение экологической обстановки, сохранение и поддержание неповторимого биологического и ландшафтного разнообразия бассейна озера.

Для экосистемы оз. Байкал экономически значимой и наиболее подверженной воздействию изменений гидрологических характеристик является популяция омуля.

Основными проблемами, имеющими непосредственное отношение к сохранению уникального объекта Всемирного природного наследия оз. Байкал, являются определение допустимого диапазона колебаний уровня воды в озере и размеры водоохранной зоны озера. Проблема водоохранной зоны связана в основном с решением социальных задач региона, и частично эта проблема была урегулирована Правительством РФ в 2018 г. при принятии новых границ водоохранной зоны озера. А вот проблема определения допустимого диапазона колебаний уровня воды в озере стоит особо остро и сейчас, в основном из-за характера формирования притока на водосборе озера и сооружения крупных гидроузлов на Ангаре. Возможные в будущем вариации притока в результате климатических изменений могут привести к водохозяйственным и экологическим рискам управления уровнем режимом озера.

В рамках проекта РФФИ № 17-29-05108 «Развитие оптимизационных подходов к управлению водными ресурсами водохранилищ Ангарского каскада гидроузлов и обоснование диапазона колебаний уровня озера Байкал» решаются задачи снижения негативного влияния на экосистему энергетического регулирования с использованием чаши озера. Ангарский каскад гидроузлов состоит из оз. Байкал (Иркутское водохранилище), Братского, Усть-Илимского и Богучанского водохранилищ, где существует конфликт интересов водопользователей. Это связано в основном с конфликтами требований энергетики, экологии и рыбного хозяйства, а также противопаводковыми мероприятиями в условиях несанкционированной застройки нижнего бьефа (НБ) Иркутской ГЭС.

На первом этапе проекта была разработана гидродинамическая модель Ангарского каскада ГЭС в среде программного продукта MIKE 11. На втором этапе проекта будет создана вычислительная технология, которая позволит на основе наблюдаемых и искусственных рядов притока оценить критерии допустимости управленческих решений, полученных с помощью этой модели, решить многокритериальную оптимизационную задачу и реализовать процедуру поиска компромиссного решения задачи управления водно-ресурсной системой Ангары на основе визуализации границы области Парето.

Материалы и методы. Для решения управленческой задачи водно-ресурсной системы Ангары была разработана иерархия приоритетов и требований водопользова-

телей на основе проектов правил использования водных ресурсов оз. Байкал, Иркутского, Братского и Усть-Илимского водохранилищ от 2013 г. [1–4] (таблица 1).

Таблица 1 – Требования водопользователей Ангарского каскада ГЭС [1–4]

| Иркутское водохранилище | Братское водохранилище | Усть-Илимское водохранилище |
|--|--|---|
| уровень оз. Байкал 456–457 м (постановление № 234 [5]) | уровень минимальной работы водозаборов ≥ 392 м | уровень нормальной работы водозаборов, УМО ≥ 293 м |
| летний санитарный попуск ≥ 1500 м ³ /с | уровень нормальной работы водозаборов ≥ 394 м | уровень минимальной навигации $\geq 294,5$ м |
| зимний санитарный попуск ≥ 1350 м ³ /с | уровень минимальной навигации и лесосплава ≥ 392 м | уровень нормальной навигации $\geq 295,5$ м |
| противопаводковый сброс ≤ 4000 м ³ /с | уровень нормальной навигации и лесосплава $\geq 394,73$ м | НПУ ≤ 296 м |
| гарантированная мощность Иркутской ГЭС ≥ 372 МВт | навигационный сокращенный попуск ≥ 1800 м ³ /с | санитарный попуск ≥ 1000 м ³ /с |
| уровень нормальной работы водозаборов ≥ 454 м | санитарный попуск ≥ 1000 м ³ /с | санитарный попуск, работа СВ ЛПК ≥ 2000 м ³ /с |
| апрельский рыбный попуск 456 м ± 10 см | гарантированная мощность Братской ГЭС ≥ 2000 МВт | зимний минимальный энергетический попуск ≥ 2000 м ³ /с |
| сентябрьский рыбный попуск 457 м ± 10 см | НПУ $\leq 401,73$ м | гарантированная мощность Усть-Илимской ГЭС ≥ 1910 МВт |
| | | нормальная работа навигации (май – октябрь) ≥ 2900 м ³ /с |

Для создания картографической основы исследуемого участка были использованы карты крупных масштабов и карта масштаба 1:500000, данные дистанционного зондирования. Исходная информация обрабатывалась при помощи информационных систем QGIS [6] и «ГИС Карта» [7], которая впоследствии использовалась для создания цифровой модели рельефа участка р. Ангары от истока оз. Байкал до верхнего бьефа (ВБ) Богучанской ГЭС. Рельеф дна был получен при использовании лоцманских карт.

Для создания гидродинамической модели были использованы: цифровая модель рельефа, чертежи сооружений, данные гидрологических исследований, батиметрические функции водохранилищ и графики зависимости расходов р. Ангары от отметок уровней воды у плотин Иркутской, Братской и Усть-Илимской ГЭС (для калибровки модели).

На построенную по карте-подложке трассу речной сети (рисунок 1) были нанесены поперечные сечения исследуемого участка р. Ангары, привязанные по координатам, и сформирована их конфигурация. Для первых поперечных сечений оз. Байкал, Иркутского, Братского и Усть-Илимского водохранилищ была введена батиметрическая функция зависимости площади зеркала от уровней воды. Технические характеристики плотин введены в редактор речной сети и привязаны к сооружениям [8–11].

Гидродинамическая модель проходит стадию калибровки по имеющимся графикам зависимости расходов р. Ангары от отметок уровней воды у Иркутской, Братской и Усть-Илимской плотин. Для этого модель была разбита на подучастки, которые присоединяются последовательно друг к другу. Калибровочные данные для участка оз. Байкал – Иркутское водохранилище представлены на рисунке 2.

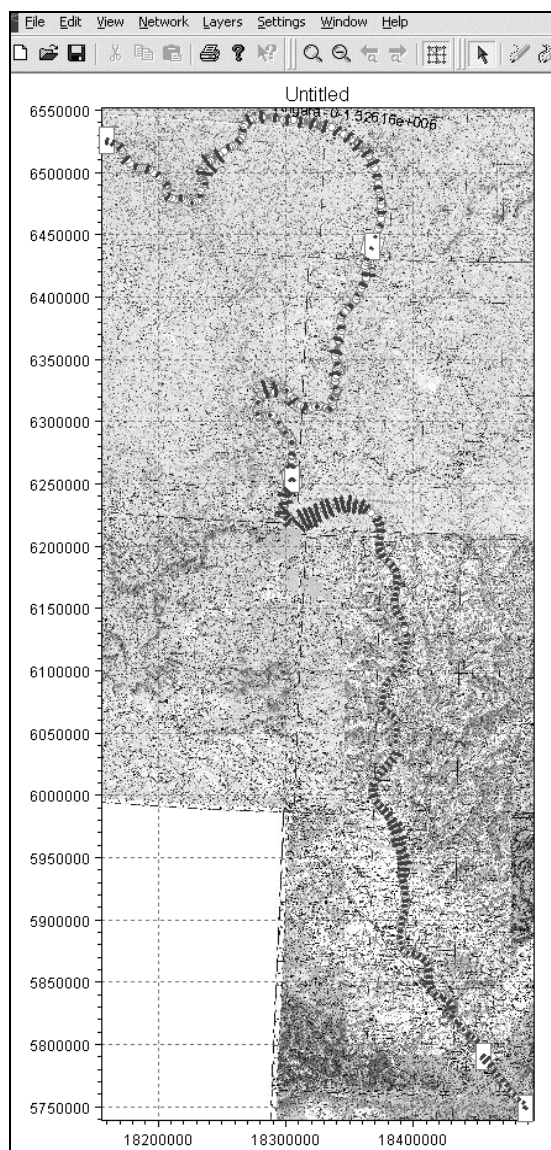


Рисунок 1 – Трасса речной сети исследуемого участка от оз. Байкал до ВБ Богучанской ГЭС в среде программного комплекса MIKE 11

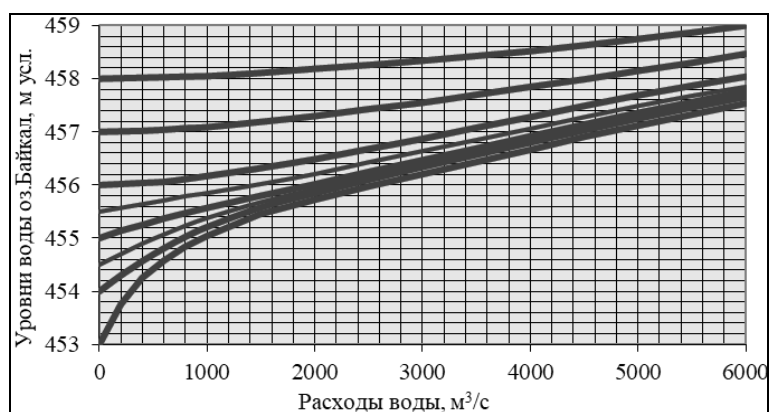


Рисунок 2 – График зависимости уровней воды оз. Байкал и расходов р. Ангары от отметок уровней воды у плотины Иркутской ГЭС [1]

Для каждого подучастка назначались коэффициенты шероховатости в зависимости от имеющихся значений Q/h . На рисунке 3 представлен фрагмент калибровки участка р. Ангары от оз. Байкал до НБ Иркутской ГЭС в среде MIKE 11.

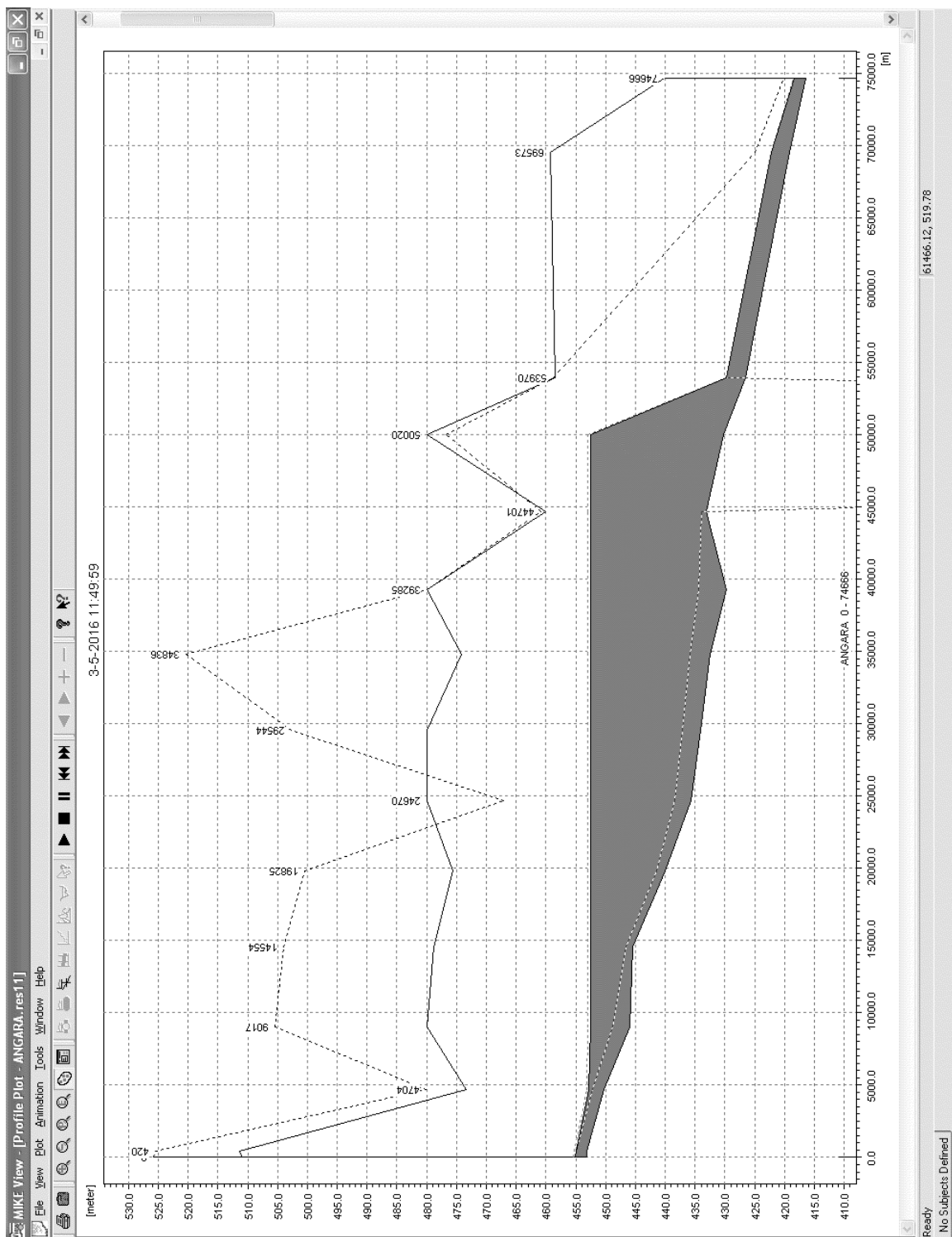


Рисунок 3 – Фрагмент калибровки участка р. Ангары от оз. Байкал до НБ Иркутской ГЭС

Выводы. На данном этапе проекта РФФИ № 17-29-05108 «Развитие оптимизационных подходов к управлению водными ресурсами водохранилищ Ангарского каскада гидроузлов и обоснование диапазона колебаний уровня озера Байкал» гидродинамическая модель проходит стадию калибровки по подучасткам. В результате выполнения второго этапа работ планируется разработать методику и вычислительную технологию управления водными ресурсами Ангарского каскада водохранилищ, включая оз. Байкал, на основе решения многокритериальной оптимизационной задачи и задаваемых приоритетов исследуемых параметров.

Список использованных источников

- 1 Правила использования водных ресурсов Иркутского водохранилища на р. Ангаре. – М., 2013. – 196 с.
- 2 Правила использования водных ресурсов Братского водохранилища на р. Ангаре. – М., 2013. – 156 с.
- 3 Правила использования водных ресурсов Усть-Илимского водохранилища на р. Ангаре. – М., 2013. – 151 с.
- 4 Об утверждении Правил использования водных ресурсов Богучанского водохранилища: Приказ Росводресурсов от 20 ноября 2015 г. № 244. – М., 2015. – 129 с.
- 5 О предельных значениях уровня воды в озере Байкал при осуществлении хозяйственной и иной деятельности: Постановление Правительства РФ от 26 марта 2001 г. № 234 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901783823>, 2019.
- 6 QGIS. Свободная географическая информационная система с открытым кодом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://qgis.org/ru/site/>, 2018.
- 7 КБ Панорама. ГИС Карта 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gisinfo.ru/products/map2011_prof.htm, 2018.
- 8 Компьютерная модель Ангарского каскада гидроузлов / А. А. Бубер, А. А. Талызов, Е. Э. Головинов, Е. В. Федотова // Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации: материалы междунар. науч.-практ. конф., 24–25 окт. 2018 г. – М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2019. – С. 522–527.
- 9 Бубер, А. А. Разработка гидродинамической модели р. Ангара для оптимального управления водными ресурсами Ангарского каскада ГЭС / А. А. Бубер, Е. Э. Головинов, А. А. Талызов // Водные ресурсы России: современное состояние и управление: сб. материалов всерос. науч.-практ. конф., г. Сочи, 8–14 сент. 2018 г. – Новочеркасск: Лик, 2018. – Т. 1. – С. 128–137.
- 10 Компьютерное моделирование речных потоков. Теоретические основы / Науч. консалтинговая фирма «Волга». – М., 2013. – 79 с.
- 11 Компьютерное моделирование систем рек и каналов МИКЕ 11 / Науч. консалтинговая фирма «Волга». – М., 2013. – 47 с.

УДК 631.674.6

Ю. Ф. Снопич, Ю. Ю. Арискина

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

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ В КАПЕЛЬНОЙ ЛЕНТЕ

Актуальность данных исследований состоит в выборе оптимального давления в капельных лентах разного типа, чтобы поддерживать необходимый расход по длине капельной ленты. Данные исследования проводились на опытной установке, выполненной в ФГБНУ «РосНИИПМ». В ходе исследований были получены экспериментальные

зависимости для определения расхода при изменении давления на входе в систему капельного полива и их графическое отображение. Также было определено изменение расхода по длине трубопровода. В целевой капельной ленте происходит уменьшение расхода по длине, а в эмиттерной, напротив, происходит увеличение расхода по длине. При выполнении расчетов было определено, что оптимальным давлением для эмиттерной капельной ленты, длина которой составляет 22 м, является 0,15 МПа, так как расход по длине капельной ленты увеличивается на 1 %, что незначительно влияет на выращивание сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: капельный полив, целевая капельная лента, эмиттерная капельная лента, расход капельной ленты, давление на входе.

Yu. F. Snipich, Yu. Yu. Ariskina

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

THE RESEARCH OF IRRIGATION WATER DISTRIBUTION EFFICIENCY IN DRIP TAPE

The relevance of these studies is to choose the optimal pressure in different types of drip tapes to maintain the necessary flow along the length of the drip tape. These studies were carried out on a pilot plant made in FSBSE "RSRILIP". In the course of the research experimental dependencies for determining the flow rate during pressure change at the inlet to the drip irrigation system and their graphic display were obtained. The flow change along the length of the pipeline was also determined. The flow rate decreases along the length in the slit drip tape but increases along the length in the emitter drip tape. When performing the calculations it was determined that the optimal pressure for the emitter drip tape of 22 m length is 0.15 MPa, as the flow along the length of the drip tape increases by 1 %, which slightly affects the cultivation of agricultural crops.

Key words: drip irrigation, slit drip tape, emitter drip tape, drip tape flow, inlet pressure.

Введение. Разнообразие использования способов капельного полива делает его уникальной техникой полива для любых рядных культур в условиях экономичного использования воды, а также при применении в агротехнологии культур водорастворимых удобрений.

Широкий диапазон выбора капельной ленты как по диаметру и толщине стенки, так и по расстоянию между капельницами способен решить любую агротехническую задачу при поливе сельскохозяйственных культур с разными схемами посадки, а различная производительность капельниц позволяет создавать оптимальный водный баланс для всех типов культур на разных типах почвы.

К настоящему времени гидромелиораторами, такими как В. Н. Шкура, С. М. Васильев, А. Д. Ахмедов, О. Е. Ясониди и др. [1–6], разработано значительное количество разнообразных технических средств, обеспечивающих капельный полив растений, среди которых различные конструктивные решения, модели и типоразмеры капельниц, капельных инжекторов, капельных трубок и лент.

Широкий спектр конструкций капельниц, капельных трубок с широкими диапазонами их технических характеристик позволяют выбрать наиболее приемлемое их конструктивное решение для различных почвенных, морфологических и фенологических условий участка капельного орошения.

В зарубежной и отечественной мелиоративной практике применяются гибкие трубопроводы с дискретно размещенными капельницами и капельницы сплошного трубопроводного лабиринта с устроенными в них водовыпускными отверстиями.

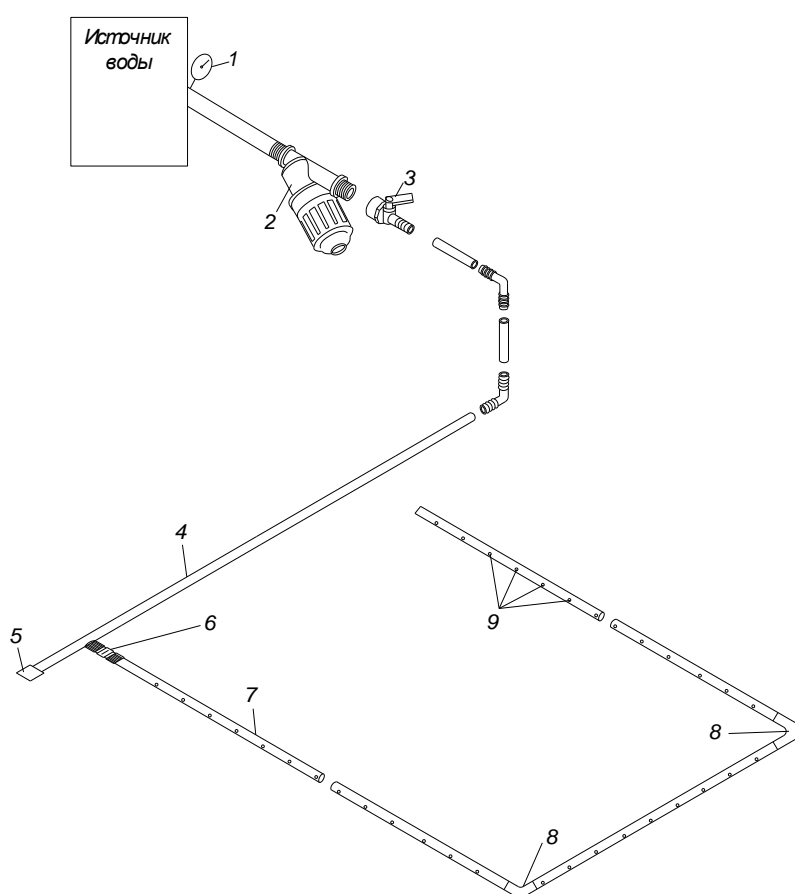
Цель исследования – определение оптимального давления в капельных лентах для равномерного распределения расхода по длине этих лент.

Материалы и методы. Для проведения исследований были выбраны полиэтиленовые капельные ленты – щелевая и со встроенными капельницами (эмиттерная) диаметром 16 мм с расстоянием между водовыпусками 20 и 10 см соответственно.

В качестве определяющего параметра был выбран расход (q , л/ч) одного водовыпуска, а в качестве фактора влияния – давление на входе (p , МПа). Расход определялся на разных участках капельных лент.

Исследования изменения расхода капельных лент проводили в лабораторных условиях с раскладкой линий по 22 м при равномерном изменении давления на входе 0,05; 0,10 и 0,15 МПа.

Щелевые капельные ленты условно разделили на три участка (по три капельницы на участке), а эмиттерные – на два участка (по шесть капельниц на участке). На входе в систему вмонтирован манометр, также установлены кран и фильтр (рисунок 1). Время проведения одного опыта на каждом участке составляло 5 мин.



1 – манометр; 2 – фильтр; 3 – кран; 4 – транзитный трубопровод; 5 – заглушка; 6 – фитинг (кран); 7 – капельная лента (щелевая или эмиттерная); 8 – фитинг (отвод); 9 – капельницы

Рисунок 1 – Схема опытной установки

Результаты и обсуждение. Эксплуатационная надежность системы капельного орошения характеризуется равномерностью расхода по длине капельной ленты. Капельную ленту необходимо рассматривать как трубопровод с непрерывной и равномерной подачей жидкости с убывающим расходом [7, 8]. Исследования проводились в лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ». На лабораторной установке были получены данные о расходе каждой капельницы капельной ленты при увеличении давления (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение расхода одной капельницы q капельной ленты при равномерном увеличении давления

В л/ч

| Давление, МПа | Щелевая капельная лента | | | Эмиттерная капельная лента | |
|---------------|-------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------|
| | 1-й участок | 2-й участок | 3-й участок | 1-й участок | 2-й участок |
| | q_1 | q_2 | q_3 | q_1 | q_2 |
| 0,05 | 0,85 | 0,77 | 0,72 | 1,14 | 1,34 |
| 0,10 | 1,07 | 1,01 | 0,96 | 1,60 | 1,71 |
| 0,15 | 1,26 | 1,24 | 1,18 | 2,06 | 2,08 |

Судя по данным таблицы 1, значения расхода по участкам увеличивались в зависимости от увеличения давления, а в случае с эмиттерной капельной лентой расход увеличивается не только на исследуемых участках, но и по длине капельной ленты почти в два раза. При одном и том же давлении расход по длине может изменяться на 20 %.

В процессе обработки опытных данных получены экспериментальные зависимости для определения расхода q на разных участках капельной ленты:

- для щелевой капельной ленты:

$$q_1 = 0,706 \cdot 2,718^{0,197 p}, \quad (1)$$

$$q_2 = 0,613 \cdot 2,718^{0,238 p}, \quad (2)$$

$$q_3 = 0,57 \cdot 2,718^{0,247 p}; \quad (3)$$

- для эмиттерной:

$$q_1 = 0,86 \cdot 2,718^{0,296 p}, \quad (4)$$

$$q_2 = 1,084 \cdot 2,718^{0,22 p}, \quad (5)$$

где q – расход, л/ч;

p – давление, МПа.

Виды зависимостей (1)–(5) проиллюстрированы рисунками 2 и 3.

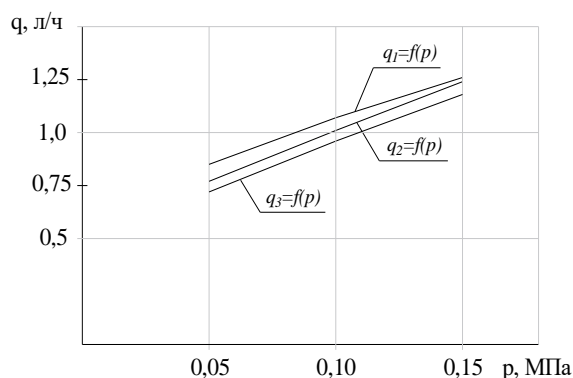


Рисунок 2 – Графическое представление опытных значений q_1 на щелевой капельной ленте

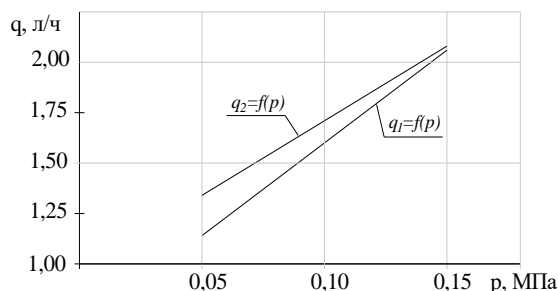


Рисунок 3 – Графическое представление опытных значений q_1 на эмиттерной капельной ленте

По графическому отображению опытных данных можно провести оценку зависимости изменения расхода капельниц на разных участках капельной ленты от изменения давления. При увеличении давления соответственно происходит увеличение расхода капельниц. По длине увеличение расхода наблюдается на эмиттерной капельной ленте. При давлении 0,05 МПа расход по длине увеличивается на 17,5 %, при 0,10 МПа – на 6,9 %, а при 0,15 МПа – на 1,0 %.

Вывод. При выборе капельной ленты необходимо учитывать влияние давления на расход капельниц, так как при увеличении давления расход в конце поливной ленты может стать значительно больше, чем в начале, что может негативно сказаться на выращиваемой культуре. Оптимальным давлением для эмиттерной капельной ленты, длина которой составляет 22 м, является 0,15 МПа, так как увеличение расхода по длине капельной ленты составляет 1,0 % и является незначительным.

Список использованных источников

1 Шкура, В. Н. Капельное орошение яблони: монография / В. Н. Шкура, Д. Л. Обухов, А. Н. Рыжиков; под ред. В. Н. Шкуры. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 310 с.

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

3 Васильев, С. М. Капельные оросительные системы / С. М. Васильев, В. Н. Шкура, А. С. Штанько. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2019. – 179 с.

4 Васильев, С. М. Расчет диаметра контура капельного увлажнения по поверхностному его значению / С. М. Васильев, А. А. Куприянов // Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель Юга России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения), Новочеркасск, 7–24 ноября 2017 г. / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т Донского ГАУ. – Новочеркасск: Лик, 2017. – Вып. 15, ч. 1. – С. 3–10.

5 Ахмедов, А. Д. Надежность системы капельного орошения / А. Д. Ахмедов, А. А. Темерев, Е. Ю. Галлиулина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2010. – № 3(19). – С. 83–88.

6 Ясониди, О. Е. Капельное орошение: монография / О. Е. Ясониди; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 322 с.

7 Расчет плановых параметров контура капельного увлажнения почвы по величине его приповерхностного диаметра / А. С. Штанько, В. Н. Шкура, Ю. Ю. Глущенко, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 1(29). – С. 142–159. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec535-field6.pdf.

8 Гидравлический расчет лент системы капельного орошения / А. Е. Новиков, М. И. Ламскова, В. А. Моторин, В. В. Некрасова // Природообустройство. – 2014. – № 2. – С. 29–32.

УДК 556.535.8

К. Ю. Трубакова

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

АНАЛИЗ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕРЕСЛАВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области, проект «Эколого-социальные проблемы человека в условиях неблагоприятной экологической обстановки песчаных земель Донского бассейна» № 18-45-340001 p_a.

В статье представлен анализ гидрохимического состояния Береславского водохранилища. В результате мониторинга получены данные об изменении содержания растворенного кислорода, железа общего, аммонийного, нитритного и нитратного азота, марганца, магния, БПК и нефтепродуктов. Рассмотрены закономерности изменения данных гидрохимических показателей в течение сезона 2018 г.

Ключевые слова: анализ, гидрохимические показатели, Береславское водохранилище, загрязнение, водный объект, водные ресурсы.

К. Yu. Trubakova

Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

ANALYSIS OF SEASONAL CHANGES IN HYDROCHEMICAL INDICATORS OF THE BERESLAVSKY RESERVOIR UNDER THE CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC POLLUTION

The analysis of the hydrochemical state of the Bereslavsky reservoir is presented in the article. As a result of monitoring, data on changes in the content of dissolved oxygen, total iron, ammonium, nitrite and nitrate nitrogen, manganese, magnesium, BOD and oil products were obtained. Regularities of changes in these hydrochemical parameters during the 2018 season are considered.

Key words: analysis, hydrochemical indicators, Bereslavsky reservoir, pollution, water body, water resources.

Введение. Проблема загрязнения центральной волжской артерии (р. Волги) актуальна до сих пор и ждет решения. Река вместе с притоками подвержена как антропогенному, так и естественному загрязнению. Более четверти бывших в орошении территорий вдоль речного бассейна либо загрязнены и подтоплены, либо полностью выпали из оборота. Процесс урбанизации регионов Нижнего Поволжья (особенно в Волгоградской и Саратовской областях) способствует забору больших объемов воды из поверхностных источников, истощая тем самым водный потенциал территорий [1]. Цепь, состоящая из девяти волжских водохранилищ, находится без контроля, фактически заброшена.

В связи со сложившейся экологической обстановкой происходит застой вод во всей системе водохранилищ, который в свою очередь оказывает влияние на гидрохимические показатели. В гидрографической системе водообмен Волги резко уменьшился. Из 150 тыс. притоков реки более 2/5 исчезло. Оставшиеся либо засорены, загрязнены и полуосушены, либо используются в промышленных и животноводческих целях [2].

На водохранилищах Поволжья площадь мелководий уже давно превышает 350 тыс. га, при этом они зарастают, заболачиваются, затем становятся местом размножения различных возбудителей паразитарных заболеваний. Поражение рыб только гельминтами составляет более 70 %.

Структура подземной гидросферы, а именно грунтовые и пластовые воды, также находится в зоне экологического риска, таит в себе скрытую угрозу. В результате колебания уровня грунтовых вод, который, словно «на качелях», то падает, то поднимается, происходит движение окрестной территории. Впоследствии оно приводит к затоплению, осушению, промерзанию или оттаиванию, вызывая тем самым необратимые процессы – оползни, обрушения, грунтовые просадки.

Один из самых мощных геодинамических процессов – абразия берегов – не только наносит огромный ущерб в хозяйственном плане, но и уничтожает целые биоценозы со своей средой обитания, располагающейся в прибрежной зоне [3]. Изучение абразии искусственных водоемов (водохранилищ) более актуально, ведь размыв их берегов составляет всего около десятка лет, в отличие от естественных, где процесс

может занимать сотни тысяч лет и больше. Активное развитие гидротехнического строительства, создание новых водохранилищ приводит к отступлению береговой линии, обрушению склонов, заилению и занесению чаши водохранилища. Стоит очень внимательно следить за развитием этих процессов, учитывать их закономерности на проектируемых и введенных в эксплуатацию водохранилищах [4].

Часть Волго-Ахтубинской поймы и займища лишь в последние годы начала вновь обводняться, но в целом недостаток в удобрении и увлажнении сохраняется. Абсолютные потери земель только вдоль крупных волжских водохранилищ составляют более 5 млн га [5].

Антропогенное загрязнение в прибрежной зоне – результат хозяйственной деятельности человека, а именно складирования бытового и строительного мусора, выброса биоотходов. Состояние практически всех родников неудовлетворительное. Вода подземных источников в два раза хуже поверхностных по санитарно-химическим показателям. Ухудшение качественных показателей вод в поверхностных водоемах обусловлено их загрязнением сточными водами, содержащими неорганические формы азота, фосфора и др., которые приводят к массовому развитию патогенной микрофлоры, сине-зеленых водорослей, вызывающих изменение гидрохимических свойств и гидробиологического состояния воды [6].

Материалы и методы. Цель исследований – провести сравнение гидрохимических показателей вод Береславского водохранилища, взятых в разные календарные периоды 2018 г. Береславское водохранилище – крупный искусственный водоем, расположенный на Волго-Донском судоходном канале, в пределах Калачевского района Волгоградской области. Отбор проб проводился три раза: весной, летом и осенью 2018 г. (48°63' с. ш., 44°09' в. д.) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Исследуемый водный объект для проведения гидрохимического анализа, Калачевский район, 2018 г.

Результаты и обсуждения. В результате исследования были получены данные о закономерности изменения гидрохимического состояния исследуемого водного объекта. Отметим, что в процессе были получены данные о следующих показателях: рН, растворенный кислород, железо общее, марганец, азот аммония, азот нитритный, азот нитратный, биохимическое потребление кислорода (БПК), магний, нефтепродукты (таблица 1).

Таблица 1 – Гидрохимические показатели качества воды,

Береславское водохранилище, Калачевский район, 2018 г.

В мг/дм³

| Календарный срок отбора пробы воды | Показатель | | | | | | | | | |
|------------------------------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|---------------------|-----|----------------|------------------|
| | O ₂ | NO ₃ ²⁻ | NO ₂ ⁻ | NH ₄ ⁻ | Mn ²⁺ | Mg ²⁺ | Fe ^{2+/3+} | БПК | нефте-продукты | реакция среды рН |
| Апрель | 7,0 | 3,0 | 0,08 | 0,5 | 0,04 | 14,9 | 0,15 | 3,0 | 0,01 | 7,0 |
| Июль | 8,5 | 2,4 | 0,06 | 0,3 | 0,16 | 15,7 | 0,14 | 2,4 | 0,01 | 7,5 |
| Октябрь | 8,9 | 2,2 | 0,06 | 0,2 | 0,13 | 15,8 | 0,15 | 2,5 | 0,02 | 7,8 |
| Норма (ПДК) | ≤ 6,0 | 40,0 | 0,08 | 0,5 | 0,1 | 40,0 | 0,3 | 3,0 | 0,05 | 6,5–8,5 |

Анализ данных результатов показал, что количество растворенного O₂ в воде Береславского водохранилища за период исследования не опускалось ниже ПДК. Средняя величина содержания O₂ в зависимости от сезона года составляет 7,0–8,9 мг/дм³. Максимум растворенного O₂ наблюдается в осенний период, минимум – в летний, что свидетельствует о достаточно высокой проточности воды.

Величина рН незначительно меняется в течение года от 7,0 до 7,8. Разница между осенним и весенним периодами составляет 0,8.

В весенний период норма показателей NH₄⁻ и NO₂⁻ находится на пределе. Связано это с антропогенным воздействием. Так как исследуемый объект является связующим звеном в системе Волго-Донского канала, в результате весеннего паводка происходит поступление большого количества талой снеговой массы вместе с накопленными за зимний период загрязняющими взвешенными веществами. То же и с показателем БПК, по нормам (ГОСТ 2761-84) для рыбохозяйственных предприятий и водоемов культурно-бытового использования он должен лежать в пределах 3,0–4,0 мг/дм³ [7].

Проведенный анализ данных свидетельствует о том, что с каждым годом происходит малозаметное, но все-таки движение в сторону ухудшения экологической ситуации, несмотря на мероприятия по профилактике и очистке.

Выводы. Автором была проведена оценка экологического состояния вод Береславского водохранилища при антропогенном загрязнении на основе изучения гидрохимических показателей. В результате исследований был проведен анализ состояния водного объекта, который позволил выявить закономерности изменения гидрохимических показателей в зависимости от времени года. По результатам исследований было решено продолжить работу по изучению водного объекта, расширить исследования, добавив прилегающие территории и родники.

Выявление экологических проблем территории, отбор проб и проведение анализа воды в дальнейшем помогут подготовить рекомендации по сохранению и улучшению экологического состояния Береславского водохранилища и его прибрежной территории.

Список использованных источников

1 Государственный доклад «Об экологической ситуации в Волгоградской области в 2017 году» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oblkompriroda.volgograd.ru/upload/iblock/909/Doklad-v-Komitet-priir.-resursov.pdf>, 2019.

2 Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2016 году». – М.: НИА-Природа, 2017. – 300 с.

3 Экологические аспекты устойчивости биоценозов водохранилищ Юга России

и некоторые пути их решения / И. П. Кружилин [и др.] // Aquattera: тез. докл. 9-й Международ. практ. конф., 14–15 июня 2006 г. – СПб., 2006. – С. 68–69.

4 Совершенствование стратегии охраны водоемов Волгоградской области от загрязнения в связи с деградацией водосборных территорий / В. В. Брагин [и др.] // Вестник Российской академии естественных наук. – 2007. – Т. 7, № 5. – С. 5–58.

5 Государственный доклад «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2017 году» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.ru/site/activity/sostoyanie-zemel-ossii/gosudarstvennyu-natsionalnyu-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii/>, 2019.

6 Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.

7 ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. – Введ. 1986-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 12 с.

УДК 556.536:631.6

А. А. Бубер, А. А. Талызов

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

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НИЖНЕЙ ВОЛГИ

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ (№ 18-45-342002 р_мк) при финансовой поддержке комитета экономической политики и развития Волгоградской области.

В статье приведены особенности разработки гидродинамической модели дельты р. Волги и области западных подстепных ильменей. При помощи имитационного моделирования движения вод в MIKE 11 планируется решение задачи обводнения исследуемого объекта и научного обоснования мелиоративных мероприятий, обеспечивающих достаточную подачу воды в маловодный год.

Ключевые слова: управление водными ресурсами, водообеспечение, цифровая модель рельефа, гидродинамическое моделирование в MIKE 11.

A. A. Buber, A. A. Talyzov

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

SPECIAL FEATURES OF THE HYDRODYNAMIC MODEL DEVELOPMENT OF THE LOWER VOLGA

The features of the hydrodynamic model development of the Volga river delta and areas of western substeppe ilmens are presented. The problem solving of watering of the object under study and scientific substantiation of land reclamation activities that ensure sufficient water supply in dry years with the simulation flow modeling in MIKE 11 it is planned.

Key words: water management, water supply, digital elevation model, hydrodynamic modeling in MIKE 11.

Введение. Основной задачей проекта является разработка гидродинамической модели для решения задач обводнения дельты р. Волги и зоны западных подстепных ильменей в интересах воспроизводства водных биоресурсов, сохранения уникальной экосистемы и водообеспечения водопользователей.

В связи с зарегулированием стока Волги и созданием гидроузлов Волжско-Камского каскада произошло существенное изменение гидрологического режима Нижней Волги, трансформация дат и продолжительности половодья, а также снижение уровней режимов р. Волги и ее рукавов, которое существенным образом влияет на экологию и рыбное хозяйство исследуемого участка.

Ситуацию в зоне западных подстепных ильменей также усугубило строительство автомобильной и железной дорог. Территория перестала периодически затопливаться и промываться за счет весенних паводковых вод и нагонных явлений. На сегодняшний день западные подстепные ильмени обводняются только в многоводные годы в пределах поймы рук. Бахтемир. Ильмени усыхают, повышается их минерализация, сенокосы и пастбища, расположенные в зоне, из-за засоления и заболачивания забрасываются, вместо них осваиваются новые. В районах, где доступ воды ограничен, озера пересыхают и превращаются в солончаки.

С запада к дельте р. Волги примыкают западные подстепные ильмени, валовая площадь которых 892 тыс. га. Рельеф территории сложен буграми Бэра, чередующимися с ильменями. Грунтовые воды в зоне подперты со стороны Каспийского моря и р. Волги, чем обусловлена их бессточность. Испарение вызывает подъем солей и засоление зоны аэрации, почвенного покрова и грунтовых вод.

Материалы и методы. В период половодья вода из р. Волги, рук. Бахтемир, Хурдун и Ерик Хурдун поступает при помощи насосных станций на водных трактах, а также в самотечном режиме, обеспечивая обводнение ильменей, орошение земель, водоснабжение населенных пунктов (население около 120 тыс. человек). На территории функционируют следующие оросительно-обводнительные системы: Бешкульская, Прикаспийская, Восточенская, Камышовская, Зареченская и Лиманская [1, 2]. Схема расположения основных элементов данных систем приведена на рисунке 1.

На основе исходной информации, полученной в ходе предыдущих научно-исследовательских работ, была разработана база исходных данных, содержащая информацию о сбросах из Волгоградского водохранилища, имеющихся постах наблюдений, водных трактах и позволяющая выполнять выборки необходимых наборов данных с помощью запросов.

Результаты и обсуждение. Исследуемый участок включает р. Волгу от с. Верхне-Лебяжье до впадения в Каспийское море и ее основные рукава. На основе топографической карты построена трасса речной сети по руслу и пойме р. Волги и ее протокам (Бузан, Прямая Болда, Царев, Камызяк, Каныча, Бахтемир, ерик Хурдун, Хурдун, Большая Кара, Бакланенок, Ямная, Старая Волга). Введены координаты X, Z для поперечных сечений, их плановое положение привязано к карте-подложке. В качестве граничных условий для численного моделирования выбран расход воды в районе поста гидрологических наблюдений Верхнее Лебяжье, в замыкающих створах был задан уровень Каспийского моря (для рук. Бахтемир, Царев, Камызяк, Каныча, Старая Волга и р. Волги). Подача воды в водные тракты была смоделирована условиями $Q(t)$ (расходы воды во времени), положение водозаборов в модели показано на рисунке 2.

Для обоснования предполагаемых мелиоративных мероприятий были рассмотрены годы малой и высокой обеспеченности с объемом годового сброса 199 и 266 км³, по которым происходила калибровка гидродинамической модели. Суть калибровки заключалась в подборе коэффициентов шероховатости для различных отрезков основного русла р. Волги и протоков дельты, включенных в модель. После задания коэффициентов шероховатости выполнялись расчеты, на основании их результатов принималось решение о дальнейшем изменении коэффициентов. Таким образом, были подобраны коэффициенты, позволяющие выполнять расчеты с погрешностью уровней воды не более 0,15 м. Полученные в результате моделирования продольные профили кривой свободной поверхности воды показаны на рисунке 3.



Рисунок 1 – Схема расположения сооружений и водных трактов в зоне западных подстепных ильменей

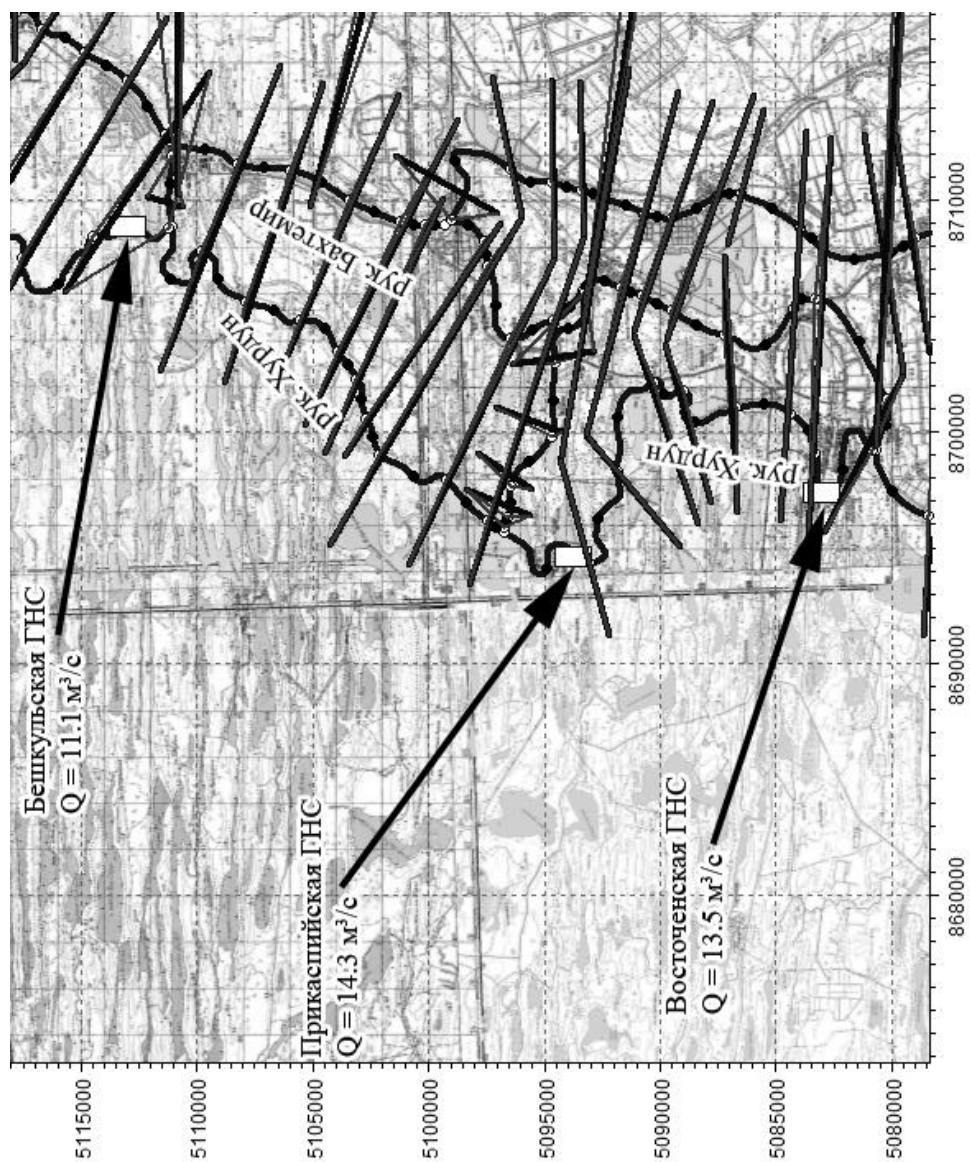


Рисунок 2 – Водозаборные сооружения гидродинамической модели в среде MIKE 11

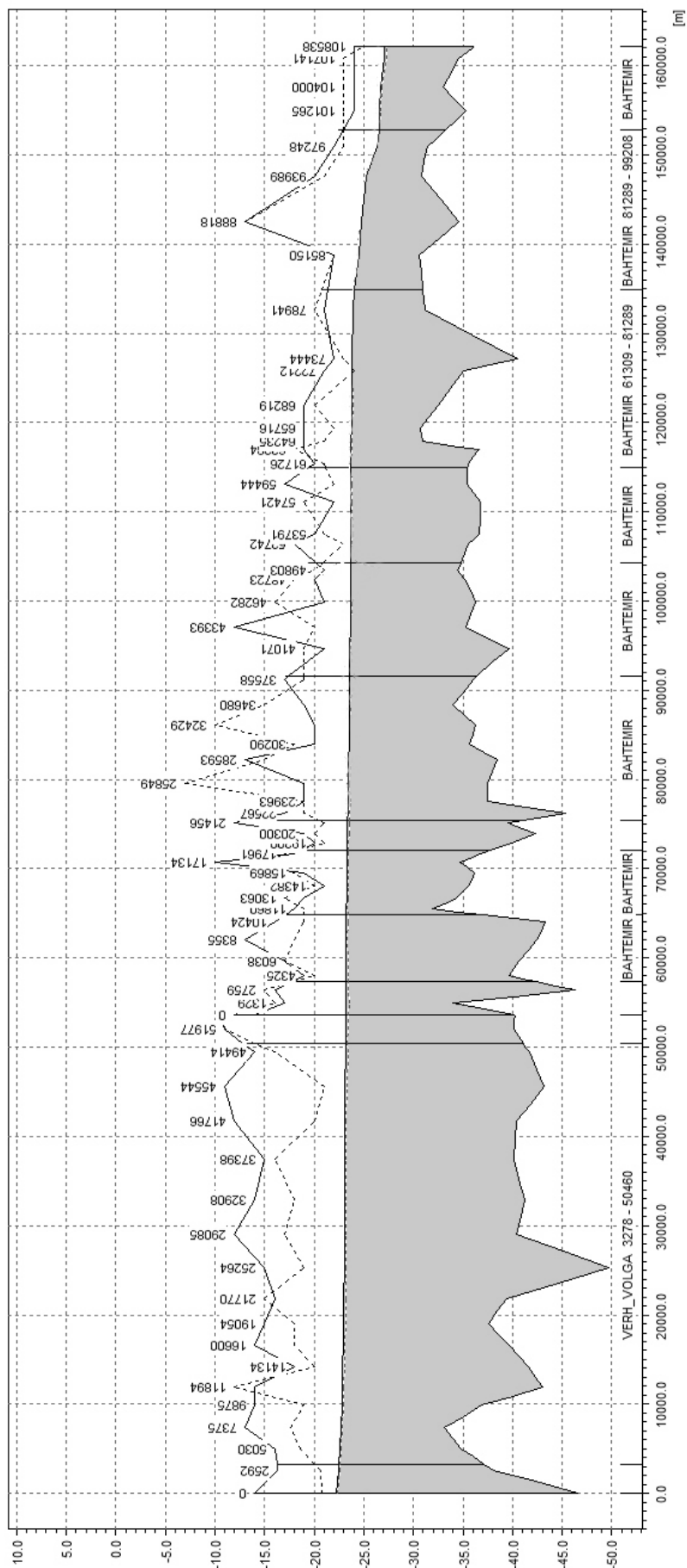


Рисунок 3 – Продольный профиль русла р. Волги и рук. Бахтемир при прохождении калибровочного расхода 15200 м³/с (многоводный год)

Выводы. В результате исследования получена компьютерная гидродинамическая модель участка дельты р. Волги, учитывающая характеристики основного русла и протоков, а также функционирование водозаборов оросительно-обводнительных систем. С помощью данной модели планируется получить научное обоснование мелиоративных мероприятий, направленных на увеличение уровней воды в маловодные и средневодные годы за счет строительства гидротехнических сооружений и оптимизации управления режимами работы Волжско-Камского каскада, которая должна осуществляться в зависимости от прогноза приточности и запасов воды в водохранилищах.

Для сокращения ущербов водным биоресурсам рекомендуется выполнение «Основных правил использования водных ресурсов Куйбышевского и Волгоградского водохранилищ» 1983 г., в которых в маловодные и средние по водности годы предусмотрена сработка к 1 июля Куйбышевского водохранилища до уровня 51 м б. с., Волгоградского – до 13 м б. с., что позволит обеспечить спецпуск воды объемом 15–17 км³ [3].

Конфигурация сбросных гидрографов Волгоградского водохранилища должна быть близка к естественным условиям и построена в соответствии с рекомендациями Д. Н. Катунина [4, 5]: заполнение полоев должно начинаться за неделю до наступления оптимальной нерестовой температуры (+8 °С), колебание уровня воды на посту наблюдений в г. Астрахани не должно превышать 6 см, а продолжительность рыбохозяйственной полки – 20–25 сут.

Список использованных источников

1 Горелиц, О. В. Оценка морфометрических характеристик русла при планировании мероприятий по водообеспечению территорий Нижней Волги / О. В. Горелиц, И. В. Землянов, Л. Г. Синенко // Управление водно-ресурсными системами в экстремальных условиях: сб. докл. междунар. конф., 4–5 июня 2008 г. – М., 2008. – С. 306–310.

2 Выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по реализации федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» по научному обоснованию мероприятий, обеспечивающих рациональное использование водных ресурсов и устойчивое функционирование водохозяйственного комплекса Нижней Волги, сохранение уникальной системы Волго-Ахтубинской поймы: отчет по 2, 3 этапам НИОКР: ГК от 13 сент. 2013 г. № 10-ГК/ФЦП-2013 / ФГБУ «ГОИН». – М., 2015.

3 Основные правила использования водных ресурсов Волгоградского водохранилища на р. Волге: утв. М-вом мелиорации и вод. хоз-ва РСФСР 11.11.83. – 36 с.

4 Катунин, Д. Н. Система информационного обеспечения управления и решения проблемы водообеспечения зоны ЗПИ / Д. Н. Катунин, Т. С. Бесчетнова, А. В. Кузин // Водообеспечение ЗПИ и пути решения: материалы науч.-практ. конф. – Астрахань: Астрах. ун-т, 2011. – С. 21–23.

5 Катунин, Д. Н. Гидроэкологические основы формирования экосистемных процессов в Каспийском море и дельте реки Волги: монография / Д. Н. Катунин; ФГУП «КаспНИРХ». – Астрахань, 2014. – 478 с.

УДК 556.16:627.157

Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева

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

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА СТОКА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ РЕКИ КУНДРЮЧЬЯ

В статье приведены количественные показатели взвешенных наносов, рассчитанные по различным методикам (по карте изолиний Г. И. Шамова и гидрологической

аналогии). Установлено, что среднегодовая мутность воды р. Кундрючья составляет около 400 г/м^3 . Определены модульные коэффициенты для перехода к обеспеченностям различной вероятности превышения. На основании данных расчетов выполнен анализ влияния исследуемого показателя на изменение проектных характеристик Соколовского водохранилища.

Ключевые слова: экология, мутность воды, взвешенные наносы, сток, водохранилище.

T. S. Ponomarenko, A. V. Breeva

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

RESULTS OF THE CALCULATION OF THE RIVER KUNDRYUCH'YA SUSPENDED SEDIMENTS RUNOFF

The quantitative indicators of suspended sediments calculated by various methods (according to the G. I. Shamov's contour map and hydrological analogy) are presented. It is found that the average annual water turbidity of the Kundryuch'ya river is about 400 g/m^3 . Modular coefficients for the transition to the provisions of different exceedance probabilities are determined. On the basis of these calculations, the impact analysis of the indicator under study on the change in the design specifications of the Sokolovsky reservoir was performed.

Key words: ecology, water turbidity, suspended sediments, runoff, reservoir.

В настоящее время проблема использования водных ресурсов малых рек является весьма актуальной. Деграция малых и средних рек обусловлена различными негативными факторами, важнейшим из них является экологическое состояние. Малые реки принимают с водой различные наносы и растворенные вещества, поступающие с водосборов. Взвешенные наносы, содержащие массу вредных веществ, влияют на заиление русел рек и прилегающих к ним водотоков, а также могут привести к выходу из строя гидротехнических сооружений [1, 2].

Река Кундрючья берет начало на восточных склонах Донецкого кряжа на отметках около 300 м БС и впадает с правого берега в р. Северский Донец в 19 км от устья. Общая длина р. Кундрючья составляет 244 км, из них 223 по территории России; площадь бассейна 2320 км^2 (рисунок 1) [3].

Среднемноголетний годовой расход воды в р. Кундрючья на 22-м км от устья составляет $4,82 \text{ м}^3/\text{с}$, что соответствует объему годового стока $0,152 \text{ км}^3$.

Исследуемый район включает в себя часть водосборной площади р. Кундрючья от с. Ребриковка Киселевского сельского поселения Красносулинского района до створа плотины Соколовского водохранилища.

Водные ресурсы р. Кундрючья используются для снабжения водой населения, промышленных, коммунально-бытовых, сельскохозяйственных предприятий и орошения земель. Река испытывает значительную антропогенную нагрузку в виде сбросов хозяйственных и промышленных сточных вод и наличия большого количества гидротехнических сооружений в русле и притоках р. Кундрючья.

Для характеристики средней за многолетний период величины наносов в реке служит средняя мутность воды, равная отношению среднего расхода наносов к среднему расходу воды.

Годовой сток наносов формируется почти целиком в период весеннего половодья в результате затопления речных пойм и заиления дна долин и русел рек. При этом мутность воды вниз по реке возрастает, особенно в годы высокого весеннего половодья.

В таблице 1 приведен сток взвешенных наносов р. Кундрючья по данным наблюдений на посту Владимирская за период с 1950 по 1983 г.

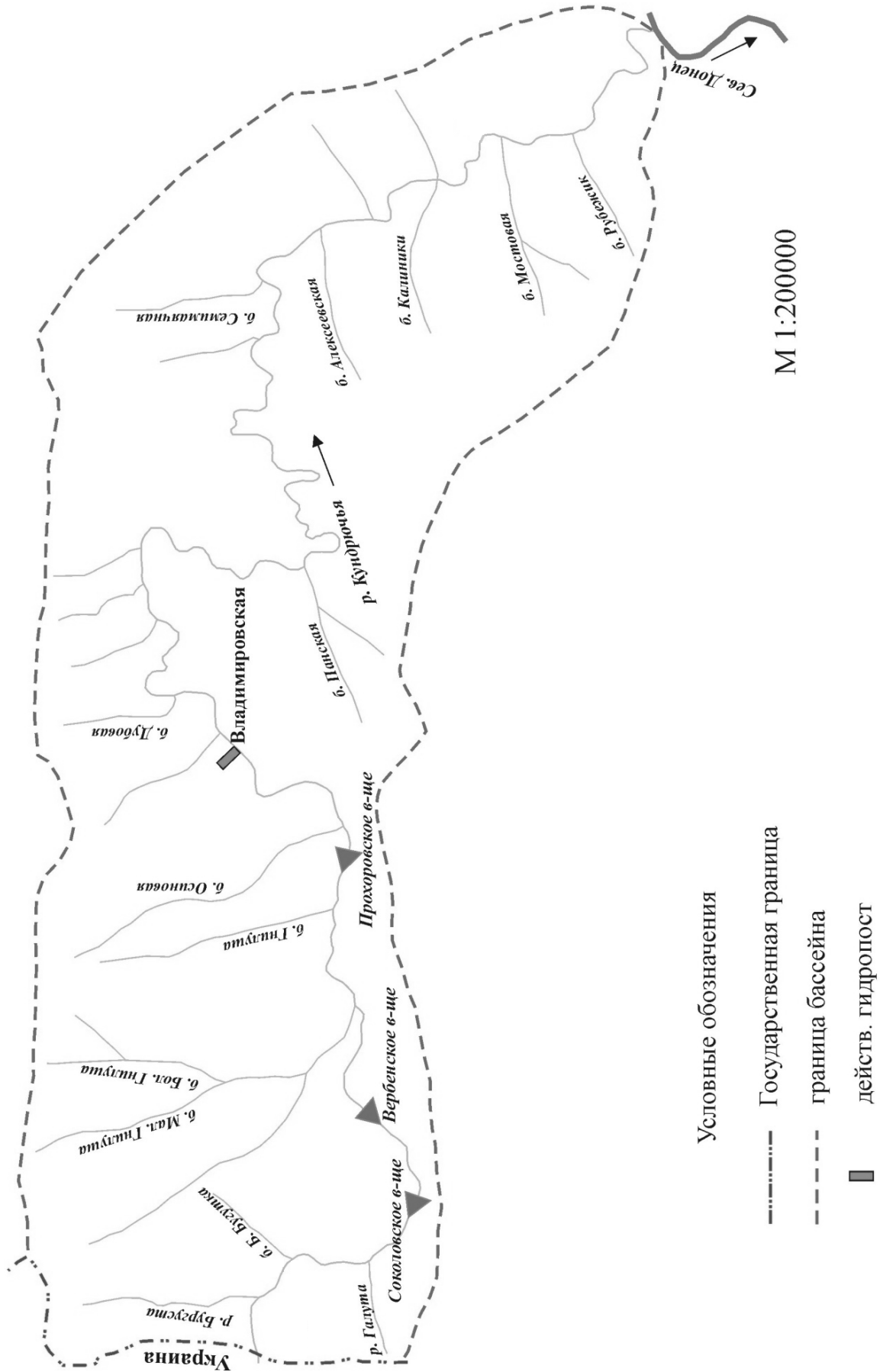


Рисунок 1 – Схема р. Кундрючья

Таблица 1 – Сток взвешенных наносов р. Кундрючья (Владимировская)

| Показатель | Средний | Наибольший | Наименьший |
|--|---------|------------|------------|
| Годовой сток наносов, тыс. т | 23,2 | 110 | 0,28 |
| Среднегодовая мутность, г/м ³ | 349 | 1280 | 10 |
| Максимальная мутность, г/м ³ | 1740 | 8300 | 110 |
| Годовой объем стока воды, млн м ³ | 66,5 | 86,0 | 29 |

Основная часть наносов поступает в реки в период половодья в результате смыва с поверхности водосбора. Недостаточность (отсутствие) данных о стоке взвешенных наносов небольших и малых рек (водотоков) приводит к необходимости гидрологической интерполяции речных наносов по территории на основании имеющихся данных наблюдений, а в большинстве случаев с использованием карты средней мутности рек СССР (по Г. И. Шамову).

Если следовать отмеченной карте, среднегодовая мутность р. Кундрючья находится в пределах 150–500 г/м³ [4].

Вариабельность годового стока наносов существенно превышает одноименную величину стока воды. Согласно Г. В. Лопатину для равнинных рек такое увеличение может составить 1,64 раза. Показатели среднегодового стока наносов р. Кундрючья, определенные с использованием карты изолиний Г. И. Шамова, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели среднегодового стока наносов р. Кундрючья – створ Соколовского водохранилища, площадь водосбора 485,75 км², среднегодовой расход 0,90 м³/с

| Мутность, г/м ³ | | Расход наносов, кг/с | | Сток наносов, т | | Сток наносов, т/км ² | |
|----------------------------|---------------|----------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| мини-мальная | макси-мальная | мини-мальный | макси-мальный | мини-мальный | макси-мальный | мини-мальный | макси-мальный |
| 150 | 500 | 0,135 | 0,405 | 4252,5 | 12757,5 | 8,75 | 26,26 |

Ввиду значительной амплитуды мутности, представленной на карте Г. И. Шамова для зоны степных рек, воспользуемся данными о стоке наносов, приведенными в книге «Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Том 7» [5].

В качестве аналога р. Большой Несветай (н. п. Гребцово), площадь водосбора 872 км², среднегодовой расход воды 1,06 м³/с, среднегодовой расход наносов 0,36 кг/с.

Показатели среднегодового стока наносов р. Большой Несветай (н. п. Гребцово) приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели среднегодового стока наносов р. Большой Несветай (н. п. Гребцово)

| Мутность, г/м ³ | Расход наносов, кг/с | Сток наносов | |
|----------------------------|----------------------|--------------|-------------------|
| | | т | т/км ² |
| 382 | 0,36 | 11336 | 13,0 |

Примечание – Мутность рассчитана по расходу наносов и расходу воды.

Сравнение значений мутности, приведенных в таблицах 2 и 3, обуславливает принятие за расчетную величину мутности р. Кундрючья значение 400 г/м³.

Главные расчетные параметры годового стока взвешенных наносов – среднегодовой расход наносов G_n , среднегодовая мутность $\rho_{m,cr}$, годового стока наносов W_n , модуль годового стока наносов M_n .

Для вычисления расходов взвешенных наносов при заданной обеспеченности устанавливают коэффициент вариации C_{Vn} и коэффициент асимметрии C_{Sn} .

Для европейской территории РФ $C_{Vn} = 3C_V - 0,5$, где C_V – коэффициент вариации годового стока (воды).

Для р. Кундрючья $C_V = 0,48$, тогда $C_{VH} = 0,94$; $C_{SH} = 2C_{VH} = 1,88$.

При известной среднегодовой мутности $\rho_{м.ср.}$, г/м³, расход наносов G_H , кг/с, составит:

$$G_H = \rho_{м.ср.} \cdot Q_0 \cdot 10^{-3},$$

где Q_0 – среднегодовой расход (воды), м³/с.

Годовой сток наносов W_H , т, устанавливают по зависимости:

$$W_H = G_H \cdot 31,5 \cdot 10^3.$$

Модуль годового стока наносов M_H , т/км², устанавливают:

$$M_H = \frac{W_H}{F},$$

где F – площадь водосбора, км², т. е. 485,75 км².

В таблице 4 приведены показатели стока наносов р. Кундрючья с различной вероятностью превышения.

Таблица 4 – Показатели годового стока наносов р. Кундрючья с различной вероятностью превышения

| Вероятность превышения, % | Модульный коэффициент | Мутность, г/м ³ | Расход наносов, кг/с | Сток наносов | |
|---------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------|--------------|----------------------------|
| | | | | т | т/км ² (модуль) |
| 10 | 2,24 | 896 | 1,326 | 41769 | 86,0 |
| 25 | 1,38 | 552 | 0,629 | 19814 | 40,8 |
| 50 | 0,726 | 290 | 0,241 | 7592 | 15,6 |
| 75 | 0,326 | 130 | 0,075 | 2363 | 4,9 |

Примечание – Модульные коэффициенты установлены по таблице «Ординаты кривых трехпараметрического гамма-распределения», где $C_{SH} = 2 \cdot C_{VH}$.

Сток наносов р. Кундрючья в створе Соколовского водохранилища рассчитан без учета его задержания на искусственных водоемах (водохранилище и прудах). При расчетных модулях стока наносов (таблица 4) объем взвешенных наносов, задерживаемых искусственными водоемами, расположенными в бассейне р. Кундрючья выше створа Соколовского водохранилища, установлен пропорционально площади водосбора.

Результаты расчетов приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Показатели стока взвешенных наносов в бассейне р. Кундрючья

В т/год

| Наименование водоема | Среднегодовой сток, т | Сток заданной обеспеченности P , % | | | |
|--|-----------------------|--------------------------------------|-------|------|------|
| | | 10 | 25 | 50 | 75 |
| Соколовское водохранилище $F = 480$ км ² | 11340 | 25402 | 15649 | 8233 | 3700 |
| Соколовское водохранилище, участок обследования $F = 193,14$ км ² | 4510 | 10102 | 6224 | 3274 | 1470 |
| Существующие искусственные водоемы $F = 140,28$ км ² | 3290 | 7370 | 4540 | 2389 | 1073 |
| Соколовское водохранилище за вычетом водосборной площади водоемов на обследуемом участке $F = 52,86$ км ² | 1220 | 2732 | 1684 | 885 | 397 |

Доля стока взвешенных наносов, поступающих в Соколовское водохранилище и в искусственные водоемы, расположенные в бассейне р. Кундрючья в границах обследуемого участка, в общей сумме составляет 0,27 и 0,73.

Основную массу взвешенных наносов задерживают водоемы, расположенные

выше Соколовского водохранилища. При отмеченном соотношении существенного сокращения мертвого объема Соколовского водохранилища за счет заиления в ближайшие 7–10 лет ожидать не следует.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Концептуально-методологические принципы (основы) стратегии развития мелиорации как национального достояния России / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(33). – С. 1–11. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec585-field6.pdf.

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., с. Соленое Займище, 22–23 мая 2015 г. / ФГБНУ «ПНИИАЗ». – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. – С. 340–352.

3 Схема развития орошения с использованием стока малых рек Ростовской области. Т. 2. Водохозяйственный баланс реки Кундрючья. – Ростов н/Д.: Южгипроводхоз, 1989.

4 Шапов, Г. И. Речные наносы. Режим, расчеты и методы измерений / Г. И. Шапов. – М.: Гидрометеиздат, 1959. – 37 с.

5 Мухин, Л. Ф. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Т. 7. Донской район / Л. Ф. Мухин. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 458 с.

УДК 556.5:631.6

А. В. Шевченко

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

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕРХОВОДКИ ПРИ ОБОСНОВАНИИ ПРОЕКТОВ МЕЛИОРАЦИИ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮГА РОССИИ

Целью исследований является изучение механизма и условий формирования верховодки, а также обоснование возможности ее прогнозирования при орошении. В настоящей работе было установлено, что в степной и сухостепной зонах юга России, занятых черноземами и каштановыми почвами, широко развита так называемая верховодка, формирующаяся преимущественно на осолонцованных горизонтах почвогрунтов, погребенных почв и скифских глинах. При орошении часто возникает так называемая ирригационная верховодка или, иначе, формируется новый горизонт ирригационно-грунтовых вод, вызывая засоление, заболачивание почв и резкое уменьшение коэффициентов фильтрации почвогрунтов. Поэтому крайне важным мероприятием при проектировании оросительных систем является учет и прогноз данного явления.

Ключевые слова: верховодка, орошение, почва, осолонцевание, грунтовые воды, минерализация, водоупор.

A. V. Shevchenko

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

THE MAIN REASONS OF PERCHED WATER FORMATION DURING RECLAMATION PROJECTS JUSTIFICATION IN THE STEPPE ZONE OF SOUTHERN RUSSIA

The aim of the research is to study the mechanism and conditions of the perched groundwater formation as well as the justification of possibility of its prediction during irrigation. It was found that the so-called perched water formed mainly on solonized soil horizons, fossil soils and Scythian clays is widely developed in the steppe and dry-steppe zones of southern Russia with chernozems and chestnut soils. Irrigation often leads to the so-called irrigation perched water or, otherwise, a new horizon of irrigation and groundwater is formed, causing salinization, waterlogging and a sharp decrease in soil filtration coefficients. Therefore, the recording and forecasting of this phenomenon is an extremely important action in irrigation systems design.

Key words: perched water, irrigation, soil, alkalization, groundwater, mineralization, control limiting layer.

При разработке и составлении водно-солевого прогноза оросительных систем в степной зоне юга России большое внимание следует уделять исследованию и прогнозированию верховодки.

Изучением механизма и условий формирования верховодки (рисунок 1) в разное время занимались многие ученые и исследователи. Однако впервые ввел в научную литературу понятие «верховодка» и дал ему достаточно полное определение академик Ф. П. Саваренский, указав, какие именно воды следует понимать под этим термином. Он отмечает, что верховодкой обычно называют «ближайшие к поверхности грунтовые воды, не обладающие сплошным распространением и не обладающие постоянством во времени» [1].

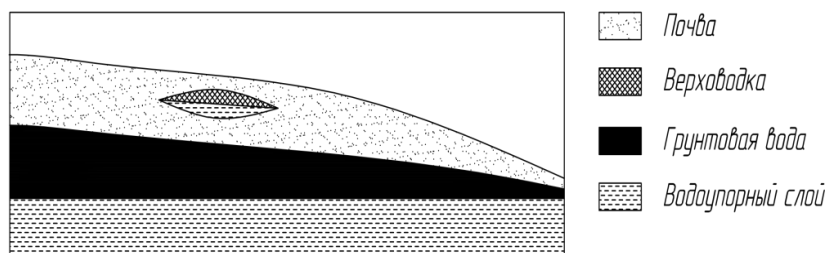


Рисунок 1 – Схема расположения верховодки

В данной статье нет необходимости останавливаться на рассмотрении всех причин формирования верховодки, отметим только, что одной из них могут служить осолонцованные горизонты почв. Роль поглощенного натрия и соды в водопроницаемости почв, дезагрегации и диспергации почвенных частиц и подвижности коллоидов освещена в литературе довольно широко. Значение же осолонцевания и содового засоления в формировании водоупорных горизонтов в лессовых и лессовидных отложениях изучено недостаточно.

Особенно важно изучение этих вопросов в связи с широким развитием орошения в степной и сухостепной зоне, где в составе почвообразующих и подстилающих пород преобладают засоленные, зачастую осолонцованные и содержащие воду лессовидные отложения с погребенными почвами [2].

На таких землях в природных условиях локально развита верховодка, а при орошении часто формируется ирригационная верховодка или новый горизонт грунтовых вод, вызывая засоление и заболачивание почв. Кроме этого, в процессе орошения на осолонцованных и содосодержащих (щелочных) почвогрунтах наблюдается резкое снижение коэффициентов фильтрации, что нередко приводит к значительному изменению проводимости грунтов, имевшей место до орошения и принятой при расчете дренажа, и темпов подъема грунтовых вод [3].

Цель и задача данной статьи состоят в том, чтобы показать и объяснить основные причины формирования верховодки в степной зоне юга России и показать возможность ее прогнозирования при орошении.

В степной зоне юга России верховодка часто встречается на территории Азово-Кубанской равнины, юго-восточной оконечности Среднерусской возвышенности (Калачская возвышенность, Донская гряда, Чирско-Донецкая равнина), Ставропольской и Ергенинской возвышенностей, а также на террасовых равнинах Дона, Сала и Западного Маныча.

Условия и закономерности формирования верховодки рассматриваются в данной работе на примерах северо-западной части Азово-Кубанской равнины (Приморская оросительная система) и Донской гряды (Чирская оросительная система), где изучались геохимические особенности соленакопления и осолонцевания в почвогрунтах зоны аэрации.

Степные ландшафты северо-западной части Азово-Кубанской равнины в геоморфологическом отношении расположены на низменной, осложненной обширными лиманообразными понижениями, водораздельной равнине с черноземами мицелярно-карбонатными (предкавказскими) мощными и сверхмощными тяжелосуглинистыми, прошедшими, очевидно, в своем развитии стадию гидроморфизма [4].

Рассматриваемая территория сложена с поверхности лессовидными желто-бурыми суглинками и легкими глинами, разделенными несколькими (чаще 3–5) горизонтами палеопочв. С глубины 25–45 м покровные лессовидные отложения подстилаются старичными (лиманными) глинами и верхнеплиоценовыми песками аллювиального происхождения. Для суглинков характерны высокая карбонатность, наличие с глубины 2,5–5,0 м соленосных прослоев, приуроченных чаще всего к горизонтам палеопочв, глубинное осолонцевание и содопроявление [5].

Грунтовые воды формируются глубже 25 м, минерализация их 1–5 г/дм³. Обращает на себя внимание широкое развитие в четвертичных лессовидных отложениях водоносных горизонтов спорадического распространения, так называемых верховодок. Залегают они 2–3 ярусами на глубине от 5 до 20 м, не имея между собой гидродинамической связи. Мощность водоносных горизонтов верховодки колеблется от 0,5 до 1,5–5,0 м без выраженного водоупора. Минерализация ее довольно пестрая (1–12 г/дм³) и зависит от химического состава и степени засоления водовмещающих пород. Такое гидрогеологическое строение проектируемой под орошение территории значительно осложнило разработку водно-солевого прогноза. Возникла необходимость выявления причин формирования многоярусной верховодки и возможности ее прогнозирования. С этой целью были изучены некоторые особенности литохимического строения почвогрунтовой толщи в зоне аэрации [6].

Для лессовидных четвертичных отложений рассматриваемого ландшафта характерна довольно пестрая литохимическая слоистость, обусловленная циклическим палеопочвообразованием в антропогене.

Так, несмотря на высокое содержание CO₂ карбонатов кальция по всему профилю почвогрунтов, максимальное его скопление отмечается в иллювиальных горизонтах палеопочв. В поведении гипса отмечается всего один пик, приуроченный к первой от поверхности погребенной почве. Это обстоятельство может служить подтверждением протекавших здесь в прошлом интенсивных солончаковых процессов. До глубины 2,5 м почвогрунты опреснены. В составе солей при плотном остатке 0,07–0,08 % доминируют до 1,5 м сульфаты и гидрокарбонаты кальция, глубже 1,5 м появляются «следы» двууглекислой и нормальной соды, или слабое содово-сульфатное засоление. Солевой остаточной-аккумулятивный максимум залегают обычно на глубине 2,5–5,0 м. Сумма солей достигает здесь 1,4–2,2 %. Из них большая часть приходится на долю сернокислого кальция. Сода в этом случае отсутствует. Непосредственно под аккумулятивным горизонтом засоление резко снижается до 0,4–0,2 %. Химизм переходит в сульфатно-натриевый, часто со следами соды. Глубже горизонтов солевой аккумуляции наблюдается однородность засоления как по концентрации, так и по химическому

составу. Сумма солей колеблется от 0,2 до 0,3 % при содово-сульфатном химизме. Количество нормальной соды составляет 0,03–0,1 мг-экв, общий 0,5–1,80 мг-экв [7].

Количество поглощенного натрия глубже аккумулятивных солевых прослоев (10–15 м) возрастает до 12–18 % от суммы поглощенных оснований. В связи с этим наблюдается рост илистой фракции и утяжеление механического состава с глубиной.

Важно подчеркнуть, что максимальное осолонцевание отмечается преимущественно в иллювиальных горизонтах палеопочв. Это обстоятельство позволяет рассматривать данное явление как реликтовое, усиленное более поздними процессами солеобразования и миграцией натриевых солей вниз по профилю.

Обогащение солями натрия глубоких горизонтов мы связываем с длительным рассолением верхней толщи (0–5, 0–10 м) почвогрунтов в условиях прогрессирующего остепнения ландшафтов. При этом под влиянием атмосферных осадков соли натрия, как более подвижные, вымываются в числе первых в глубокие горизонты, способствуя энергичному их осолонцеванию и разрушению в них минералов. В дальнейшем по мере выноса водорастворимых натриевых солей и из глубоких горизонтов происходит накопление соды путем обменных реакций между присутствующим в избытке CaCO_3 раствора натрием поглощающего комплекса и разрушенных натрийсодержащих минералов типа альбита [8].

Таким образом, рассмотренная выше особенность литохимического строения почвогрунтов зоны аэрации северо-западной части Азово-Кубанской равнины показывает, что лессовидные отложения здесь представляют собой не однородную толщу, а довольно пестрое по разрезу литологическое образование, включающее в себя солонные и осолонцованные горизонты грунтов и палеопочв, являющиеся часто местными водоупорами, на которых формируется верховодка.

Степные ландшафты Донской гряды в пределах Чирской оросительной системы с южными глинистыми и тяжелосуглинистыми черноземами расположены на аккумулятивно-денудационных и денудационно-эрозионных плиоцен-четвертичных водораздельных расчлененных овражно-балочной сетью равнинах.

Высокие водораздельные пространства заняты преимущественно аккумулятивно-денудационными равнинами плиоцен-нижнечетвертичного возраста. Покровные отложения на них представлены глинами и тяжелыми суглинками элювиального и элювиально-делювиального генезиса, подстилаемыми обычно с глубины 10–25 м засоленными красноцветными скифскими глинами верхнего плиоцена. Величина плотного остатка в глинах колеблется от 0,4 до 1,4 %, солевой состав сульфатный и хлоридно-сульфатный.

Элювиальные и элювиально-делювиальные отложения Донской гряды, генетические связанные со скифскими глинами, в интервале глубин 1–8 м имеют содовое, сульфатно-содовое и содово-сульфатное (плотный остаток 0,1–0,4 %) засоление, глубже – хлоридно-сульфатное, сульфатно-хлоридное и сульфатное (0,3–1,6 %).

Почвы и грунты, содержащие соду, в той или иной степени осолонцованы, содержание обменного натрия варьируется от 5 до 23 % от суммы поглощенных оснований. Грунтовые воды залегают на глубине преимущественно 10–15 м, водоупором для них служат скифские глины. Минерализация грунтовых вод в большинстве случаев 6–20 г/дм³, химический состав сульфатный, хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный. На плоских и плоско-выпуклых водоразделах в интервале глубин 1–6 м развита верховодка, образующая, как правило, несколько водоносных горизонтов [9].

Минерализация ее колеблется от 0,5 до 25 г/дм³, химический состав пестрый. Необходимо заметить, что при минерализации до 3–4 г/дм³ распространены гидрокарбонатно-сульфатные натриевые (магниевые-натриевые) и сульфатно-гидрокарбонатные натриевые, зачастую содержащие в своем составе соду, и гидрокарбонатные натриевые (содовые) воды. В верховодке часто присутствует нормальная сода.

Причиной формирования верховодки являются главным образом осолонцованные горизонты почвогрунтов и погребенных почв. В отдельных случаях верховодка образуется и непосредственно на скифских глинах (в местах, где по условиям питания грунтовые воды отсутствуют).

В летний период верховодка залегает обычно на глубине не менее 1,5–2,5 м и характеризуется наибольшей минерализацией. Химический состав ее преимущественно сульфатный магниевый-натриевый, хлоридно-сульфатный магниевый-натриевый и сульфатно-гидрокарбонатный натриевый. В осенне-зимне-весенний период верховодка формируется в пределах почвенного профиля и обнаруживается на глубине 1,4–1,1 м и менее в зависимости от величины атмосферных осадков. Минерализация верховодки с зимне-весенний период не превышает 2–4 г/дм³. Химический состав ее зимой содово-гидрокарбонатный натриевый, сульфатно-гидрокарбонатный натриевый и гидрокарбонатно-сульфатный натриевый, весной – гидрокарбонатно-сульфатный магниевый-натриевый и гидрокарбонатно-сульфатный натриевый [10].

Во всех случаях химизм верховодки обнаруживает довольно тесную связь с солевым составом водовмещающих горизонтов почвогрунтов.

Выводы

1 В степной зоне юга России локально развита верховодка, формирующаяся преимущественно на осолонцованных горизонтах почвогрунтов, погребенных почв и скифских глинах.

2 При орошении следует ожидать смыкание верховодки с грунтовыми водами или трансформацию ее в новый горизонт ирригационно-грунтовых вод.

3 На участках с содово-засоленными (щелочными) и осолонцованными, часто разделенными несколькими горизонтами палеопочв грунтами, где верховодка в природных условиях отсутствует, при орошении создаются предпосылки для ее образования в связи с процессами общего ощелачивания почвенно-грунтовой толщи при рассолении, пептизации коллоидов и перемещения илистой фракции (иллювиированием), обуславливающими уменьшение величины коэффициентов фильтрации.

4 Формирования верховодки или нового горизонта ирригационных грунтовых вод при орошении следует ожидать и на скифских глинах, где грунтовые воды (верховодка) по условиям инфильтрационного питания в настоящее время отсутствуют.

5 Для прогнозирования верховодки при мелиоративном обосновании осваиваемых под орошение земель в степной зоне необходимо, помимо механического состава и засоленности, изучить состав поглощенных оснований всей зоны аэрации вплоть до основного горизонта грунтовых вод. При этом особое внимание должно быть уделено биолитохимической слоистости, обусловленной циклическим палеопочвообразованием в антропогене.

Список использованных источников

1 Вклад академика Ф. П. Саваренского в становление и развитие отечественной гидрогеологии и инженерной геологии / Г. К. Бондарик, В. П. Зверев, Е. М. Пашкин, Т. Ф. Саваренская, В. М. Швец; РАН. Ин-т геоэкологии. – М.: Наука, 2002. – 118 с.

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

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

4 Щеглов, Д. И. Основы геоморфологии: учеб. пособие / Д. И. Щеглов, А. И. Громовик; Воронеж. гос. ун-т. – Воронеж: Изд. дом ВГУ, 2017. – 178 с.

5 Способы мелиорации орошаемых солонцовых почв: науч. обзор / Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, Т. В. Усанина, Т. П. Андреева, Е. В. Долина, Э. Н. Стратинская, О. Ю. Шалашова; ФГНУ «РосНИИППМ». – Новочеркасск, 2011. – 73 с. – Деп. в ВИНТИ 23.05.11, № 245-B2011.

6 Всеволожский, В. А. Основы гидрогеологии: учебник / В. А. Всеволожский. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 2007. – 448 с.

7 Ежова, А. В. Литология: учебник / А. В. Ежова; Томский политехн. ун-т. – 2-е изд. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 336 с.

8 Авлакулов, М. Закономерности динамики процессов влаги-соли переноса в почво-грунтах / М. Авлакулов, А. Н. Хазратов // Инновационное развитие. – 2017. – № 5(10). – С. 9–10.

9 Шестаков, В. М. Геогидрология / В. М. Шестаков, С. П. Поздняков. – М.: Академкнига, 2003. – 176 с.

10 Саваренский, Ф. П. Гидрогеология / Ф. П. Саваренский. – М.: Изд-во АН СССР, 1934. – 335 с.

УДК 631.674

А. А. Чураев, М. В. Вайнберг, А. М. Кореновский

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

СПОСОБЫ ОРОШЕНИЯ СЛОЖНОКОНТУРНЫХ УЧАСТКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ПОЛИВНОЙ ТЕХНИКОЙ

Статья посвящена описанию существующих способов орошения сложноконтурных участков сельскохозяйственных угодий поливной техникой. Рассмотрены разнообразные дождевальные установки и машины для орошения сложноконтурных участков, которые различаются конструкцией водораспределяющих и водопроводящих устройств, условиями работы, давлением, подачей воды и т. д. Каждому типу присущи определенные устройства оросительной сети, технология водораспределения, требования к эксплуатации и условия применения, достоинства и недостатки. На основе проведенного анализа выявлено, что для полива сложноконтурных участков сельскохозяйственных угодий необходима дождевальная техника, имеющая возможность работать как от открытой, так и от закрытой оросительной сети и изменять длину (ширину) захвата дождем. Она может быть собрана из базовых модулей, укомплектованных современными блоками и опциями, реализующими требуемые технологические операции. Дождевальная машина, собранная из базовых модулей, может составлять варианты длин широкозахватной машины конструкций фронтального и кругового перемещения в зависимости от геометрических размеров орошаемого сложноконтурного участка. В настоящее время не вся рассмотренная поливная техника выпускается нашей промышленностью. Есть необходимость в разработке и промышленном производстве новых усовершенствованных дождевальных установок и машин.

Ключевые слова: орошение, сложноконтурный участок, поливная техника, дождевальная машина, сельскохозяйственные угодья, технология полива.

A. A. Churaev, M. V. Vainberg, A. M. Korenovsky

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

IRRIGATION METHODS OF COMPLEX-CONTOURING PLOTS OF AGRICULTURAL LANDS WITH IRRIGATION MACHINES

The description of the existing irrigation methods of complex-contouring plots of agricultural land with irrigation machines is given. Different sprinkling and irrigation machines for areas with complex contours are considered, they differ by the design of water distribution and water conveyance devices, working conditions, pressure, water supply, etc. Each type has specific irrigation network machines, water distribution technology, requirements for operation and conditions of application, advantages and disadvantages. On the basis of the conducted analysis it was found that irrigation of complex-contouring plots of agricultural land requires sprinkling machines that can work from both open and closed irrigation networks and change the length (width) of water spray. It can be assembled from basic modules, equipped with modern units and options implementing the required technological operations. A sprinkler assembled from basic modules can have options of the lengths of a broad-cut sprinkler of linear and circular movement depending on the geometrical dimensions of the irrigated complex contour plot. Nowadays not all considered irrigation equipment is produced by our industry. There is a need for the development and industrial production of new improved sprinklers and sprinkling machines.

Key words: irrigation, complex-contouring plot, irrigation equipment, sprinkling machine, agricultural land, irrigation technology.

Сложноконтурный орошаемый участок представляет собой форму сельскохозяйственного угодья в виде ломаного периметра и характеризуется нестандартной конфигурацией, наличием различных препятствий (лесополосы, дороги, запруды, строения и др.). Для полива таких участков используют чаще всего узкозахватную дождевальную технику: комплект ирригационного оборудования, мини-системы шланго-барабанных дождевальных машин (установок), шланговые дождеватели, дождевальные шлейфы, переставные шланговые дождевальные установки [1].

Разнообразные дождевальные установки и машины для орошения сложноконтурных участков различаются конструкцией водораспределяющих и водопроводящих устройств, условиями работы, давлением, подачей воды и т. д. Каждому типу присущи определенные устройства оросительной сети, технология водораспределения, требования к эксплуатации и условия применения, достоинства и недостатки.

На небольших участках при орошении из открытых водоемов, на участках со сложным пересеченным рельефом и с неправильной конфигурацией поля применяют комплекты ирригационного оборудования (передвижные). В настоящее время для полива таких участков рекомендуется применять мобильные ирригационные комплекты – КИ-5, КИ-10, КИ-25, КИ-50 (разработанные ВНИИ «Радуга») [2].

Применение мобильных ирригационных комплектов КИ-5 наиболее целесообразно для полива овощных культур на мелкоконтурных участках сложной конфигурации, расположенных на удалении не более 300 м от водоисточника. Рациональные технико-эксплуатационные параметры комплекта КИ-5 сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Техничко-эксплуатационные параметры комплекта КИ-5

| Наименование | Единица измерения | Показатель |
|---|-------------------|------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Расход воды | л/с | 5,0–7,0 |
| Полный напор | м | до 52 |
| Напор в начале дождевального крыла | м | 35–40 |
| Орошаемая площадь | га | до 5,05 |
| Площадь одновременного полива | га | 0,195 |
| Количество одновременно работающих дождевальных аппаратов | шт. | 6 |
| Расстояние между аппаратами на дождевальном крыле | м | 18 |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 |
|---|------|-------------|
| Средняя интенсивность дождя с учетом перекрытия | мм/ч | 9,2–12,8 |
| Продолжительность полива на одной позиции при поливной норме 300 м ³ /га | ч | 3,1–2,4 |
| Производительность за час эксплуатационного времени | га | 0,067–0,080 |
| Количество обслуживающего персонала | чел. | 1 |
| Коэффициент эффективного полива | – | 0,71–0,73 |

Дождевальные шлейфы представляют собой сборно-разборные (перемещаемые) дождевальные установки однопозиционного действия в виде линейно-протяженного напорного водовода, оборудованного несколькими вращающимися дождевателями с устроенными на одном их конце дальнеструйным, а на другом – короткоструйным дождевальными аппаратами, обеспечивающими увлажнение протяженными полосами (шлейфами) угодий [3].

Классический тип дождевального шлейфа – на водопроводящем трубопроводе установлены дождевальные аппараты карусельного типа, а по концам трубопровода – водоприемные муфты. Представителем данного типа является дождевальный шлейф ДШ-25-300, его техническая характеристика приведена в таблице 2 [4].

Таблица 2 – Техническая характеристика шлейфа ДШ-25-300

| Наименование | Единица измерения | Показатель |
|---|-------------------------|----------------|
| Длина полива | м | 300 |
| Ширина полива с учетом перекрытия | м | 60 |
| Напор на входе | м | 40–50 |
| Число дождевальных аппаратов | шт. | 3 |
| Орошаемая площадь с одной позиции с учетом перекрытия | га | 0,9 |
| Время стоянки на одной позиции при поливной норме 300 м ³ /га | ч | 3,0 |
| Средняя интенсивность дождя | мм/мин | 0,166 |
| Обслуживающий персонал на группу из 10–12 действующих шлейфов: поливальщик (тракторист) | чел. | 1 (1) |
| Масса шлейфа (стальные трубы диаметром 102 мм с толщиной стенки 2 мм) | кг | 1450 |
| Примерное время перемещения шлейфа на очередную позицию | мин | 10–12 |
| Производительность | л/с (м ³ /ч) | 25–30 (90–108) |

Технология полива предусматривает только прямолинейное возвратно-поступательное перемещение шлейфов по одной и той же трассе от одного конца поля до другого. Поэтому трассы должны быть строго параллельны.

Известны также двухпозиционные типы дождевальных шлейфов, характеризующиеся тем, что одна площадь поливается дважды с разных позиций и в разное время. Представителем данного типа является шлейф ДШК-20-800. Краткая техническая характеристика шлейфа ДШК-20-800 приведена в таблице 3.

В результате полива площади с двух позиций происходит двойное перекрытие кругов полива без увеличения интенсивности дождя в местах перекрытия, что предотвращает возможность появления ирригационной эрозии почвы даже на участках с уклонами до 0,1.

Таблица 3 – Техническая характеристика шлейфа ДШК-20-800

| Наименование | Единица измерения | Показатель |
|---|-------------------|--------------|
| Ширина полива | м | 780–900 |
| Напор на входе | м | 50–55 |
| Число дождевальных аппаратов КД-10 | шт. | 2 |
| Площадь, орошаемая от одного гидранта | га | 4,68 |
| Время стоянки на одной позиции при поливной норме 600 м ³ /га | ч | 6,0 |
| Средняя интенсивность дождя | мм/ч | 10 |
| Обслуживающий персонал на группу из 25–30 действующих шлейфов: поливальщик (тракторист) | чел. | 2 (1) |
| Масса шлейфа (стальные трубы диаметром 102 мм): - при толщине стенки 2 мм - при толщине стенки 3 мм | кг | 2650 3500 |
| Производительность | л/с | 20 |
| Расстояние между шлейфами | м | 55–60 |

Автоматизированные дождевальные шлейфы (ДША-20-80, ДША-20-600) имеют автоматическое поочередное включение в работу дождевальных аппаратов и могут обходиться в обслуживании участка без трактора. Для автоматизации режима переключения дождевальных аппаратов используется гидравлическое реле и механическая или гидравлическая связь с исполнительными механизмами дождевальных аппаратов, открывающими или запирающими поступление воды в аппараты. Как пример в таблице 4 показана экономически целесообразная длина гона шлейфа (м) в зависимости от видов выращиваемых культур [4].

Таблица 4 – Длина гона шлейфа в зависимости от вида выращиваемых культур

В м

| Вид культуры | Тип шлейфа | | |
|---------------------|------------|------------|------------|
| | ДШ-25-300 | ДШК-20-600 | ДШК-20-800 |
| Овощи | 600–900 | 600–650 | 700–800 |
| Зерновые и кормовые | 900–1200 | 1000 | 600–650 |
| Сады и питомники | 500–600 | 700–800 | 1500 |

Описываемые дождевальные шлейфы просты по конструкции, и стоимость их изготовления, отнесенная на гектар орошаемой площади, сравнительно невелика. Применение некоторых дождевальных шлейфов на сложных рельефах и больших уклонах не приводит к увеличению капиталовложений на 1 га. Но все это целесообразно при установленной допустимой длине гона шлейфа и экономической целесообразности выращиваемой сельскохозяйственной культуры.

Перечисленные дождевальные шлейфы имеют свои достоинства и недостатки. Все они отличаются простой конструкцией, не требуют дорогой технологической оснастки, строительства оросительной сети.

Шланго-барабанные дождевальные машины (установки) известны с 70-х гг. прошлого века, сначала за рубежом, затем и в нашей стране. Среди множества их конструкций известна шланго-барабанная дождевальная установка полосового типа, имеющая в качестве дождеобразующего устройства средне- и дальнеструйные дождевальные аппараты, установленные на опору-штатив с полозьями или колесами. На рисунке 1 представлена шланго-барабанная дождевальная машина (установка) фирмы Irrimes (Италия).

Шланго-барабанные дождевальные машины могут эффективно использоваться как на равнинных участках, так и полях со сложными микрорельефом и конфигураци-

ей. Разные модификации шланго-барабанных дождевальных машин комплектуются устойчивыми к износу полиэтиленовыми трубами с эластичными свойствами длиной до 700 м и диаметром до 150 мм [5].



Рисунок 1 – Шланго-барабанная дождевальная машина (установка) фирмы Irrimes (Италия)

Двухконсольный дождевальный распределительный трубопровод вантовой конструкции (рисунок 2) представляет собой центральную жесткую опору, к которой посредством растяжек (вантов) подвешен водопроводящий трубопровод с рассредоточенными вдоль него низконапорными дождевальными насадками. На конце каждого плеча трубопровода устанавливают дождевальный аппарат, работающий по сектору, с целью увеличения ширины полосы полива. Для предотвращения горизонтального складывания трубопровода используют поперечные вантово-стержневые растяжки, вантовые дождевальные распределительные трубопроводы выполняют складывающимися с целью упрощения их транспортировки.



Рисунок 2 – Двухконсольный дождевальный распределительный трубопровод вантовой конструкции

Двухконсольный дождевальный распределительный трубопровод ферменной конструкции (рисунок 3) чаще всего представляет собой четырех- или трехпоясную ферменную конструкцию прямоугольного или треугольного поперечного сечения.

Система ферменной решетки треугольная с восходящими раскосами и стойками. Ближе к концу ферменная конструкция дождевального распределительного трубопровода переходит в вантовую. Между двумя нижними поясами располагается водопроводящий трубопровод с расположенными вдоль него низконапорными дождевальными насадками. На концах каждого плеча трубопровода также расположен дождевальный аппарат. Вся конструкция опирается на платформу с четырьмя пневмоколесами, расстояние между которыми регулируется в зависимости от длины междурядий поливаемой культуры [5].



Рисунок 3 – Двухконсольный дождевальная распределительный трубопровод ферменной конструкции

Краткая техническая характеристика известных в нашей стране и за рубежом конструкций двухконсольных дождевальных распределительных трубопроводов с рассредоточенной водоподачей дана в таблице 5.

Таблица 5 – Техническая характеристика конструкций двухконсольных дождевальных распределительных трубопроводов

| Наименование показателя | Марка конструкции | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|---|
| | ДШ-90Ф (Россия) | ДШ-110Ф (Россия) | ДКФ-30 (Украина) | «Альбатрос» (RM) (Италия) | MOD 49/57 (Irriland) (Италия) | Dusenwagen Klein R-40 (Beinlich) (Германия) |
| Рабочая ширина захвата, м | 55 | 60 | 30–46 | 95 | 57 | 50 |
| Рабочая длина захвата, м | 250 | 400 | 285 (370) | 440 (600) | 300 (500) | 350 |
| Площадь орошения с одной позиции, га | 1,4 | 2,4 | 0,85 (1,7) | 4,2 (5,7) | 1,7 (2,8) | 1,75 |
| Расход, л/с | 8–10 | 10–20 | 6–11 | 36–56 | 8–28 | 4,5–16 |
| Давление на входе, МПа | 0,2–0,5 | 0,3–0,6 | 0,35–0,65 | 0,3–0,4 | 0,1–0,3 | 0,2–0,45 |
| Масса, кг | 500 | 1000 | 500 | 1200 | 600 | 600 |

К достоинствам двухконсольных дождевальных распределительных трубопроводов можно отнести: мобильность и адаптируемость к любой конфигурации орошаемого участка, регулировку базы пневмоколес в зависимости от расстояния между рядами поливаемых культур, простоту в наладке, высокую степень автоматизации, возможность работы на больших уклонах.

К недостаткам – потребность в тракторе при перемещении между позициями, подвод высокого давления (напора) на вход к машине, сравнительно низкое качество дождя при поливе, при использовании дальнеструйного дождевального аппарата ограничен диапазон его применения.

Для нестандартных участков большой площади орошения более рационально использовать дождевальные машины типа «Волжанка» (таблица 6) или электроприводные дождевальные машины кругового и фронтального действия типа: «Мини-Кубань-К», «Мини-Кубань-ФШ», «Мини-Фрегат-К», МДШ-25/100 «Таврия-1» и т. д. [1].

Таблица 6 – Основные технические характеристики модификаций ДМ «Волжанка»

| Наименование модификации | Ширина захвата дождем, м | Расход поливной воды, л/с | Расстояние между гидрантами, м | Число секций труб длиной 12,6 м | Площадь поливаемая с одной позиции, га | Средняя интенсивность дождя, мм/мин | Давление в водопроводе, МПа |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------|
| ДКШ-24-300 | 300 | 24 | 18 | 20 | 0,54 | 0,27 | 0,39 |
| ДКШ-32-400 | 400 | 32 | 18 | 28 | 0,72 | 0,27 | 0,39 |
| ДКШ-40-500 | 500 | 40 | 18 | 36 | 0,90 | 0,27 | 0,39 |
| ДКШ-48-600 | 600 | 48 | 18 | 44 | 1,08 | 0,27 | 0,39 |
| ДКШ-56-700 | 700 | 56 | 18 | 52 | 1,26 | 0,27 | 0,39 |
| ДКШ-64-800 | 800 | 64 | 18 | 60 | 1,44 | 0,27 | 0,39 |

Выводы. На основе проведенного анализа можно сделать обобщение, что для полива сложноконтурных участков сельскохозяйственных угодий необходима дождевальная техника, имеющая возможность работать как от открытой, так и от закрытой оросительной сети и изменять длину (ширину) захвата дождем. Она может быть собрана из базовых модулей, укомплектованных современными блоками и опциями, реализующими требуемые технологические операции. Дождевальная машина, собранная из базовых модулей, может составлять варианты длин широкозахватной машины конструкций фронтального и кругового перемещения в зависимости от геометрических размеров орошаемого сложноконтурного участка.

В настоящее время не вся рассмотренная поливная техника выпускается нашей промышленностью. Есть необходимость в разработке и промышленном производстве новых усовершенствованных дождевальных установок и машин. Дальнейшее совершенствование поливной техники, в т. ч. и для сложноконтурных (нестандартных) участков, идет в направлении улучшения качества дождя и повышения степени соответствия процесса полива агроэкономическим требованиям, снижения материалоемкости и энергоемкости, автоматизации систем управления, создания дождевальных машин с изменяемой шириной захвата, применения новых технологий и материалов, уменьшения воздействия ходовых систем на почву, многоцелевого использования (внесение минеральных и органических удобрений с поливной водой, мелкодисперсное и аэрозольное дождевание).

Список использованных источников

- 1 Васильев, С. М. Дождевание: учеб. для вузов / С. М. Васильев, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 352 с.
- 2 Турапин, С. С. Рационализация мобильных ирригационных комплектов для мелкоконтурных участков орошения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Турапин Сергей Сергеевич. – Новочеркасск, 2007. – 25 с.
- 3 Колганов, А. В. Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора: терминологический словарь. / А. В. Колганов, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 442 с.
- 4 Бредихин, Н. П. Дождевальные шлейфы (теория, конструкция, проектирование, эксплуатация) / Н. П. Бредихин. – М.: Мелиовединформ, 2003. – 400 с.
- 5 Шлангобарабанные дождевальные машины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aquaspray.ru/articles/shlangobarabannje-dojdevalnje-mashinj-preimu-shestva.html>, 2019.

УДК 631.67

А. Е. Шепелев, Л. В. Юченко, В. М. Филимонова

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

ОРОШЕНИЕ СЛОЖНОКОНТУРНЫХ УЧАСТКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Цель исследований – проведение анализа способов орошения сложноконтурных участков сельскохозяйственных угодий. В результате исследований рассмотрена применяемая и разрабатываемая в настоящее время поливная техника для сложноконтурных участков, ее эффективность применения и недостатки. На основании проведенного анализа сделаны выводы, что для полива сложноконтурных участков используют чаще всего поливную технику: комплект ирригационного оборудования, мини-системы шланго-барабанных дождевальных машин (установок), дождевальные шлейфы. На сложноконтурных участках большей площади возможно применение для полива колесного дождевального трубопровода типа «Волжанка». В настоящее время просматривается тенденция использования новых мобильных (малогабаритных) модифицированных дождевальных машин типа «Мини-Кубань-ФШ», «Мини-Фрегат-К» и др. На основе анализа подготовлены схемы возможных технологий полива сложноконтурных участков сельскохозяйственных угодий новой разрабатываемой дождевальной машиной фронтального действия с разной модульной компоновкой.

Ключевые слова: сложноконтурный участок, орошение, дождевальная машина, технология полива, модульная компоновка.

A. E. Shepelev, L. V. Yuchenko, V. M. Filimonova

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

IRRIGATION OF AGRICULTURAL LANDS WITH COMPLEX-CONTOURING PLOTS

The purpose of the research is to analyze the methods of irrigation of agricultural land with complex-contouring plots. As a result of the research, the irrigation machinery currently used and developed for complex-contouring plots, its effectiveness and disadvantages are considered. Based on the conducted analysis it was concluded that irrigation machinery is often used for irrigating complex-contouring plots: a set of irrigation equipment, mini-systems of hose-drum sprinkler machines (installations), sprinkler tow lines. The Volzhanka-type wheeled irrigation pipeline can be used for irrigation on complex-contouring plots of a larger area. At present, the tendency of using new mobile (small-sized) modified sprinkling machines like “Mini-Kuban-FSH”, “Mini-Fregat-K” and others is being examined. Based on the analysis the schemes of possible irrigation technologies for complex-contouring plots of agricultural lands are presented with a linear sprinkler with different modular layout being developed now.

Key words: complex-contouring plot, irrigation, sprinkler, irrigation methods, modular layout.

Введение. Повышение эффективности сельскохозяйственного производства в значительной мере зависит от того, насколько рационально и интенсивно используются земельные ресурсы. В настоящее время орошение сложноконтурных участков нестандартной конфигурации вызывает трудности в организации полива и выборе соответствующей техники. С одной стороны, есть известная и уже давно применяемая для полива таких участков дождевальная техника: комплект ирригационного оборудо-

вания, мини-системы шланго-барабанных дождевальных машин (ДМ) (установок), шланговые дождеватели, дождевальные шлейфы, переставные шланговые дождевальные установки и др. [1]. С другой стороны, большая часть этой поливной техники в последнее время не выпускается нашей промышленностью и требуется более совершенная техника, с хорошим качеством дождя, высоким коэффициентом эффективного полива, которая может легко приспособиваться к конфигурации орошаемого участка и различным технологическим схемам полива.

Сложноконтурные участки могут иметь малые площади (до 10 га) и более крупные, быть нестандартными, в виде ломаного периметра с наличием различных препятствий (лесополосы, дороги, запруды, строения и др.). За последние годы учеными и специалистами [2] теоретически обоснованы и разработаны конструкции технических средств для орошения и микроорошения мелкоконтурных участков со сложным рельефом площадью от 0,06 до 10 га, которые позволяют укомплектовать мобильные оросительные комплексы оборудованием для различных сельскохозяйственных культур. Возможность применения ДМ для орошения сложноконтурных участков зависит от климатических условий и площади участка, технических характеристик и технологии полива ДМ, сопоставления средней интенсивности искусственного дождя и впитывающей способности почвы участка, высоты поливного трубопровода и выращиваемой культуры. Разнообразные дождевальные установки и машины различаются конструкцией водораспределяющих и водопроводящих устройств, условиями работы, давлением, подачей воды и т. д. Каждому типу присущи определенные устройства оросительной сети, технология водораспределения, требования к эксплуатации и условия применения, достоинства и недостатки.

Материалы и методы. Источником проведения анализа способов орошения сложноконтурных участков сельскохозяйственных угодий являлись данные отчетов и научных работ ученых ФГБНУ «РосНИИПМ», ФГБНУ ВНИИ «Радуга», ФГБНУ «ВолжНИИГиМ», научно-техническая литература и материалы интернета. В ходе проведения исследований использовались такие методы научных исследований, как сбор, обработка и анализ информации.

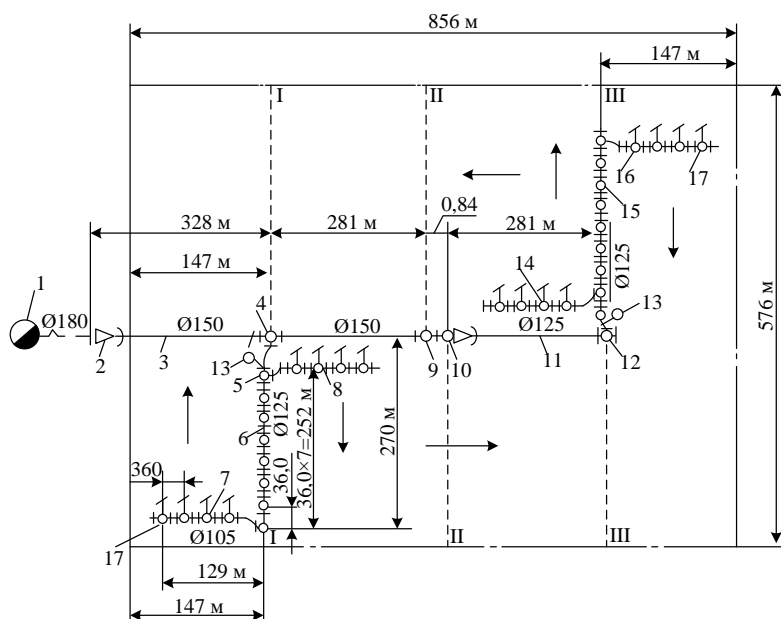
Результаты и обсуждение. В результате проведенного анализа среди применяемой техники орошения сложноконтурных участков сельскохозяйственных угодий рассмотрены мобильные комплекты ирригационного оборудования (КИ-5, КИ-10, КИ-25, КИ-50) [3], которые используют на небольших участках при орошении из открытых водоемов, на участках со сложным пересеченным рельефом и с неправильной конфигурацией поля. К преимуществам дождевальных устройств этого типа можно отнести отсутствие строительства стационарной оросительной сети. К недостаткам – возможность применения на участках, расположенных на расстоянии не более 300 м от водоемисточника; рациональное использование только в районах, где не требуются частые поливы; большие затраты труда на ручное перемещение трубопроводов; низкую производительность [4].

На рисунке 1 показана типовая схема размещения комплекта дождевального оборудования КИ-50.

В 90-е гг. прошлого столетия на полустационарных оросительных системах получили широкое распространение дождевальные шлейфы. Они представляют собой сборно-разборные (перемещаемые) дождевальные установки однопозиционного действия в виде линейно-протяженного напорного водовода, оборудованного несколькими вращающимися дождевателями с устроенными на одном их конце дальнеструйным, а на другом – короткоструйными дождевальными аппаратами, обеспечивающими увлажнение протяженными полосами (шлейфами) сельхозугодий [5].

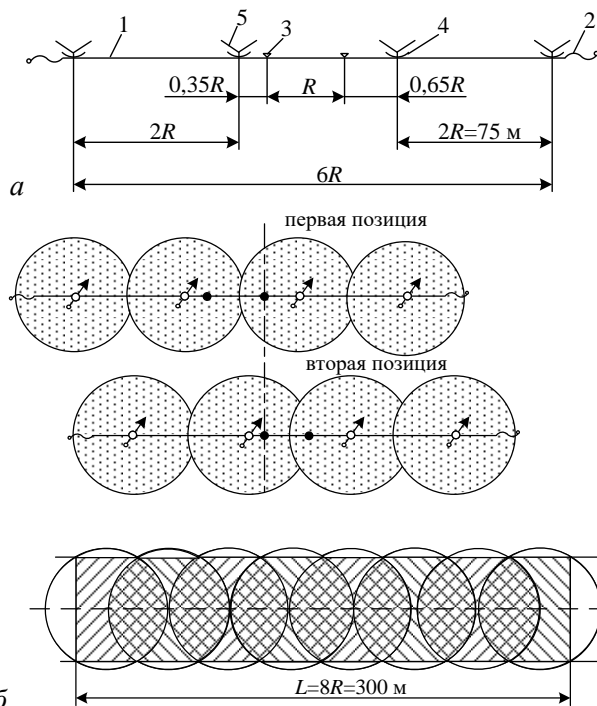
По технологическому процессу шлейфы обладают большой маневренностью, их перемещению не мешают особенности местности (наличие отдельных деревьев, линий связи, электропередач, лощин и т. д.). На рисунке 2 представлено конструктивное

устройство (а) и технологическая схема (б) двухпозиционного дождевального шлейфа ДШ-2П-25-300.



1 – насосная станция; 2 – переход 180 × 150 мм; 3, 11 – магистральные трубопроводы диаметром 150 и 125 мм; 4, 5, 9, 10, 12 – трубы-гидранты; 6, 15 – распределительные трубопроводы; 7, 8, 14, 16 – оросительные трубопроводы; 13 – гидроподкормщик; 17 – дождевальное устройство; I–III – позиции полива

Рисунок 1 – Типовая схема размещения комплекта дождевального оборудования КИ-50

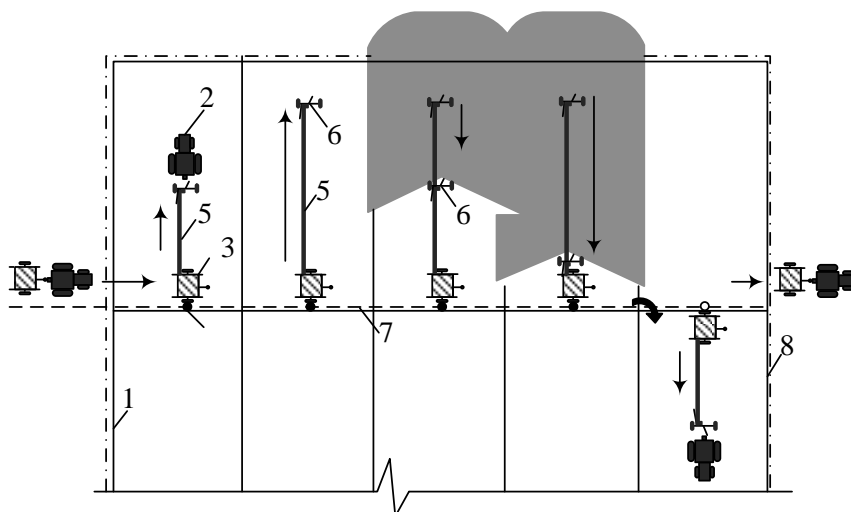


R – радиус захвата дождевального аппарата; L – общая длина полива с двух позиций;
1 – трубопровод; 2 – подсоединительное устройство; 3 – водоприемная муфта;
4 – двухзвенное шарнирное сочленение; 5 – дождевальное устройство карусельного типа

Рисунок 2 – Конструктивное устройство (а) и технологическая схема (б) двухпозиционного дождевального шлейфа ДШ-2П-25-300

Известны разнообразные типы дождевальных шлейфов, разработанные учеными нашего института [6–8]. Все они отличаются простой конструкцией, не требуют дорогой технологической оснастки, строительства оросительной сети. Большим эксплуатационным преимуществом дождевальных шлейфов классического типа является то, что, меняя комплектацию изделий, месторасположение и количество основных узлов, можно из одного типа дождевального шлейфа получить другой, более подходящий для полива. Достоинства автоматизированных дождевальных шлейфов при поливе сложноконтурных участков заключаются в том, что они могут быть сгруппированы для захвата поливом всего участка, рациональное расположение группы шлейфов может обеспечить минимальные общие потери напора в оросительной сети. Дождевальные шлейфы имеют мягкий дождь, создаваемый дождевальными аппаратами карусельного типа. Средняя интенсивность дождя разработанных модификаций дождевальных шлейфов составляет 0,03–0,22 мм/мин, средний диаметр капель – 0,2–1,5 мм, средняя кинетическая энергия дождя – 1000 Дж/м² при поливной норме 200 м³/га. К недостаткам использования одно- и двухпозиционных дождевальных шлейфов можно отнести то, что технология полива предусматривает только прямолинейное возвратно-поступательное перемещение шлейфов по одной и той же трассе, поэтому трассы должны быть строго параллельны, что не всегда удобно при использовании на сложноконтурных участках. Процесс перемещения дождевальных шлейфов с одной рабочей позиции на другую осуществляется с помощью трактора.

Среди использующейся техники для полива сложноконтурных участков есть шланго-барабанные ДМ (установки). Известны шланговые дождеватели барабанного типа (ШДБТ), которые проводят полив при перемещении дождевального аппарата (дождевальной консоли) по площади орошения [2]. На начальном этапе развития ШДБТ подразделялись на два типа: с полиэтиленовым шлангом, наматываемым на барабан, и с плосковорачиваемым рукавом. В современных условиях широкое распространение получили только шланговые дождеватели с полиэтиленовым шлангом, наматываемым на специальный барабан. Технологическая схема полива ШДБТ показана на рисунке 3.



- 1 – граница орошаемого поля; 2 – трактор; 3 – шланговый дождеватель;
4 – гидрант оросительной сети; 5 – полиэтиленовый шланг;
6 – дождевальный аппарат; 7 – оросительная сеть; 8 – грунтовые дороги

Рисунок 3 – Технологическая схема полива шлангового дождевателя барабанного типа

Шланго-барабанные ДМ барабанного типа могут быть оснащены двухконсольными дождевальными распределительными трубопроводами вантовой и ферменной

конструкции, на которых расположены низконапорные дождевальные насадки или аппараты. Размеры поливаемой полосы (длина и ширина) зависят от длины шланга, по которому вода поступает к дождевальному аппарату (дождевальной консоли), и радиуса полива дождевального аппарата или ширины дождевальной консоли [9].

Шланго-барабанные ДМ (установки) получили широкое распространение благодаря мобильности и адаптируемости к любой конфигурации орошаемого участка. К достоинствам двухконсольных дождевальных распределительных трубопроводов можно отнести: регулировку базы пневмоколес в зависимости от расстояния между рядами поливаемых культур, простоту в наладке, высокую степень автоматизации, возможность работы на больших уклонах. Основные недостатки – потребность в тракторе при перемещении между позициями, подвод высокого давления (напора) на вход к машине, сравнительно низкое качество дождя при поливе, ограничение диапазона применения дальнеструйного дождевального аппарата.

Разработанные и уже использующиеся конструкции поливной техники, перечисленные выше, отличаются как многообразием и простотой конструкции, так и трудоёмкостью полива, т. е. требуют большого ручного труда. Они больше подходят для нестандартных сложноконтурных участков малой площади орошения. Для нестандартных участков большей площади орошения более рационально использовать ДМ типа «Волжанка» или электроприводные ДМ кругового и фронтального действия типа: «Мини-Кубань-К», «Мини-Кубань-ФШ», «Мини-Фрегат-К», МДШ-25/100 «Таврия-1» и т. д. [1].

Конструкция ДМ «Волжанка» представляет собой самоходный дождевальный напорный трубопровод, опирающийся на систему колесных опор. Колесный дождевальный трубопровод ДМ состоит из двух автономно функционирующих крыльев, последовательно подсоединяемых к гидрантам закрытой напорной оросительной сети. В различных модификациях размер одного поливного крыла в длину может составлять 150, 200, 250, 300, 350 и 400 м [10].

Последние модификации ДМ «Волжанка» по ширине захвата – ДКШ-64А – 800 м, ДКШ-64А-03 – 600 м, ДКШ-64А-04 – 400 м. На машинах установлены дождевальные аппараты с диаметром сопла 7 и 8 мм, что позволяет менять интенсивность дождя в зависимости от водопроницаемости почв, расстояние между гидрантами 18 и 24 м. ДКШ-64А-04 имеют самые малые габариты, и их часто используют в паре на сложных участках или на небольших полях. За один сезон может осуществлять полив до 70 га [11].

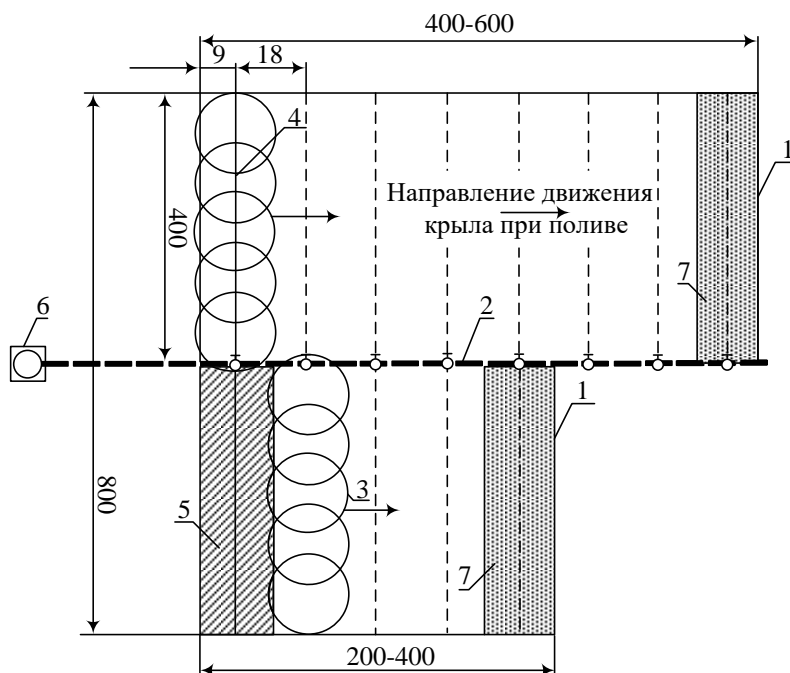
Технологические схемы вариантов перемещения колесного дождевального трубопровода ДМ «Волжанка» на орошаемом участке показаны на рисунке 4.

Конструкторами НПО «Дождь» (Санкт-Петербург) разработана серия мобильных малогабаритных ДМ («Мини-Кубань-ФШ», «Мини-Фрегат-К», «Мини-Кубань-К» и др.) с сезонной площадью орошения до 40 га [12]. Известны модификации ДМ «Кубань» с уменьшенной (укороченной) длиной поливного крыла типа «Мини-Кубань»: МДЭШ «Мини-Кубань-ЛШ» (МДЭШ-300-30, МДЭШ-400-30), «Мини-Кубань-ФШ» и «Фермер-Кубань-ЛК1» (для полива участков от 5 до 20 га) [1].

В ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» разработан опытный образец ДМ «Фрегат» фронтального действия. ДМ предназначена для орошения полей площадью до 26 га. Полив осуществляется в процессе фронтального перемещения (челночного движения в прямом и обратном направлениях) ДМ по поливному участку вдоль гидрантов оросительной сети. Известны конструктивные решения ДМ «Фермер Фрегат» и ДМ «Мини-Фрегат-ФШ». ДМ «Фермер Фрегат» разработана с длиной поливного крыла, равной 175, 145, 120, 90, 65 и 35 м, и с расходом воды, соответственно равным 22, 18, 14, 11, 8 и 5 л/с [13].

К преимуществам мобильных малогабаритных ДМ можно отнести автоматизацию выполнения технологических операций и сведение ручного труда к минимуму, возможность полива орошением на небольших участках в том числе и высокостебельных культур, обеспечение качественного и равномерного распределения воды по пло-

щади орошения, многофункциональное использование машины: основной полив, мелкодисперсное дождевание и внекорневое внесение агрохимикатов. Недостатки – высокая себестоимость, недополив углов, обязательное обеспечение источниками электроэнергии и планировка полей.



- 1 – граница орошаемого участка; 2 – оросительный трубопровод; 3 – первое дождевальное крыло; 4 – второе дождевальное крыло; 5 – поливаемая площадь; 6 – насосная станция; 7 – поливаемая площадь при проходе ДМ до конца поливного участка

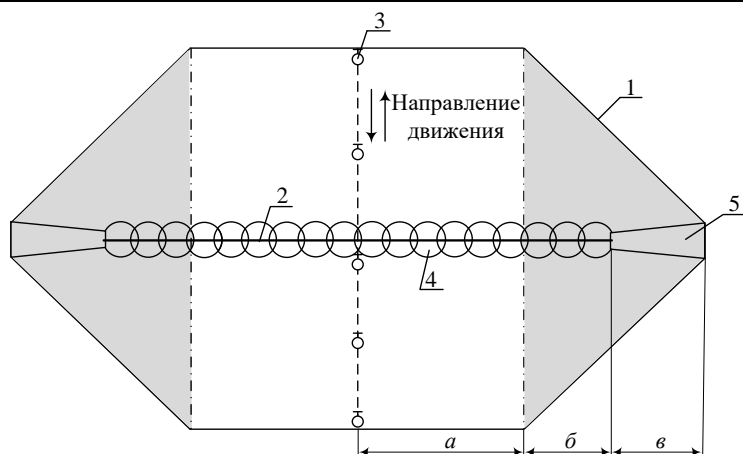
Рисунок 4 – Технологические схемы вариантов перемещения колесного дождевального трубопровода «Волжанка» на орошаемом участке

В настоящее время РосНИИПМ разрабатывает новую многоопорную ДМ фронтального действия на базе модульного принципа компоновки, включающую определенное число базовых модулей, консоли и концевой дождеобразующий аппарат. Два варианта схем возможных технологий полива сложноконтурных участков сельхозугодий с различной модульной компоновкой показаны на рисунках 5, 6.

На рисунке 5 показана технологическая схема полива сложноконтурного участка ДМ фронтального действия с двумя дождевальными крыльями. Каждое дождевальное крыло в зависимости от ширины орошаемого участка скомпоновано из одного базового модуля (длина 30 м), консоли (длина 15 м) и концевой дождеобразующего аппарата (дальность полива концевой аппарата от 10 до 30 м).

Полив может производиться как позиционно, так и в движении. Водозабор осуществляется от гидрантов закрытой оросительной сети. В начале участка полив осуществляется только дождеобразующими устройствами базового модуля, по мере расширения площади полива (посредством включения электромагнитных клапанов, управляющих подачей воды к дождеобразующим устройствам) в работу включаются дождеобразующие устройства консоли и далее концевой дождевальный аппарат. По мере уменьшения площади полива происходит поэтапное отключение в обратном порядке.

На рисунке 6 показана технологическая схема полива сложноконтурного участка ДМ фронтального действия с одним дождевальным крылом и следующей компоновкой – четыре базовых модуля (120 м), консоль, концевой дождеобразующий аппарат. Водозабор осуществляется от открытой оросительной сети. Технология полива идентична первой схеме на рисунке 5.

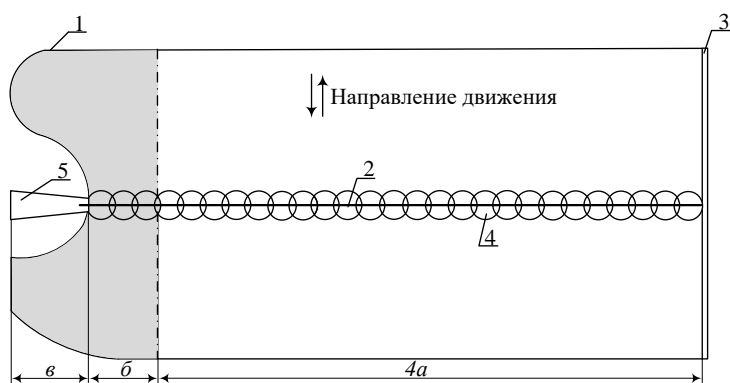


□ – основная площадь полива базовым модулем ДМ

■ – дополнительная площадь полива

a – ширина захвата дождем базовым модулем; b – ширина захвата дождем консолью;
 v – ширина захвата дождем концевым дождевальным аппаратом; 1 – контур участка;
 2 – водопроводящий пояс ДМ; 3 – гидрант подводящего трубопровода или открытый канал;
 4 – радиус полива дождеобразующим устройством; 5 – зона полива концевым дождеобразующим аппаратом

Рисунок 5 – Технологическая схема полива дождевальной машиной с симметричной компоновкой (один базовый модуль, консоль, концевой дождеобразующий аппарат)



□ – основная площадь полива базовым модулем ДМ

■ – дополнительная площадь полива

Рисунок 6 – Технологическая схема полива дождевальной машиной с одним дождевальным крылом (четыре базовых модуля, консоль, концевой дождеобразующий аппарат)

Выводы. На основании проведенного анализа техники и технологий орошения сложноконтурных участков сельскохозяйственных угодий установлено:

- для полива сложноконтурных участков используют чаще всего узкозахватную дождевальную технику: комплект ирригационного оборудования; мини-системы шланго-барабанных ДМ (установок), шланговые дождеватели, дождевальные шлейфы, переставные шланговые дождевальные установки. В зависимости от размера площади орошения, высоты выращиваемой культуры, возможности подвода закрытой оросительной сети и источников электроэнергии используют колесный дождевальный трубопровод типа «Волжанка»;

- просматривается тенденция применения для орошения сложноконтурных участков новых (малогабаритных) модифицированных ДМ. Преимуществом данных ДМ является: мобильность, возможность изменять длину (ширину) захвата полива за счет уменьшения или увеличения длины машины и применения консолей, а также дальнеструйных дождевальных аппаратов, включающихся автоматически при подходе к дополнительной площади полива (например, углам поливаемого участка). Малогабаритные ДМ имеют меньшую материалоемкость и качественное орошение за счет мелкодисперсного и равномерного распыления воды;

- с учетом основных тенденций применения типов поливной техники для орошения сложноконтурных участков, условий применения, их достоинств и недостатков при поливе приведены разработанные схемы возможных технологий полива сложноконтурных участков новой разрабатываемой ДМ фронтального действия с различной модульной компоновкой.

Список использованных источников

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

2 Ресурсосберегающие энергоэффективные экономически безопасные технологии и технические средства орошения: справочник / Г. В. Ольгаренко [и др.]; под ред. Г. В. Ольгаренко. – М.: Росинформагротех, 2015. – 264 с.

3 Турапин, С. С. Рационализация мобильных ирригационных комплектов для мелкоконтурных участков орошения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Турапин Сергей Сергеевич. – Новочеркасск, 2007. – 25 с.

4 Сапунков, А. П. Механизация полива / А. П. Сапунков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 336 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. – 442 с.

6 Бредихин, Н. П. Дождевальные шлейфы (теория, конструкция, проектирование, эксплуатация) / Н. П. Бредихин. – М.: Мелиоводинформ, 2003. – 400 с.

7 Бредихин, Н. П. Классификация дождевальных шлейфов / Н. П. Бредихин, Н. И. Тупикин // Вопросы мелиорации. – 2001. – № 3–4. – С. 5–10.

8 А. с. 1204154 СССР, МКИ³ А 01 G 25/09. Дождевальный шлейф / З. И. Метельский, И. К. Хейдорф, Н. П. Бредихин, П. В. Харламов, В. Н. Глухоедов, Э. И. Колесник, И. В. Кобозев (СССР). – № 3686364/30-15; заявл. 23.11.81; опубл. 15.01.86, Бюл. № 2. – 7 с.: ил.

9 Турапин, С. С. Современные двухконсольные дождевальные распределительные трубопроводы с рассредоточенной водоподачей для шлангобарабанных установок полосового типа / С. С. Турапин // Роль мелиорации и водного хозяйства в реализации национальных проектов: материалы междунар. науч.-практ. конф. – М., 2008.

10 Широкозахватный колесный дождеватель ДКШ-64 «Волжанка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/13_51358_dozhdevatel-kolesniy-shirokozahvatniy-dksh--volzhanka.html, 2019.

11 Применение дождевальной машины «Волжанка» на практике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://webferma.com/rasteniievodstvo/sistemi-orosheniya/volzhanka.html>, 2019.

12 Реконструкция мелиоративных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pandia.ru/text/80/336/88021-12.php>, 2018.

13 Методологический подход к оценке государственной поддержки модернизации технической базы сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://doc.knigi-x.ru/22tehnicheckie/500896-1-ministerstvo-selskogo-hozyaystva-rossiyskoy-federacii-departament-melioracii>, 2018.

УДК 332.37

С. А. Манжина

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

ФОРМИРОВАНИЕ БЛАГОПРИЯТНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ МАЛОГО И СРЕДНЕГО АГРОБИЗНЕСА НА ПЛОЩАДКАХ МЕЛИОРАТИВНЫХ ПАРКОВ

Целью исследования являлось изучение возможности развития малого и среднего агробизнеса на стартовой площадке мелиоративных и агромелиоративных парков, что позволит упростить для сельхозтоваропроизводителей доступ к возможностям мелиоративного комплекса страны, улучшить условия сельскохозяйственного производства. В статье рассмотрены возможные способы организации таких парков с учетом особенностей экономического развития России на современном этапе.

Ключевые слова: площадки для стартапов, мелиоративные и агромелиоративные парки, государственно-частное партнерство, концессионные соглашения.

S. A. Manzhina

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

FORMING A FAVORABLE ENVIRONMENT FOR DEVELOPING SMALL AND MEDIUM AGRIBUSINESS ON RECLAMATION PARKS SITES

The aim of the research was to study the development of small and medium agribusiness at the start-up site of land reclamation and agromeliorative parks, which will make it easier for agricultural producers to access the opportunities of the country's land reclamation complex and improve the conditions for farm production. The possible ways of organizing such parks, taking into account the peculiarities of the economic development of Russia at the present stage are discussed.

Key words: start-up sites, reclamation and agromeliorative parks, public-private partnership, concession agreements.

Введение. Как показывает анализ статистических данных и экономических показателей развития агробизнеса в Российской Федерации, наибольшая доля российского внутреннего рынка сельхозпродукции приходится на крупные сельскохозяйственные предприятия, агрохолдинги. Доля последних (с выручкой более 5 млн долл.) в общей стоимости товарной продукции составила 53 % [1]. В отличие от России, в развитых странах Запада на крупные структуры приходится не более трети сельскохозяйственного рынка продукции, а преобладающие позиции занимают фермерские хозяйства – малый и средний бизнес, что способствует сохранению трудовых ресурсов в сельской местности.

В мировой практике в качестве поддержки частного предпринимательства, прежде всего малого и среднего, получило развитие такое направление, как формирование бизнес-площадок и парков, которые призваны быть стартапами для заинтересованных в развитии своего дела хозяйствующих субъектов. Основными формами, в качестве которых организуются такие площадки у нас в стране и за рубежом, являются индустриальные, промышленные, агротехнические, агропромышленные, аграрные парки и технопарки, которые можно объединить в одну общую группу – инновационно-техничко-технологические структуры.

В нормативно-правовой и методической документации Российской Федерации отражены основные направления развития и требования к организации и формирова-

нию структуры таких бизнес-площадок. Однако в этих нормативно-правовых актах наибольшее внимание уделено развитию малого и среднего бизнеса в промышленно-технической отрасли экономики [2–10]. При этом нормативно-правовая база организации и функционирования бизнес-площадок сельскохозяйственного направления находится на стадии формирования.

В связи с указанными тенденциями развития российского агробизнеса целью исследования стало изучение возможности формирования бизнес-площадок (инновационно-техничко-технологических структур), способствующих развитию малого и среднего бизнеса в аграрной сфере страны, связанного непосредственно с сельскохозяйственным производством.

Методы исследования включали статистические и аналитические методы обработки данных из трудов российских и зарубежных ученых, имеющих российские, международных и зарубежных практик повышения экономической эффективности мелиоративного сектора сельскохозяйственного производства. **Материалами** послужили данные Росстата и средств массовой информации.

Результаты и обсуждение. В ряде уже реализованных крупных проектов аграрных бизнес-площадок у нас в стране и за рубежом практикуется осуществление хранения, подработки, первичной переработки, приема, упаковки, реализации одновременно в оптовом, мелкооптовом и розничном формате, в т. ч. рыночно-ярмарочном, сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, а также распределения данной продукции (таблица 1). Основными формами для организации этих и других бизнес-площадок, реализованных в сельскохозяйственной отрасли, стали в большинстве своем агротехнопарки и агропромышленные парки в виде оптово-распределительных центров, торговых и производственных площадок, тепличных хозяйств (таблица 1).

Все указанные инновационно-техничко-технологические структуры ориентированы на обеспечение взаимодействия аграриев с потребителями, на расширение перерабатывающих первичную сельскохозяйственную продукцию мощностей. Только одна из рассмотренных разновидностей агропарка имеет направлением своей деятельности увеличение именно первичной продукции сельского хозяйства (ООО «Ваку agropark»), и та в рамках развития производства в тепличных хозяйствах. Ни одна из рассмотренных организаций не занимается улучшением условий производства аграриев в полевых условиях.

Предлагаемая разработанная ФГБНУ «РосНИИПМ» (г. Новочеркасск, Россия) модель мелиоративного парка по существу является первой организационной структурой, которая будет способствовать улучшению сельскохозяйственного производства непосредственно на землях сельскохозяйственного назначения, позволит расширить возможности доступа аграриев к ряду ресурсов, к получению профессионального сопровождения их деятельности.

Основные показатели распространенных в мировой практике разновидностей инновационно-техничко-технологических структур (бизнес-площадок и парков) и характеристика предлагаемого к реализации мелиоративного парка приведены в таблице 2 [21, 22].

По своей сущности мелиоративные парки – это территории, предназначенные для обеспечения строительства (в случае новоорошаемых земель) либо замены, модернизации и реновации уже имеющихся мелиоративных систем. Мелиоративный парк находится под управлением единого оператора – управляющей компании, которая уполномочена осуществлять управление при подготовке проектно-изыскательских, строительных, монтажных, ремонтных и иных видов работ, необходимых для создания и функционирования мелиоративного парка [21–24].

Таблица 1 – Репрезентативная выборка основных разновидностей агропарков [11–20]

| Объект | Направление деятельности | Инициатор и основание для реализации | Управляющая компания | Миссия |
|---|--|--|--|---|
| 1 Агропарк «Макошь» (АgroPark Makosh) (Омская область, Россия) | 2 Индустриальный парк: производство и обслуживание сельскохозяйственной техники и переработка продукции. Оптово-распределительный центр «Омский»: прием, переработка, хранение, упаковка сельскохозяйственной продукции | 3 ООО «Агроцентр «Макошь». Инвестиционное соглашение с правительством Омской области | 4 ООО «Управляющая компания «Индустриальный парк «Макошь»» | 5 Создание в регионе единой платформы для формирования интеграционных связей между производителями сельхозтехники, сельхозтоваропроизводителями, переработчиками продовольствия, торговыми сетями и потребителям |
| ОАО «Агропромпарк «Казань» (Республика Татарстан, Россия) | Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции, торговая площадка, выдача займов резидентам парка | Ассоциация фермеров и крестьянских подворий РТ. Утверждение проспекта Главного инвестиционно-строительного управления РТ | ООО «Управляющая компания ОАО «Агропромышленный парк «Казань»» | Создать сельхозпроизводителю благоприятные условия для успешного ведения бизнеса и обеспечить потребителя натуральными, качественными продуктами питания |
| УНИЦ «Агротехнопарк» (Белгородская область, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, Россия) [12] | Учебная и научная деятельность, проведения выставок, семинаров и консультаций руководителей и специалистов сельскохозяйственного производства | ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ | Управляющая компания ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ | Обеспечение учебной и научно-производственной деятельности на основе образовательной, консультационной, выставочной, научно-исследовательской, проектной, коммерческой и иных форм деятельности |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---|--|--------------------------------|---|
| Агропарк «Самара» (Самарская область, Россия) [13] | Хранение, переработка сельскохозяйственной продукции, оптово-розничная торговля | Группа компаний «ВИД». Распоряжение губернатора Самарской области № 560р | Компания «Агропарк менеджмент» | Обеспечение доступности крупных торговых сетей для отечественных малых сельхозпроизводителей. Обеспечение качественно-го хранения, переработки и реализации продукции |
| Оптово-распределительный центр (ОРЦ) «Агропарк «Максимиha» (проект) [14] | Многопрофильный, мульти-региональный центр, единая рыночная платформа для оптовых поставщиков | ВТБ и французская компания Setmaris | – | Обеспечение продуктами питания отечественного производства различных сроков хранения, обеспечение переработки и экспорта сельскохозяйственной продукции российских производителей |
| ООО «Ваку агротарк» (пос. Зиря, г. Баку, Азербайджан) | Современный тепличный комплекс (теплицы 4-го поколения, более 10 га) по выращиванию томатов | – | – | Экологически чистое производство экологически чистой продукции |
| Rungis (департамент Валь-де-Марн, Париж, Франция) | Современный крупный оптово-продовольственный рынок | Торгово-промышленная палата Валь-де-Марн, компания Setmaris | Компания Setmaris | Обеспечение экологически чистыми и качественными продуктами питания потребителей, электронная торговля, интерактивный бизнес-справочник и документооборот |
| Melaka Agropark (г. Сунгай Уданг, Малайзия) | Является частью Учебного центра сельского хозяйства Сунгай Уданга | Департамент сельского хозяйства | – | Обеспечение обучения, агротуризма и отъезда населения |
| – данные отсутствуют. | | | | |

Таблица 2 – Основные показатели различных инновационно-техничко-технологических структур

| Наименование показателя | Научно-исследовательская площадка | Индустриальная площадка | Аграрная площадка | Мелиоративная площадка |
|-----------------------------|--|--|---|--|
| Организационные формы | Технопарк, технополис, исследовательский, научный парк | Индустриальный, промышленный парк | Агропромышленный, агро-технопарк | Мелиоративный и агро-мелиоративный парк |
| Территориальная организация | Имущественный комплекс при научных или образовательных учреждениях: земельные муниципальные, промышленные | Земли промышленного назначения, муниципальные земли (в зависимости от вида производственной деятельности) | Муниципальные земли (опгово-распределительные центры, торговые площадки), земли сельскохозяйственного назначения (первичная и вторичная переработка сырья), земли промышленного назначения (вторичная и глубокая переработка) | Земли сельскохозяйственного назначения (орошаемое земельные доли, первичная и вторичная переработка сырья), муниципальные земли (под размещение хранилищ, оптовых распределительных центров и торговых площадок) |
| Ключевой компонент | Научные институты, исследовательские лаборатории, факультеты | Производственные мощности, логистические и торговые площадки | Складские помещения, торговые, производственные мощности и логистические площадки | Мелиоративные системы с расположенными на них гидротехническими сооружениями |
| Миссия | Разработка, внедрение и продвижение инноваций, предоставление образовательных услуг для повышения квалификации | Обеспечение упрощенного доступа к производственным ресурсам, предоставление расширенного спектра дополнительных услуг ¹ | Обеспечение упрощенного доступа сельхозтоваропроизводителей к торговым площадкам, предоставление расширенного спектра дополнительных услуг ¹ | Обеспечение упрощенного доступа сельхозтоваропроизводителей к мелиоративным системам, предоставление расширенного спектра дополнительных услуг ¹ |
| Управляющая организация | УК научного или образовательного учреждения | Коммерческая и некоммерческая организация – поставщик коммунальных услуг | Коммерческая и некоммерческая организация – поставщик коммунальных услуг | ФГУ по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению |

¹ Логистическое, юридическое и маркетинговое сопровождение, консультационные услуги, услуги по сертификации продукции и производству, программному обеспечению производственных процессов, доведение продукции до товарного состояния и пр.
УК – управляющая компания.

При формировании модели мелиоративного парка и определении направлений его деятельности выделены следующие блоки с научно-производственными подразделениями.

1 Блок управления мелиоративными системами:

- служба водоподачи и водораспределения, АСУ;
- служба обслуживания и ремонта мелиоративных систем и гидротехнических сооружений;

- служба энергообеспечения мелиоративных систем.

2 Блок управления логистикой и информацией:

- складские и холодильные помещения для хранения сельхозпродукции;
- упаковочный цех;
- транспортная сеть;
- служба планирования и управления логистикой и взаимодействия с потребителями;

- эколого-аналитический отдел (отдел мониторинга).

3 Блок управления наукой и инфраструктурой:

- управляющая компания;
- научно-образовательный центр;
- отдел разработки, внедрения и продвижения инноваций в мелиорации.

4 Блок взаимодействия с заинтересованными сторонами:

- торговая площадка (оптово-розничная и интернет-торговля сельскохозяйственной продукцией и сервисными услугами по обслуживанию и ремонту оросительных систем и гидротехнических сооружений);

- служба маркетинговых исследований и управления связями с общественностью;

- площадка для выставочной, экспозиционной и ресторационной деятельности.

В рамках реализации проектов агро-мелиоративных парков возможно также произвести модернизацию и реновацию государственных мелиоративных систем, в зоне влияния которых будет расположен агро-мелиоративный парк.

Выводы. В соответствии с проведенным исследованием, мелиоративные и агро-мелиоративные парки станут парками нового российского формата, которые будут полностью соответствовать специфике ведения сельского хозяйства в регионах орошаемого земледелия, будут содействовать внедрению, развитию и распространению инноваций в мелиоративном секторе АПК, являться точками экономического роста аграрной отрасли страны.

Список использованных источников

1 Шагайда, Н. И. Тенденции развития и основные вызовы аграрного сектора России: аналит. докл. / Н. И. Шагайда, В. Я. Узун; Центр стратег. разраб. – М.: РАН-ХиГС, 2017. – 88 с.

2 Ведомственный перечень государственных услуг (работ), оказываемых (выполняемых) находящимися в ведении Минсельхоза России федеральными государственными бюджетными учреждениями в качестве основных видов деятельности: утв. Приказом Минсельхоза России 29 декабря 2014 г. // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

3 О промышленной политике в Российской Федерации: Федеральный закон от 31 декабря 2014 г. № 488-ФЗ // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

4 ГОСТ Р 56301-2014. Индустриальные парки. Требования // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

5 ГОСТ Р 56425-2015. Технопарки. Требования (с изменением № 1) // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

6 Об индустриальных (промышленных) парках и управляющих компаниях индустриальных (промышленных) парков: Постановление Правительства РФ от 4 августа 2015 г. № 794 (с изменениями на 17 апреля 2018 г.) // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

7 Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям – управляющим компаниям индустриальных (промышленных) парков и (или) технопарков на возмещение части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях и государственной корпорации «Банк развития и внешнеэкономической деятельности (Внешэкономбанк)» в 2013–2016 годах на реализацию инвестиционных проектов создания объектов индустриальных (промышленных) парков и (или) технопарков: Постановление Правительства РФ от 11 августа 2015 г. № 831 (с изменениями на 14 декабря 2017 г.) // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

8 Об утверждении Правил предоставления иных межбюджетных трансфертов из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации на возмещение затрат по созданию, модернизации и (или) реконструкции объектов инфраструктуры индустриальных парков или промышленных технопарков: Постановление Правительства РФ от 20 января 2016 г. № 15 // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

9 Об утверждении Методических рекомендаций по подготовке заявки на возмещение затрат на создание, модернизацию и (или) реконструкцию объектов инфраструктуры индустриального парка или промышленного технопарка: Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 27 января 2017 г. № 211 // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

10 Об одобрении комплексной программы «Создание в Российской Федерации технопарков в сфере высоких технологий»: распоряжение Правительства РФ от 10 марта 2006 г. № 328-р (с изменениями на 29 ноября 2014 г.) // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

11 Агропарк МАКОШ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agropark55.ru/>, 2019.

12 Агропромышленный парк «Казань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agroprompark-kazan.ru/>, 2019.

13 Республиканская программа развития малого и среднего предпринимательства на 2011–2013 годы: утв. Постановлением Кабинета Министров Республики Татарстан от 30 декабря 2010 г. // Гарант Эксперт 2018 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2018.

14 Агротехнопарк [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agrotechnopark.su/>, 2019.

15 Агропарк «Самара» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agropark-samara.ru/>, 2019.

16 Baku agropark [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bakuagropark.az/ru/>, 2019.

17 Massive food hub in Denmark is agricultures answer to Silicon Valley [Electronic resource]. – Mode of access: <https://inhabitat.com/massive-food-hub-in-denmark-is-agricultures-answer-to-silicon-valley/>, 2019.

18 Агропарк «Кулан» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agropark.asia/>, 2019.

19 Rungis [Electronic resource]. – Mode of access: <https://rungisinternational.com/en/>, 2019.

20 Melaka Agropark [Electronic resource]. – Mode of access: http://Melaka.com.net/agro_tourism/sg_udang.htm, 2019.

21 Щедрин, В. Н. Создание «мелиоративного аграрного парка» на основе ресурсосберегающих технологий, альтернативных источников энергии, механизма государственно-частного партнерства / В. Н. Щедрин // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., г. Барнаул, 27–28 февр. 2017 г. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2017. – Т. 2. – С. 163–165.

22 Meliorative institutional environment: The area of state interests / V. N. Shchedrin, S. M. Vasilyev, A. V. Kolganov, L. N. Medvedeva, A. A. Kupriyanov // *Espacios*. – 2018. – Vol. 39, № 12. – P. 28–36.

23 Манжина, С. А. К вопросу разработки мелиоративных и агро-мелиоративных парков / С. А. Манжина // Мелиорация и водное хозяйство. Инновационные технологии мелиорации, водного и лесного хозяйства Юга России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с междунар. участием, г. Новочеркасск, 6–23 нояб. 2018 г. / НИМИ им. А. К. Кортунова. – Новочеркасск: Лик, 2018. – Вып. 16, ч. 2. – С. 181–187.

24 Манжина, С. А. К вопросу построения сельскохозяйственного производства на базе аграрных бизнес-парков новой формации / С. А. Манжина // Региональные проблемы преобразования экономики: интеграционные процессы и механизмы формирования и социально-экономическая политика региона: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., г. Махачкала, 5–6 дек. 2018 г. / Ин-т соц.-экон. исслед. Дагест. науч. центра РАН. – Махачкала, 2018. – С. 402–405.

УДК 627.133:631.6

В. И. Коржов, А. А. Белоусов, М. Р. Гонзалез-Гальего, Д. А. Нецепляев
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ РАСХОДОВ НА ВОДОЗАБОРНЫХ И РЕГУЛИРУЮЩИХ СООРУЖЕНИЯХ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Целью исследований являлось повышение точности и оперативности определения расчетных значений расходов на водозаборных и регулирующих сооружениях оросительной системы, используемых при их проектировании и эксплуатации. Для этого предложен табличный алгоритм расчета, обеспечивающий возможность использования широкодоступных и простых в применении программных средств. Сформулирована методика реализации алгоритма расчета для водораспределительных сетей разной конфигурации. Приведен пример реализации разработанных средств в виде прикладной компьютерной программы, а также результаты, демонстрирующие ее возможности. Разработанные средства могут использоваться организациями, а также физическими лицами, занимающимися вопросами проектирования и эксплуатации оросительных систем и сооружений.

Ключевые слова: оросительная система, водораспределительная сеть, водозаборное сооружение, регулирующее сооружение, расход воды, автоматизация расчета.

V. I. Korzhov, A. A. Belousov, M. R. Gonzalez-Gall'ego, D. A. Netseplyaev
Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novochoerkassk,
Russian Federation

AUTOMATION OF DETERMINATION OF THE CALCULATED VALUES OF EXPENSES FOR WATER-INTAKE AND REGULATING STRUCTURES OF THE IRRIGATING SYSTEM

The purpose of the research was to improve the accuracy and efficiency of determining the calculated values of expenses for water intake and regulatory structures of the irrigation system used in their design and operation. For this purpose, a calculation table algorithm which makes it possible to use widely available and easy-to-use software is proposed. Formulated on The methodology of implementation of the calculation algorithm for water distribution networks of different configurations is formulated. An example of the implementation of the developed aids in the form of an applied computer program as well as results demonstrating its opportunities is given The developed means can be used by organizations, as well as by individuals involved in the design and operation of irrigation systems and facilities.

Key words: irrigation system, water distribution network, water-intake facility, regulating structure, water consumption, calculation automation.

Введение. Одними из основных критериев, составляющих основу проектирования и эксплуатации водозаборных и регулирующих сооружений оросительных систем, являются значения обеспечиваемых ими расходов и объемов [1–3]. Эти значения, в первую очередь, определяются суммарным действием всех водопользователей системы в разные моменты ее работы. Однако, кроме этого, они зависят и от структуры оросительной сети, и от технических характеристик ее каналов и сооружений, и от их пропускных способностей, и от возможных непроизводительных потерь воды и т. п. [4]. К тому же режимы забора воды из системы водопользователями могут постоянно изменяться в зависимости от используемой ими техники полива, специфики выращиваемых сельскохозяйственных культур, недобросовестного соблюдения установленных правил водопользования и т. п. [5]. Очевидно, что все это затрудняет возможность оперативной и всесторонней оценки сложившейся на системе ситуации и, как следствие, определяет необходимость создания средств, оказывающих помощь при решении вышеобозначенных проблем. Исходя из этого, задача настоящей работы состояла в разработке методических и программных средств, обеспечивающих возможность оперативного определения расчетных расходов на водозаборном и регулирующих сооружениях оросительной системы в зависимости от ее эксплуатационно-технических характеристик и заборов воды водопользователями.

Материалы и методы. Решение поставленной задачи предполагает наличие следующих исходных данных:

- схемы водораспределительной сети;
- значений расходов воды нетто, подаваемых каждому из водопользователей;
- значений коэффициентов полезного действия участков системы, подающих воду водопользователям (или других сведений о потерях воды на этих участках);
- значений коэффициентов полезного действия участков системы, подающих воду к регулирующим сооружениям системы.

Кроме этого, для обеспечения контроля за возможностью технического обеспечения рассчитываемых режимов, а также соблюдением установленных на системе правил водопользования предполагается использование данных о значениях пропускных способностей сооружений системы и установленных на ней лимитов на воду.

В качестве примера, демонстрирующего процедуру построения алгоритма расчета, была взята схема водораспределительной сети, представленная на рисунке 1.

Схема включила в себя: источник орошения, головное водозаборное сооружение (ГС), N вододелительных узлов (Уз.1, Уз.2, ..., Уз. N), n водопользователей (в/п-1, в/п-2, ..., в/п- n).

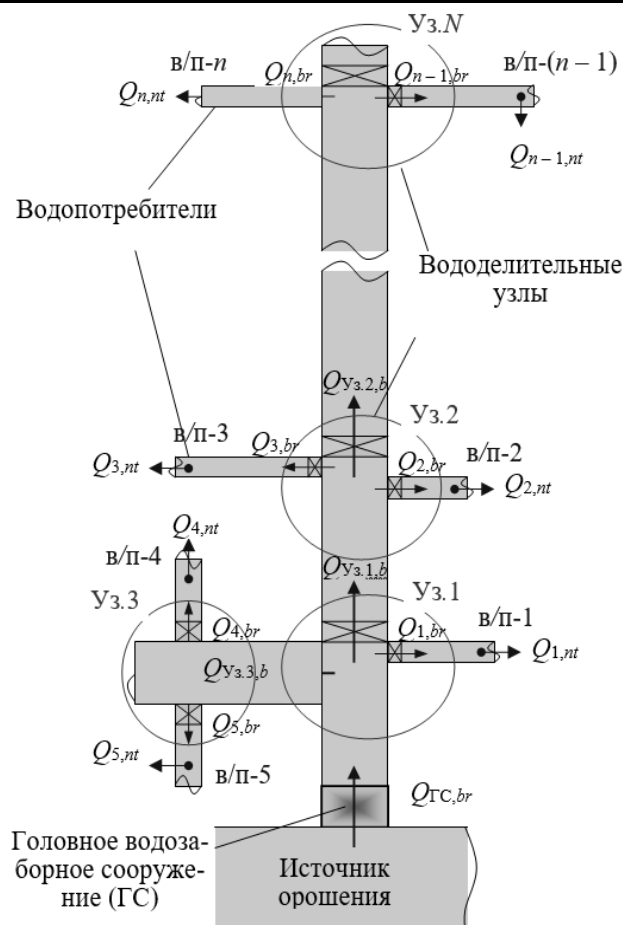


Рисунок 1 – Пример схемы водораспределительной сети, демонстрирующей процедуру построения алгоритма расчета

Методика расчета расходов на водозаборном и регулирующих сооружениях системы сводится к следующему.

1 Определяют (задают) значения расходов нетто, которые необходимо подавать каждому из i -х водопользователей $Q_{в/п-i,nt}$, $м^3/с$.

2 Расчет начинают с самых отдаленных узлов и водопользователей.

3 Рассчитывают расходы брутто, которые необходимо подавать водопользователям, с учетом потерь на их водоподводящих участках:

$$Q_{в/п-i,br} = \frac{Q_{в/п-i,nt}}{k_{пд, в/п-i}},$$

где $Q_{в/п-i,br}$ – расход брутто, подаваемый i -му водопользователю, $м^3/с$;

$Q_{в/п-i,nt}$ – расход нетто, забираемый i -м водопользователем, $м^3/с$;

$k_{пд, в/п-i}$ – коэффициент полезного действия участка сети, подающего воду i -му водопользователю.

4 Рассчитывают суммарные расходы нетто на вододелительных узлах, подающих воду водопользователям:

$$Q_{уз.j,nt} = \sum_{i=1}^k Q_{в/п-i,br},$$

где $Q_{уз.j,nt}$ – расход нетто j -го вододелительного узла, $м^3/с$;

k – количество водопользователей, которым подает воду j -й вододелительный узел.

5 Рассчитывают расходы брутто, которые необходимо подавать на вододелительные узлы, с учетом потерь на участках, подводящих к ним воду:

$$Q_{y_{3,j},br} = \frac{Q_{y_{3,j},nt}}{k_{пд,y_{3,j}}},$$

где $Q_{y_{3,j},br}$ – расход брутто, подаваемый j -му узлу, м³/с;

$k_{пд,y_{3,j}}$ – коэффициент полезного действия участка сети, подающего воду j -му узлу.

6 Рассчитывают суммарные расходы нетто на вододелительных узлах, подающих воду водопользователям и нижележащим вододелительным узлам:

$$Q_{y_{3,j},nt} = \sum_{i=1}^k Q_{в/п-i,br} + \sum_{i=1}^l Q_{y_{3i},br},$$

где l – количество нижележащих вододелительных узлов, которым подает воду j -й вододелительный узел.

7 Расчеты ведут до тех пор, пока все расходы не будут сведены к головному водозаборному сооружению.

Схема табличного алгоритма, иллюстрирующая реализацию вышеприведенной методики расчета, показана на рисунке 2.

Результаты и обсуждение. Выбор для решения поставленных задач табличного алгоритма расчета определил целесообразность использования для этих целей соответствующих программных средств [6].

При этом предполагается, что ввиду простоты и доступности применения данных программных средств разработка прикладных приложений может осуществляться самим пользователем, исходя из условий конкретного объекта: структуры и конфигурации сети, количества водопользователей и вододелительных узлов и т. п.

| Узел | Водо-потребитель | Расход, нетто | КПД | Расход, брутто |
|----------------|------------------|---------------|------------------|------------------|
| Уз.N | $n - 1$ | $Q_{n-1,nt}$ | $k_{пд,n-1}$ | $Q_{n-1,br}$ |
| | n | $Q_{n,nt}$ | $k_{пд,n}$ | $Q_{n,br}$ |
| Итого по узлу: | | | | $Q_{y_{3,N}}$ |
| Уз.2 | 2 | $Q_{2,nt}$ | $k_{пд,2}$ | $Q_{2,br}$ |
| | 3 | $Q_{3,nt}$ | $k_{пд,3}$ | $Q_{3,br}$ |
| | Уз.N | $Q_{y_{3,N}}$ | $k_{пд,y_{3,N}}$ | $Q_{y_{3,N},br}$ |
| Итого по узлу: | | | | $Q_{y_{3,2}}$ |
| Уз.3 | 4 | $Q_{4,nt}$ | $k_{пд,4}$ | $Q_{4,br}$ |
| | 5 | $Q_{5,nt}$ | $k_{пд,5}$ | $Q_{5,br}$ |
| Итого по узлу: | | | | $Q_{y_{3,3}}$ |
| Уз.1 | 1 | $Q_{1,nt}$ | $k_{пд,1}$ | $Q_{1,br}$ |
| | Уз.2 | $Q_{y_{3,2}}$ | $k_{пд,y_{3,2}}$ | $Q_{y_{3,2},br}$ |
| | Уз.3 | $Q_{y_{3,3}}$ | $k_{пд,y_{3,3}}$ | $Q_{y_{3,3},br}$ |
| Итого по узлу: | | | | $Q_{y_{3,1}}$ |
| ГС | Уз.1 | $Q_{y_{3,1}}$ | $k_{пд,y_{3,1}}$ | $Q_{Гс}$ |

$Q_{i,br} = k_{пд,i} \cdot Q_{i,nt}$

$Q_{y_{3,j}} = \sum Q_{i,nt}$

Рисунок 2 – Схема табличного алгоритма, иллюстрирующая реализацию методики расчета

Экранная форма одного из вариантов компьютерной программы, ориентированной на расчет системы, включающей головное сооружение, пять вододелительных узлов и 10 водопользователей, представлена на рисунке 3.

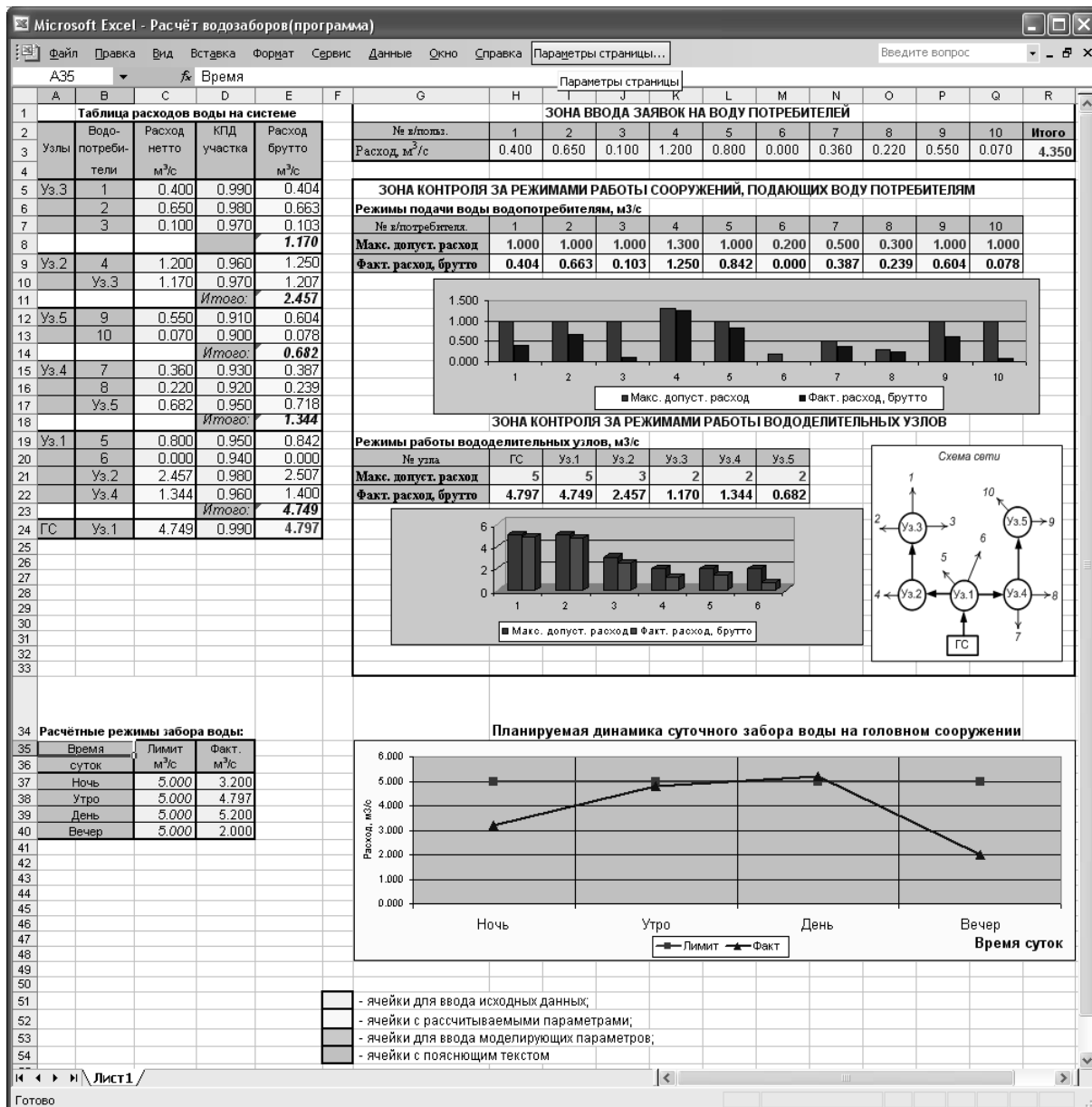


Рисунок 3 – Пример экранной формы программы для определения расчетных расходов на водозаборных и регулирующих сооружениях оросительной системы

Отметим, что данный вариант программы позволяет не только определять расчетные режимы работы головного и вододелительных узлов системы, но и решать ряд дополнительных задач: контролировать соблюдение пропускных способностей каналов и сооружений, установленных лимитов водопользования и т. п. (см. рисунок 3). Кроме этого, с ее помощью можно моделировать динамику расходов на головном и других объектах системы (при проведении нескольких экспериментов). Для демонстрации этих возможностей приведен расчет динамики суточного забора воды на головном водозаборном сооружении системы (см. рисунок 3).

Отметим также и то, что при незначительных доработках программа может быть адаптирована под разное количество водопользователей, вододелительных узлов и их конфигурацию.

Выводы

1 При решении задач проектирования и эксплуатации водораспределительной сети на оросительных системах возникает потребность в определении возможных значений расходов на ее водозаборных и вододелительных узлах. Эта задача нетривиальна и требует учета значительного количества факторов: структуры и конфигурации сети, потребностей в воде водопользователей, возможных потерь воды, существующих ограничений и т. п.

2 Для повышения оперативности и точности решения поставленной задачи в настоящее время целесообразно использовать общедоступные и простые в использовании программные средства.

3 В качестве одного из возможных алгоритмов решения задачи может быть использован табличный алгоритм расчета, ориентированный на использование этих общедоступных и простых в использовании программных средств.

4 Предложенный вариант компьютерной программы позволяет оперативно производить расчет расходов на водозаборном и вододелительном узлах оросительной системы, а также осуществлять контроль за соблюдением установленных на ней ограничений.

5 Разработанные средства могут использоваться организациями, а также физическими лицами, занимающимися вопросами проектирования и эксплуатации оросительных систем и сооружений.

Список использованных источников

1 Косиченко, Ю. М. Гидротехнические сооружения: учеб. пособие / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев. – Новочеркасск, 2018. – 207 с.

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

3 Правила эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов, О. В. Воеводин, А. Л. Кожанов, А. С. Штанько, С. Л. Жук; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 171 с. – Деп. в ВИНТИ 14.04.14, № 96-B2014.

4 Щедрин, В. Н. Совершенствование конструкций открытых оросительных систем и управления водораспределением / В. Н. Щедрин. – М.: Мелиорация и вод. хозяйство, 1998. – 160 с.

5 Анализ влияния новых средств и способов полива на процессы управления водораспределением / В. И. Коржов, О. В. Сорокина, Т. В. Коржова, Г. О. Матвиенко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 4(32). – С. 105–125. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec574-field6.pdf.

6 Сергеев, А. П. Использование Microsoft Office Excel 2007 / А. П. Сергеев. – М. [и др.], 2017. – 288 с.

УДК 63:338.43

О. А. Саклакова

Российский новый университет, Москва, Российская Федерация

**БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ В УЧЕТЕ ЗАТРАТ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

Целью исследования являлось изучение современного состояния учета затрат в сельскохозяйственных организациях и возможности применения попроцессного калькулирования с учетом выделенных нами бизнес-процессов. В результате исследования установлено, что в научной литературе отсутствуют единые подходы к использова-

нию ключевых терминов «расходы», «издержки», «затраты», «себестоимость» в учете затрат. Для целей бухгалтерского учета затрат на производство и калькулирования себестоимости продукции (работ, услуг) в сельскохозяйственных организациях разработаны и действуют специальные методические указания. Основным методом учета затрат в таких организациях, на наш взгляд, является попроцессный метод. На особенности учета затрат в сельском хозяйстве влияют бизнес-процессы сельскохозяйственной деятельности. Эффективное управление затратами в сельскохозяйственных организациях возможно путем их точного распределения между бизнес-процессами.

Ключевые слова: расходы, издержки, затраты, себестоимость, калькулирование, попроцессный метод, бизнес-процесс.

O. A. Saklakova

Russian New University, Moscow, Russian Federation

BUSINESS PROCESSES IN COST ACCOUNTING OF AGRICULTURAL ORGANIZATIONS

The aim of the research was to study the current state of cost accounting in agricultural organizations and the possibility of using process-based calculation of accounting, taking into account the business processes selected by us. It was found that there are no common approaches to the use of the key terms “expenditures”, “expenses”, “costs”, “cost value” in costs accounting in the scientific literature. For the purposes of accounting the cost of production and the calculation of the cost value of production (works, services) in agricultural organizations, special guidelines have been developed and are valid. We consider the the process method to be the main method of cost accounting in such organizations. The features of cost accounting in agriculture are affected by business processes of agricultural activity. Effective cost management in agricultural organizations is possible through their accurate distribution among business processes.

Key words: expenditures, expenses, costs, cost value, calculation, process method, business process.

Введение. Для организаций любых видов деятельности процесс управления затратами имеет огромное значение, их оптимизация и снижение позволяют увеличить финансовый результат. Однако практика показывает, что работа современных сельскохозяйственных организаций не всегда нацелена на максимизацию прибыли, поэтому говорить о существовании эффективной системы учета затрат пока не приходится.

Материал и методы. Анализ нормативных, методологических, исторических и литературных данных. Целью исследования являлось изучение современного состояния учета затрат в сельскохозяйственных организациях и возможности применения попроцессного калькулирования с учетом выделенных нами бизнес-процессов.

Результаты и обсуждение. Следует сказать, что накопленный современный отечественный и зарубежный опыт не позволяет дать единообразную точку зрения на использование ключевых терминов (это «расходы», «издержки», «затраты», «себестоимость») и возможности их использования для разных случаев.

В Положении по бухгалтерскому учету «Расходы организации» (ПБУ 10/99) расходами организации признается уменьшение экономических выгод в результате выбытия активов (денежных средств, иного имущества) и (или) возникновения обязательств, приводящее к уменьшению капитала этой организации, за исключением уменьшения вкладов по решению участников (собственников имущества) [1].

Данный термин находится в гармонии с Международными стандартами учета и финансовой отчетности. Они указывают на то, что расходы состоят из убытков и за-

трат, которые возникли в организации как результат деятельности, они существуют в форме оттока или уменьшения актива.

Характеризуя понятие «издержки», можно сказать, что этот показатель является обобщающим и позволяет измерить сумму ресурсов в денежном выражении. Методические рекомендации по бухгалтерскому учету затрат на производство и калькулированию себестоимости продукции (работ, услуг) в сельскохозяйственных организациях № 792 [2] определяют общие издержки, которые включают в себя издержки производства и издержки обращения. При этом издержки производства включают денежное выражение потребленных ресурсов в производственном цикле кругооборота средств, а издержки обращения соответственно включают издержки, связанные с приобретением (покупкой) материально-производственных ресурсов, сбытом (продажей) готовой продукции и их продвижением в сфере обращения. Таким образом, сущность категории «издержки» состоит в том, что этот показатель является обобщающим и определяется как денежное измерение суммы используемых ресурсов.

В этом же документе указано, что «производственные затраты – производственное потребление ресурсов, совокупность которых составляет производственную себестоимость продукции (работ, услуг)». Там же приведено определение термина «себестоимость», исходя из которого «себестоимость характеризуется величиной затрат в денежном выражении на производство конкретных видов выпущенной (валовой) продукции и на ее калькуляционную единицу». Себестоимость – единственный показатель, выражающий в денежной форме расходы организации на производство и реализацию продукции.

Затраты, относимые на себестоимость продукции, должны быть отражены в денежной форме, экономически оправданны, документально подтверждены.

Практика показывает, что операции по учету затрат в сельском хозяйстве отличаются отраслевой специализацией, разнообразны и многочисленны. В каждом из направлений (растениеводство, животноводство и переработка сельскохозяйственной продукции) принято выделять различные специализации, следовательно, это позволяет говорить о том, что существуют особенные подходы к учету затрат. Следующая особенность состоит в том, что в сельском хозяйстве отрасли растениеводства и животноводства, переработка продукции сочетаются.

Также особенности учета затрат подтверждаются целым рядом специфических отраслевых особенностей, к которым, например, можно отнести следующие:

- сельскохозяйственные предприятия отличаются многообразием организационно-правовых форм;
- главным основным средством выступает земля;
- сельскохозяйственное производство носит сезонный характер, поэтому себестоимость единицы продукции, например, растениеводства можно определить только в конце отчетного периода, когда собран урожай;
- часть продукции собственного производства может поступать во внутривладельческое потребление;
- выращенная продукция в сельском хозяйстве используется в процессе производства, например, семена и корма, поголовье на восстановление стада животных;
- в сельском хозяйстве рабочий период и период производства продукции не совпадают. Период производства рассматривают исходя из того, когда происходит воздействие труда человека (культивация, подкормка, уборка), и период, связанный с воздействием естественных факторов, например выращивание;
- существует особый порядок оценки продукции;
- при формировании себестоимости продукции сельского хозяйства следует обратить внимание на то, что животные и растения развиваются на основе биологических законов. Поэтому в процессе производства используются биологические ресурсы

с применением норм и нормативов, например нормы кормов для животных, нормативы семян, удобрений, топлива и т. д. Этот процесс характеризуется тем, что при расчете себестоимости сельскохозяйственной продукции продукция приходится по плановой себестоимости, в конце года составляется отчетная калькуляция, происходит корректировка;

- в растениеводстве и животноводстве может быть получено несколько видов продукции, которая носит основной и побочный характер, а может быть сопряженной;

- общепроизводственные и общехозяйственные расходы по объектам растениеводства и животноводства в течение года распределяют по объектам (по нормативной или плановой величине), в конце года производится корректировка;

- при осуществлении производства сельскохозяйственной продукции возникает необходимость перевозки произведенной продукции, т. е. сельскохозяйственное производство имеет территориальное размещение.

Методы калькулирования, используемые в практической деятельности сельскохозяйственных организаций, весьма многообразны. Нам ближе всего методы, указанные в работе М. А. Вахрушиной [3], которые, как показывает исследование, широко используются в практической деятельности сельскохозяйственных организаций:

- в зависимости от оперативности учета: калькулирование по фактической себестоимости и калькулирование по нормативной себестоимости;

- в зависимости от полноты формирования себестоимости: калькулирование по полной себестоимости, калькулирование по переменной себестоимости;

- в зависимости от объектов учета: попроцессный, попередельный, позаказный, учет по функциям.

Несмотря на то, что каждая организация выбирает систему учета затрат и калькулирования себестоимости самостоятельно, а отечественной и зарубежной науке известно много различных подходов к калькулированию, по мнению ученых И. Е. Глушкова, Т. В. Киселевой [4] и С. М. Бычковой [5], в сельскохозяйственных организациях основным методом учета затрат на производство является попроцессный метод. На наш взгляд, этот метод позволяет более полно учитывать и отражать все особенности организации производства в сельском хозяйстве.

На особенности учета затрат в сельском хозяйстве влияют бизнес-процессы сельскохозяйственной деятельности. Исходя из ГОСТ Р ИСО 19439-2008 [6], бизнес-процесс – это частично установленный набор видов деятельности предприятия, который может быть выполнен для достижения определенного желаемого конечного результата во исполнение данной цели предприятия или части предприятия.

Каждый бизнес-процесс сопровождается определенными затратами, а его эффективность можно определить, соизмерив результат и затраты потребленных на производство сельскохозяйственной продукции ресурсов. Бизнес-процессы должны разрабатываться с учетом биологических особенностей возделываемых видов и сортов растений и животных. В сельском хозяйстве необходима известная последовательность в выполнении технологических операций, что также влияет на особенности формирования бизнес-процессов. Рассмотрим выделенные нами бизнес-процессы в растениеводстве.

1 Предпосевная обработка почвы. Затраты на заработную плату рабочим, занятым на этапе предпосевной обработки почвы, отчисления на социальные нужды, затраты на мелиорацию земель и др., затраты на ГСМ, амортизация, прочие затраты.

2 Посев. Затраты на заработную плату рабочим, занятым на этапе производства сев, отчисления на социальные нужды, затраты на семена, посадочный материал, затраты на ГСМ, амортизация, прочие затраты.

3 Защита посевов от вредителей, болезней и сорняков. Затраты на заработную плату рабочим, занятым на данном этапе сельскохозяйственных работ, отчисления на социальные нужды, затраты на химические средства защиты, удобрения, затраты на ГСМ, амортизация, прочие затраты.

4 *Уборка урожая.* Затраты на заработную плату рабочим, занятым уборкой урожая, отчисления на социальные нужды, затраты на ГСМ, амортизация, прочие затраты.

5 *Хранение.* Затраты на заработную плату рабочим занятым на складах хранения, отчисления на социальные нужды, затраты на электроэнергию, амортизация, прочие затраты.

6 *Реализация конечного продукта.* Затраты на заработную плату рабочим, занятым реализацией конечного продукта, отчисления на социальные нужды, затраты на ГСМ, амортизация, затраты на оплату услуг и работ сторонних организаций, прочие затраты.

Выводы. В результате исследования установлено, что единообразной точки зрения на использование ключевых терминов «расходы», «издержки», «затраты», «себестоимость» нет. В сельскохозяйственных организациях основным нормативным документом, определяющим указанные категории, являются Методические рекомендации по бухгалтерскому учету затрат на производство и калькулированию себестоимости продукции (работ, услуг) в сельскохозяйственных организациях № 792 [2]. Операции по учету затрат в сельском хозяйстве отличаются отраслевой специализацией, разнообразны и многочисленны, также многообразны и методы калькулирования, используемые в их практической деятельности. Основным методом учета затрат на производство, на наш взгляд, является попроцессный метод. На особенности учета затрат в сельском хозяйстве влияют бизнес-процессы сельскохозяйственной деятельности. Выделение бизнес-процессов при осуществлении учета затрат в сельскохозяйственных организациях позволяет собственникам организации наглядно представлять, в каком из бизнес-процессов происходит увеличение затрат, как это оказывает влияние на конечный результат деятельности. Необходимостью любой сельскохозяйственной организации является управление затратами, их более точный учет, исходя из чего возникает потребность в разработке методик, позволяющих более точно распределять затраты между выделенными бизнес-процессами, оптимизировать их.

Список использованных источников

1 Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету «Расходы организации» ПБУ 10/99: Приказ Минфина России от 6 мая 1999 г. № 33н (ред. от 6 апреля 2015 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/12115838/783aee085a6308df5bf480e3d7f0a64c/>, 2019.

2 Об утверждении Методических рекомендаций по бухгалтерскому учету затрат на производство и калькулированию себестоимости продукции (работ, услуг) в сельскохозяйственных организациях: Приказ Минсельхоза РФ от 6 июня 2003 г. № 792 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_59524/, 2019.

3 Вахрушина, М. А. Бухгалтерский управленческий учет: учеб. для студентов вузов, обучающихся по экон. специальностям / М. А. Вахрушина. – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Омега-Л, 2007. – 110 с.

4 Глушков, И. Е. Бухгалтерский (налоговый, финансовый, управленческий) учет на современном предприятии. Эффективная настольная книга бухгалтера. В 2 т. Т. 1 / И. Е. Глушков, Т. В. Киселева. – М.: Кнорус; Новосибирск: ЭКОР-книга, 2004. – 658 с.

5 Бычкова, С. М. Бухгалтерский учет в сельском хозяйстве / С. М. Бычкова, Д. Г. Бадмаева. – М.: Эксмо, 2008. – 307 с.

6 ГОСТ Р ИСО 19439-2008. Интеграция предприятия. Основа моделирования предприятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://nevacert.ru/files/gost/gost_r_iso_19439-2008.pdf, 2019.

УДК 631.6:004.942

Л. А. Воеводина, О. В. Воеводин

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

КАЛЬКУЛЯТОР ОКУПАЕМОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В МЕЛИОРАТИВНЫЙ ПАРК

Целью статьи являлся анализ исходных данных, применяемых для расчетов в компьютерной программе «Калькулятор окупаемости инвестиций в мелиоративный парк», которые включают данные о сумме необходимых инвестиций, доле частных инвестиций, ставке процента дисконтирования, доле от выручки, подлежащей ежегодному отчислению и др. В результате применения данного программного продукта было установлено, что при ставке дисконтирования на уровне ключевой ставки ЦБ РФ 7,75 % и ежегодном отчислении 10 % от суммы выручки, полученной с площади, на которую были направлены инвестиции, срок окупаемости в 10 лет возможен, если хозяйство (частный партнер) внесет не менее 35 % от суммы необходимых инвестиций.

Ключевые слова: мелиорация земель, мелиоративный парк, программный продукт, инвестиции, окупаемость инвестиций, отсрочка.

L. A. Voevodina, O. V. Voevodin

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

RETURN ON INVESTMENT CALCULATOR IN RECLAMATION PARK

The purpose of the article was to analyze the input used for calculations in the computer program “Return on investment calculator in reclamation park”, which includes data on the amount of investment required, the equity of private investments, the discount rate, the share of revenue to be paid annually, etc. As a result of this software product application it was found that at the discount rate on the interest rate level of the Central Bank of the Russian Federation equal to 7.75 % and the annual allocations of 10 % from the amount of revenue received from the area to which investments were made a payback period of 10 years is possible if the farm (private partner) makes at least 35 % of the investment required.

Key words: land reclamation, reclamation park, software product, investment, return on investment, prolongation.

Введение. Повышение эффективности в мелиоративной отрасли требует на современном этапе использования широкого комплекса результатов концептуальных и прикладных исследований [1–3]. Одной из современных тенденций является создание так называемых парковых структур, которые призваны соединить разнообразные структуры производственной, научной, образовательной сфер с целью улучшения их благосостояния. Положительный опыт работы парковых структур как в нашей стране, так и за рубежом [4, 5], зарекомендовавших себя как традиционные инструменты инновационной политики, облегчающие создание связей между действующими агентами экономики, явился предпосылкой для разработки «Концепции создания мелиоративных парков на основе использования механизма государственно-частного партнерства», которая была реализована в 2018 г. в ФГБНУ «РосНИИПМ» [6].

Согласно этой концепции, мелиоративный парк (МП) – это хозяйствующий субъект, расположенный на мелиорированных землях, обеспеченный необходимыми административно-правовыми основаниями для развития мелиорации земель, производства, переработки и сбыта сельскохозяйственной продукции в России и за рубежом,

в т. ч. органической. Основная цель создания МП – увеличить площадь мелиорированных земель и обеспечить гарантированно более высокую продуктивность выращиваемых на них сельскохозяйственных культур и устойчивость земледелия на основе сохранения и повышения плодородия земель [6]. Следующим этапом реализации данной концепции становится разработка модели виртуального МП с использованием IT-технологий.

Материал и методы. В развитие данной концепции нами был разработан программный продукт «Калькулятор окупаемости инвестиций в мелиоративный парк» [7], предназначенный для расчета периода окупаемости инвестиций в МП, а также определения на заданную дату сумм, которые были выплачены в предыдущем периоде и которые необходимо выплатить в будущем. Данный продукт разработан на основе использования программной среды Microsoft Excel. Программа может применяться в качестве калькулятора на сайтах (порталах) МП для экспресс-оценки условий инвестирования и нацелена на упрощение принятия решений по инвестированию. Данная программа 19 марта 2019 г. была зарегистрирована в Реестре программ для ЭВМ и получила Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019613558. Программа содержит лист для ввода исходных данных и получения результатов и лист расчетов. Лист исходных данных и полученных результатов представлен на рисунке 1.

| Исходные данные | | | |
|--|------|--|------------|
| Введите сумму необходимых инвестиций, | руб. | | 250 000,00 |
| Введите дату выделения средств | год | | 2019 |
| Введите долю частных инвестиций, | % | | 35,0% |
| Введите ставку процента дисконтирования, | % | | 7,8% |
| Введите величину планируемой выручки в год, | руб. | | 244 000,00 |
| Введите дату, когда начнется поступление выручки | год | | 2020 |
| Введите продолжительность отсрочки, | лет | | 0 |
| Введите % от выручки, который будет отчисляться ежегодно, | % | | 10% |
| Введите дату расчета, на которую Вы хотите получить информацию | год | | 2021 |
| Результаты расчета | | | |
| Доля бюджетных инвестиций, | % | | 65,0% |
| Сумма, выплаченная в предыдущий период | руб. | | 48800,00 |
| Оставшаяся сумма выплаты на дату расчета | руб. | | 137972,52 |
| Период окупаемости, | лет | | 10 |
| Срок окончания выплат | год | | 2029 |

Рисунок 1 – Лист исходных данных и результатов программы «Калькулятор окупаемости инвестиций в мелиоративный парк»

В качестве исходных данных в расчетах нами были учтены показатели, указанные в таблице 1.

Результаты и обсуждение. Далее мы приводим некоторые пояснения по исходным данным.

Сумма необходимых инвестиций, IC, руб. Сумма необходимых инвестиций определяется исходя из сметной стоимости проекта. Для ориентировочных расчетов могут быть использованы нормативные показатели, а также показатели, содержащиеся в ре-

гламентирующих и научных документах. Так, данные, содержащиеся в приказах Министерства сельского хозяйства РФ от 27 января 2017 г. № 38 «Об утверждении предельного размера стоимости работ на 1 гектар площади мелиорируемых земель» и от 4 октября 2017 г. № 498 (на сегодняшний день приказы утратили силу), оценивали предельную стоимость работ в 2017 г., например, при применении широкозахватных стационарных дождевальных машин нового поколения со строительством (реконструкцией) систем водоподачи в размере порядка 250,2 тыс. руб./га [8, 9]; по данным М. В. Власова – 270 тыс. руб./га [10].

Таблица 1 – Исходные данные для расчета в программе «Калькулятор окупаемости инвестиций в мелиоративный парк»

| Исходные данные | Обозначение | Единица измерения |
|---|------------------------|-------------------|
| Сумма необходимых инвестиций | IC | руб. |
| Доля частных инвестиций | p | % |
| Коэффициент приращения | k $k = (1 + r)^n$ | |
| Ставка дисконтирования | r | |
| Доля от выручки, которая будет отчисляться ежегодно | s | % |
| Продолжительность отсрочки | t | лет |
| Необходимо определить три даты, от которых будет идти расчет: 1) дата выделения инвестируемого капитала (d_0); 2) дата начала получения выручки от мероприятий, профинансированных за счет инвестируемого капитала (d_r); 3) дата, на которую мы хотим узнать уже выплаченные и оставшиеся суммы (d_c) | $d_0; d_r; d_c$ | год |

Доля частных инвестиций, p , %. Доля, которая может быть внесена за счет собственных средств сельхозтоваропроизводителя (СХТП). Если СХТП имеет возможность вложить часть собственного капитала в осуществление проекта строительства или реконструкции мелиоративной системы, то эта часть его собственных средств позволит уменьшить ему сумму, которую необходимо будет вернуть в будущем.

Ставка дисконтирования для расчета коэффициента приращения (k), r , %. Коэффициент приращения – коэффициент, на который повышается стоимость денежных средств, выделяемых сторонним инвестором (в роли инвестора может выступать финансовое учреждение, государственный орган власти, институты развития и т. п.), вычисляется по формуле:

$$k = (1 + r)^n,$$

где r – ставка процента дисконтирования, выраженная в долях от единицы (например, 7,75 % = 0,0775);

n – число лет.

Скорее всего, значение показателя r не будет меньше ключевой процентной ставки ЦБ РФ, которая, например, с 17 декабря 2018 г. составляет 7,75 % [11]. При особой значимости проектов ставка может снижаться специальными соглашениями со сторонними инвесторами. Слишком высокие ставки дисконтирования сдерживают развитие отраслей, в которых имеет место длительный срок окупаемости, в то же время наличие такого механизма с невысокой ставкой дисконтирования будет стимулировать объекты инвестирования к скорейшему возврату заимствованных финансовых средств.

Сумма планируемой выручки, R , руб. Для расчетов в программе сумма планиру-

емой выручки должна быть указана для площади, на которой планируется использование инвестиций. Так, если после ввода в эксплуатацию мелиоративной системы на мелиорированных полях будет соблюдаться пятипольный севооборот, в котором первое поле будет занято соей, второе – кукурузой на зерно, третье – овощами, четвертое – картофелем, а пятое – озимой пшеницей, при условии, что цена реализации для сои составляет 20, кукурузы на зерно – 8, овощей и картофеля – 15, пшеницы – 10 тыс. руб./т, а урожайность соответственно 5, 12; 35; 30 и 5 т/га, то средняя выручка с 1 га составит порядка 244 тыс. руб.

Целесообразно размер выручки, получаемой с площади, на которой было проведено строительство (реконструкция) мелиоративной системы, выделять из общей выручки предприятия (объекта инвестирования). Однако в денежном выражении ее размер не должен быть ниже, чем до реализации инвестиционного проекта на этой площади.

Доля от выручки, которая будет отчисляться ежегодно, s , %. Этот показатель рассматривается нами как один из элементов, призванных стимулировать развитие отрасли мелиорации. Суть его применения заключается в том, что возврат средств происходит постепенно в зависимости от установленного процента от суммы выручки хозяйства или суммы выручки от реализации продукции, произведенной с помощью рассматриваемого инвестиционного проекта. В зависимости от доли (процента), которую объект инвестирования планирует отчислять от суммы выручки, рассчитывается величина отчислений. Сумму отчислений, подлежащих уплате, необходимо учитывать в расчете себестоимости продаж. Таким образом, учитывается финансовое состояние объекта инвестирования, которое оказывается приоритетным при учете интересов СХТП.

Расчеты, проведенные ранее [12, 13] на основании открытых данных по бухгалтерской отчетности с сайта <https://www.audit-it.ru/>, показали, что ежегодные отчисления от прибыли не должны превышать 20 %, а для некоторых хозяйств их величина должна быть еще ниже.

Продолжительность отсрочки, t , лет. В программе «Калькулятор окупаемости инвестиций в мелиоративный парк» предусмотрена возможность введения периода, в течение которого от объекта инвестирования не требуется возврата средств, вложенных в проект, однако в течение этого периода происходит удорожание денежных средств. Данное действие также рассматривается как возможная льгота для СХТП. Введение данного инструмента позволяет отработать технологию и избежать штрафных санкций за нарушение условий возврата инвестируемых средств, однако за это придется расплачиваться увеличением суммы возвращаемых средств, причем чем больше ставка дисконтирования, тем больше увеличивается сумма, подлежащая возврату. Продолжительность отсрочки исчисляется от даты начала поступления выручки. Один год отсрочки означает, что объект инвестирования не возвращает никаких средств в первый год получения выручки по проекту, однако обязан начать возврат средств во второй год получения выручки.

В программу необходимо внести три даты, которые будут участвовать в расчете: дату выделения инвестируемых средств, дату начала поступления выручки и дату, на которую мы хотим узнать уже выплаченные и оставшиеся суммы.

На основе исходных данных программа производит расчет периода окупаемости инвестиций в МП с определением года окончания выплат, а также определение на заданную дату сумм, которые были выплачены в предыдущем периоде и которые необходимо выплатить в будущем.

После выделения денежных средств их стоимость уменьшается, чтобы в будущем позволить себе такой же проект, необходимо иметь уже большую сумму, увеличенную на коэффициент приращения с учетом ставки дисконтирования, поэтому с точки зрения инвестора следует учесть необходимость повышения стоимости денег. Однако с точки зрения объекта инвестирования требовать от него возврата средств, когда

еще нет поступления денежных средств от реализации проекта, абсурдно. Поэтому возврат средств должен начинаться после начала поступления выручки от проекта.

Согласно РД-АПК 300.01.003-03 [14] предельный срок эксплуатации мелиоративной системы составляет 50 лет, поэтому если период окупаемости превышает этот срок, то при заданных условиях такой проект не окупается, а дата, когда инвестору будет возвращена сумма инвестирования, не определяется. Другими словами, реализация данного проекта нецелесообразна.

В соответствии с Классификацией основных средств, включаемых в амортизационные группы, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 1 января 2002 г. № 1 [15], капитальные затраты на улучшение земель (мелиоративные, осушительные, ирригационные и другие работы) включены в пятую амортизационную группу. Соответственно, срок их износа может быть свыше 7 лет до 10 лет включительно.

Следовательно, перераспределение стоимости объекта основных средств, в нашем случае капитальных затрат на улучшение земель, должно происходить в течение максимум 10 лет, далее признается, что эти объекты физически и морально устарели и возникает потребность в их замене. Значит, и период окупаемости инвестиций должен ограничиваться 10 годами.

Согласно исходным данным, рассмотренным выше, представленным на рисунке 1, срок окупаемости в 10 лет возможен, если хозяйство (частный инвестор) внесет не менее 35 % от суммы необходимых инвестиций.

Выводы. В результате проведенной работы представлена компьютерная программа, позволяющая быстро и наглядно оценить перспективы инвестирования в мелиоративный парк с учетом таких возможных льгот, как отсрочка возврата вложенных средств, отчисления от размеров выручки. Применение данного программного продукта позволило установить, что при ставке дисконтирования на уровне ключевой ставки ЦБ РФ 7,75 % и ежегодном отчислении 10 % от суммы выручки, полученной с площади, на которую были направлены инвестиции, срок окупаемости в 10 лет возможен, если хозяйство (частный партнер) внесет не менее 35 % от суммы необходимых инвестиций.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Стратегическое направление развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Краснообск: СФНЦА РАН, 2017. – С. 167–169.

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>.

3 Васильев, С. М. Перспективы развития орошения в Ростовской области / С. М. Васильев, Е. А. Васильева // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2006. – № 3. – С. 81–85.

4 Volkonitskaia, K. G. Business models of technoparks in Russia [Electronic resource] / K. G. Volkonitskaia. – 2015. – Mode of access: <https://hse.ru/data/2015/12/08/1133981332/55STI2015.pdf>, 2019.

5 Science and technology parks' characterization based on their business model / G. Cuentas, L. Carballido, P. A. Diaz, M. Lizarazo // 22nd International Conference on Management of Technology. – Porto Alegre, Brazil: IAMOT, 2013. – DOI: 10.13140/RG.2.1.4173.9689.

6 Провести исследования и разработать концепцию создания мелиоративных парков на основе использования механизма государственно-частного партнерства: от-

чет о НИР (заключ.): 2.1.5.2 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Щедрин В. Н. – Новочеркасск, 2018. – 193 с. – Исполн.: Щедрин В. Н. [и др.]. – Рег. № НИОКТР АААА-А18-118041990072-2. – Рег. № ИКРБС АААА-Б18-218122090035-1.

7 Калькулятор окупаемости инвестиций в мелиоративный парк: свидетельство о гос. регистрации прогр. для ЭВМ № 2019613558 от 19.03.2019 / С. М. Васильев, О. В. Воеводин, Л. А. Воеводина.

8 Об утверждении предельного размера стоимости работ на 1 гектар площади мелиорируемых земель: Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 27 января 2017 г. № 38 // Гарант Эксперт 2018 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

9 Об утверждении предельного размера стоимости работ на 1 гектар площади мелиорируемых земель: Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 4 октября 2017 г. № 498 // Гарант Эксперт 2018 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

10 Власов, М. В. Расчет нормативных затрат на эксплуатацию оросительных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений / М. В. Власов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4. – С. 129–134.

11 Ключевая процентная ставка ЦБ РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://1eb.ru/kluhevaya-stavka.html>, 2019.

12 Техничко-экономические решения по использованию возобновляемых источников энергии на площадке пилотного проекта – мелиоративный парк «Веселовский» / Е. Б. Колбачев, Л. Н. Медведева, А. А. Пахомова, А. С. Роскошная // Глобализация экономики и российские производственные предприятия: материалы 16-й Междунар. науч.-практ. конф.: секция 1-9, г. Новочеркасск, 14–18 мая 2018 г. / ЮРГПУ (НПИ). – Новочеркасск, 2018. – С. 51–61.

13 Воеводина, Л. А. Методика расчета окупаемости в мелиоративном парке, учитывающая возможные льготные условия / Л. А. Воеводина, Д. В. Белых // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: IV Междунар. науч.-практ. конф. / ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». – 2019. – С. 936–941. – DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-1-164.

14 Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов мелиорации сельскохозяйственных земель: РД-АПК 300.01.003-03: утв. Минсельхозом России 24.01.03 // Гарант Эксперт 2018 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

15 О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы: Постановление Правительства РФ от 1 января 2002 г. № 1 (ред. от 28 апреля 2018 г.) // Гарант Эксперт 2018 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

УДК 332.37

С. А. Манжина, А. С. Вагнер

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

УПРАВЛЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫМ ПАРКОМ: РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ПО МЕЛИОРАЦИИ

Целью исследования являлась оценка возможности придания эксплуатационным учреждениям по мелиорации функций управляющих организаций для планируемых к реализации мелиоративных парков – новой формации агропарков. Новая разновидность аграрного парка – мелиоративный парк – способна значительно улучшить условия труда аграриев и расширить и облегчить их доступ к ресурсной базе. Как и любой другой отраслевой парк, мелиоративный парк должен иметь единого оператора, кото-

рый будет осуществлять управление его структурами в интересах резидентов. Наиболее рациональным решением по выбору управляющей компании для планируемого к реализации мелиоративного парка будет являться привлечение к этой деятельности организаций, имеющих техническую и кадровую возможность для профессионального обслуживания мелиоративных систем и оказания иных необходимых аграриям услуг. Так как в РФ основными водопользователями, оказывающими услуги по поставке воды сельскохозяйственным водопотребителям, являются бюджетные учреждения по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению, наиболее рациональное решение – наделить их функцией управляющих компаний мелиоративных парков. В процессе анализа требований к управляющим компаниям и устава бюджетных учреждений по мелиорации выделены пункты, которыми необходимо дополнить последний, чтобы придать учреждению функции управляющей компании.

Ключевые слова: эксплуатационные учреждения по мелиорации, мелиоративный парк, инновационно-технико-технологическая структура, агропарк, управляющая компания.

S. A. Manzhina, A. S. Wagner

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

RECLAMATION PARK MANAGEMENT: EXTENSION OF FUNCTIONS OF LAND RECLAMATION OPERATIONAL AGENCIES

The aim of the research was to assess the possibility of imparting functions of reclamation operational agencies to manage the planned reclamation parks - a new formation of agroparks. A new variety of agropark – a reclamation park - can significantly improve the labor conditions of farmers and expand and facilitate their access to the resource base. Like any other industrial park, a reclamation park should have a single operator, who will manage its structures for residents' benefits. The most rational decision on the choice of the managing company for the planned reclamation fleet will be the involvement of organizations with technical and human resources for professional servicing of reclamation systems and rendering other services necessary for farmers. As the main water users providing water supply services to agricultural water consumers in the Russian Federation are budget land reclamation and agricultural water supply agencies the most rational solution is to endow them with the function of managing companies of reclamation parks. In the process of analyzing the requirements for managing companies and the statutes of budgetary reclamation institutions, items that should complete the latter in order to give the agency the functions of a managing company were made.

Key words: operational reclamation agencies, land reclamation park, innovative-technical-technological structure, agropark, managing company.

Введение. Тенденцией современного периода развития экономики стало создание различных бизнес-площадок, инновационно-технико-технологических структур в различных отраслях экономики. В аграрной отрасли и у нас в стране, и за рубежом к настоящему времени уже реализован ряд крупных проектов создания аграрных парков. Однако действующие и создаваемые агропарки в большинстве своем направлены на осуществление хранения, подработки, первичной переработки, приема, упаковки, реализации одновременно в оптовой, мелкооптовой и розничной торговле, в т. ч. в рыночно-ярмарочном формате, сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Агропарки, ориентированные на улучшение условий производства первичной продукции, существуют только для практики выращивания растений в закрытом грунте (например, ООО «Ваку Агропарк», Азербайджан).

Для улучшения условий производства первичной продукции аграриев во всем мире создаются такие формы объединения, как сельскохозяйственные кооперативы, которые, по мнению ряда международных специалистов, являются наилучшей формой взаимодействия сельхозтоваропроизводителей [1]. Во многих странах кооперативные структуры охватывают абсолютное большинство аграриев, например, в США, Франции, Германии и Нидерландах в эти объединения вовлечено 50–80 % сельхозпроизводителей [2–6]. В некоторых из них, таких как Германия и Швеция, сельскохозяйственные кооперативы одновременно занимаются кредитованием сельскохозяйственных производителей, сбытовыми и снабженческими операциями, скупают контрольные пакеты акций комбикормовых и перерабатывающих предприятий, машиностроительных фирм и даже нефтеперегонных заводов, что позволяет им стать мощными кооперативно-корпоративными структурами, работающими в интересах фермерства [1, 6–8].

Несмотря на явный положительный опыт кооперации в сельском хозяйстве, к сожалению, в РФ становление этого механизма сопровождается большими сложностями. Так, большинство кооперативов, организованных в сфере АПК, либо не функционируют вовсе, либо не достигают необходимой хозяйственно-экономической эффективности в своей деятельности [7–9]. Более того, наблюдается стабильное сокращение их количества и периода жизненного цикла [6, 7].

В связи с выявленными проблемами на базе ФГБНУ «РосНИИПМ» рассматривается новая разновидность аграрного парка – мелиоративный парк, который призван улучшить условия труда аграриев, расширить и облегчить их доступ к ресурсной базе [10–17]. Уже по названию данной инновационно-техничко-технологической структуры понятно, что она будет способствовать обновлению мелиоративного сектора страны, расширению мелиорированных земель, облегчению внедрения мелиораций последнего поколения на сельскохозяйственных землях. Как и любой другой отраслевой парк, мелиоративный парк должен иметь единого оператора, который будет осуществлять управление его структурами в интересах резидентов. В данной работе рассматривается возможность определения управляющей компании (далее – УК) для мелиоративного парка [18].

Материалы и методы исследования включали аналитические методы обработки данных нормативно-правовых документов, данные Росстата и средств массовой информации, трудов российских и зарубежных ученых.

Результаты и обсуждения. Мелиоративный парк предназначен для обеспечения строительства (в случае новоорошаемых земель) либо замены, модернизации и реновации уже имеющихся мелиоративных систем (МС) и управляется единым оператором (УК), уполномоченным осуществлять управление при подготовке проектно-изыскательских, строительных, монтажных, ремонтных и иных видов работ, необходимых для создания и функционирования мелиоративного парка [10–17]. С нашей точки зрения, наиболее рациональным решением по выбору УК для планируемого к реализации мелиоративного парка будет являться привлечение к этой деятельности организаций, имеющих техническую и кадровую возможность для профессионального обслуживания МС и оказания иных необходимых аграриям услуг.

В России основными водопользователями, оказывающими услуги по поставке воды сельскохозяйственным водопотребителям, являются федеральные государственные бюджетные учреждения по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению (далее – ФГБУ по мелиорации) [18].

В соответствии с уставом ФГБУ по мелиорации и требованиями, предъявляемыми к управляющим организациям имеющих бизнес-парков, индустриальных, аграрных и технопарков, были выделены пункты, которыми необходимо дополнить устав ФГБУ по мелиорации, чтобы придать им функции УК (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики ФГБУ по мелиорации и управляющей организации мелиоративного парка

| Показатель | ФГБУ по мелиорации | Управляющая организация |
|---------------------------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Учредитель | Государство | Дееспособные физические и юридические лица, субъект РФ, муниципальное образование |
| Правовой статус | Некоммерческая организация | Коммерческая и некоммерческая организация |
| Правовой статус имущества | Государственная собственность на праве оперативного управления, на праве постоянного бессрочного пользования, собственное имущество организации | Частная долевая, государственная, муниципальная |
| Цель деятельности | Создание необходимых условий для увеличения объемов производства высококачественной сельскохозяйственной продукции на основе восстановления и повышения плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения при выполнении комплекса агрохимических, гидромелиоративных, культуртехнических, агролесомелиоративных, водохозяйственных и организационных мероприятий, эксплуатация МС, переданных учреждению в оперативное управление, реализация ФЦП на территории РФ | Создание необходимых условий резидентам парка для увеличения объемов производства высококачественной сельскохозяйственной продукции на основе восстановления и повышения плодородия земель сельскохозяйственного назначения в территориальных границах, связанных с размещением парка, с целью: - получения выручки (для НО ¹); - получения прибыли (для КО ²) |

Продолжение таблицы 1

| 1 | 2 | 3 |
|--|--|---|
| <p>Основные виды деятельности</p> | <p>- осуществление мероприятий по реализации ФЦП в сфере мелиорации земель; - эксплуатация государственных МС, отдельно расположенных ГТС и другого государственного имущества, переданного учреждению в оперативное управление; - определение технического состояния государственных МС и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных ГТС при паспортизации государственных МС и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных ГТС; - обследование мелиорированных земель в рамках ведения учета мелиорированных земель; - проведение работ по предупреждению и ликвидации последствий аварий на МС и отдельно расположенных ГТС; - организация и проведение фестивалей, выставок, конкурсов, конференций и иных программных мероприятий силами учреждения</p> | <p>- управление созданием, развитием и эксплуатацией недвижимого имущества в интересах его собственников и резидентов парка; - ведение реестра резидентов и потенциальных резидентов парка; - предоставление резидентам парка услуг, необходимых для осуществления их хозяйственной деятельности¹; - эксплуатация МС в границах парка; - определение технического состояния МС в границах парка; - обследование земель в границах парка и учет динамики их показателей, характеризующих плодородие почв; - проведение работ по предупреждению и ликвидации последствий аварий на МС и отдельно расположенных ГТС в границах парка; - организация и проведение фестивалей, выставок, конкурсов, конференций и иных мероприятий</p> |
| <p>¹ – некоммерческая организация; ² – коммерческая организация.</p> | | |

Анализируя состав доходных видов деятельности, отраженных в уставе ФГБУ по мелиорации, сделали заключение, что их состав не противоречит составу работ и услуг, которые может предоставлять УК мелиоративного парка. Исходя из данных, приведенных в таблице 1, можно сделать вывод о том, что по своему профилю профессиональной деятельности ФГБУ по мелиорации может являться УК мелиоративного парка. Для придания данной организации соответствующих функций необходимо прописать в ее уставе возможность выполнять функции УК, дополнить раздел «Цель деятельности» в соответствии с требованиями, приведенными для управляющих организаций мелиоративных и других форм парков в редакции для некоммерческой организации, дополнить раздел «Основные виды деятельности» устава ФГБУ по мелиорации соответствующими пунктами для управляющей организации, выделенными в таблице 1.

На рисунке 1 представлена структура взаимоотношений УК мелиоративного парка с различными структурными единицами и органами власти.



Рисунок 1 – Схема взаимоотношений УК мелиоративного парка с сельхозтоваропроизводителями и другими организационными структурами

Приведенная на рисунке 1 схема позволяет проследить все необходимые взаимодействия, которые должны обеспечиваться кадрами УК мелиоративного парка. В приведенных взаимоотношениях основополагающую роль будет играть юридическое сопровождение резидентов мелиоративного парка. При этом УК может выступать и в качестве инициатора создания мелиоративного парка, ориентированного на специфику регионального аграрного производства. ФГБУ по мелиорации наилучшим образом осведомлены о водоемкости региона, пределах расширения и использования орошаемого земледелия.

Выводы. В процессе проведенного анализа нормативно-правовой документации

и имеющегося опыта создания агропарков и мелиоративного фонда РФ сделаны следующие выводы.

По своему профилю профессиональной деятельности ФГБУ по мелиорации может являться УК мелиоративного парка.

Для придания данной организации соответствующих функций необходимо прописать в ее уставе возможность выполнять функции УК.

Необходимо дополнить раздел «Цель деятельности» в соответствии с требованиями, приведенными для управляющих организаций мелиоративных и других форм парков, следующим текстом: «Создание необходимых условий резидентам парка для увеличения объемов производства высококачественной сельскохозяйственной продукции на основе восстановления и повышения плодородия земель сельскохозяйственного назначения в территориальных границах, связанных с размещением парка, с целью получения выручки».

Необходимо дополнить раздел «Основные виды деятельности» устава ФГБУ по мелиорации соответствующими пунктами, которые будут дифференцировать деятельность ФГБУ применительно к функциям УК мелиоративного парка.

Список использованных источников

1 Егоров, В. Г. Мировой опыт развития кооперации в сельском хозяйстве / В. Г. Егоров // Лесной вестник. – 2012. – № 3. – С. 184–190.

2 Чупина, И. П. Мировой опыт развития сельскохозяйственной кооперации (современный взгляд) / И. П. Чупина // Проблемы современной экономики. – 2007. – № 1. – С. 267–269.

3 Светлаков, А. Г. Развитие сельскохозяйственной кооперации – важнейший фактор конкурентоспособности АПК / А. Г. Светлаков, А. Б. Хмельницкая // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 5(97). – С. 77–79.

4 Устиян, И. Кооперация в развитых странах / И. Устиян // Экономист. – 2007. – № 8. – С. 75–83.

5 Ткач, А. В. Сельскохозяйственная кооперация (курс лекций): учеб. пособие для студентов высш. и сред. кооператив. учеб. заведений / А. В. Ткач. – М.: Маркетинг, МУПК, 2002. – 340 с.

6 Манжина, С. А. Перспективы использования сельскохозяйственной кооперации в развитии мелиорации земель / С. А. Манжина, С. В. Куприянова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2(66). – С. 151–157.

7 Концепция развития кооперации на селе на период до 2020 года (проект) [Электронный ресурс]. – СПб., 2013. – Режим доступа: http://fsspkr.ru/wp-content/uploads/2014/03/proekt_konceptcii_2013_01.pdf, 2019.

8 Концепция развития сельскохозяйственных потребительских кооперативов: утв. Минсельхозом России 29.03.06 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://fsspkr.ru/wp-content/uploads/2014/03/konceptsiya_2006.pdf, 2019.

9 Егоров, В. Г. Место и роль кооперации в рыночной экономике (теоретический анализ): автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.01 / Егоров Владимир Георгиевич. – Ярославль, 2014. – 51 с.

10 Медведева, Л. Н. Научно-методическое обоснование создания мелиоративного аграрного парка на юге России / Л. Н. Медведева // Экология и мелиорация агроландшафтов: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, г. Волгоград, 2–5 окт. 2017 г. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. – С. 143–147.

11 Манжина, С. А. К вопросу разработки мелиоративных и агро-мелиоративных парков / С. А. Манжина // Мелиорация и водное хозяйство. Инновационные технологии мелиорации, водного и лесного хозяйства Юга России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с междунар. участием, г. Новочеркасск, 6–23 нояб. 2018 г. / НИМИ им. А. К. Кортунова. – Новочеркасск: Лик, 2018. – Вып. 16, ч. 2. – С. 181–187.

12 Манжина, С. А. К вопросу построения сельскохозяйственного производства на базе аграрных бизнес-парков новой формации / С. А. Манжина // Региональные проблемы преобразования экономики: интеграционные процессы и механизмы формирования и социально-экономическая политика региона: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., г. Махачкала, 5–6 дек. 2018 г. / Ин-т соц.-экон. исслед. Дагест. науч. центра РАН. – Махачкала, 2018. – С. 402–405.

13 Щедрин, В. Н. Создание «мелиоративного аграрного парка» на основе ресурсосберегающих технологий, альтернативных источников энергии, механизма государственно-частного партнерства / В. Н. Щедрин // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., г. Барнаул, 27–28 февр. 2017 г. – Новосибирск: СФНЦА РАН, 2017. – Т. 2. – С. 163–165.

14 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, 2017. – Т. 2. – С. 167–169.

15 Meliorative institutional environment: The area of state interests / V. N. Shchedrin, S. M. Vasilyev, A. V. Kolganov, L. N. Medvedeva, A. A. Kupriyanov // *Espacios*. – 2018. – Vol. 39, № 12. – P. 28–36.

16 Медведева, Л. Н. Определяющий фактор развития сельского хозяйства в регионах – наличие мелиоративных парков / Л. Н. Медведева, А. С. Вагнер, И. М. Кречетова // Мелиорация и водное хозяйство. Инновационные технологии мелиорации, водного и лесного хозяйства Юга России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с междунар. участием, г. Новочеркасск, 6–23 нояб. 2018 г. / НИМИ им. А. К. Кортунова. – Новочеркасск: Лик, 2018. – Вып. 16, ч. 1. – С. 57–63.

17 Об индустриальных (промышленных) парках и управляющих компаниях индустриальных (промышленных) парков: Постановление Правительства РФ от 4 августа 2015 г. № 794 (с изменениями на 17 апреля 2018 г.) // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

18 Устав федерального государственного бюджетного учреждения «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Новосибирской области»: утв. Приказом М-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации от 28 октября 2013 г. № 44-у [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mvh-nsk.ru/obshhaja-informatsija/ustav-uchrezhdeniya>, 2019.

УДК 626.81:631.6

Л. Н. Медведева, П. Д. Ванеева

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

А. В. Медведев

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, Волгоград, Российская Федерация

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОБОСНОВАНИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Целью исследования является формирование представления о методологическом подходе к развитию мелиорации и рациональному использованию водных ресурсов в национальной экономике. Представление о мелиорации как о рациональной технологии использования водных ресурсов и развития сельскохозяйственного производства под влиянием климатообразующего фактора должно претерпеть определенные изменения. Развитие мелиорации на юге России на основе применения ресурсосберегающих и природоподобных технологий позволит повысить эффективность сельскохозяй-

ственного производства, обеспечить устойчивость сельских территорий, обогатить научные представления о мелиорации.

Ключевые слова: водные ресурсы, мелиорация, сельское хозяйство, климатообразующий фактор, государственные программы, научное обоснование мелиорации.

L. N. Medvedeva, P. D. Vaneeva

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

A. V. Medvedev

All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russian Federation

METHODOLOGICAL APPROACH IN JUSTIFICATION OF RATIONAL USE OF WATER RESOURCES IN AGRICULTURE

The research objective is idea formation on methodological approach to land reclamation development and rational use of water resources in national economy. The idea of reclamation as a rational technology of water resources use and agricultural production development under the influence of a climate factor has to undergo certain changes. The development of melioration in the south of Russia on the basis of resource-saving and nature-like technologies will allow to increase efficiency of agricultural production, to provide stability of rural territories, to enrich scientific ideas on land reclamation.

Key words: water resources, land reclamation, agriculture, climate factor, state programs, scientific justification of land reclamation.

Введение. Исследования показывают, что изменяющийся климат может существенно повлиять на ситуацию с водными ресурсами как в мире, так и в России. В XXI в. природная вода становится все более ценным и дефицитным ресурсом вследствие значительного увеличения населения планеты (по прогнозам ООН, к 2050 г. на Земле должно жить 35 млрд людей).

Россия является одной из ведущих в мире водных держав: страна располагает более чем 20 % мировых запасов поверхностных и подземных вод, имеет в своем распоряжении около 90 % речного стока, который приходится на бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов. Однако на бассейны Каспийского и Азовского морей, где проживает 70 % населения страны, приходится 8 % общего годового стока, что значительно уменьшает перспективы развития промышленности и сельского хозяйства [1].

Все регионы России можно подразделить на две группы: водоизбыточные и водонедостаточные. По показателю водообеспеченности на душу населения лидирует Дальневосточный район, затем следуют Восточно-Сибирский и Северный. Согласно имеющимся прогнозам, при изменении климата и повышении среднегодовой температуры на 3–5 °С, увеличении осадков на 10–20 % может наблюдаться и рост годового стока в бассейнах Волги на 25–40 %, Енисея – на 15–20 % [2]. Изменение климата может увеличить и годовой речной сток в Северный Ледовитый океан примерно на 15–20 %. Все это приведет к появлению больших паводков и затоплению значительных территорий. Негативные последствия ожидаются в связи с подъемом уровней подземных вод, значительным развитием процессов заболачивания. В сельскохозяйственных регионах России, где климат станет более засушливым (Северный Кавказ, Нижнее Поволжье, юг Сибири), будет наблюдаться дефицит водных ресурсов, что существенно скажется на аграрном производстве. Это потребует разработки концептуальной модели мелиораций, обеспечивающей синтез различных теоретических представлений и воззрений на использование водных ресурсов в условиях меняющегося климата, при том условии, что они несомненно подтверждаются практикой. Создаваемая логическая категориально-понятийная структура «новой мелиорации» вызовет новые формы представления

о теории мелиорации и потребует формирования методологического подхода к предстоящим исследованиям.

Методы. При исследовании использовался аналитический и статистический метод. Изучались основные подходы и практика использования природных ресурсов и мелиорации в ЮФО, Волгоградской области. Велся поиск будущего концептуального подхода в развитии водных мелиораций.

Результаты и обсуждение. В прогнозируемых последствиях изменения климата просматриваются три варианта удовлетворения потребности народного хозяйства и населения в водных ресурсах: экономия водных ресурсов на основе природоохранных технологий, введение эффективных экономических и административных инструментов регулирования водных ресурсов, экстенсивное наращивание потребления воды за счет внутренних и внешних источников (увеличение потребления подземных вод или вариант переброски водных ресурсов из водообеспеченных регионов Севера на юг России) [3].

Для России эти варианты можно рассматривать с позиции положительной или отрицательной динамики. Одни ученые полагают, что первый путь является наиболее перспективным в силу имеющихся огромных резервов в водопользовании (огромные потери при производстве, устаревшая физически и морально водораспределительная инфраструктура с многочисленными авариями на водных магистралях). Другие считают, что «вопрос переброски северных рек» вновь становится весьма актуальным, но требует серьезных исследований на основе значительного массива информации, в т. ч. с использованием данных, относящихся к «малым сигналам» [2, 4].

Отношения в области водопользования должны выстраиваться на основе требований к управлению почвенными, растительными ресурсами. Должны найти решение вопросы оптимизации планирования в области ирригации, применения ресурсосберегающих технологий в орошаемом земледелии, потребуются научное обоснование норм полива сельскохозяйственных культур с учетом различных стадий вегетации, превалирующих условий окружающей среды и возможностей оросительной техники. Должны быть изменены подходы к мелиорации как области научных знаний. Одно из наиболее известных определений мелиорации (лат. *melioratio* – улучшение) раскрывает «действие» как один из способов рационального использования природных ресурсов через применение следующих типов мелиорации: гидромелиорация, агролесомелиорация, культуртехническая, химическая мелиорация [5].

Вопросами повышения эффективности использования водных ресурсов и мелиораций земель занимались известные ученые, в т. ч. И. П. Айдаров, А. И. Голованов, М. С. Григоров, В. И. Вернадский, В. В. Докучаев, Н. Н. Дубенок, Ю. Г. Иваненко, В. И. Коржов, Д. М. Кац, Б. М. Кизяев, Н. Г. Ковалёв, А. Н. Костяков, И. П. Кружилин, В. В. Мелихов, В. И. Ольгаренко, С. М. Васильев, Б. Б. Шумаков, В. Н. Щедрин и др. Большинство научных исследований было посвящено рациональному распределению водных ресурсов, применению мелиораций в сельском хозяйстве (от теоретического обоснования целесообразности создания оросительных систем (ОС) до внедрения в практику инновационных технологий и систем управления водными ресурсами) [4, 6–10].

На примере работ ученого А. Н. Костякова можно проследить, как шла эволюция взглядов на развитие мелиорации. Представление о мелиорации как о «земельных улучшениях» продержалось до 1922 г., когда А. Н. Костяков обосновал «мелиорацию, как перманентное улучшение естественных природных условий сельского хозяйства в более благополучные отношения к основным факторам риска – влаге, почвенному воздуху, питательным веществам, строению почвы» (А. Н. Костяков, 1923). В работе, написанной в 1933 г., под сельскохозяйственными мелиорациями он стал понимать «систему социально-экономических и технических мероприятий, имеющих своей задачей улучшение территории в целях успешного развития социалистического сельского хозяйства, получения устойчиво высоких урожаев требуемых культур». В работе, из-

данной в 1951 г., дается определение сельскохозяйственной мелиорации, которое стало широко использоваться в научной и учебной литературе: «...представляет систему организационно-хозяйственных и технических мероприятий, имеющих задачей коренное улучшение неблагоприятных природных (почвенных, климатических, гидрологических) условий в целях успешного хозяйственного освоения и использования этих территорий, прогрессивного повышения плодородия их почв» [11]. Даже такой небольшой экскурс в историю определения понятия мелиорации не только свидетельствует о многообразии взглядов на этот вопрос, но и подчеркивает важность поиска новых подходов к формированию представлений о мелиорации как о науке, сумме знаний.

В практическом плане процесс, направленный на оптимизацию сельскохозяйственного производства, должен иметь четкие представления о мелиорации земель. Государственные структуры совместно с сельскохозяйственными товаропроизводителями должны обеспечивать:

- *паспортизацию* мелиоративных систем и отдельно расположенных ГТС;
- *заключения государственной экспертизы* предпроектной и проектной документации на строительство и реконструкцию мелиоративных систем и отдельно расположенных ГТС на предмет соответствия исходных данных техническим условиям и требованиям нормативной документации по проектированию и строительству;
- оформление *деклараций по безопасности ГТС*;
- *надлежащее содержание мелиоративных систем* и предупреждение их повреждения.

Водохозяйственный комплекс России включает 65 тыс. крупных объектов водохозяйственного назначения, в т. ч. 29,4 тыс. напорных ГТС, решающих задачи водобеспечения и обводнения, гидроэнергетики, водного транспорта, рыбного и сельского хозяйства [12]. В таблице 1 представлены гидромелиоративные объекты Южного федерального округа, в т. ч. нуждающиеся в восстановлении.

Таблица 1 – Гидромелиоративные объекты государственной собственности Южного федерального округа и объекты, нуждающиеся в восстановлении, 2018 г.

| Федеральный округ | Наименование гидромелиоративного объекта | Всего | В т. ч. нуждающиеся в восстановлении | ГТС, нуждающиеся в восстановлении, % |
|---|--|---------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Южный федеральный округ | Головные водозаборы, шт. | 94 | 18 | 19,1 |
| | Источники орошения всего, шт. | 95 | 18 | 18,9 |
| | Каналы, включая магистральные, км | 5156,77 | 1751,03 | 34,0 |
| | Сооружения на всех каналах, включая магистральные, и в точках выдела водопользователями, шт. | 1853,00 | 627 | 33,8 |
| | Насосные станции для орошения, шт. | 340 | 140 | 41,2 |
| | Водоохранилища, шт. | 33 | 3 | 9,1 |
| | Мосты и проезды, шт. | 383 | 175 | 45,7 |
| Источник: https://inform-raduga.ru/gts . | | | | |

В законодательстве многих стран, содержащем императивно установленные экологические требования, отношение к мелиорации переводится на позиции бережного отношения к ресурсам. Нормативное закрепление экологии в мелиорации имеет весьма прогрессивное значение, поскольку односторонний подход к оценке результатов может привести к природным катастрофам (например, усыхание Аральского моря или появление в степных зонах заболоченных мест) (Х. Исайнов, 2007) [13]. Сохранение мелиорированных земель, защитных лесных насаждений, эффективное функционирование и восстановление разрушенного мелиоративного комплекса невозможны без участия государства, обладающего «значительным управленческим потенциалом» (И. Кружилин, 2008) [6]. Наряду с федеральным государственным управлением в сфере мелиорации земель существуют и иные виды управления – муниципальное, общественное, внутрихозяйственное. Однако большая часть управленческих функций в отношении мелиорации осуществляется именно федеральными и региональными органами государственной власти (В. Щедрин, 2016) [9]. Вмешательство государства в мелиоративную сферу должно быть сбалансированным и разумным, чтобы не допустить возникновения в ней «иждивенческого» отношения со стороны сельхозтоваропроизводителей (В. Щедрин, 2016) [9]. Результаты государственной политики в отношении мелиоративного комплекса представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Мелиорированные земли, введенные в оборот товаропроизводителями по программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» в период 2014–2017 гг.

В тыс. га

| Субъект РФ | Всего | В т. ч. | | | |
|-----------------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| | | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. |
| Российская Федерация | 377670,47 | 96763,79 | 89691,30 | 90081,64 | 101133,74 |
| ЮФО | 84788,84 | 16007,00 | 15913,20 | 22413,92 | 30454,72 |
| Республика Адыгея | 1802,62 | 83,00 | 410,00 | 674,82 | 634,80 |
| Республика Калмыкия | 12010,40 | 2904,00 | 1600,00 | 2744,40 | 4762,00 |
| Краснодарский край | 19751,00 | 4920,00 | 5146,00 | 6177,00 | 3508,00 |
| Астраханская область | 10831,40 | 1010,00 | 1751,20 | 4004,60 | 4065,60 |
| Волгоградская область | 16265,42 | 1670,00 | 2900,00 | 2236,00 | 9459,42 |
| Ростовская область | 20822,10 | 5420,00 | 3206,00 | 6096,10 | 6100,00 |
| Республика Крым | 2990,00 | 0,00 | 900,00 | 481,00 | 1609,00 |
| г. Севастополь | 315,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 315,90 |

Источник: <https://inform-raduga.ru/gts>.

Согласно концепции продовольственной безопасности до 2020 г. в России должно быть около 18 млн га мелиорированных земель (10 млн га орошаемых и 8 млн га осушаемых угодий), что позволит иметь 15 % площади пашни и увеличить продуктивность агробиоценозов в 2–3 раза. Одним из элементов инфраструктуры АПК являются агро-технопарки [14]. Наиболее используемыми в мировой практике моделями агро-технопарков являются «базы оптово-розничной реализации сельхозпродукции». В ФГБНУ «РосНИИПМ» разработана модель мелиоративного парка – инструмента интенсификации аграрного производства и научно-технического прогресса в сельском хозяйстве на определенной территории. Основные принципы, которые легли в основу данной модели, следующие: достижение эффективности сельскохозяйственного производства, постоянное поддержание агроландшафтов в устойчивом состоянии, увеличение объемов производства экологически чистой продукции, применение на практике наиболее доступных технологий [14, 15].

Волгоградская область – один из наиболее экономически развитых регионов Южного федерального округа. Общая площадь Волгоградской области составляет

114,1 тыс. км². Климат региона характеризуется резкой континентальностью: среднегодовая температура воздуха составляет 6,5 °С, осадки за год – 375 мм, гидротермический коэффициент – 0,4–0,8, количество дней с суховеями около 100. Почвенный покров представлен обыкновенными и южными черноземами, темно-каштановыми, каштановыми и светло-каштановыми почвами. Хотя область и относится к зоне недостаточного увлажнения, по объему произведенного агропродукта занимает 10-е место в стране, удельный вес в валовом производстве сельхозпродукции страны – 2,6 % [16, 17].

Основными сегментами сельскохозяйственной деятельности являются: выращивание зерновых и овощных культур (67 %), ведение животноводства (27 %). Значительные сельскохозяйственные угодья (7,4 млн га, в т. ч. 4,7 млн га пашни), сложившаяся система земледелия позволяют региону быть лидером по производству продукции растениеводства [8–10]. Дальнейшее повышение продуктивности сельскохозяйственного производства возможно на основе использования научных технологий возделывания сельхозкультур и применения комплексной мелиорации [5, 16].

Площадь орошаемых земель в регионе составляет 233,4 тыс. га, в т. ч. лиманное орошение – 54,6 тыс. га. Орошаемые земли на площади 19,53 тыс. га имеют различную степень природного и вторичного засоления, солонцовые почвы составляют 43,38 тыс. га, на 80,3 тыс. га орошаемых земель грунтовые воды имеют уровень минерализации от 1,0 до 3,0 г/дм³ и более.

В последние годы значительно возросла периодичность засух (один раз в 3–5 лет), что предопределяет необходимость развития орошаемого земледелия. По прогнозам ученых (И. Кружилина), для устойчивого производства сельскохозяйственной продукции на территории Волгоградской области необходимо иметь 650 тыс. га орошаемых земель [6]. Один из перспективных районов развития сельхозпроизводства – это Заволжье с уровнем осадков более 300 мм/год.

Системная работа администрации региона и аграриев по развитию мелиорации позволила области привлечь федеральные средства для реконструкции ОС в Быковском и Николаевском районах. По государственной программе развития мелиорации 400 млн руб. было израсходовано на строительство плавучих станций и реконструкцию оросительных каналов (рисунок 1) [18].



Рисунок 1 – Плавучие насосные станции в Быковском районе Волгоградской области, построенные по ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» (источник: www.volgograd.ru)

В результате продуманной политики площадь орошаемых земель в районе Заволжья выросла (44,6 тыс. га).

В состав мелиоративного комплекса Волгоградской области входят: оросительные каналы, насосные станции, ГТС, трубопроводы, поливная техника. Гидромелиоративные системы используются не только в целях орошения, они обводняют территории, снабжают водой КФХ, малые города и сельские поселения.

Волгоградская ОС включает 17 самостоятельных объектов: Большая Волгоградская ОС, Варваровская ОС, Волго-Ахтубинская обводнительно-оросительная система (ООС), Генераловская ООС, Городищенская ОС, Заволжская ОС, Иловатская ОС, Ильмень-Суворовская ОС, Калачёвская ОС, Кисловская ООС, Котельниковская ОС, Ленинская ООС, Оленьевская ОС, Палласовская ООС, Светлоярская (Райгородская) ООС, Среднеахтубинская ОС, Тажинская ООС.

Площадь орошаемых угодий в Волгоградской области составляет 233,4 тыс. га, на регулярное орошение приходится 178,8 тыс. га, на лиманное – 54,6 тыс. га. Машинный парк поливной техники включает 560 единиц: «Фрегат», «Кубань-ЛК», ДДА, ДДН-70, ДКШ-64, Bauer, Valley [18].

Основной организацией, обслуживающей мелиоративный комплекс области, является ФГБУ «Управление «Волгоградмелиоводхоз». Паспорт Волгоградской мелиоративной системы представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Паспорт ФГБУ «Управление «Волгоградмелиоводхоз», 2017 г.

| Наименование | Содержание |
|---|---|
| Филиалы ФГБУ (10) | Быковский, Городищенский, Иловлинский, Котельниковский, Ленинский, Николаевский, Палласовский, Светлоярский, ВГМП, ВСМНЦ |
| Общий износ активов, % | 89 |
| Обводнение (объекты, площадь, численность населения) | Ленинский район – 127,5 тыс. га, 18000 чел. Палласовский район – 210,0 тыс. га, 30900 чел. Светлоярский район – 76,0 тыс. га, 39000 чел. Котельниковский район – 20,0 тыс. га, 12000 чел. Николаевский район – 20,0 тыс. га, 11000 чел. |
| Площади мелиорированных земель, тыс. га | Всего – 233,4, в т. ч. лиманное орошение – 54,6 |
| Общее количество ГТС, включая водозаборные, шт. | 476 |
| Наличие пунктов водоучета, шт. | 68 |
| Наличие всех типов водозаборных сооружений, шт. | 51 |
| Количество насосных станций, шт. | Всего насосных станций – 248 |
| Количество водосбросных ГТС, шт. | 9 |
| Количество водоподпорных ГТС в составе мелиоративной системы | Плотины – 15 шт. Дамбы – 52,20 км |
| Годовой объем воды, забираемой из различных водных объектов, млн м ³ | 406,659 |
| Общая протяженность каналов, км | 1376,30 |
| Каналы с пропускной способностью, км | До 1 м ³ /с – 30,4; 1–5 м ³ /с – 382,2; 5–10 м ³ /с – 358,6; 10–30 м ³ /с – 206,3; 30–50 м ³ /с – 40,9 |
| Протяженность трубопроводов, км | Всего 1357,7 |
| Наличие мелиоративной техники, ед. | 126 |
| Численность кадрового состава, чел. | 1448 |
| Источник: https://inform-raduga.ru/gts . | |

Принимаемые государственные и региональные программы в АПК способствуют реализации приоритетных направлений развития национальной экономики России. На сегодняшний день основной программой развития сельского хозяйства страны является Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы, утвержденная Постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 [19–24].

Выводы. Дальнейшее развитие мелиорации без учета климатообразующего фактора не позволит объективно дать оценку эффективности применяемых мероприятий в АПК. Требуется проведение научных исследований с целью формирования концептуальной модели развития мелиорации в XXI в., применения технологий, использующих водные ресурсы. Разрабатываемая в научных кругах Стратегия мелиорации – 2030 должна включать новые научные представления о роли мелиорации в развитии национальной экономики в следующих направлениях:

- проведение дальнейшей политики импортозамещения мелиоративной техники и технологий (за счет господдержки отечественных производителей);
- создание малоэнергозатратных мелиоративных систем нового поколения (в т. ч. использование деривационных ОС);
- создание высокоэффективных технологий ведения сельскохозяйственного производства на мелиорируемых земельных и водных угодьях (в т. ч. создание системы управления продуктивностью орошаемого агробиоценоза и формированием качества урожая).

Список использованных источников

1 Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года и плана мероприятий по ее реализации: утв. Распоряжением Правительства РФ от 27 августа 2009 г. № 1235-р (с изменениями на 17 апреля 2012 г.) // Гарант Эксперт 2018 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2018.

2 Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ: по состоянию на 29 июля 2017 г. // Гарант Эксперт 2018 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2018.

3 Состояние мировых земельных и водных ресурсов для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Управление системами, находящимися под угрозой. Сводный доклад СОЛАВ [Электронный ресурс] / Сост. С. S. Ward, J. Pretty. – Режим доступа: http://cawater-info.net/bk/water_land_resources_use/russian_ver/pdf/i1688r00.pdf, 2019.

4 Айдаров, И. П. Проблемы мелиорации и водопользования [Электронный ресурс] / И. П. Айдаров. – Режим доступа: http://aidarov.net/books/Foreign_Experience.pdf, 2019.

5 О мелиорации земель: Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru/#/document/10108787/paragraph/>, 2019.

6 Кружилин, И. П. Орошение как базовый фактор повышения устойчивости земледелия в засушливых регионах России / И. П. Кружилин // Орошение земель в обеспечении продовольственной безопасности России: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2008. – С. 17–26.

7 Дубенок, Н. Н. Приоритеты научного обеспечения развития мелиорации / Н. Н. Дубенок // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2014. – Вып. 1. – С. 96–104.

8 Green Technologies: The Basis for Integration and Clustering of Subjects at the Regional Level of Economy / L. N. Medvedeva, V. Melikhov, A. A. Novikov, O. P. Komarova // Integration and Clustering for Sustainable Economic Growth. – 2017. – P. 365–382.

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

10 Meliorative institutional environment: The area of state interests / V. N. Shchedrin, S. M. Vasilyev, A. V. Kolganov, L. N. Medvedeva, A. A. Kupriyanov // *Espacios*. – 2018. – Vol. 39, № 12. – P. 28–36.

11 Костяков, А. Н. Основы мелиорации / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1951. – 750 с.

12 О федеральной целевой программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы»: Постановление Правительства Российской Федерации от 12 октября 2013 г. № 922 (с изменениями на 25 января 2017 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499051291>, 2019.

13 Исайнов, Х. Р. Повышение эколого-экономической эффективности мелиорации в сельском хозяйстве депрессивного региона: теория, методология и практика: автореф. дис. ... д-ра экон. наук / Исайнов Хисайн Рахимович. – М., 2007. – 40 с.

14 Медведева, Л. Н. Аграрная политика России. Актуальность создания мелиоративного аграрного парка на основе ресурсосберегающих технологий и инструментария государственно-частного партнерства / Л. Н. Медведева // Аграрный сектор России: стратегия развития: материалы конф. в рамках III Моск. экон. форума, 30 марта 2017 г. – М.: ВНИИЭСХ, 2017. – С. 360–368.

15 Медведева, Л. Н. Научно-методическое обоснование создания мелиоративного аграрного парка на юге России / Л. Н. Медведева // Экология и мелиорация агроландшафтов: материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, г. Волгоград, 2–5 окт. 2017 г. / ФНЦ агроэкологии РАН. – 2017. – С. 143–147.

16 Попова, С. А. Современное состояние и основные проблемы развития АПК Волгоградской области / А. С. Попова, Е. А. Колпакова // *International Conference on Modern Researches in Science and Technology*, Berlin, 31 Jan. 2017. – Professional science, 2017. – P. 102–110.

17 Мелихов, В. В. Роль орошаемого земледелия при разработке концепции национальных планов устойчивого развития агроландшафтов / В. В. Мелихов // Агроэкология, мелиорация и защитное лесоразведение: материалы междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 509–513.

18 Департамент мелиорации МСХ РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inform-raduga.ru>, 2019.

19 Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы: Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902361843>, 2019.

20 Медведева, Л. Н. Зарубежный опыт внедрения инноваций в мелиорацию / Л. Н. Медведева, С. А. Манжина // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 1(69). – С. 104–112.

21 Васильев, С. М. Экономические мотиваторы перспектив инновационного развития дождевальной техники в России / С. М. Васильев, Л. Н. Медведева // Пром-Инжиниринг [Электронный ресурс]: тр. III междунар. науч.-техн. конф. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ. – 2017. – С. 387–392. – Режим доступа: <http://icie-rus.org/issues/ICIE-2017RU.pdf>.

22 Об утверждении Прогноза научно-технологического развития агропромышленного комплекса РФ на период до 2030 г.: Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 12 января 2017 г. № 3: по состоянию на 1 августа 2016 г. // Гарант Эксперт 2017 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

23 Стратегия инновационного развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pandia.ru/text/78/227/27573.php>, 2019.

24 О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы: Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 (с изменениями на 1 марта 2018 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902361843>, 2019.

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.432.23:631.445.51

А. С. Штанько

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

Г. М. Сукало

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИМЕНЬШЕЙ ВЛАГОЕМКОСТИ В ПОЧВЕННОМ ПРОФИЛЕ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ РАСЧЕТНЫМ МЕТОДОМ

Цель исследования – разработка многофакторных экспериментальных моделей, описывающих функциональную связь между наименьшей влагоемкостью и основными почвенными параметрами, которые позволят прогнозировать значения наименьшей влагоемкости в почвенном профиле светло-каштановых почв Ростовской области. Объект исследования – физические и водно-физические характеристики светло-каштановых почв. Предмет исследования – функциональная связь между наименьшей влагоемкостью и физическими параметрами светло-каштановых почв. Результат исследования – многофакторные экспериментальные модели и основанная на их использовании методика прогнозирования значений наименьшей влагоемкости светло-каштановых почв Ростовской области, используемых в расчетах параметров контуров капельного увлажнения почв.

Ключевые слова: светло-каштановая почва, почвенные характеристики, наименьшая влагоемкость, гранулометрический состав, плотность сложения, содержание гумуса.

A. S. Shtanko

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

G. M. Sukalo

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

DETERMINATION OF THE MINIMUM MOISTURE CAPACITY IN LIGHT CHESTNUT SOILS PROFILE IN ROSTOV REGION BY CALCULATION METHOD

The purpose of the research is the development of multifactorial experimental models describing the functional relationship between the minimum moisture capacity and the main soil parameters, which allow to predict the field moisture capacity values in the soil profile of light chestnut soils in Rostov region. The object of the research is the physical and hydrophysical characteristics of light chestnut soils. The subject of the research is the functional connection between the minimum water-holding capacity and the physical parameters of light chestnut soils. The result of the research is multiple experimental models and a method based on their research for predicting the minimum moisture capacity values of light-chestnut soils in Rostov region used in calculating the parameters of drip moisture soil contours.

Key words: light chestnut soil, soil characteristics, minimum moisture capacity, particle size distribution, bulk density, humus content.

Введение. К одному из видов почвенного покрова восточных районов Ростовской области (Заветинского, Ремонтненского и частично Дубовского) относятся светло-каштановые почвы, используемые в орошаемом земледелии. Указанные почвы, судя по данным О. С. Безугловой, М. М. Хырхыровой [1], характеризуются: малой мощностью гумусового горизонта ($h_{гум} \leq 30-38$ см), низким содержанием гумуса в пахотном слое ($g_{гум} = 2,2...1,7$ %) при общем его количестве $G_{гум} = (65 \pm 12)$ т/га. Среднее содержание физической глины W_r в тяжелосуглинистых разновидностях составляет (45 ± 1) % от массы сухой почвы (% МСП) в горизонте А и (56 ± 2) % МСП в горизонте В, а в среднесуглинистых почвенных образованиях W_r равно 40 и 51 % МСП соответственно. Рассматриваемые почвы характеризуются относительно невысокой наименьшей влагоемкостью пахотно-гумусового (гумусо-аккумулятивного) горизонта ($W_{НВ} \leq (27 \pm 1)$ % МСП).

Приведенные в работе О. С. Безугловой, М. М. Хырхыровой [1] средние значения почвенных показателей базируются на определенной экспериментальной основе и могут использоваться только в качестве примерного ориентира. В реальных условиях диапазоны изменения указанных характеристик несколько шире при наличии разных сочетаний значений таких физических и водно-физических почвенных параметров, как послойное по глубине почвенного профиля содержание в почвогрунтовой толще физической глины ($(W_r)_i$, % МСП), послойная плотность сложения почвы (γ_i , т/м³), мощность гумусового слоя ($h_{гум}$, м), послойное содержание гумуса ($(g_{гум})_i$, %) и наименьшая влагоемкость почвы ($(W_{НВ})_i$, % МСП).

Отсутствие должного объема информации по вышеуказанным почвенным параметрам не позволяет осуществлять высокоэффективное использование земель в сельскохозяйственном производстве. Все возрастающая потребность в развитии эффективного орошаемого земледелия актуализирует решение задач по установлению и оценке почвенных условий для выращивания сельскохозяйственных культур на светло-каштановых почвах региона при их дождевании или капельном орошении [2, 3].

До настоящего времени указанная задача решалась проведением почвенных изысканий, одним из наиболее сложных и трудоемких видов которых является определение средней по почвенному профилю наименьшей влагоемкости почвы $\bar{W}_{НВ}$ и послойного ее распределения по глубине почвогрунтовой толщи $(W_{НВ})_i$ [4].

При решении задачи по упрощению определения значений $W_{НВ}$ исследователями установлено наличие взаимосвязи между отдельными почвенными параметрами [5–9], что открывает возможность для прогнозирования значений одних показателей по известным значениям других почвенных характеристик. При наличии соответствующих зависимостей, описывающих функциональные связи между величиной наименьшей влагоемкости и другими почвенными параметрами, возможна разработка методики прогнозирования значений $W_{НВ}$ при известных и относительно просто определяемых вышеуказанных факторах влияния. Указанная рабочая гипотеза предусматривает определение функциональной связи вида $W_{НВ} = f(W_r, \gamma, h_{гум}, g_{гум})$. Получение экспериментальной зависимости (многофакторной математической модели), описывающей указанную функциональную взаимосвязь между почвенными характеристиками, и было определено целью проведенного экспериментально-аналитического исследования.

Материалы и методы. Основой для получения экспериментальной многофакторной модели и методики прогнозирования значений наименьшей влагоемкости почвы являются данные экспериментальных исследований характеристик светло-каштановых

почв, выполненных в Заветинском, Ремонтненском и Дубовском районах Ростовской области. Почвенные изыскания проводились в связи с исследованиями параметров контуров капельного увлажнения, формирующихся в подкапельном почвенном пространстве при капельном поливе. Измерения почвенных параметров осуществлялись в соответствии с действующими нормативами и методиками [10, 11]. Материалы и почвенные образцы полевых исследований обрабатывались с применением методик лабораторных исследований почвенных проб.

Примеры опытных значений экспериментально устанавливаемых физических и водно-физических почвенных показателей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Примеры опытных значений параметров светло-каштановых почв

| Слой почвы h_i , см | Плотность сложения γ_i , т/м ³ | Содержание физической глины (W_r) _i , % МСП | Содержание гумуса ($g_{гум}$) _i , % | Наименьшая влагоемкость ($W_{НВ}$) _i , % МСП |
|---|--|--|--|---|
| Заветинский район Ростовской области | | | | |
| 0–10 | 1,26 | 37,40 | 2,02 | 25,80 |
| 10–20 | 1,34 | 42,90 | 1,68 | 25,60 |
| 20–30 | 1,36 | 44,40 | 1,20 | 25,40 |
| 30–40 | 1,38 | 44,80 | 0,60 | 24,70 |
| 40–50 | 1,42 | 42,20 | 0,20 | 24,20 |
| 50–60 | 1,46 | 39,90 | 0,00 | 23,00 |
| 60–70 | 1,47 | 38,70 | 0,00 | 22,30 |
| 70–80 | 1,49 | 38,60 | 0,00 | 21,80 |
| 80–90 | 1,50 | 36,20 | 0,00 | 21,40 |
| 90–100 | 1,52 | 35,40 | 0,00 | 20,70 |
| Ремонтненский район Ростовской области | | | | |
| 0–10 | 1,20 | 34,00 | 2,12 | 27,20 |
| 10–20 | 1,26 | 35,80 | 1,86 | 26,70 |
| 20–30 | 1,29 | 40,20 | 1,00 | 25,80 |
| 30–40 | 1,32 | 39,40 | 0,54 | 24,60 |
| 40–50 | 1,33 | 39,90 | 0,22 | 22,90 |
| 50–60 | 1,35 | 40,70 | 0,00 | 22,40 |
| 60–70 | 1,35 | 41,20 | 0,00 | 21,70 |
| 70–80 | 1,36 | 41,60 | 0,00 | 21,70 |
| 80–90 | 1,37 | 42,40 | 0,00 | 21,20 |
| 90–100 | 1,40 | 42,80 | 0,00 | 20,90 |
| Дубовский район Ростовской области | | | | |
| 0–10 | 1,26 | 49,80 | 2,30 | 29,30 |
| 10–20 | 1,29 | 51,60 | 1,90 | 28,70 |
| 20–30 | 1,32 | 53,90 | 1,00 | 28,00 |
| 30–40 | 1,34 | 54,80 | 0,40 | 26,60 |
| 40–50 | 1,39 | 54,90 | 0,00 | 25,80 |
| 50–60 | 1,42 | 55,10 | 0,00 | 24,40 |
| 60–70 | 1,44 | 55,80 | 0,00 | 24,20 |
| 70–80 | 1,50 | 56,60 | 0,00 | 24,00 |
| 80–90 | 1,52 | 57,00 | 0,00 | 23,60 |
| 90–100 | 1,55 | 57,20 | 0,00 | 23,10 |

Опытные данные в процессе их камеральной обработки обобщались с применением методик корреляционно-регрессионного анализа.

Результаты и обсуждение. На первом этапе обобщения была установлена экс-

периментальная зависимость, описывающая функциональную связь между средними значениями почвенных параметров по метровому почвенному профилю. Полученная трехфакторная модель имеет вид:

$$(\bar{W}_{\text{НВ}})_{1,0} = \left(1 + \frac{\bar{g}_{\text{гум}}}{100}\right)^{0,1} \cdot \left[10,47 \cdot \ln\left(\bar{W}_{\text{г}} \cdot \frac{1,35}{\bar{\gamma}}\right) - 15,6 \cdot \left(\frac{\bar{W}_{\text{г}}}{60,0}\right)^{0,1}\right], \quad (1)$$

где $(\bar{W}_{\text{НВ}})_{1,0}$ – среднее по метровому почвенному профилю значение наименьшей влагоемкости почвы в процентах от массы сухой почвы, % МСП;

$\bar{g}_{\text{гум}}$ – среднее количество гумуса в почве по метровому почвенному профилю, %;

$\bar{W}_{\text{г}}$ – среднее по профилю содержание физической глины в почве, % МСП;

$\bar{\gamma}$ – среднее по почвенному профилю значение плотности сложения почвы, т/м³.

Сходимость данных экспериментальных исследований и расчетных осредненных по глубине почвенного профиля значений наименьшей влагоемкости проиллюстрирована примерами их сопоставления, приведенными в таблице 2.

Таблица 2 – Примеры сопоставления опытных и расчетных значений наименьшей влагоемкости светло-каштановой почвы

| $\bar{\gamma}$, т/м ³ | $\bar{W}_{\text{г}}$, % МСП | $\bar{g}_{\text{гум}}$, % | $(\bar{W}_{\text{НВ}})_{\text{оп}}$, % МСП | $(\bar{W}_{\text{НВ}})_{\text{рас}}$, % МСП | Отклонение $\sigma_{W_{\text{НВ}}}$, % |
|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------|---|--|---|
| 1,42 | 40,05 | 0,56 | 23,49 | 23,37 | +0,5 |
| 1,32 | 39,80 | 0,56 | 23,51 | 23,97 | -2,0 |
| 1,56 | 43,56 | 0,54 | 23,15 | 22,90 | +1,1 |
| 1,35 | 53,60 | 0,62 | 25,54 | 26,70 | -4,7 |
| 1,41 | 46,20 | 0,58 | 24,40 | 23,80 | +2,5 |

Судя по данным таблицы 2, зависимость (1) достаточно адекватно описывает соотношение значений наименьшей влагоемкости почвы и относительно просто определяемых в полевых условиях почвенных параметров $\bar{\gamma}$, $\bar{W}_{\text{г}}$ и $\bar{g}_{\text{гум}}$.

Полученная модель была апробирована на известных данных исследований светло-каштановых почв, соответствующие данные по которым приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты апробации зависимости (1) на данных известных исследований

| $\bar{\gamma}$, т/м ³ | $\bar{W}_{\text{г}}$, % МСП | $(\bar{W}_{\text{НВ}})_{\text{оп}}$, % МСП | $(\bar{W}_{\text{НВ}})_{\text{рас}}$, % МСП | Отклонение $\sigma_{W_{\text{НВ}}}$, % |
|-----------------------------------|------------------------------|---|--|---|
| По данным Е. И. Чушкиной [12] | | | | |
| 1,25 | 38,05 | 23,72 | 24,13 | +2,5 |
| По данным А. В. Русакова [13] | | | | |
| 1,32 | 38,12 | 28,88 | 23,44 | -2,4 |
| По данным В. С. Бочарникова [14] | | | | |
| 1,36 | 48,35 | 25,31 | 25,36 | -0,2 |

Судя по данным таблицы 3, экспериментальная математическая модель (1) обеспечивает высокую степень сходимости опытных и расчетных данных и является приемлемой для определения значений наименьшей влагоемкости почв.

На последующем этапе обобщений получена многофакторная модель, позволяющая получить значения наименьшей влагоемкости по отдельным слоям почвенного профиля, в виде:

$$(W_{\text{НВ}})_i = \left(1 + \frac{(g_{\text{гум}})_i}{100}\right) \cdot \left[10,47 \cdot \ln\left((W_{\text{Г}})_i \cdot \frac{1,35}{\gamma_i}\right) - 15,6 \cdot \left(\frac{(W_{\text{Г}})_i}{60,0}\right)^{0,1}\right] \cdot \left(\frac{\bar{\gamma}}{\gamma_i}\right)^{1,25}, \quad (2)$$

где $(W_{\text{НВ}})_i$ – наименьшая влагоемкость принятого i -го почвенного слоя, % МСП;
 $(g_{\text{гум}})_i$ – содержание гумуса в пределах рассчитываемого i -го слоя почвы, %;
 $(W_{\text{Г}})_i$ – содержание физической глины в рассчитываемом i -м слое почвы, % МСП;
 $\bar{\gamma}$ – среднее по почвенному профилю значение плотности сложения почвы, т/м³;
 γ_i – средняя плотность сложения рассчитываемого i -го почвенного слоя, т/м³.

Степень соответствия между расчетными $(W_{\text{НВ}})_{\text{рас},i}$ и опытными $(W_{\text{НВ}})_{\text{оп},i}$ значениями наименьшей влагоемкости светло-каштановых почв проиллюстрирована на рисунке 1.

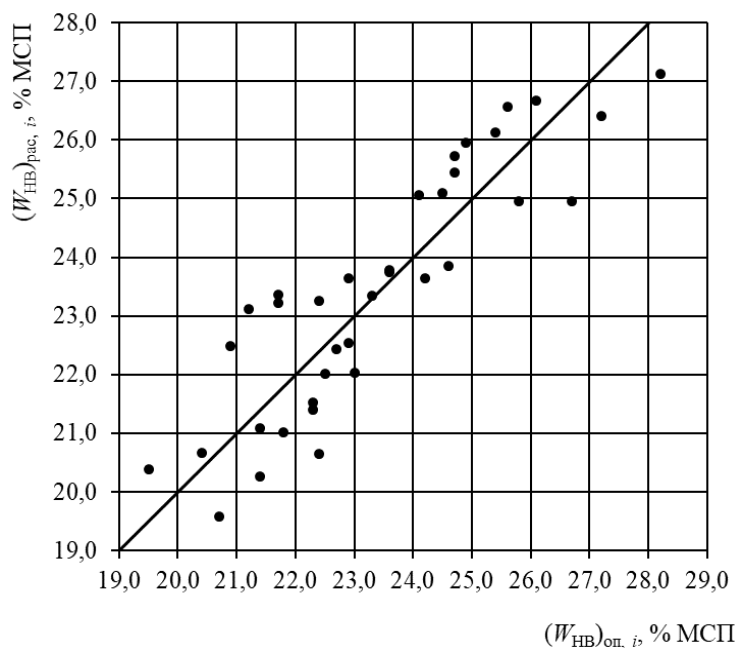


Рисунок 1 – Данные сопоставления опытных и расчетных значений наименьшей влагоемкости светло-каштановых почв Ростовской области

Учитывая адекватность расчетных зависимостей (1) и (2) реальным значениям почвенных параметров, предлагаем методику прогнозирования среднепрофильных и послонных значений наименьшей влагоемкости почвы по относительно просто определяемым ее физическим характеристикам, суть которой заключается в нижеследующем.

1 Экспериментально или по известным данным почвенных изысканий устанавливаются значения плотности сложения почвы, содержания в ней физической глины и гумуса в пределах рассматриваемого почвенного слоя ($\bar{\gamma}$, $\bar{W}_{\text{Г}}$, $\bar{g}_{\text{гум}}$) или по определенным почвенным слоям или горизонтам (γ_i , $(W_{\text{Г}})_i$, $(g_{\text{гум}})_i$).

2 С использованием соответствующих значений почвенных характеристик (по п. 1) по зависимости (1) определяется среднее по почвенному профилю значение $\bar{W}_{\text{НВ}}$, а по зависимости (2) послонные значения наименьшей влагоемкости почвы $(W_{\text{НВ}})_i$.

Отметим, что применение методики прогнозирования значений наименьшей влагоемкости почвы не исключает ее непосредственных измерений, но позволяет снизить трудоемкость полевых изысканий и использовать расчетные значения $\bar{W}_{\text{НВ}}$ и $(W_{\text{НВ}})_i$ в реальной практике проектирования и эксплуатации капельно орошаемых сельскохозяйственных угодий на светло-каштановых почвах Ростовской области.

Выводы. Более чем на 100 тыс. га сухостепной и полупустынной территории Заветинского, Ремонтненского и Дубовского районов Ростовской области почвенный покров представлен светло-каштановыми почвами, частично используемыми в сельскохозяйственном производстве. Эффективное ведение орошаемого земледелия на таких почвах предусматривает необходимость определения и учета их агрофизических и водно-физических характеристик. Представляет определенную сложность и является достаточно трудоемким опытное определение наименьшей влагоемкости почвы, одной из наиболее важных для гидромелиораторов характеристик. Указанное обстоятельство побуждает к поиску более простых технологий установления значений указанного параметра. Одним из подходов к решению данной задачи является аналитическое определение величины наименьшей влагоемкости почвы по другим, более просто определяемым почвенным характеристикам. Предложенный подход базируется на данных экспериментальных исследований и позволяет с достаточной для практики точностью прогнозировать значения наименьшей влагоемкости светло-каштановых почв, сформировавшихся в природно-климатических условиях Ростовской области.

Список использованных источников

- 1 Безуглова, О. С. Почвы Ростовской области: учеб. пособие / О. С. Безуглова, М. М. Хырхырова. – Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2008. – 352 с.
- 2 Васильев, С. М. Дождевание: учеб. пособие / С. М. Васильев, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 352 с.
- 3 Васильев, С. М. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие / С. М. Васильев, Т. В. Коржова, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 197 с.
- 4 Определение наименьшей влагоемкости почв ускоренным методом в полевых условиях / Г. Н. Гасанов, К. М. Гаджиев, З. Н. Ахмедова, Н. И. Рамазанова, Р. Р. Баширов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – № 2. – С. 11–15.
- 5 Роде, А. А. Почвенная влага / А. А. Роде. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 456 с.
- 6 Шейн, Е. Ф. Теория и методы физики почв / Е. Ф. Шейн, Л. О. Карпачевский. – М.: Гриф и К, 2007. – 616 с.
- 7 Шкура, В. Н. Расчетный метод определения параметров контура увлажнения при подземно-капельном орошении / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 4(16). – С. 25–36. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec294-field6.pdf.
- 8 Шкура, В. Н. Об учете почвенных водно-физических характеристик при определении параметров контуров капельного увлажнения почвы / В. Н. Шкура, А. С. Штанько // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 4(28). – С. 137–153. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=506&id=517>.
- 9 Шкура, В. Н. Природообустройство: терминологический словарь / В. Н. Шкура; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск, 2009. – 589 с.
- 10 Практикум по почвоведению / под ред. И. С. Кауричева. – М.: Колос, 1980. – 272 с.
- 11 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.
- 12 Чушкина, Е. И. Технология применения электрохимически активированной воды при капельном орошении томатов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Чушкина Елена Ивановна. – Волгоград, 2014. – 23 с.
- 13 Русаков, А. В. Режим орошения и водопотребление перца при поливе дождеванием на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Русаков Александр Владимирович. – Волгоград, 2017. – 20 с.
- 14 Бочарников, В. С. Научно-экспериментальное обоснование повышения эф-

эффективности технологических процессов и технических средств локального орошения в овощеводстве открытого и закрытого грунта: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Бочарников Виктор Сергеевич. – Волгоград, 2016. – 40 с.

УДК 626.86

А. Л. Кожанов

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

ПРИМЕНЕНИЕ МАЛОУКЛОННОГО И БЕЗУКЛОННОГО ДРЕНАЖА В СОСТАВЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДВУСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Целью исследований являлось изучение возможности применения и эффективности малоуклонного и безуклонного дренажа в составе осушительных систем двустороннего действия для условий Западной Сибири. Территория Западной Сибири расположена на равнине, особенностью которой является малая канализованность территории, равнинный рельеф с развитым микрорельефом и отсутствие достаточных уклонов поверхности земли, что привело к значительной заболоченности. Но в свою очередь чередование влажных циклов с малоснежными и засушливыми говорит о необходимости применения систем двойного регулирования водного режима. Согласно исследованиям различных ученых в данной предметной области, на болотах, подстилающихся хорошо водопроницаемыми грунтами, следует проектировать безуклонный ($i = 0$) и малоуклонный дренаж ($0,0001 < i < 0,002$). Расчет параметров безуклонного и малоуклонного дренажа должен учитывать возможность работы как в безнапорном, так и в частично-напорном и напорном режимах. Применение безуклонного и малоуклонного дренажа в условиях Западной Сибири рационально в совмещенных осушительно-увлажнительных системах двустороннего действия с подпочвенным увлажнением на землях, удовлетворяющих условиям применения данного вида мелиоративных мероприятий. Благодаря применению безуклонного дренажа взамен традиционного с заданным уклоном дрен можно увеличить площади мелиорируемых территорий, сократить затраты на устройство регулирующих и проводящих каналов, создать более выравненный по всей площади водный режим почвы, а также за счет сокращения количества открытых каналов увеличить площадь обрабатываемых мелиорируемых участков для выращивания сельскохозяйственных культур, что позволит получить дополнительный чистый доход.

Ключевые слова: мелиорация, осушение, малоуклонный дренаж, безуклонный дренаж, двойное регулирование, водный режим.

A. L. Kozhanov

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

APPLICATION OF LOW-SLOPE AND NON-SLOPE DRAINAGE AS PART OF DUAL-PURPOSE DRAINAGE SYSTEM FOR WESTERN SIBERIA CONDITIONS

The aim of the research was to study the applicability and efficiency of low-grade and non-gradient drainage as part of dual-purpose drainage systems under the conditions of Western Siberia. The territory of Western Siberia is located on a plain, characterized by low sewage of the terrain, a flat relief with a developed microrelief and the absence of sufficient terrain slopes which has led to significant water logging. But, in turn, the alternation of wet and little-snow dry cycles indicates the need for the use of water regime double regulation systems. Ac-

according to the research of various scientists in a given subject area, in swamps that are covered with well-permeable soils, non-slope ($i = 0$) and low-slope drainage ($0.0001 < i < 0.002$) should be designed. Calculation of the parameters of non-slope and low-slope drainage should take into account the possibility of working both in non-pressure and in part-pressure and pressure modes. The use of non-slope and low-slope drainage under the conditions of Western Siberia is rational in combined dual-purpose drainage-irrigation systems with sub-soil moisturing on lands satisfying the conditions for the use of this type of land reclamation measures. Thanks to the use of non-slope drainage instead of the traditional one with a prescribed slope of drains, it is possible to increase the areas of reclaimed territories, reduce the cost of construction of regulating and conductive canals, create a more levelled off soil water regime, and also by reducing the number of open canals to increase the area of cultivated reclaimed areas for growing crops, which will provide additional net income.

Key words: land reclamation, drainage, low-slope drainage, non-slope drainage, double regulation, water regime.

Введение. В настоящее время для обеспечения устойчивого развития АПК России необходимо к 2025 г. иметь 8 млн га осушенных земель [1]. Значительная часть осушенных и требующих осушения земель расположена в Западной Сибири, но мелиоративная сеть находится в неудовлетворительном состоянии, требует реконструкции и ремонта. Западная Сибирь – это часть Сибири, расположенная между Уральскими горами и р. Енисей. Около 80 % территории Западной Сибири расположено на равнине и состоит из двух плоских чашеобразных сильно заболоченных впадин. Одной из данных территорий является Барабинская низменность (Бараба). Особенности территории – малая канализованность территории, равнинный рельеф с развитым микрорельефом и отсутствие достаточных уклонов поверхности земли, что привело к значительной заболоченности. Встречаются западины (блюдца) – котловины с плоским дном диаметром от 50 до 200 м и глубиной 1–2 м. Но в свою очередь на территории Западной Сибири чередование влажных циклов длительностью 3–5 лет, сменяющихся малоснежными и засушливыми примерно той же продолжительности, приводит к подтоплению территорий, затоплению и переувлажнению пашни, сенокосов и пастбищ во влажные периоды, а в сухие периоды к снижению и даже гибели от засухи урожая. Все это говорит о необходимости применения систем двойного регулирования водного режима, а из-за малых уклонов с применением малоуклонного и безуклонного дренажа. В связи с этим целью настоящей статьи является обзор и анализ возможности применения малоуклонного и безуклонного дренажа в составе осушительных систем двустороннего действия для возможного использования в условиях Западной Сибири.

Материалы и методы. В статье использовались работы российских и зарубежных ученых в области применения малоуклонного и безуклонного дренажа в различных условиях. При исследовании использовались логические приемы: анализ, сравнение, синтез, конкретизация и обобщение.

Результаты и обсуждение. При совершенствовании и разработке новых конструкций осушительных систем двустороннего действия (осушительно-увлажнительных, осушительно-оросительных) одними из приоритетных направлений являются рациональное использование всех возможных ресурсов и полноценный учет ландшафтных, геологических и других условий [2–4]. Так как Барабинская низменность находится в неблагоприятных геоморфологических условиях с большим количеством малоуклонных и даже безуклонных земель, а при закладке трубчатого закрытого дренажа с нормативными уклонами на малоуклонных и безуклонных территориях неизбежно приходят к большой глубине открытой проводящей сети и еще большим глубинам регулируемых рек или различных бассейнов-водоприемников, то при строительстве новых систем и реконструкции существующих рекомендуется применять системы дренажа для условий малоуклонной местности [5–9].

Экспериментальные и теоретические исследования различных ученых [9–13] показали, что если болото подстилается слабоводопроницаемым грунтом (суглинки, глины), то осушительное действие проводящей сети распространяется на небольшое расстояние. Следовательно, в таких условиях можно закладывать закрытый дренаж с нормативными уклонами, не опасаясь необходимой для этого значительной (2,0–2,5 м и более) глубины проводящих каналов.

Но если болото подстилается хорошо водопроницаемыми песчаными отложениями, где коэффициент фильтрации значителен, то глубокая проводящая сеть распространяет свое действие на весьма большое расстояние, глубоко понижая грунтовые воды на осушаемой и прилегающей территории, что ведет к ряду негативных последствий осушительной мелиорации. Поэтому на землях с легкими минеральными почвами и торфяниками и коэффициентом фильтрации $K > 0,1$ м/сут, подстилаемых хорошо водопроницаемыми грунтами, следует проектировать безуклонный ($i = 0$) и малоуклонный дренаж ($0,0001 < i < 0,002$) [11, 12].

Во избежание негативных последствий А. И. Ивицким была предложена новая система осушения малоуклонных подстилаемых песчаными отложениями болот с безнапорным питанием, состоящая из редкой (через 500–1000 м) неглубокой (1,5–1,7 м) сети открытых каналов и малоуклонных дрен [12, 13].

В соответствии с исследованиями таких ученых, как А. И. Ивицкий, В. И. Селезнев, Л. С. Петрович, применение регулирующей сети, состоящей из безуклонных и малоуклонных дрен, позволяет эффективно использовать их как при осушении, так и при увлажнении. При этом проводящие каналы служат для отвода или подачи воды при увлажнении, что позволяет совершенствовать конструкцию системы и улучшать процесс автоматизации. Также преимуществом данных осушительно-увлажнительных систем является возможность применения дрен длиной до 1200 м, это способствует увеличению площади орошаемых массивов [14, 15].

Так, В. Г. Пунтусов в своих работах подтверждает, что на безуклонных мелиорируемых участках перспективным является использование совмещенных осушительно-увлажнительных систем с малоуклонным или безуклонным дренажем увеличенного диаметра. Это позволяет обеспечить равномерное осушение и подпочвенное увлажнение сельскохозяйственных земель [16]. Так, опытное обследование осушительно-увлажнительного закрытого безуклонного дренажа проводилось в Славском районе учеными И. Б. Циприсом и В. Г. Пунтусовым с 1983 по 1990 г., оно показало достаточную эффективность его работы [9, 16].

Но кроме обычных требований, предъявляемых к мелиоративной системе, при осушении так называемых блюдец необходимо учитывать, что после таяния снега вода должна уходить в такие сроки, которые давали бы возможность созреть почве одновременно на повышенных местах и в понижениях. После дождей вода в понижениях не должна застаиваться дольше того срока, который могут выдержать культурные растения. Необходимо стремиться к максимальному сохранению растительного слоя при проведении строительных работ и наименьшему нарушению структуры почвы механизмами. Должна выдерживаться технологичность строительных работ. Нужно обеспечить возможность круглогодичного строительства при снижении трудозатрат и экономном расходовании ресурсов.

Одним из способов, максимально удовлетворяющих этим требованиям, может быть безуклонный и малоуклонный дренаж в сочетании с мероприятиями по увеличению фильтрационных способностей грунтов на дне понижений [17].

Строгие геометрические формы дренажных систем при строительстве безуклонного и малоуклонного дренажа позволяют безошибочно охватить все понижения дренажем, повысить надежность работы каждой дрены и коллектора за счет их двустороннего подключения, облегчают работу эксплуатационников при ремонте и промывке

дренажных линий, увеличивают размеры сельскохозяйственных полей и, наконец, повышают производительность дренажных экскаваторов, что дает значительную экономию трудовых затрат. По сравнению с традиционной системой дренажа безуклонный дренаж позволяет снизить глубину каналов и уменьшить их поперечное сечение, а также уменьшить расчетное сечение гидротехнических сооружений на каналах. Все это дает возможность понизить сметную стоимость осушения и эксплуатационные затраты.

При безуклонном дренаже вся вода отводится через дренажно-коллекторную сеть, этим обеспечивается осушение корнеобитаемого слоя почвы во влажные периоды. По этой же сети накопленный дренажный сток подается для подпочвенного увлажнения в засушливые периоды при соответствующей компоновке элементов регулирующей осушительной сети с водоприемником-водоисточником и регулирующей увлажнительной сетью [18]. При строительстве таких систем максимально сохраняется растительный слой.

Анализ работ И. Б. Циприса, В. Г. Пунтусова, в которых рассчитывался объем работ по двум вариантам дренажа (безуклонного и с нормативным уклоном) на осушительных системах двустороннего действия, показал, что протяженность дренажа в обоих вариантах практически одинакова, количество гидротехнических сооружений тоже не меняется. Однако за счет уменьшения глубины канала при безуклонном дренаже можно снизить объем экскаваторных работ при выемке грунта до 150 м³ на гектар осушаемой площади [8, 15]. В сметных ценах на каждом гектаре осушения это дает экономию, при этом сокращаются трудовые затраты. Экономия трудовых ресурсов будет достигнута также на укладке безуклонного дренажа, так как производительность дрепоукладчика за счет удлинения дренажных линий возрастает. Также в безуклонном варианте появляется возможность проводить подпочвенное увлажнение, оперативно управлять количеством подаваемой воды на каждое поле в пределах дренажной сети.

Проведенные С. Г. Снежко и В. И. Шевелем исследования эффективности осушительно-увлажнительных систем с применением безуклонного дренажа на малоуклонных землях показали тенденцию удешевления строительства, повышения надежности мелиоративных систем в эксплуатации и снижение трудоемкости строительных работ [17].

В связи с тем, что при малоуклонном и безуклонном дренаже дрены могут достигать 1200 м в длину, различными учеными [13, 19, 20] были проведены исследования пропускной способности малоуклонных и безуклонных дрен. В результате данных исследований было установлено, что расход воды в дренажном трубопроводе как при осушении, так и при увлажнении изменяется от максимального в устье до минимального в истоке [19]. При этом имеет место присоединение расхода по всей длине трубопровода. Особенно значительна разница в расходах в длинных трубопроводах. После проведенных исследований авторами были предложены зависимости для расчета параметров малоуклонного и безуклонного дренажа при двустороннем регулировании водного режима. Также было установлено, что целесообразно изменять диаметр регулирующих дрен с учетом обеспечения необходимой пропускной способности по мере нарастания расхода.

Проведенный анализ различных работ ученых в области малоуклонного и безуклонного дренажа показал, что условия работы малоуклонных и безуклонных дрен иные, чем дренажа с нормативным уклоном, так как они могут работать как в безнапорном, так и в частично-напорном и напорном режимах. В связи с этим и расчет параметров при проектировании таких дрен должен быть отличным от расчета дренажа с нормативным уклоном. Для расчета расстояний между дренами можно применять методики А. И. Ивицкого с учетом и без учета действия проводящей сети [13, 19] или формулы других ученых без учета действия каналов. Но проведенные А. И. Ивицким исследования показали, что неучет действия проводящих каналов в хорошо водопр-

нищаемом грунте может дать ошибку в определении расстояний между дренами до 40 % и более. Последовательность расчета дренажа с нормативным уклоном следующая: вначале определяют расстояние между дренами в режиме осушения и увлажнения, после определяют диаметр дрен и коллекторов, работающих в безнапорном режиме, т. е. гидравлический расчет производят независимо от фильтрационного. Но так как безуклонный и малоуклонный дренаж может работать и в напорном режиме, при котором дренажи заполняются водой по всей длине, то необходимо проводить совместный фильтрационно-гидравлический расчет безуклонного и малоуклонного дренажа. Длину таких дрен переменного диаметра необходимо определять из дифференциальных уравнений с переменным по пути расходом.

Выводы. При двойном регулировании водного режима (осушение и увлажнение) земель использование безуклонного и малоуклонного дренажа является обоснованным, что говорит о его применимости и в условиях Западной Сибири на землях, удовлетворяющих условиям применения данного вида мелиоративных мероприятий.

Благодаря применению безуклонного дренажа взамен традиционного с заданным уклоном дрен обеспечивается увеличение площади мелиорируемых территорий, ограниченных сетью открытых каналов, сокращаются затраты на устройство регулирующих и проводящих каналов, создается более выравненный по всей площади водный режим почвы – отсюда повышается экономическая эффективность капиталовложений в мелиорацию и снижаются затраты. За счет применения безуклонного дренажа и сокращения количества открытых каналов возрастает площадь обрабатываемых участков.

При техническом совершенствовании осушительных систем двустороннего действия (осушительно-увлажнительных) с подпочвенным увлажнением необходимо принимать во внимание, что применение безуклонного и малоуклонного дренажа обеспечивает снижение строительной стоимости систем, сокращение эксплуатационных расходов, уменьшение затрат по возделыванию сельскохозяйственных культур. Все это позволяет получить дополнительный чистый доход.

Список использованных источников

1 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.

2 Кожанов, А. Л. Приоритетные направления совершенствования осушительных систем двустороннего действия / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин // Современные тенденции развития науки и производства: сб. материалов VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово: ЗапСибНЦ, 2018. – Т. 2. – С. 108–111.

3 Шевченко, В. А. Новые направления совершенствования водооборотных систем в мелиорации / В. А. Шевченко, В. К. Губин, Л. В. Кудрявцева // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина». – 2018. – № 6(88). – С. 27–31.

4 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.

5 Гурбанов, М. Ф. Некоторые гидродинамические показатели дренажа сифонного действия в условиях малоуклонной местности / М. Ф. Гурбанов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 1(21). – С. 35–45. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec391-field6.pdf.

6 Кащенко, Н. М. Расчет параметров польдерных систем сельскохозяйственного

назначения / Н. М. Кашенко, В. П. Ковалев, В. В. Васильев // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии [Электронный ресурс]. – 2018. – № 4. – С. 128–132. – Режим доступа: <http://elc.baa.by/vestnik2018-4/vestnik2018-4.pdf>.

7 Гурбанов, М. Ф. Эффективность работы дренажа сифонного действия в условиях малоуклонной местности / М. Ф. Гурбанов // Российская сельскохозяйственная наука [Электронный ресурс]. – 2017. – № 5. – С. 35–38. – Режим доступа: <http://journal-agricultural.ru/cgi-bin/rosselhozjournal/index.pl?text=page&i=6>.

8 Гурбанов, М. Ф. Солевой режим орошаемых земель на фоне сифонно-вакуумного дренажа в условиях малоуклонной местности / М. Ф. Гурбанов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки [Электронный ресурс]. – 2017. – № 4-1(196-1). – С. 104–109. – Режим доступа: <http://izvestiya.sfedu.ru/est-sci/ru/archive/content/2017/4-1/geo.pdf>.

9 Циприс, И. Б. Безуклонный дренаж в условиях полейдеров / И. Б. Циприс, В. Г. Пунтусов // Мелиорация земель Калининградской области: сб. науч. тр. – Л.: СевНИИГиМ, 1987. – С. 19–26.

10 Doty, C. W. Controlled subsurface drainage for Southern Coastal Plains soil / C. W. Doty, S. T. Currin, R. E. J. McLin // Journal of Soil and Water Conservation. – 1975. – Vol. 30, № 12. – P. 82–84.

11 Линкевич, Н. Н. Сушительно-увлажнительная система: учеб.-метод. пособие / Н. Н. Линкевич. – Минск: БНТУ, 2011. – 134 с.

12 СТО НОСТРОЙ 2.33.21-2011. Мелиоративные системы и сооружения. Ч. 2. Сушительные системы. Общие требования по проектированию и строительству. – Введ. 2011-12-05. – М.: БСТ, 2012. – 104 с.

13 Ивицкий, А. И. Расчет параметров безуклонного и малоуклонного дренажа с учетом проводящей сети / А. И. Ивицкий, В. Г. Бузинный // Научные основы проектирования и строительства гидромелиоративных систем. – Минск: БелНИИМиВХ, 1981. – С. 24–34.

14 Ивицкий, А. И. О конструкциях сушительно-увлажнительных систем с малоуклонным дренажом / А. И. Ивицкий, В. И. Селезнев, Л. С. Петрович // Управление водным режимом мелиорированных земель: сб. науч. тр. – Минск, 1987. – С. 14–19.

15 Найденов, С. В. Обзор водооборотных систем на основе гидромелиоративного рециклинга / С. В. Найденов, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2018. – № 2(30). – С. 95–111. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec548-field6.pdf.

16 Пунтусов, В. Г. Двухстороннее регулирование водного режима на полейдерах Калининградской области / В. Г. Пунтусов // Водохозяйственные проблемы региона: сб. науч. тр. – Калининград: КГТУ, 2016. – С. 85–91.

17 Снежко, С. Г. Эффективность сушительно-увлажнительных систем с безуклонным дренажом / С. Г. Снежко, В. И. Шевель // Конструкции сушительно-увлажнительных систем и методы их расчетов: сб. науч. тр. / УкрГипроводхоз. – Киев, 1984. – С. 100–104.

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

19 Ивицкий, А. И. К теории работы безуклонного и малоуклонного дренажа / А. И. Ивицкий, Л. Д. Зеленков // Конструкции и расчеты сушительно-увлажнительных систем: сб. науч. тр. / БелНИИМиВХ. – Минск, 1980. – С. 10–15.

20 Сорока, И. С. Расчет безуклонных и малоуклонных дрен в режиме двустороннего регулирования / И. С. Сорока // Конструкции сушительно-увлажнительных систем и методы их расчетов: сб. науч. тр. / УкрГипроводхоз. – Киев, 1984. – С. 18–22.

УДК 631.432.23:631.445.4

В. Н. Шкура, А. С. Штанько

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

РАСЧЕТ НАИМЕНЬШЕЙ ВЛАГОЕМКОСТИ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель исследования – разработка методики аналитического определения значений наименьшей влагоемкости черноземов по известным их физическим показателям. Объект исследования – черноземные почвы Ростовской области. Предмет исследования – межфакторные связи и описывающие их зависимости между физическими характеристиками и наименьшей влагоемкостью черноземов по почвенному профилю и генетически однородным слоям почвогрунтовой толщи. В основу полученных экспериментальных зависимостей положены опытные данные по измерению и определению основных физических параметров и определяющего водно-физического свойства почвы – влагоемкости, выраженной показателем ее наименьшей влагоемкости. Полученные зависимости с достаточной для практического применения точностью позволяют прогнозировать среднепрофильные и послойные значения наименьшей влагоемкости черноземных почв Ростовской области, определяемые расчетом по известным значениям показателей гранулометрического состава, плотности сложения и содержания гумуса.

Ключевые слова: черноземы, почвенные характеристики, наименьшая влагоемкость, гранулометрический состав, плотность сложения, содержание гумуса.

V. N. Shkura, A. S. Shtanko

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

CALCULATION OF FIELD MOISTURE CAPACITY OF CHERNOZEM SOILS IN ROSTOV REGION

The purpose of the study is method development of analytical determination of chernozem field moisture capacity values by their known physical characteristics. The object of the research is chernozem soils of Rostov region. The subject of the research is inter-factor connections and the dependencies describing them between the physical characteristics and the chernozem lowest moisture capacity by soil profile and genetically homogeneous layers of earth cover. The experimental data on measurement and determination of the main physical parameters and the determining soil water-physical properties - moisture capacity, expressed by the indicator of its field water capacity, are based on the experimental dependencies obtained. The obtained dependences with sufficient accuracy for practical application allow to predict the average profile and layer-by-layer values of chernozem field moisture capacity of Rostov region, determined by calculation of the known values of the particle size distribution indicators, bulk density and humus content.

Key words: chernozem, soil characteristics, field moisture capacity, particle size distribution, bulk density, humus content.

Введение. Почвенный покров территории Ростовской области более чем на 6500 тыс. га ее площади представлен черноземными почвами, и в частности обыкновенными (предкавказскими и североприазовскими), южными черноземами. В различных природно-климатических и почвенных зонах степной части территории Ростовской области сформировались определенные типы, подтипы, роды, виды и разновидности черноземов, среди которых различают преимущественно среднemosные обыкновенные и южные: глинистые, тяжело-, средне- и легкосуглинистые; мало- и слабогумусные;

разносолонцеватые и несолонцеватые и другие в разной степени эродированные черноземы. Черноземные почвы области характеризуются различными качественными и количественными агрофизическими и агрохимическими показателями по гранулометрическому составу, плотности сложения, порозности, влагоемкости, составу и содержанию гумуса, мощности гумусового горизонта и рядом других показателей. При широком спектре отличий количественных значений показателей для черноземных почв характерны и определенные общности и взаимосоотношения между их физическими и водно-физическими показателями, вызванные общим генезисом почвообразования [1].

Знание количественных значений физических и водно-физических почвенных показателей особо актуально для ведения точного орошаемого земледелия, и в частности при выращивании сельскохозяйственных культур при капельном орошении [2].

Одной из определяющих почвенных характеристик, используемых при расчетах геометрических и влажностных параметров контуров капельного увлажнения почвенного пространства, является наименьшая влагоемкость почвы. Определение этого почвенного параметра осуществляется постановкой достаточно трудоемких и времязатратных полевых и лабораторных исследований [3]. И при этом имеется настоятельная необходимость (особенно на предварительных стадиях проектирования) в оперативном получении необходимых данных по использованию значений этого параметра.

Отметим, что специалистами в области орошаемого почвоведения и физики почв неоднократно подчеркивалось наличие функциональных связей между различными почвенными физическими, физико-химическими и водно-физическими параметрами. Математическое описание одно- и многофункциональных связей позволяет по известным параметрам устанавливать необходимые почвенные характеристики, и в частности значения наименьшей влагоемкости почвы. Так, А. А. Роде [4] приводит опытные данные и графическую зависимость, иллюстрирующие функциональную связь между наименьшей влагоемкостью почвы ($W_{\text{НВ}}$, в процентах от массы сухой почвы (% МСП)) и ее гранулометрическим составом – содержанием в ней физической глины ($W_{\text{Г}}$, % МСП) в виде $W_{\text{НВ}} = f(W_{\text{Г}})$. Авторская обработка приведенных опытных данных позволила получить описывающую их зависимость в виде:

$$W_{\text{НВ}} = 10,47 \cdot \ln W_{\text{Г}} - 15,6, \quad (1)$$

которая позволяет с приемлемой для практики точностью установить значения $W_{\text{НВ}}$ для достаточно широкого диапазона значений $W_{\text{Г}}$ (от 20 до 80 % МСП).

Апробация указанной зависимости на наших опытных данных показала как ее практическую приемлемость для одних условий, так и значительные отклонения расчетных значений наименьшей влагоемкости от опытных в других случаях. Очевидным недостатком зависимости (1) является учет только одного, хотя и определяющего, фактора влияния и недоучет влияния других почвенных параметров. При этом у ее пользователей возникла потребность в определении не только средних по почвенному профилю значений наименьшей влагоемкости почвы, но и послойных в пределах профиля ее значений. Указанное обстоятельство потребовало проведения соответствующих полевых и лабораторных исследований, посвященных сбору необходимых для разработки моделей опытных данных и подходов к их анализу.

Материалы и методы. В качестве исходного опытного материала при разработке моделей использовались результаты определения физико-химических характеристик черноземных почв Ростовской области. Планированию исследований предшествовал анализ сведений о зональном распространении наиболее типичных черноземов, выбор регионов проведения полевых экспериментов и определение параметров измерений почвы. Учитывая географию распространения зональных типов и видов черноземов, предусматривали возможность получения исходных данных по обыкновенным и южным черноземам в районах с наиболее характерными природно-климатическими условиями почвообразования и с разными их характеристиками в увязке с зонами развитого

орошаемого земледелия. В качестве измеряемых и определяемых почвенных характеристик приняты: содержание в почве физической глины (W_r , % МСП), плотность сложения почвы (γ , т/м³), содержание гумуса ($g_{гум}$, %) в пределах перегнойно-аккумулятивного почвенного слоя ($h_{гум}$, м, в пределах горизонтов А и В₁) и наименьшая влагоемкость почвы ($W_{НВ}$, % МСП). Отборы почвенных проб для определения указанных почвенных характеристик проводились по слоям глубиной в 10 см или по генетическим горизонтам в пределах метрового почвенного слоя с соблюдением установленных методик ведения почвенных изысканий [5].

Отметим, что значения физических и водно-физических параметров почвенного покрова, измеренные на разных участках одного и того же поля, отличались. Имеющие место отличия в опытных значениях γ_i , $(W_r)_i$, $(g_{гум})_i$ и $(W_{НВ})_i$, зафиксированные на одном поле бывшей Персиановской ОМС, проиллюстрированы в таблице 1. В разной мере отличия в значениях показателей отмечались на целинных и интенсивно используемых (особенно староорошаемых) равнинных и склоновых участках.

Таблица 1 – Данные измерения почвенных характеристик на двух участках поля бывшей Персиановской ОМС НИМИ

| Глубина слоя h_i , см | γ_i , т/м ³ | | $(W_r)_i$, % МСП | | $(g_{гум})_i$, % | | $(W_{НВ})_i$, % МСП | |
|-------------------------|-------------------------------|------|-------------------|-------|-------------------|-----|----------------------|-------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 0–10 | 1,20 | 1,21 | 54,06 | 55,31 | 4,4 | 4,2 | 29,77 | 30,04 |
| 10–20 | 1,23 | 1,24 | 58,41 | 56,90 | 4,2 | 3,8 | 29,00 | 29,54 |
| 20–30 | 1,28 | 1,26 | 56,05 | 57,12 | 3,7 | 2,8 | 28,10 | 28,88 |
| 30–40 | 1,29 | 1,28 | 57,12 | 57,30 | 3,3 | 2,6 | 27,06 | 28,44 |
| 40–50 | 1,31 | 1,31 | 58,79 | 57,50 | 3,0 | 2,0 | 26,80 | 27,74 |
| 50–60 | 1,32 | 1,33 | 59,41 | 57,70 | 2,4 | 1,6 | 26,08 | 27,29 |
| 60–70 | 1,36 | 1,34 | 58,08 | 58,31 | 2,2 | 1,2 | 25,22 | 27,10 |
| 70–80 | 1,37 | 1,35 | 58,04 | 59,02 | 0,9 | 0,7 | 24,80 | 26,90 |
| 80–90 | 1,39 | 1,37 | 58,31 | 59,43 | 0,0 | 0,0 | 24,62 | 26,43 |
| 90–100 | 1,41 | 1,40 | 58,40 | 59,91 | 0,0 | 0,0 | 23,96 | 25,98 |
| Среднее | 1,32 | 1,31 | 57,76 | 57,85 | 2,4 | 1,9 | 26,54 | 27,83 |

Имеющие место отличия в послойных значениях γ_i не превышают 2,0 %, $(W_r)_i$ – 3,0 %, $(W_{НВ})_i$ – 8,0 %, а в значениях $(g_{гум})_i$ составили 58 % (что, видимо, объясняется разным высотным расположением участков и разным многолетним режимом использования их в сельскохозяйственном производстве). Указанное обстоятельство в различиях значений компенсировалось измерением показателей в трехкратной повторности.

Почвенные образцы обрабатывались в лаборатории, и результаты их исследований использовались в последующих обобщениях, проводимых с применением методик регрессионно-корреляционного анализа.

Результаты и обсуждение. В соответствии с задачами исследования на начальном этапе анализа полученного экспериментального материала была осуществлена качественная оценка влияния определенных физических почвенных параметров на величину наименьшей влагоемкости почвы, позволившая отметить нижеследующее.

1 На величину наименьшей влагоемкости почвы определяющее влияние оказывает ее гранулометрический состав, и в частности содержание в почве глинистых частиц размером менее 0,01 мм. С увеличением значений W_r в пределах 27–73 % МСП значения наименьшей влагоемкости почвы ($W_{НВ}$, % МСП) возрастают.

2 Значимое влияние на величину наименьшей влагоемкости оказывает плотность сложения почвы (γ , т/м³). При прочих равных условиях большей уплотненности почвенного слоя соответствуют меньшие значения влагоемкости ($W_{НВ}$, % МСП).

3 Значимыми факторами влияния являются содержание гумуса в почвенном слое ($g_{\text{гум}}$, %) или почвенном профиле ($\bar{g}_{\text{гум}}$, %) и мощность гумусированного слоя ($h_{\text{гум}}$, м). При этом бóльшим значениям указанных почвенных параметров соответствуют бóльшие значения наименьшей влагоемкости почвы ($W_{\text{НВ}}$, % МСП).

Указанные качественные соотношения рассмотренных почвенных характеристик $W_{\text{НВ}} = f_1(W_{\text{г}})$, $W_{\text{НВ}} = f_2(\gamma)$ и $W_{\text{НВ}} = f_3(g_{\text{гум}}, \bar{g}_{\text{гум}}, h_{\text{гум}})$ учитывались при разработке схемы, составлении структуры разрабатываемых математических моделей.

За основу трехфакторной математической модели принята предложенная авторами зависимость (1), описывающая функциональную связь $W_{\text{НВ}} = f(W_{\text{г}})$ по опытными данным А. А. Роде [4]. Учитывая отмеченные функциональные связи между наименьшей влагоемкостью и факторами влияния, предложили трехфакторную модель, позволяющую определить среднее по метровому почвенному профилю значение наименьшей влагоемкости почвы в виде:

$$(\bar{W}_{\text{НВ}})_{1,0} = (1,0 + \bar{g}_{\text{гум}}) \cdot \left[10,47 \cdot \ln \left(1,35 \cdot \bar{W}_{\text{г}} \cdot \bar{\gamma}^{-1,0} \right) - 15,6 \cdot (0,0167 \cdot \bar{W}_{\text{г}})^{0,1} \right],$$

где $(\bar{W}_{\text{НВ}})_{1,0}$ – среднее по почвенному профилю мощностью 1 м значение наименьшей влагоемкости почвы, % МСП;

$\bar{g}_{\text{гум}}$ – среднее по метровому слою черноземной почвы содержание гумуса, %;

$\bar{W}_{\text{г}}$ – среднее по почвенному профилю количество глины в почве, % МСП;

$\bar{\gamma}$ – среднее значение плотности сложения почвы по почвенному профилю, т/м³.

Зависимость с приемлемой для практики точностью позволяет определять значения наименьшей влагоемкости по другим относительно просто определяемым почвенным параметрам, что и проиллюстрировано данными, приведенными в таблице 2.

Таблица 2 – Данные о физических и водно-физических параметрах исследованных черноземных почв Ростовской области по метровому почвенному профилю

| Тип (подтип или вид) черноземной почвы | Район исследования | Опытное значение почвенного параметра | | | | Расчетное значение $(\bar{W}_{\text{НВ}})_{1,0}$, % МСП |
|---|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--|
| | | $\bar{W}_{\text{г}}$, % МСП | $\bar{\gamma}$, т/м ³ | $\bar{g}_{\text{гум}}$, % | $(\bar{W}_{\text{НВ}})_{1,0}$, % МСП | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Обыкновенный легкоглинистый среднесплошной чернозем | Матвеево-Курганский район | 71,70 | 1,29 | 2,65 | 30,30 | 30,11 |
| Обыкновенный легкоглинистый среднесплошной чернозем | Семикаракорский район | 65,60 | 1,33 | 2,16 | 30,10 | 28,83 |
| Обыкновенный тяжелоуглинистый среднесплошной карбонатный чернозем | Веселовский район | 60,30 | 1,29 | 2,98 | 28,96 | 28,61 |
| Обыкновенный карбонатный среднесплошной тяжелоуглинистый чернозем | Октябрьский район | 57,76 | 1,32 | 2,41 | 26,54 | 28,85 |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--|-----------------------|-------|------|------|-------|-------|
| Обыкновенный выщелоченный тяжелосуглинистый среднесуглинистый чернозем | Багаевский район | 49,89 | 1,39 | 2,19 | 26,29 | 25,02 |
| Обыкновенный тяжелосуглинистый среднесуглинистый чернозем | Новочеркасск | 45,54 | 1,30 | 1,56 | 26,43 | 25,59 |
| Южный среднесуглинистый среднесуглинистый чернозем | Красносулинский район | 36,50 | 1,37 | 0,97 | 22,41 | 22,89 |
| Южный легкосуглинистый среднесуглинистый чернозем | Верхнедонской район | 29,05 | 1,40 | 0,82 | 20,02 | 20,56 |

Прогнозирование геометрических и влажностных параметров зон увлажнения, формируемых в почвенном пространстве при капельном поливе, предусматривает использование не только средних, но и послойных (по глубине почвенного профиля) значений наименьшей влагоемкости. Указанное обстоятельство (указанная потребность) вызвало необходимость разработки экспериментально обоснованной модели расчета значений наименьшей влагоемкости почвы в пределах определенных почвенных слоев $W_{\text{НВ},i}$ с разным уровнем их заглубленности под поверхность земли h_i .

Полученная в результате обработки опытных данных трехфакторная модель для расчета послойных значений $(W_{\text{НВ}})_i$ по отдельным почвенным слоям имеет вид:

$$(W_{\text{НВ}})_i = \left(1 + \frac{(g_{\text{гум}})_i}{100} \right) \cdot \left[10,47 \cdot \ln(1,35 \cdot (W_{\text{Г}})_i \cdot \gamma_i^{-1,0}) - 15,6 \cdot \left(\frac{(W_{\text{Г}})_i}{60,0} \right)^{0,1} \right] \cdot \left(\frac{\bar{\gamma}}{\gamma_i} \right)^{0,5}, \quad (2)$$

где $(W_{\text{НВ}})_i$ – наименьшая влагоемкость i -го слоя почвы глубиной h_i , % МСП;

$(g_{\text{гум}})_i$ – процентное содержание гумуса в i -м слое почвы глубиной h_i , %;

$(W_{\text{Г}})_i$ – содержание глинистых частиц в i -м почвенном слое, % МСП;

γ_i – плотность сложения i -го слоя почвы глубиной h_i , т/м³.

Модель (2) адекватно описывает функциональную связь $(W_{\text{НВ}})_i = f((g_{\text{гум}})_i, (W_{\text{Г}})_i, \gamma_i)$ в исследованных почвенных условиях. Примеры, иллюстрирующие условия изменения опытных и расчетных значений $(W_{\text{НВ}})_i$ и соответствие между ними, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные измерения и расчета послойных значений параметров черноземов

| h_i , см | γ_i , т/м ³ | $(W_{\text{Г}})_i$, % МСП | $(g_{\text{гум}})_i$, % | $(W_{\text{НВ}})_{\text{рас},i}$, % МСП | $(W_{\text{НВ}})_{\text{оп},i}$, % МСП |
|--|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Обыкновенный среднесуглинистый легкосуглинистый карбонатный чернозем (Аксайский район) | | | | | |
| 0–10 | 1,19 | 67,90 | 4,4 | 32,70 | 32,51 |
| 10–20 | 1,22 | 68,40 | 4,0 | 32,06 | 31,78 |
| 20–30 | 1,23 | 69,80 | 3,6 | 31,70 | 31,64 |
| 30–40 | 1,25 | 72,50 | 2,9 | 29,84 | 31,35 |
| 40–50 | 1,27 | 70,05 | 2,6 | 29,60 | 30,50 |

Продолжение таблицы 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|------|-------|-----|-------|-------|
| 50–60 | 1,30 | 73,40 | 2,2 | 29,56 | 30,22 |
| 60–70 | 1,36 | 74,20 | 2,0 | 28,30 | 29,10 |
| 70–80 | 1,42 | 71,30 | 1,0 | 28,04 | 27,42 |
| 80–90 | 1,44 | 72,40 | 0,0 | 27,20 | 26,96 |
| 90–100 | 1,45 | 70,60 | 0,0 | 26,60 | 26,56 |
| Обыкновенный среднесиловой тяжелосуглинистый карбонатный чернозем (Зерноградский район) | | | | | |
| 0–10 | 1,18 | 57,90 | 5,4 | 33,30 | 31,15 |
| 10–20 | 1,22 | 58,30 | 4,3 | 31,00 | 29,98 |
| 20–30 | 1,24 | 58,90 | 3,4 | 30,04 | 29,42 |
| 30–40 | 1,25 | 59,30 | 2,2 | 28,94 | 28,93 |
| 40–50 | 1,26 | 59,50 | 1,9 | 28,40 | 28,67 |
| 50–60 | 1,29 | 59,70 | 1,5 | 27,70 | 28,00 |
| 60–70 | 1,30 | 59,80 | 1,0 | 27,40 | 27,68 |
| 70–80 | 1,33 | 59,60 | 0,6 | 26,21 | 27,00 |
| 80–90 | 1,34 | 59,90 | 0,2 | 25,30 | 26,75 |
| 90–100 | 1,37 | 60,40 | 0,0 | 25,00 | 26,24 |
| Обыкновенный среднесиловой тяжелосуглинистый чернозем (Новочеркасск) | | | | | |
| 0–10 | 1,05 | 43,00 | 4,0 | 31,60 | 31,08 |
| 10–20 | 1,07 | 44,60 | 3,2 | 31,00 | 30,84 |
| 20–30 | 1,24 | 44,80 | 2,6 | 28,70 | 26,85 |
| 30–40 | 1,26 | 44,90 | 1,8 | 27,70 | 25,28 |
| 40–50 | 1,28 | 45,10 | 1,4 | 27,10 | 25,23 |
| 50–60 | 1,33 | 45,50 | 1,2 | 26,10 | 24,96 |
| 60–70 | 1,37 | 46,20 | 0,9 | 25,20 | 24,35 |
| 70–80 | 1,42 | 46,70 | 0,5 | 24,10 | 23,57 |
| 80–90 | 1,46 | 47,00 | 0,0 | 23,80 | 22,89 |
| 90–100 | 1,49 | 47,60 | 0,0 | 22,90 | 22,58 |

Соответствие расчетных значений $(W_{\text{НВ}})_{\text{рас},i}$ опытным значениям $(W_{\text{НВ}})_{\text{оп},i}$ по всему объему экспериментального материала проиллюстрировано рисунком 1.

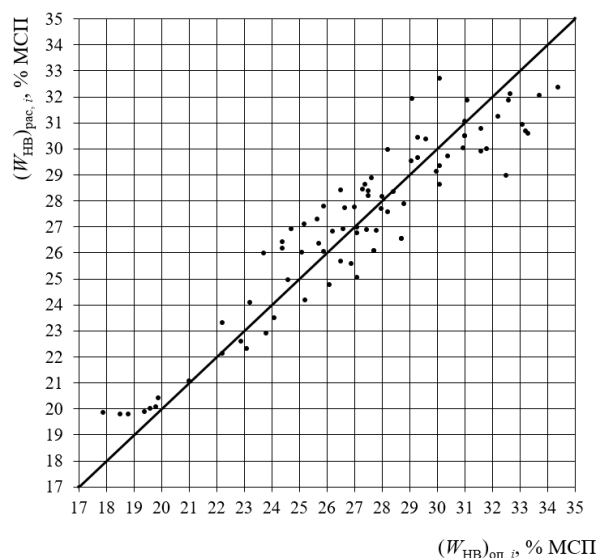


Рисунок 1 – Данные сопоставления опытных и расчетных значений наименьшей влагоемкости черноземных почв Ростовской области

Вывод. В результате экспериментальных и аналитических исследований разработаны модели для прогнозирования значений наименьшей влагоемкости почвы по метровому почвенному профилю и разнозаглубленным почвенным слоям по опытно устанавливаемым значениям плотности сложения почвы, содержанию в ней физической глины и гумуса. Экспериментальные зависимости позволяют с достаточной для практического применения точностью (с погрешностью, не превышающей $\pm 12\%$) определять среднепрофильные и послойные значения наименьшей влагоемкости черноземных почв Ростовской области.

Список использованных источников

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

2 Васильев, С. М. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие / С. М. Васильев, Т. В. Коржова, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 197 с.

3 Определение наименьшей влагоемкости почв ускоренным методом в полевых условиях / Г. Н. Гасанов, К. М. Гаджиев, З. Н. Ахмедова, Н. И. Рамазанова, Р. Р. Баширов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – № 2. – С. 11–15.

4 Роде, А. А. Почвенная влага / А. А. Роде. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 456 с.

5 Практикум по почвоведению / под ред. И. С. Кауричева. – М.: Колос, 1980. – 272 с.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 626.88

Ю. М. Косиченко, О. А. Баев, В. Ф. Сильченко

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

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ИСПАРЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ

Целью исследований является разработка методики расчета испарения с поверхности озер (на примере бассейна р. Бурла Алтайского края). Водосборный бассейн р. Бурла имеет большое количество проточных и бессточных озер, что приводит к значительному испарению с их водной поверхности. Данный факт оказывает негативное влияние на объем речного стока, который используется для обводнения кормовых угодий и пастбищ, для лиманного орошения в Панкрушихинском районе, а также для регулярного орошения в хозяйствах Крутихинского, Хабарского и Бурлинского районов. Проведен расчет потерь воды на испарение с поверхности наиболее крупных озер бассейна р. Бурла. Для расчета потерь на испарение использовался метод эталонного водоема. По результатам расчетов построен график испарения с поверхности озер.

Ключевые слова: водосборный бассейн, испарение, водное зеркало, эталонный водоем, обводнение, магистральный канал.

Yu. M. Kosichenko, O. A. Baev, V. F. Sil'chenko

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

THE CALCULATION METHODOLOGY OF CATCHMENT SURFACE EVAPORATION

The aim of the research is to develop a calculation methodology of lake surface evaporation (by the example of the Burla river Altai Territory). The catchment of the Burla river has a great number of enclosed and running water lakes leading to significant evaporation from their water surface. This fact has a negative impact on the river flow which is used for irrigation of forage lands and pastures forage lands and pastures, for estuary irrigation in Pankrushikhinsky district as well as regular irrigation in farms of Krutikhinsky, Khabarsky and Burlinsky districts. The calculation of evaporation losses from the largest lakes surface of the Burla river basin was carried out. The reference pond method was used to calculate evaporation losses. According to the calculations data a graph of surface lake evaporation was constructed.

Key words: catchment, evaporation, water table, reference reservoir, irrigation, main canal.

Введение. Водосборный бассейн р. Бурла Алтайского края имеет большое количество проточных и бессточных озер (более 280) с суммарной площадью зеркала воды 425 км². Большинство озер имеют значительную площадь зеркала воды, но часто они представляют собой мелководные водоемы с глубиной до 2–3 м. Весь объем годового стока реки накапливается в озерах, а количество солнечного тепла в 2–3 раза больше, чем требуется на испарение выпавших за год осадков. Сумма осадков за период с температурой выше 10 °С составляет 200–210 мм, сумма испарения за этот же период составляет 460 мм, что говорит о высоком дефиците влаги.

В настоящее время расчеты испарения приобретают большое значение в связи с оценкой и динамикой водного баланса, водных ресурсов страны и отдельных регионов, для проектирования и эксплуатации водохранилищ, мелиоративных систем [1, 2], расчетов запасов влаги в почвогрунтах и т. д. [3].

Значительные потери воды из поверхностных водоемов происходят в результате процесса неконтролируемого испарения с водной поверхности. Многочисленные исследования [4–6] показывают зависимость интенсивности испарения от размера поверхности водоема. Наиболее сложным вопросом является размер бассейна, испарение с поверхности которого должно быть принято за эталон.

В настоящее время проблема оценки потерь воды на испарение с поверхности естественных водоемов является актуальной. Расчет испарения с поверхности озер бассейна р. Бурла является важным фактором при водобалансовых расчетах.

Цель исследований заключается в разработке методики расчета испарения с поверхности озер на примере бассейна р. Бурла Алтайского края.

Материалы и методы. На испарение с поверхности озер оказывают влияние площадь, глубина и защищенность водоема. Водоемы, защищенные высокой растительностью на берегах, постройками, горами, испаряют влаги меньше незащищенных.

Среднегодовое испарение E_B (мм/год) с поверхности малых водоемов, расположенных в равнинных условиях, может быть определено по следующему выражению [5]:

$$E_B = E_{20} \cdot k_h \cdot k_3 \cdot k_s, \quad (1)$$

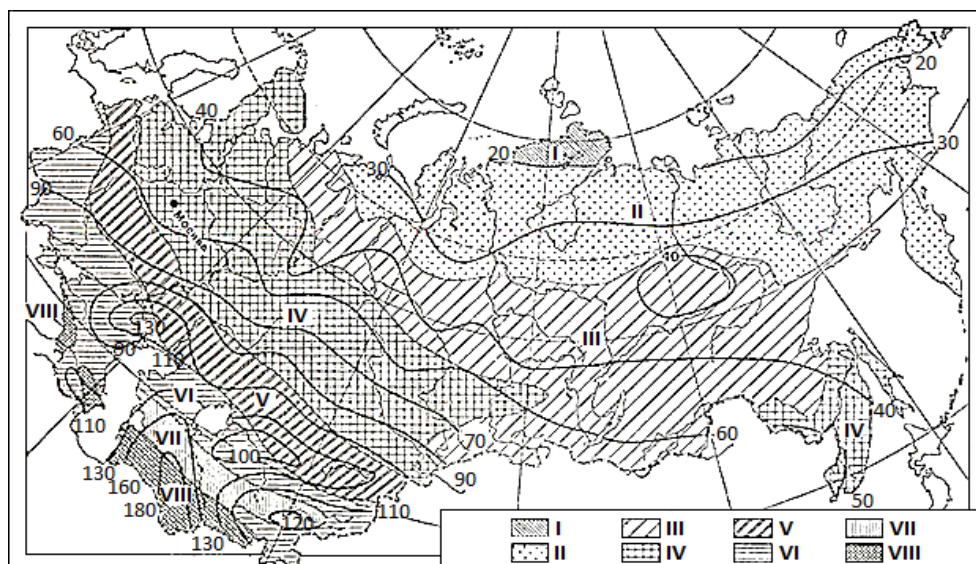
где E_{20} – среднегодовое испарение с поверхности эталонного бассейна площадью 20 м^2 , мм/год;

k_h – поправочный коэффициент, находится по средней глубине водоема $h_{\text{ср}}$ [5];

k_3 – поправочный коэффициент на защищенность водоема [5];

k_s – поправочный коэффициент на площадь водоема [5].

При отсутствии данных наблюдений среднегодовое испарение с поверхности бассейна площадью 20 м^2 определяется по карте испарения с водной поверхности (рисунок 1) [6, 7].



Испаряемость по зонам, мм/год: I – > 200; II – 300; III – 400;
IV – 500; V – 700; VI – 900; VII – 1100; VIII – 1300

Рисунок 1 – Карта среднегодового испарения с водной поверхности бассейна площадью 20 м^2 и схема районирования

Испарение с поверхности эталонного бассейна для территории бассейна р. Бурла составляет $E_{20} = 500$ мм/год.

Результаты и обсуждение. Основные характеристики наиболее крупных озер в бассейне р. Бурла приведены в таблице 1, которые включают площадь зеркала, среднюю глубину и водосборную площадь.

Рассмотрим пример расчета испарения с поверхности водосборных бассейнов.

1 По исходным данным (представленным в таблице 1) проведем расчет испарения для наиболее крупных озер методом эталонного бассейна площадью 20 м^2 [6, 8].

1.1 Озеро Большое Топольное: $S_{\text{зер}} = 76,6 \text{ км}^2$; $h_{\text{cp}} = 2,5 \text{ м}$; $k_h = 0,993$; $k_3 = 0,991$; $k_s = 1,546$; $E_{20} = 500$ мм/год.

Среднегодовое испарение (норма) с поверхности водоемов, расположенных в равнинных условиях, определим по выражению (1):

$$E_B = 500 \cdot 0,991 \cdot 0,993 \cdot 1,546 = 761,4 \text{ мм/год.}$$

1.2 Озеро Большое Яровое: $S_{\text{зер}} = 66,7 \text{ км}^2$; $h_{\text{cp}} = 8,0 \text{ м}$; $k_h = 0,919$; $k_3 = 0,990$; $k_s = 1,506$; $E_{20} = 500$ мм/год.

Среднегодовое испарение (норма) с поверхности водоемов, расположенных в равнинных условиях, определим по выражению (1):

$$E_B = 500 \cdot 0,990 \cdot 0,919 \cdot 1,506 = 686,0 \text{ мм/год.}$$

1.3 Озеро Хорошее: $S_{\text{зер}} = 30,3 \text{ км}^2$; $h_{\text{cp}} = 6 \text{ м}$; $k_h = 0,946$; $k_3 = 0,989$; $k_s = 1,361$; $E_{20} = 500$ мм/год.

Среднегодовое испарение (норма) с поверхности водоемов, расположенных в равнинных условиях, определим по выражению (1):

$$E_B = 500 \cdot 0,989 \cdot 0,946 \cdot 1,361 = 637,7 \text{ мм/год.}$$

1.4 Озеро Песчаное: $S_{\text{зер}} = 26,1 \text{ км}^2$; $h_{\text{cp}} = 4 \text{ м}$; $k_h = 0,973$; $k_3 = 0,988$; $k_s = 1,344$; $E_{20} = 500$ мм/год.

Среднегодовое испарение (норма) с поверхности водоемов, расположенных в равнинных условиях, определим по выражению (1):

$$E_B = 500 \cdot 0,989 \cdot 0,946 \cdot 1,361 = 637,7 \text{ мм/год.}$$

1.5 Озеро Хомутиное: $S_{\text{зер}} = 18,7 \text{ км}^2$; $h_{\text{cp}} = 3 \text{ м}$; $k_h = 0,986$; $k_3 = 0,987$; $k_s = 1,314$; $E_{20} = 500$ мм/год.

Среднегодовое испарение (норма) с поверхности водоемов, расположенных в равнинных условиях, определим по выражению (1):

$$E_B = 500 \cdot 0,987 \cdot 0,986 \cdot 1,314 = 640,3 \text{ мм/год.}$$

2 Суммарный объем испарения с зеркала озер определим по формуле:

$$E_{\text{исп}} = E_{B_{\text{cp}}} \cdot \sum S_{\text{зер}} = 0,641 \cdot 425 \cdot 10^6 = 272,4 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{год},$$

где $E_{B_{\text{cp}}}$ – среднее испарение с поверхности 12 наиболее крупных озер (таблица 1), $E_{B_{\text{cp}}} = 641,1 \text{ мм/год} = 0,641 \text{ м/год}$;

$\sum S_{\text{зер}}$ – суммарная площадь зеркала озер в бассейне Бурлы, общее количество которых 282, $\sum S_{\text{зер}} = 425 \text{ км}^2$.

Далее исключаем влияние испарения с поверхности наиболее крупных озер (Большое Топольное, Большое Яровое, Хорошее, Песчаное, Хомутиное) за счет создания обводного русла р. Бурла в обход этих озер. На рисунке 2 приведен график испарения с поверхности озер, который дает наглядное представление о возможности снижения суммарного испарения за счет строительства обводного русла Бурлы.

Таблица 1 – Расчет испарения с поверхности наиболее крупных озер в нижней и средней части бассейна р. Бураля методом эталонного бассейна

| Название | Площадь водно-го зеркала, км ² | Средняя глубина, м | Средняя длина разгона D_{cp} , км | Параметр за-щищенности | k_3 | k_h | k_s | Испарение E_B , мм/год |
|-------------------|---|--------------------|-------------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|--------------------------|
| Большое Топольное | 76,6 | 2,5 | 12,4 | 0,0009677 | 0,991 | 0,993 | 1,546 | 761,4 |
| Большое Яровое | 66,7 | 8 | 9,75 | 0,0012308 | 0,990 | 0,919 | 1,506 | 686,0 |
| Хорошее | 30,3 | 6 | 8,04 | 0,0014925 | 0,989 | 0,946 | 1,361 | 637,7 |
| Песчаное | 26,1 | 4 | 5,78 | 0,0020761 | 0,988 | 0,973 | 1,344 | 646,2 |
| Хомутино | 18,7 | 3 | 5,7 | 0,0021053 | 0,987 | 0,986 | 1,314 | 640,3 |
| Малое Топольное | 13,6 | 3,1 | 4,5 | 0,0026667 | 0,986 | 0,985 | 1,294 | 628,8 |
| Кривое | 11,3 | 0,9 | 3,45 | 0,0034783 | 0,983 | 1,014 | 1,285 | 641,2 |
| Малое Яровое | 5,2 | 3 | 6,81 | 0,0017621 | 0,989 | 0,986 | 1,261 | 614,7 |
| Степянное | 4,5 | 1,8 | 0,97 | 0,0123711 | 0,955 | 1,013 | 1,257 | 608,5 |
| Травное | 3,3 | 1,5 | 1,91 | 0,0062827 | 0,974 | 1,006 | 1,253 | 614,3 |
| Горькое | 1,79 | 1,2 | 1,31 | 0,0091603 | 0,965 | 1,010 | 1,247 | 608,4 |
| Прыганское | 1,6 | 1,1 | 1,14 | 0,0105263 | 0,961 | 1,012 | 1,246 | 606,1 |
| E_{Bcp} | – | – | – | – | – | – | – | 641,1 |

Как свидетельствуют проведенные исследования гидрологического режима рек Алтайского края [9], годовой сток рек подвержен сильной многолетней изменчивости под влиянием в большей степени климатических и других факторов. В острозасушливые и засушливые годы водные ресурсы р. Бурлы недостаточны для планирования орошения [10].

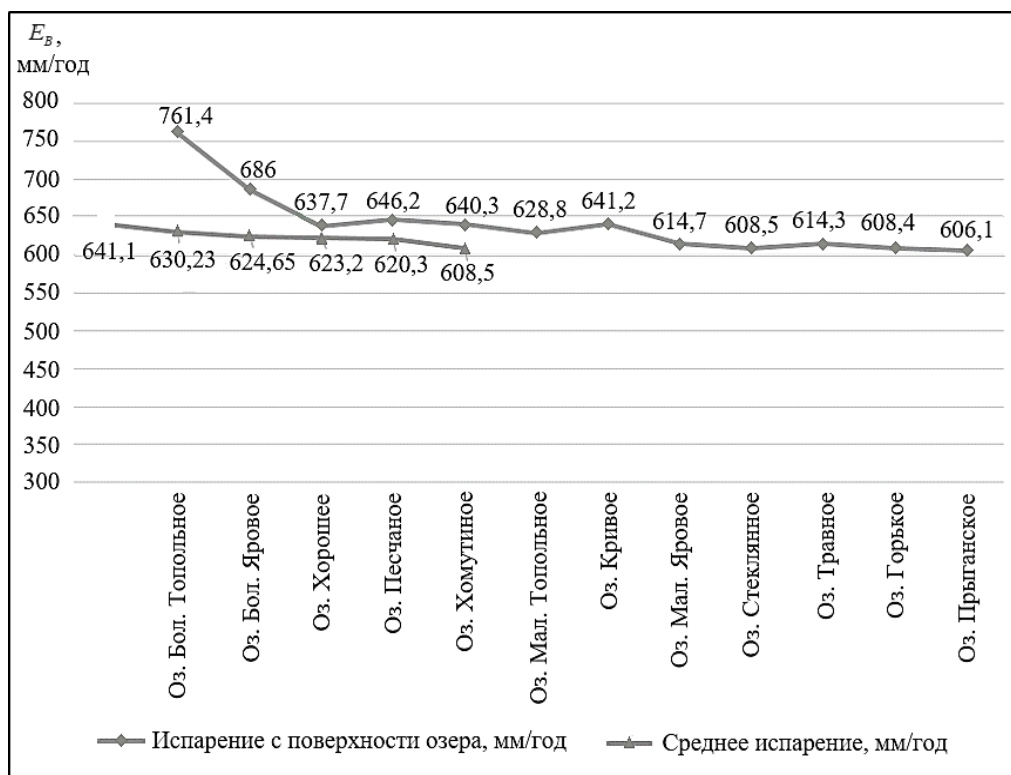


Рисунок 2 – График испарения с поверхности озер

Примечание – 641,1 – среднее испарение с поверхности 12 наиболее крупных озер; 630,23 – среднее испарение без учета озера Бол. Топольное; 624,65 – среднее испарение без учета озер: Бол. Топольное, Бол. Яровое; 623,2 – среднее испарение без учета озер: Бол. Топольное, Бол. Яровое, Хорошее; 620,3 – среднее испарение без учета озер: Бол. Топольное, Бол. Яровое, Хорошее, Песчаное; 608,5 – среднее испарение без учета озер: Бол. Топольное, Бол. Яровое, Хорошее, Песчаное, Хомутиное.

Среднемноголетний годовой расход р. Бурла составляет 2,50 м³/с. Снижение стока в летне-осенний период приводит к снижению водности р. Бурла и многочисленных озер, в т. ч. осушению некоторых озер в нижнем течении. В связи с этим дополнительная подача воды по Бурлинскому магистральному каналу из Новосибирского водохранилища для повышения водности р. Бурла с целью обводнения реки и озер, а также орошения в бассейне представляется необходимым мероприятием.

В 2002 г. Министерством сельского хозяйства РФ была определена новая стратегия строительства системы, заключающаяся в продолжении строительства сооружений магистрального канала с целью обеспечения подачи воды из Новосибирского водохранилища для обводнения озер в нижнем течении р. Бурла [11].

С 2003 по 2010 г. были продолжены работы по строительству комплекса водоподводящих сооружений на магистральном канале, и в 2011 г. Бурлинский магистральный канал был принят в эксплуатацию с расходом 10 м³/с, а в настоящее время эксплуатируется для обводнения бассейна р. Бурла и многочисленных озер.

Выводы

1 Новизна исследований состоит в том, что по результатам работы был подготовлен алгоритм расчета испарения с поверхности озер с использованием метода эта-

лонного водоема, а также представлен пример расчета испарения с поверхности наиболее крупных озер бассейна р. Бурла.

2 Увеличение орошаемых площадей сдерживается дефицитом водных ресурсов, вызванным рядом факторов, в т. ч. испарением. В нижнем течении р. Бурла происходят большие потери весеннего стока на аккумуляцию и испарение в поймах, что вызывает уменьшение максимальных и средних расходов половодья по длине реки.

3 Рациональное и эффективное использование водных ресурсов невозможно без учета потерь воды на испарение, так как оно является весьма существенным элементом водного баланса. Проведенные расчеты показывают, что при устройстве обводного русла р. Бурла в обход пяти представленных озер существенно снизится среднее годовое испарение, это положительно повлияет на водный баланс бассейна р. Бурла.

Список использованных источников

1 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / В. Н. Щедрин [и др.]; под ред. В. Н. Щедрина. – М.: Мелиоводинформ, 2009. – 342 с.

2 Васильев, С. М. Повышение устойчивости и эффективности использования агроландшафтов аридной зоны в условиях постоянного циклического орошения / С. М. Васильев. – Ростов н/Д.: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки», 2006. – 364 с.

3 Константинов, А. Р. Испарение в природе / А. Р. Константинов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1968. – 532 с.

4 Браславский, А. П. Нормы испарения с поверхности водохранилищ / А. П. Браславский, З. А. Викулина. – Л.: Гидрометеоиздат, 1954. – 212 с.

5 Иваньо, Я. М. Практикум по гидрологии / Я. М. Иваньо, Е. С. Труфанова. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2012. – 139 с.

6 Иванов, А. Н. Гидрология и регулирование стока / А. Н. Иванов, Т. А. Неговская. – М.: Колос, 1970. – 287 с.

7 Кошелева, Е. Д. Прогноз зон влияния Бурлинского магистрального канала / Е. Д. Кошелева, К. Б. Кошелев // Вестник алтайской науки. – 2008. – № 1. – С. 195–203.

8 Гидрология, гидрометрия и регулирование стока / Г. В. Железняков [и др.]; под ред. Г. В. Железняка. – М.: Колос, 1984. – 205 с.

9 Исследования гидрологического режима рек Алтайского края в условиях меняющегося климата / Н. Б. Максимова [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 6(152). – С. 73–80.

10 Орлова, И. В. Методические подходы к оценке экологического стока Кулундинской провинции для целей орошения / И. В. Орлова, Э. Г. Онищенко // Водные ресурсы и проблемы водопользования: тр. Междунар. симп., г. Ховд, 18–21 сент. 2015 г. – Барнаул, 2015. – С. 278–283.

11 Косиченко, Ю. М. Гидравлика мелиоративных каналов / Ю. М. Косиченко. – Новочеркасск: НГМА, 1992. – 175 с.

УДК 626.823(075.8)

Л. И. Мельникова

Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия, Горки, Республика Беларусь

ВОДОСБРОСНЫЕ СООРУЖЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ВОДООХРАННЫХ ОБЪЕКТОВ

Целью настоящей работы является предложение рациональных конструктивных решений водосбросных сооружений автоматического действия, обеспечивающих

постоянный уровеньный режим (НПУ) в небольших прудах, используемых для сельскохозяйственных и природоохранных целей. В результате экспериментальных исследований достигнута основная цель – определены рациональные параметры водосбросного сооружения и затвора-автомата поплавкового типа. Геометрические параметры затвора-автомата определялись исходя из кинематики устройства.

Ключевые слова: моделирование, водосброс, башня, водоотводящая труба, затвор-автомат, поплавковый затвор, водоспуск, верхний бьеф, нижний бьеф.

L. I. Mel'nikova

Belarusian State Academy of Agriculture, Gorki, Republic of Belarus

AUTOMATIC ACTION SPILLWAY STRUCTURES FOR WATER PROTECTION OBJECTS

The purpose of this work is to propose rational constructive solutions for automatic action spillway structures providing a constant level regime (CLR) in small ponds used for agricultural and environmental purposes. As a result of experimental studies, the main goal has been achieved – the rational parameters of the spillway structure and the float-type automatic gate have been determined. The geometrical parameters of the automatic gate were determined on the basis of the apparatus kinematics.

Key words: modeling, spillway, tower, diversion pipe, automatic gate, float actuated valve, outlet, upper pool, lower pool.

Актуальность. Современные гидравлические технологии и средства их осуществления для регулирования уровня воды, а также пропуска расходов, свободных от экологических недостатков, являются важной инженерной задачей. Экологическую опасность создают плавающие загрязнители, и особенно нефтепродукты. Загрязнение природных вод нефтепродуктами происходит в результате аварий нефтепроводов, неорганизованного стока с объектов ГСМ, мойки транспорта, сброса неочищенных сточных вод и т. п.

Пруды-отстойники или накопители могут быть эффективными водоохранными мероприятиями. Эти сооружения особенно полезны для катастрофических (аварийных) случаев. Они дают возможность создать резервные емкости для временной аккумуляции загрязненных стоков, первичную технологию их очистки с последующей утилизацией.

Неотъемлемой частью таких водоохранных объектов являются водосбросные сооружения. В основном это водосбросные сооружения низконапорных гидроузлов [1]. Проблеме расчета и эксплуатации низконапорных трубчатых сооружений посвящено большое количество исследований советских ученых: В. И. Алтунина, А. И. Антипова, Л. А. Барац, А. И. Богомолова, В. А. Большакова, П. И. Коваленко, В. С. Мисенева, Н. П. Розанова, С. М. Слиского и многих других. Большой вклад в изучение особенностей гидравлической работы трубчатых сооружений внесли и зарубежные ученые: F. W. Blaisdell, C. A. Donnely, C. E. Rise, French и др.

Автоматизация водосбросных сооружений осуществляется затворами-автоматами гидравлического действия. Вопросам теории и практики затворов-автоматов посвящены работы многих ученых: Я. В. Бочкарева, Е. Е. Овчарова, М. З. Ганкина, Э. Э. Маковского и др.

Наиболее надежными и перспективными являются сооружения автоматического действия, регулирующие уровеньный и расходный режимы. Имеются устройства, разработанные ЦНИИКИВРом: устройства для автоматического регулирования заданного уровня воды, устройства для регулирования уровня режима водотока, сифонные водосбросы-регуляторы.

Для водоохранных объектов в качестве такого устройства была предложена кон-

струкция водосбросного сооружения с авторегулятором уровня верхнего бьефа поплавкового типа, отличающаяся простотой конструкции и сравнительно малой материалоемкостью (рисунок 1).

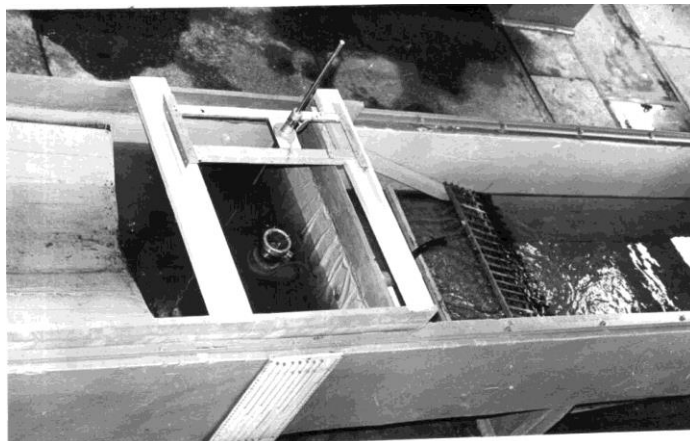


Рисунок 1 – Модель экспериментальной установки

Устройство водосбросного сооружения с поплавковым затвором само по себе не решает проблему качества воды, однако при его использовании можно регулировать как уровенный режим водоема, так и положение водозаборного отверстия. Предложенное устройство обеспечивает забор воды из глубинных слоев водоема, поддерживает заданный уровень верхнего бьефа в автоматическом режиме, способствует накоплению загрязняющих веществ в аккумулирующем водоеме и предотвращает их попадание в естественные природные водоисточники.

Методика исследований. На кафедре гидротехнических сооружений БГСХА была разработана конструкция башенного водосброса с авторегулятором уровня верхнего бьефа поплавкового типа (рисунок 2). Разработка данного сооружения осуществлялась экспериментально-теоретическим методом. Экспериментальные исследования включали физическое моделирование водосбросного сооружения с поплавковым затвором с использованием закона гравитационного подобия. Гидравлические исследования проводились в лаборатории гидротехнических сооружений БГСХА.

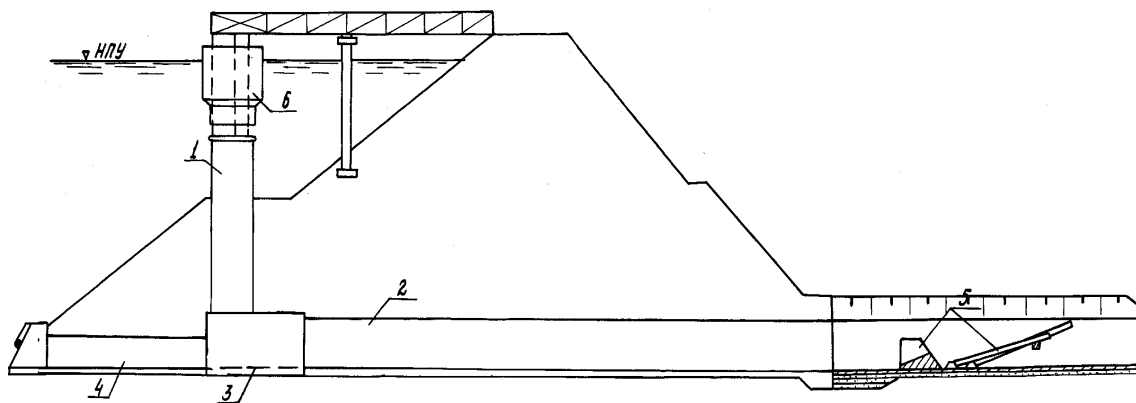


Рисунок 2 – Конструкция водосбросного сооружения башенного типа

Модель водосбросного сооружения была установлена в железобетонном русловом лотке длиной 9,5 м, шириной 1,0 м, высотой 0,8 м, оборудованном решеткой-гасителем, мерным треугольным водосливом и жалюзи (рисунок 2). Башня и водоотводящая труба водосброса были выполнены из пластмассовой трубы круглого сечения. Поплавковый затвор изготовили из листового железа, и он представлял собой двухступенчатый цилиндр с герметичной наружной обшивкой [2].

Измерение расходов, уровней, глубин и других параметров осуществлялось

с помощью стандартных приборов и оборудования (мерный водослив, шпигенмасштаб, нивелир, пьезометры и др.). Измерение давлений (гидродинамической нагрузки) в стволе башни осуществлялось при помощи системы пьезометров, которые подключались к пьезометрическому щиту (рисунок 2). Высотное положение отдельных элементов сооружения (модели) контролировалось нивелированием.

Конструкция водосбросного сооружения. Водосбросное сооружение автоматического действия (рисунок 2) состоит из следующих составных частей: 1 – башни (шахты); 2 – водоотводящей трубы; 3 – соединительного колена; 4 – донного водоспуска; 5 – устройства нижнего бьефа; 6 – затвора-автомата поплавкового типа.

Башня, водоотводящая труба и водоспуск могут выполняться из унифицированных сборных элементов труб круглого или прямоугольного сечения. Эти части сооружения могут быть выполнены по аналогии с типовыми проектными решениями [3]. При необходимости данное сооружение может иметь съемный служебный мостик, который опирается на верхние концы направляющих стержней.

Затвор-автомат поплавкового типа предназначен для трубчатых водосбросных сооружений. При этом для водосбросных сооружений с башней круглого сечения поплавки имеют цилиндрическую форму. Поплавок, стакан, донная кольцевая вставка, воздухоподводящая труба выполняются из листового железа толщиной 3–4 мм. Затвор устанавливается на гребне водослива и фиксируется (удерживается) при помощи направляющих патрубков и стержней (рисунок 3). Направляющие патрубки крепятся к внутренней стенке стакана и поплавок, а направляющие стержни крепятся к оголовку шахты при помощи бандажной обоймы или путем отдельной анкеровки. Вентиляционная труба соединяется со стаканом анкерными связями и имеет перфорированную поверхность. Перфорацию воздухоподводящей трубы осуществляют при помощи круглых отверстий.

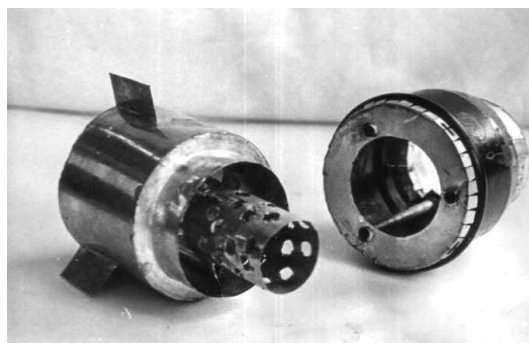


Рисунок 3 – Конструкции поплавкового затвора: а) поплавковый затвор с вентиляционной трубой; б) поплавковый затвор с донной кольцевой вставкой

Принцип работы затвора-автомата. Работа затвора основана на взвешивающем действии воды (законе Архимеда). Вес, конструкция и размеры затвора рассчитаны таким образом, что при отметке уровня воды в верхнем бьефе, равной НПУ, нижнее кольцо стакана (донное уплотнение) опирается на гребень водослива (оголовок башни), обеспечивая водонепроницаемость контакта водослив-затвор [4]. При повышении уровня воды в верхнем бьефе увеличивается подъемная сила и затвор начинает перемещаться вверх (всплывать) по направляющим стержням. При этом образуется глубинное замкнутое водосливное отверстие, работающее в режиме истечения из-под щита. Величина всплытия затвора и открытия донного отверстия зависит от величины форсировки (подъема), которая в свою очередь зависит от величины водосбросного расхода. Для установившегося сбросного расхода затвор строго поддерживает заданный уровень НПУ [4].

Заключение. В результате поиска конструктивно-технологических решений и экспериментальных исследований достигнута основная цель – определены рациональные параметры водосбросного сооружения и затвора-автомата поплавкового типа. Гео-

метрические параметры затвора-автомата определялись исходя из кинематики устройства. Идея создания поплавкового затвора принадлежит профессору В. М. Ларькову.

На основе обобщения опыта строительства и эксплуатации предлагаемое сооружение рекомендуется в качестве водосброса-водоспуска для малых прудов и водоемов с напором на сооружении от 3 до 6 м и пропуском расчетного расхода от 1,5 до 10 м³/с.

В натуральных размерах башенный водосброс со сливным оголовком имеет диаметр шахты $d = 1,4$ м и высоту ее $H_{ш} = 6,0$ м. Для водосброса предлагаемого типа требуется высота шахты $H_{ш} = 4,0$ м (что на $1/3 H_{ш}$ меньше) за счет цилиндрической части поплавкового затвора $h_w = 2,0$ м. Следовательно, по предварительным технико-экономическим показателям предлагаемая конструкция водосброса дает экономию железобетона до 30 % на одном сооружении (за счет снижения высоты башни).

Затвор-автомат поплавкового типа также значительно экономичнее известных аналогов. В целях удешевления конструкции затвор-автомат может изготавливаться из пластмассы. Даже изготовление затвора из листового железа позволяет уменьшить расход металла примерно на 50 % по сравнению с применяемыми полуавтоматами: ковшовыми (коробчатыми), клапанными, цилиндрическими и другими затворами.

Список использованных источников

1 Ларьков, В. М. Водопрпускные сооружения низконапорных гидроузлов (с глухими плотинами): учеб. пособие / В. М. Ларьков. – Минск: Ураджай, 1990. – 351 с.

2 Мельникова, Л. И. Водосбросные сооружения автоматического действия для водоохранных прудов и накопителей / Л. И. Мельникова // Экологические аспекты мелиорации земель юга Нечерноземья / под общ. ред. Ю. А. Мажайского, В. И. Желязко. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. – С. 185–197.

3 Шахтные водосбросы расходом до 50 м³/с. Альбом 1. Пояснительная записка, строительные чертежи. – Минск: Белгипрводхоз, 1986. – 139 с. – (Типовые проектные решения 820-4-026.23.86).

4 Мельникова, Л. И. Башенный водосброс автоматического действия / Л. И. Мельникова // Вопросы мелиорации. – 2002. – № 1. – С. 77–84.

УДК 626.823.9

А. И. Тищенко

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

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРОДЛЕНИЮ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА БЫСТРОТОКА-ПЕРЕПАДА НА 21-М КМ ТЕРСКО-КУМСКОГО КАНАЛА

Целью исследований являлось получение рекомендаций по продлению жизненного цикла быстроготока-перепада на 21-м км Терско-Кумского канала, в связи с тем, что в нижнем бьефе образуются такие формы движения потока, которые способствуют размыву отводящего русла. В статье рассмотрены методические вопросы проведения натурных научных исследований и получены некоторые данные, которые приведены в табличной форме. На основании выполненных работ даны рекомендации по улучшению гидравлического режима в отводящем русле.

Ключевые слова: жизненный цикл, сооружение, размыв, быстрыйток-перепад, канал.

A. I. Tishchenko

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

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS ON THE LIFE CYCLE EXTENSION OF CHUTE WITH DROP STRUCTURE ON THE 21ST KM OF THE TERSKO-KUMA CANAL

The purpose of the research was to obtain recommendations for the life cycle extension of the chute with drop at the 21st km of the Terek-Kumsky canal, due to the fact that the formed flow in downstream contribute to the tail race erosion. The methodological issues of conducting full-scale scientific research are discussed and some data, which are given in tabular form are obtained. On the basis of the work performed the recommendations for improving the hydraulic regime in tail race were given.

Key words: life cycle, construction, erosion, chute with drop structure, channel.

Введение. Практика эксплуатации показывает, что с первых дней эксплуатации гидротехнического сооружения любой конструкции, предназначенного для армирования мелиоративной сети, в его нижнем бьефе образуются местные размывы земляного русла, создающие угрозу устойчивости крепления, а в дальнейшем и самому гидротехническому сооружению в случае прогрессирующего явления размыва. Причины возникновения этого явления самые различные: нарушение нормального режима движения потока в канале устройством сооружения, несовершенство конструкции сооружения и расчетных формул гидравлики нижнего бьефа, недостаточно обоснованный выбор допустимых на размыв скоростей, несоблюдение проектных размеров и отметок, некачественная эксплуатация земель и многие другие. Все из перечисленных причин приводят к тому, что на оросительных системах некоторая часть гидротехнических сооружений нередко в первый год эксплуатации приходит в аварийное состояние, ликвидация которого приводит к дополнительным материальным затратам. Для выяснения этих причин, разработки рекомендаций по их недопущению и выработки мероприятий по созданию экологически безопасных и надежных конструкций сооружений [1–5] необходимо проведение натурных обследований и исследований сетевых гидротехнических сооружений по общей методике [6–9].

Материалы и методы. Материалами послужили данные натурных исследований, обработка которых производилась в камеральных условиях. Исследования сооружений проводились до и после вегетационного периода с целью сбора наиболее полных данных, характеризующих работу гидротехнического сооружения. В процессе исследования выявляются причины и формы деформаций, разрушений гидросооружений. Исследовательские работы выполнялись по прослеживанию траектории движения поверхностных поплавков и шестов-интеграторов в нижнем бьефе быстротока-перепада. Поперечные створы, в которых фиксировалось прохождение поплавков и шестов-интеграторов, были разбиты в характерных местах гидравлического режима потока. Для исследований скоростной структуры потока за данным сооружением базис был пробит по левой дамбе отводящего канала. Исследуемый участок нижнего бьефа был разбит на более короткие участки, закрепленные семью створами (рисунок 1).

Исследования, посвященные изучению кинематики потока в отводящем русле, были выполнены в течение трех лет. Проводились исследования в течение нескольких лет, чтобы определить влияние некоторой амплитуды расходов, пропускаемых через сооружение, на работу нижнего бьефа. От неблагоприятной работы основного участка канала между 21-м и 25-м километрами зависит режим подачи воды на орошаемые земли и обводняемые территории, находящиеся за пределами Северной Осетии – Алании.

Результаты и обсуждение. В процессе исследований было установлено, что сооружение состоит из двух пролетов по 5 м шириной, перекрываемых плоскими затворами. При детальном обмере было выяснено, что фактическая ширина правого пролета 4,9 м, а левого 5 м. Расчетная пропускная способность сооружения свыше 100 м³/с. Это типовое сооружение конструкции Пятигорского филиала проектного института Южгипроводхоза (проекты 1956 г.).

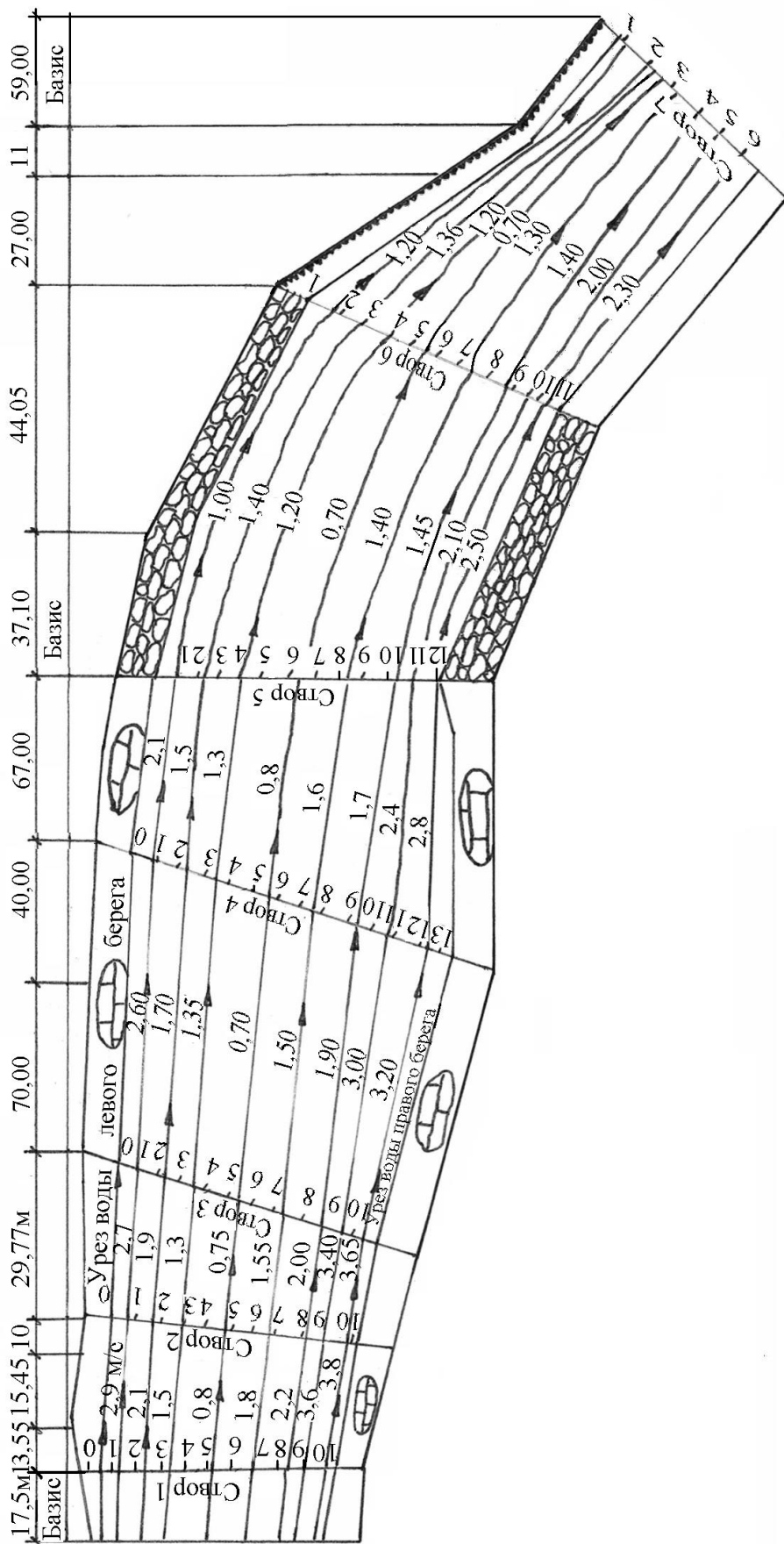


Рисунок 1 – Траектории движения поверхностных поплавков в отводящем русле быстротока

Прослеживание траекторий движения поверхностных поплавков показало, что в отводящем русле водоворотные зоны отсутствуют, течение до поворота канала прямолинейное, но не одинаковое по ширине. Помимо наблюдения за движением поплавков, исследование поля скоростей выполнялось с помощью гидрометрической вертушки ГР-21 детальным способом (в пяти точках на скоростной вертикали). Измерения скоростей потока проводились при пропуске через сооружение расходов 60, 80 и 100 м³/с. Направление линий токов в нижнем бьефе при всех расходах идентично. На рисунке 2 явно прослеживается наличие двух динамических осей потока, расположенных у левого и правого берегов и направленных вдоль них. Скорости потока по динамической оси у правого берега значительно превышают скорости течения по динамической оси у левого берега (числовые величины см. на рисунке 1).

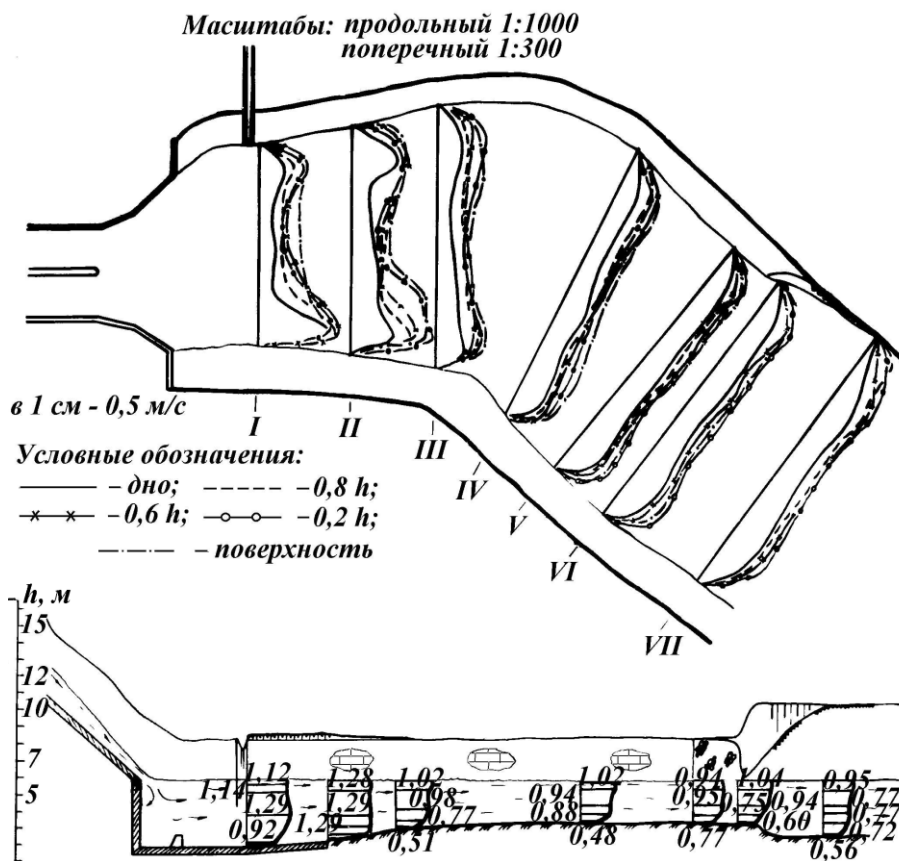


Рисунок 2 – Регулятор-быстроток с вертикальным уступом.
План и продольный профиль

В процессе исследований расстояние между створами по базису измерялось стальной рулеткой двойным проходом (туда и обратно). В результате этого расстояния между створами определились следующим образом (таблица 1).

Таблица 1 – Расстояния между створами по базису в нижнем бьефе регулятора-быстротока на 21-м км Терско-Кумского канала

| Промежуток между створами | 0 – 1 | 1 – 2 | 2 – 3 | 3 – 4 | 4 – 5 | 5 – 6 | 6 – 7 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Расстояние, м | 122 | 39 | 29,77 | 110 | 67 | 81,15 | 97 |

В каждом створе определялось расстояние от базиса до верхней кромки левого откоса канала. Расстояния эти измерялись перпендикулярно базису. Расстояния до левого уреза воды измерялись от его верхней бровки. Аналогичные измерения выполнялись и по правому берегу. Расстояния между урезами в створах определялись с помощью троса, размеченного через 5 м. Результаты измерений длины каждого створа сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Длины створов на исследованном участке за регулятором-быстротоком на 21-м км Терско-Кумского канала

| Створ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| Длина, м | 28,5 | 32,0 | 36,9 | 41,4 | 39,6 | 41,1 | 42,6 |

Левый берег закреплен железобетонными плитами на участке протяженностью 357,77 м, правый берег – на участке протяженностью 480 м. Тем не менее на левом откосе за пределами крепления образовались обрывы высотой 4–5 м на участке протяженностью 275 м. Размыв дна произошел на 1,5 м.

Характер очертания плановых эпюр скоростей на рисунке 2 позволил наметить рациональные места установки инженерных сооружений, способствующих перераспределению потока от откосов к середине сечения. В результате такого мероприятия в потоке образуется одна динамическая ось, направленная вдоль оси отводящего русла. Так как во время проведения исследований расход воды был непостоянным, то для определения фактических расходов в камеральных условиях применялся графоаналитический способ (рисунок 3).

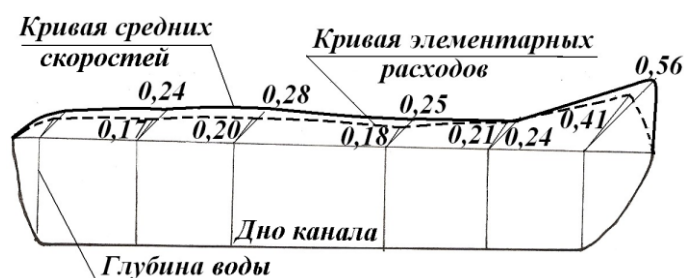


Рисунок 3 – Определение фактического расхода сооружения графоаналитическим способом

На основании проведенных исследований рекомендуется:

- для первичного гашения потока и более равномерного распределения его на выходе из быстротока расположить на дне быстротока шашки гасителя V-образного сечения;
- для удовлетворительного гашения потока, распределения скоростей по живому сечению и по длине отводящего русла V-образные шашки необходимо установить и за существующей разрезной водобойной стенкой, высота которой недостаточна.

Выводы

1 Выполненные работы показали, что в отводящем русле водоворотные зоны отсутствуют, течение прямолинейное, но неравномерное по всей ширине канала. Явно прослеживаются две динамические оси с повышенными скоростями у правого и левого откосов. При этом скорости по динамической оси у правого берега значительно превышают скорости по динамической оси у левого берега.

2 Работы по измерению параметров лотка быстротока показали, что фактические размеры имеют отклонения от проектных. Эти изменения в уклонах существенно влияют на распределение скоростей в лотке быстротока, а также на сопряжение бьефов.

3 На расстоянии 110–140 м от сооружения между гидродинамическими створами 4 и 5 земляное русло отводящего канала получило значительную деформацию. В особенности это касается правого берега, вызвано это тем, что отклонение при строительстве трассы канала от проектной вызвало значительную поперечную циркуляцию, которая привела к подмыву правого берега.

4 При пропуске небольших расходов в отводящем русле за сооружением наблюдаются незначительные скорости до 1 м/с. Такая ситуация, очевидно, объясняется высокой эффективностью гашения кинетической энергии гасителем при малых расходах.

5 Несовпадение оси сооружения и отводящего русла канала приводит к тому, что транзитный поток, протекающий вдоль правого берега, граничит слева с обширным по площади водоворотом. Таким образом, только часть живого сечения участвует в пропуске поступающего с сооружения расхода.

Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Оценка экологической безопасности открытой оросительной сети по условиям подъема уровня грунтовых вод и засоления почв / С. М. Васильев // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2006. – Прил. № 2. – С. 127–131.

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

3 Щедрин, В. Н. Повышение эффективности управления водораспределением и совершенствование конструкций открытых оросительных систем: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Щедрин Вячеслав Николаевич. – Новочеркасск, 1995. – 56 с.

4 Обеспечение безопасности и надежности низконапорных гидротехнических сооружений: монография / В. Н. Щедрин [и др.]. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 283 с.

5 Тищенко, А. И. Проблема продления жизненных ресурсов сетевых гидротехнических сооружений / А. И. Тищенко // Интеграция науки и образования – стратегия устойчивого развития водно-мелиоративного комплекса страны: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию выпуска первого мелиоратора России / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Новочеркас. гос. мелиоратив. акад., Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Новочеркасск: Лик, 2013. – С. 163–166.

6 Тищенко, А. И. Исследования сооружений на Терско-Кумском канале (ТКК) в Северной Осетии и мероприятия по улучшению их экологического состояния / А. И. Тищенко // Мелиорация антропогенных ландшафтов. Т. 15. Экологические аспекты природопользования. – Новочеркасск: НГМА, 2001. – С. 112–135.

7 Климов, О. Д. Основы инженерных изысканий / О. Д. Климов. – М.: Недра, 1974. – 256 с.

8 Тищенко, А. И. Сетевые гидротехнические сооружения / А. И. Тищенко. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2008. – 247 с.

9 Овчаренко, И. Х. Натурные гидравлические исследования сооружений оросительных систем: учеб. пособие / И. Х. Овчаренко, А. И. Тищенко. – Новочеркасск, 1977. – 99 с.

УДК 627.5.004.94:627.15

А. О. Щербаков, А. А. Талызов

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

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАНА ТЕЧЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РУСЛОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Рассмотрен вопрос разработки руслозащитных мероприятий для обеспечения устойчивости русла реки в районе подводного инженерного сооружения. Построена цифровая модель и проведены численные расчеты плана течений на участке реки в районе сооружения. Предложен способ защиты русла от плановых и глубинных деформаций с применением ныряющих подводных стенок (шпор). Предлагаемые мероприятия приведут к более равномерному распределению скоростей потока по ширине реки и, как следствие, значительному повышению устойчивости русла к деформациям. Полученные результаты свидетельствуют о важности использования ГИС-инструментария и чис-

ленного моделирования при разработке руслозащитных мероприятий для восстановления благоприятных русловых процессов и обеспечения надежной эксплуатации подводного инженерного сооружения.

Ключевые слова: русловые процессы, руслозащитные мероприятия, цифровая модель рельефа, численное моделирование.

A. O. Shcherbakov, A. A. Talyzov

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

NUMERICAL SIMULATION OF THE FLOW PLAN AT THE DEVELOPMENT OF CHANNEL PROTECTIVE MEASURES

The problem of development of channel protective measures to ensure the river bed stability in the area of the underwater engineering structure was considered. A digital model was constructed and numerical calculations of the flow plan on the river reach in the area of construction were done. A method for protecting the river bed against planned and depth deformations with the use of wing underwater walls (spurs) is proposed. The proposed measures will lead to a more even distribution of flow rates across the river width and, as a consequence, a significant increase in the river bed stability to deformations. The results obtained indicate the importance of using GIS tools and numerical simulation during the development of channel protection measures to restore favorable river bed processes and ensure reliable operation of the underwater engineering structure.

Key words: river bed processes, channel protective measures, digital relief model, numerical simulation.

Введение. Неблагоприятные русловые процессы в реках (размыв, заиление, активные плановые деформации берегов) в районе инженерных сооружений, таких как водозаборы, подводные переходы трубопроводов, снижают их эксплуатационную надежность и могут приводить к аварийным ситуациям. Прогнозирование размыва может основываться как на традиционных методах расчета, использующих полуэмпирические зависимости [1], так и на использовании компьютерного математического моделирования, основанного на решении полных систем уравнений, описывающих кинематику потока [2]. В данной статье приводятся результаты численного моделирования плана течений, а также предложены руслозащитные мероприятия на участке р. Терек в районе водозабора и подводного перехода газопровода.

Материалы и методы. Участок исследований расположен в долине р. Терек на дне Дарьяльского ущелья в меридиональном направлении и распространяется на 13 км от границы с Южной Осетией до устья правого, наиболее крупного притока р. Армхи, расположенного примерно в 2,5 км вниз по течению от Эзминской ГЭС. На верхней границе участка расположен водозабор в деривационный канал Эзминской ГЭС. Газопровод «Северный Кавказ – Закавказье» расположен на правобережной пойменной, местами искусственной полке реки. Вдоль левого берега реки к подошве склона примыкает Военно-Грузинская дорога. На всем протяжении участка от дороги к руслу реки установлены бетонные или каменнонабросные дамбы-водоотбойники, местами разрушенные. В некоторых местах между водоотбойниками откосы защищены бетонными стенками различного профиля либо каменной наброской из крупнообломочного материала. Все это предопределяет тенденцию отклонения потока на некоторых участках к правому берегу и увеличение вдоль него размывающей способности, что приводит при высоких уровнях в реке к подмыву и разрушению полки, по которой проходит газопровод.

Река Терек на участке исследований представляет собой типичную горную реку с русловой многоруканностью и отсутствием выраженного меандрирования. В межен-

ный период в русле реки наблюдается большое количество островов и осередков, заросших травянисто-кустарниковой растительностью. Участок исследований на правом берегу изобилует очагами осыпных и оползневых явлений, что также приводит к местным разрушениям полки, оголению и провисанию газопровода. Обеспечение безопасной эксплуатации газопровода предопределяет устранение или стабилизацию явлений, вызывающих возникновение аварийно опасных ситуаций.

Результаты и обсуждение. С целью получения детальных сведений о геометрии русла и гидравлических характеристиках потока на исследуемом участке реки, обоснования выбора мероприятий по защите трубопровода был проведен комплекс работ по компьютерному моделированию объекта. Работы включали: создание цифровой модели рельефа (ЦМР), численное моделирование гидравлических характеристик потока (скоростей и уровней воды), отображение полученных результатов средствами компьютерной графики [3, 4].

В качестве исходных данных для создания ЦМР использовались планы русловых съемок участка подводных переходов, полученные по результатам полевых топографо-геодезических и промерных работ. Планы имеют масштаб 1:2000, выполнены в виде чертежей в системе AutoCAD.

Для работы с ЦМР была выбрана геоинформационная система (ГИС) ARCView. Система хорошо зарекомендовала себя в других проектах, ее инструментарий был опробован для решения различных задач, в т. ч. связанных с гидродинамическими расчетами. В связи с этим возникла необходимость преобразования исходных данных в формат ARCView Shape. Файл проекта был экспортирован в формат AutoCAD DXF, после чего нужные слои были импортированы в ARCView с использованием модуля CAD Reader. Нерегулярная триангуляционная сеть (TIN, Triangular Irregular Network) аппроксимирует рельеф многогранной поверхностью с высотными отметками (отметками глубин) в узлах треугольной сети. В нашем случае использовались имеющиеся данные о рельефе в виде изолиний и точек с отметками. Для выполнения операции преобразования был использован модуль ARCView 3D Analyst, в котором реализован алгоритм триангуляции Делоне [5].

Наиболее удобным для последующей обработки представлением ЦМР является матрица высот. Она представляет собой совокупность высотных отметок в узлах регулярной сети. Для исследуемого участка реки матрица высот была получена с помощью ARCView 3D Analyst. Размер ячейки – 4×4 м (рисунок 1).

Разработанная ЦМР использовалась в качестве источника данных о геометрии русла для гидродинамической модели исследуемого участка реки. Для этого были выполнены следующие операции:

- назначена ось потока (экспертным путем, на основании имеющихся данных промеров);
- перпендикулярно оси расставлены линии (поперечные сечения) со средним шагом 20 м;
- с помощью программы Profile Utility, разработанной в отделе гидротехники и гидравлики ВНИИГиМ, на линиях поперечных сечений с шагом 15 м были расставлены точки и считаны отметки высот с ЦМР.

В результате был получен набор точек с отметками в текстовом файле в формате XYZ, пригодный для построения расчетной сетки в системе двумерного моделирования.

Для исследования кинематической структуры потока и оценки эффективности рекомендуемых защитных мероприятий была разработана численная гидродинамическая модель р. Терек на участке протяженностью 400 м в 3 км ниже гидроствора наблюдений (с. Нижний Ларс). Моделируемый участок был выбран с целью определения влияния левобережных дамб на скоростную структуру потока.

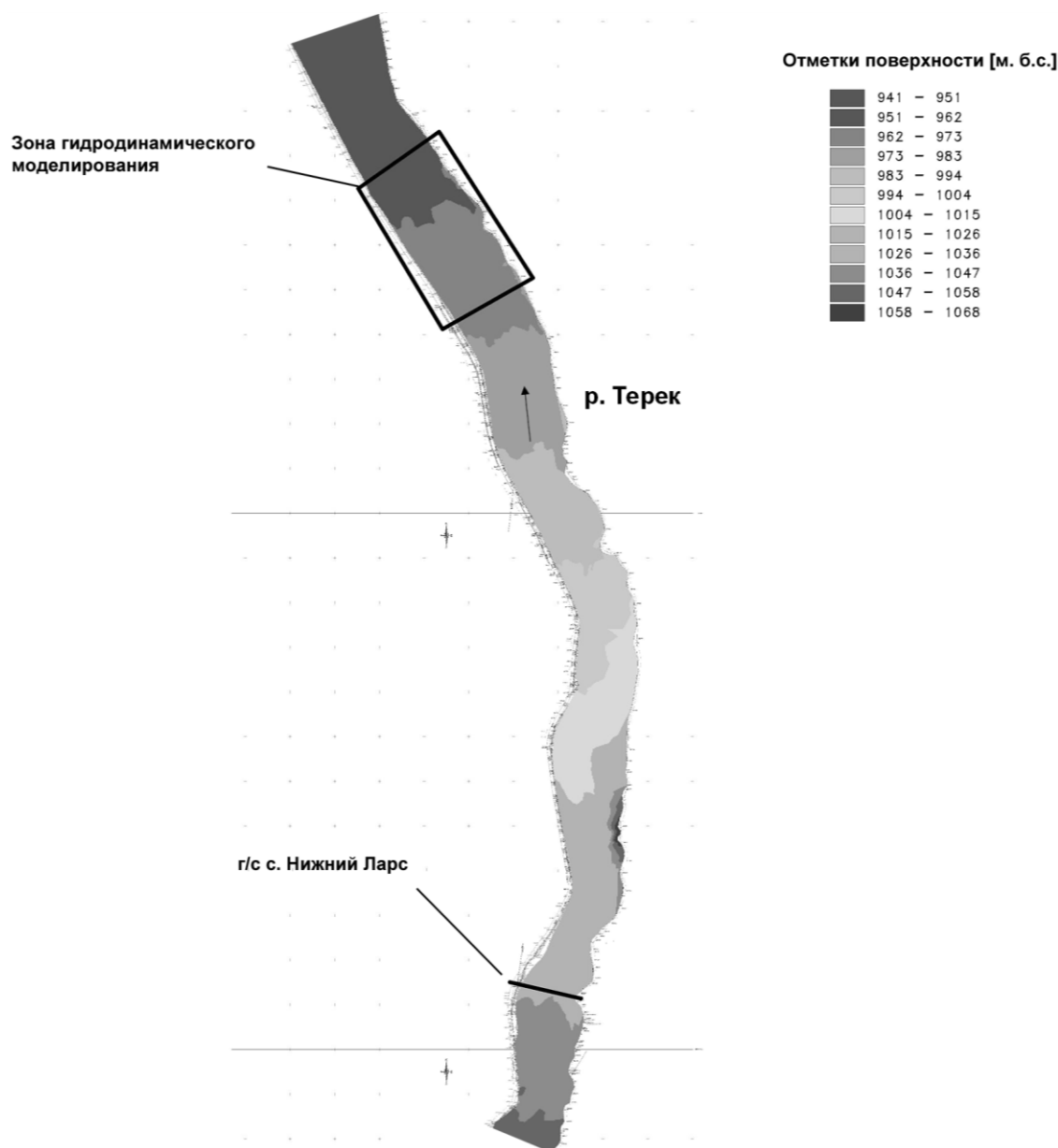


Рисунок 1 – ЦМР исследуемого участка реки

При моделировании гидравлических параметров потока использовался программный комплекс SMS 8.0 (Surface water Modelling System) производства США, предназначенный для моделирования одно- и двухмерного речного потока в установившемся и неуставившемся режимах течения. Система представляет собой интегрированную среду из нескольких программ, имеющих графический интерфейс и работающих в интерактивном режиме. Численный расчетный модуль основан на решении дифференциальных уравнений Сен-Венана в одно- и двухмерной постановке.

Разработанная гидродинамическая модель позволяет в оперативном режиме определять осредненные по глубине гидравлические характеристики потока в любой точке исследуемого участка русла р. Терек. Модель позволяет также определять гидравлические характеристики при изменении параметров потока и русла в результате проведения инженерно-строительных мероприятий.

При численном моделировании использовались геометрические характеристики русла, полученные из ЦМР (рисунок 2). В качестве исходных гидрологических данных были использованы результаты наблюдений гидрометслужбы, данные полевых измерений расходов и уровней.

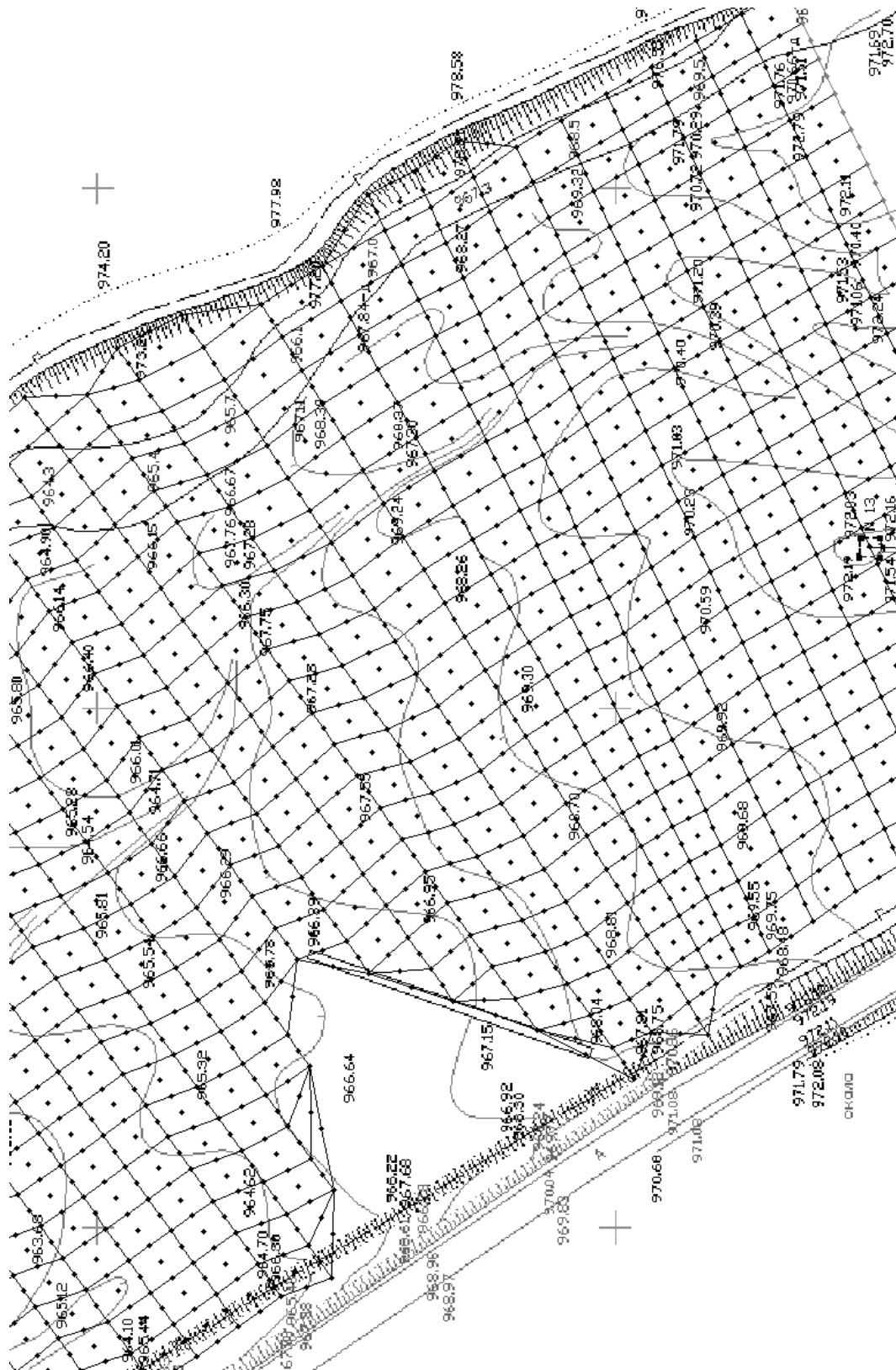


Рисунок 2 – Расчетная сетка на исследуемом участке, наложенная на план русла

Для исследуемого участка реки было проведено моделирование при расходе воды малой обеспеченности $600 \text{ м}^3/\text{с}$, получен план течений и распределение осредненных по глубине скоростей потока. Результаты расчетов представлены на рисунке 3.

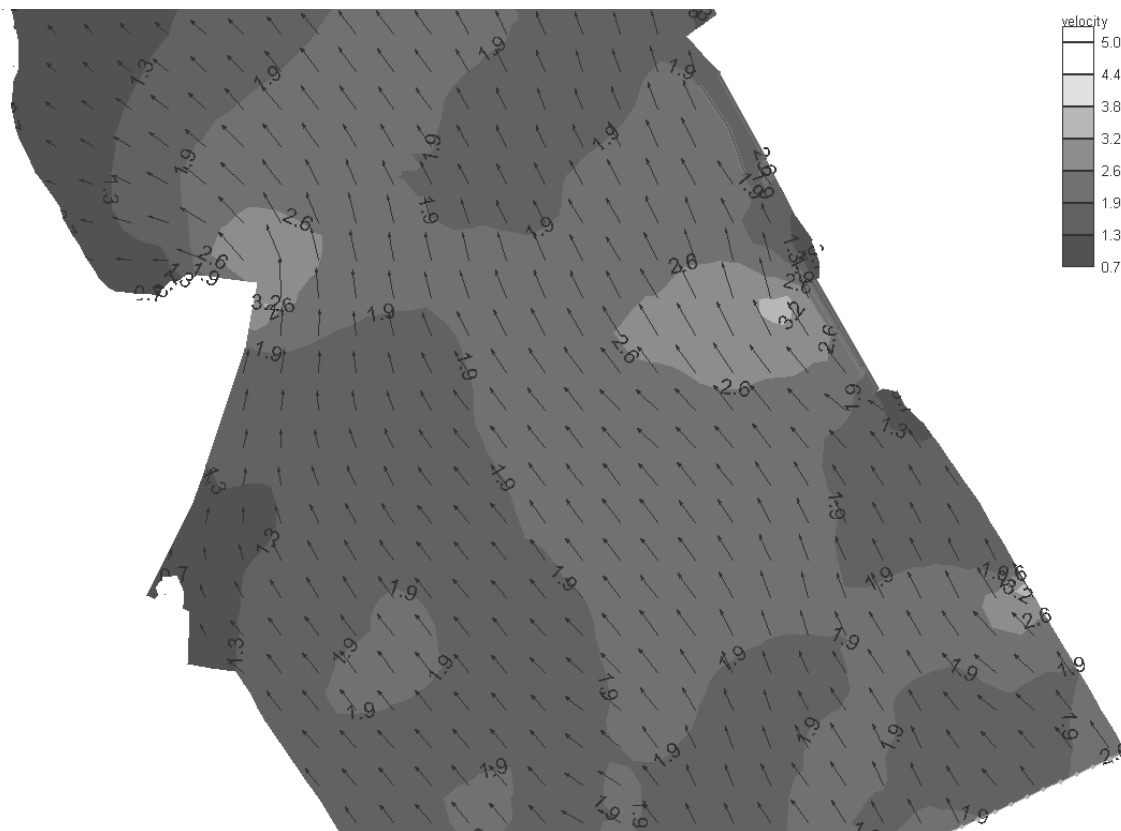


Рисунок 3 – Расчетный план течений для исследуемого участка при расходе $600 \text{ м}^3/\text{с}$

Расчеты показали, что максимальные скорости течения со значением до $3,2 \text{ м/с}$ сосредоточены в правобережной части русловой ложбины. Существующая дамба значительно замедляет скорости потока (до величин менее 1 м/с) у левого берега, в то же время способствует увеличению скоростей у правого.

Проведение мероприятий по созданию дополнительных дамб вдоль правого берега на отдельных подверженных размыву участках позволит существенно снизить прибрежные скорости потока с отведением его динамической оси в серединную зону. С целью стабилизации процесса может быть рекомендовано устройство косых ныряющих дамб из каменной наброски вдоль правого берега для концентрации потока в центральной части русла (рисунок 4).

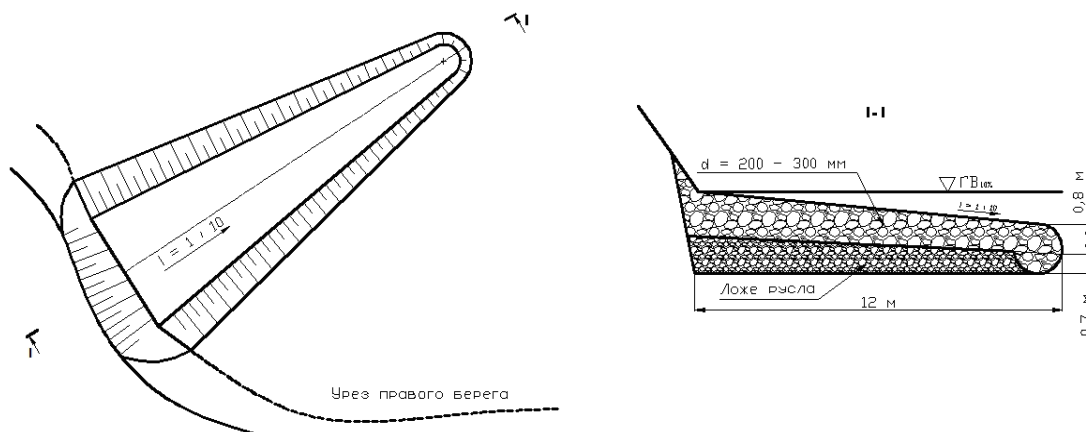


Рисунок 4 – Подводная ныряющая дамба

Выводы. Результаты численного гидродинамического моделирования участка р. Терек в районе подводного перехода газопровода показали, что реализация мероприятий по защите правого берега будет способствовать существенному уменьшению скоростей потока в правобережной части русла, подверженной глубинной и боковой эрозии.

С этой целью можно рекомендовать устройство вдоль правого берега косых водоотбойных ныряющих стенок (шпор) из крупнообломочного материала со средним диаметром отдельностей 200–300 мм. Примерная конструкция и расчетные параметры шпор приведены на рисунке. Данная конструкция позволит сосредоточить поток в центральной части и предотвратить подмыв правого берега. Схема расположения ныряющих дамб в потоке и угол их наклона к технической полке уточняются.

В дальнейшей работе предполагается провести сценарные расчеты для большего набора расходов воды и оптимизировать параметры руслоберегозащитных сооружений.

Список использованных источников

1 Тищенко, А. И. Пути решения проблемы борьбы с местными размывами отводящего русла за гидротехническими сооружениями на каналах мелиоративной сети / А. И. Тищенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 1(73). – С. 230–235.

2 Алексюк, А. И. Моделирование течений мелкой воды с областями обмеления и разрывами дна / А. И. Алексюк, В. В. Беликов // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2017. – Т. 57, № 2. – С. 316–338.

3 Принципы создания информационно-аналитической управляющей системы каскада волжско-камских гидроузлов / А. О. Щербаков, А. А. Талызов, И. С. Румянцев, Ф. Нестманн, Р. Кромер, Г. Х. Исмайылов, Г. Г. Ермаков // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 5. – С. 15–19.

4 Разработка компьютерной модели участка слияния рек Москвы и Оки / А. О. Щербаков, А. А. Талызов, Е. Э. Головинов, Г. Г. Ермаков, Р. Кромер // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 5. – С. 42–45.

5 Кошель, С. М. Моделирование рельефа по изолиниям / С. М. Кошель // Университетская школа географической картографии / под ред. А. М. Берлянта. – М.: Аспект Пресс, 2005. – С. 198–208.

УДК 626.121:542:624.131.276

Н. В. Васильева

Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия, Горки, Республика Беларусь

РАСЧЕТ ОСАДКИ ОСНОВАНИЙ, СЛОЖЕННЫХ БИОГЕННЫМИ ГРУНТАМИ, НА ОБЪЕКТЕ «ДОВАТОРА»

Целью исследований является получение зависимостей показателей сжимаемости для всех типов биогенных грунтов в диапазоне нагрузок, встречающихся в практике строительства, и проверка достоверности полученных расчетных компрессионных зависимостей по данным наблюдений за осадкой сооружений, построенных на биогенных грунтах.

Ключевые слова: биогенный грунт, органическая и минеральная составляющая биогенного грунта, компрессионная зависимость, начальный коэффициент пористости биогенного грунта, коэффициент пористости органической составляющей, опытная насыпь.

N. V. Vasil'eva

Belarusian State Academy of Agriculture, Gorki, Republic of Belarus

COMPUTATION OF BASE SETTLEMENT COMPOSED BY BIOGENIC SOILS AT THE OBJECT "DOVATOR"

The aim of the research is to obtain dependencies of compressibility indices for all types of biogenic soils in the load range met in construction practice and to check the validity of the calculated computational dependencies obtained from observations for the base settlement of structures built on biogenic soils.

Key words: biogenic soil, organic and mineral constituents of biogenic soil, compression dependence, initial coefficient of biogenic soil porosity, porosity coefficient of the organic constituent, experimental earth fill.

Необходимостью освоения площадок в сложных инженерно-геологических условиях, в т. ч. на территориях с биогенными грунтами, явилось ограничение строительства промышленных и гражданских зданий и сооружений на территориях, пригодных для сельского хозяйства. Новшества в технологиях строительства на биогенных грунтах формируются на основании исследований физико-механических свойств биогенных грунтов, залегающих в основаниях зданий и сооружений, разработки методов расчета напряженно-деформированного состояния таких оснований. Процесс уплотнения биогенных грунтов, так же как и минеральных, дает основание для получения единой зависимости компрессионных свойств для всех типов биогенных грунтов, которая позволяет более точно определять осадку сооружений и требуемые объемы земляных работ. Современным методом расчета осадок оснований из биогенных грунтов является метод, основанный на результатах компрессионных испытаний.

Расчет осадок насыпей и других сооружений зависит как от нагрузки, передаваемой на основания, так и от их мощности и физико-механических свойств биогенных грунтов, составляющих основание. Если ширина основания насыпи по низу, как правило, значительно превышает мощность биогенных грунтов, то под действием нагрузки от массы насыпи грунты испытывают только сжатие без бокового расширения. Такого рода деформирование соответствует компрессионному сжатию грунта. Его конечная осадка оценивается с использованием параметров, определяемых при компрессионных испытаниях грунтов.

Величину деформации основания насыпи при нахождении в основании различных видов грунтов и грунтов одного вида, но с различными свойствами определяют как сумму деформаций уплотнения отдельных слоев, слагающих основания, по формуле [1]:

$$S = \sum \left(\frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_i}{1 + \varepsilon_0} \cdot h_i \right),$$

где ε_0 – начальный коэффициент пористости отдельного слоя;

ε_i – коэффициент пористости этого слоя, достигнутой в результате уплотнения от удельной нагрузки P_i , кгс/см²;

h_i – толщина слоя каждого вида биогенного грунта в основании, м.

Так как деформация насыпи зависит от ее общей толщины и является неопределенной, то и итоговая высота насыпи также не определена. Поэтому расчет осадки осуществляем подбором. Удельная нагрузка на основание от массы насыпи вычисляется по формуле:

$$P = \gamma \cdot h,$$

где γ – плотность грунта насыпи, г/см³;

h – высота насыпи, м.

Расчет величины осадки осуществлялся по компрессионным зависимостям, полученным на основании обработки экспериментальных данных о грунтах, отобранных с различных объектов. Для торфов и сапропелей изменение коэффициента пористости от уплотняющей нагрузки определялось по формуле [2]:

$$\varepsilon_i = 1,386 \cdot \varepsilon_0^{0,845} + (0,147 + \varepsilon_0^{0,483}) \cdot \varepsilon_0 \cdot \lg \frac{P_i}{P_0}, \quad (1)$$

где ε_i – коэффициент пористости, соответствующий приложенной нагрузке P_i , кгс/см²;

ε_0 – начальный коэффициент пористости биогенного грунта в естественном состоянии;

P_i – нагрузка, соответствующая ступеням нагружения образца биогенного грунта, кгс/см²;

P_0 – начальное давление, $P_0 = 0,1$ кгс/см².

Коэффициент пористости органической составляющей биогенных грунтов (торф, сапрпель) от уплотняющей нагрузки определялся по формуле [3]:

$$\varepsilon_i^{\text{орг}} = 1,5 \cdot \varepsilon_{\text{орг}}^{0,816} - (0,158 \cdot \varepsilon_{\text{орг}}^{0,431}) \cdot \lg \frac{P_i}{P_0}, \quad (2)$$

где $\varepsilon_i^{\text{орг}}$ – коэффициент пористости органической составляющей, соответствующий приложенной нагрузке P_i , кгс/см²;

$\varepsilon_{\text{орг}}$ – начальный коэффициент пористости органической составляющей.

Проверка полученных зависимостей осуществлялась по результатам наблюдений за деформацией тела и основания дамбы, и результаты сравнивались с расчетными. Осадочные марки, установленные на указанном сооружении, позволяли оценить осадки как на контакте насыпи с массивом, так и по глубине залежи биогенных грунтов для определения деформации уплотнения отдельных слоев.

Экспериментальная насыпь была возведена на объекте «Доватора» в Ушачском районе. В основании насыпи под слоем торфа мощностью 2,0 м залегают сапрпель с очень низкой прочностью, разделенный, по результатам изысканий, на два слоя сапрпеля глубиной 3,0 и 2,5 м. Показатели физических свойств и результаты расчета фазового состава образцов биогенных грунтов из основания опытной насыпи приведены в таблице 1.

Нагрузка от опытной насыпи составляет:

$$P = 440 \cdot 0,00094 = 0,413 \text{ кг/см}^2,$$

где γ – плотность грунта насыпи, $\gamma = 0,94$ г/см³.

Коэффициент пористости от уплотняющей нагрузки по формуле (1) равен $\varepsilon_i = 7,94$.

Расчетная осадка слоя торфа [4]:

$$S = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_i}{\varepsilon_0} \cdot h = \frac{12,75 - 7,94}{13,72} \cdot 2,0 = 0,7 \text{ м.}$$

Коэффициент пористости первого слоя сапрпеля от уплотняющей нагрузки по формуле (1) равен $\varepsilon_i = 9,65$.

Расчетная осадка первого слоя сапрпеля [4]:

$$S = \frac{19,78 - 9,65}{20,78} \cdot 3,0 = 1,462 \text{ м.}$$

Коэффициент пористости второго слоя сапрпеля от уплотняющей нагрузки по формуле (1) равен $\varepsilon_i = 7,94$.

Расчетная осадка второго слоя сапрпеля:

$$S = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_i}{\varepsilon_0} \cdot h = \frac{10,25 - 7,02}{11,67} \cdot 2,5 = 0,514 \text{ м.}$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 1 – Физические свойства и фазовый состав биогенных грунтов в основании дамбы насыпи на объекте «Доватора»

| Вид грунта | Высота образца h , см | Влажность W , % | Плотность твердой фазы γ_s , г/см ³ | Зольность Z , % | Плотность скелета грунта γ_d , г/см ³ | Плотность грунта γ , г/см ³ | Коэффициент пористости ε | Объем образца V , см ³ | Масса образца P , г | Объем твердых частиц в единице объема m |
|------------|-------------------------|-------------------|---|-------------------|---|---|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Торф | 2,0 | 822,0 | 1,54 | 5,0 | 0,112 | 1,033 | 12,75 | 51,0 | 52,683 | 0,073 |
| Сапропель | 2,0 | 1241,0 | 1,58 | 10,1 | 0,076 | 1,019 | 19,78 | 51,0 | 51,969 | 0,048 |
| Сапропель | 2,0 | 633,0 | 1,68 | 15,8 | 0,144 | 1,055 | 10,67 | 51,0 | 53,805 | 0,086 |

Продолжение таблицы 1

| Объем пор в единице объема n | Масса в образце, г | | | | | | Объем минеральной составляющей $V_{мин}$, см ³ | Высота минеральной составляющей $h_{мин}$, см | Влажность органической составляющей $W_{орг}$, % | Плотность скелета органической составляющей $\gamma_d^{орг}$, г/см ³ | Коэффициент пористости органической составляющей $\varepsilon_{орг}$ |
|--------------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|--|--|--|---|--|--|
| | воды P_v | твердой фазы $P_{тв.ф.}$ | минеральной составляющей $P_{мин}$ | органической составляющей $P_{орг}$ | воды в минеральной составляющей $P_{в мин}$ | воды в органической составляющей $P_{в орг}$ | | | | | |
| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 0,927 | 47,277 | 5,406 | 0,270 | 5,136 | 0,054 | 47,223 | 0,159 | 0,006 | 919,4 | 0,101 | 13,85 |
| 0,952 | 48,552 | 3,417 | 0,345 | 3,072 | 0,069 | 48,483 | 0,203 | 0,008 | 1578,2 | 0,061 | 23,6 |
| 0,914 | 46,614 | 7,191 | 1,136 | 6,055 | 0,227 | 46,387 | 0,668 | 0,026 | 766,1 | 0,120 | 10,5 |

Таблица 2 – Расчет осадки дамбы насыпи на объекте «Доватора»

| Вид грунта | Толщина слоя, м | | Удельная нагрузка P , кгс/см ² | Коэффициент пористости | | Коэффициент пористости, достигнутый в результате уплотнения от расчетной нагрузки, по формулам, м | | Расчетная осадка, полученная с использованием формул, м | | Фактическая осадка $S_{\text{факт}}$, м | Отклонение в % | |
|------------|------------------------|--|---|------------------------|---|---|-------|---|---------------|--|----------------|-------|
| | грунта $h_{\text{гр}}$ | органической составляющей $h_{\text{орг}}$ | | грунта ϵ_0 | органической составляющей $\epsilon_{\text{орг}}$ | (1) | (2) | (1) | (2) | | (1) | (2) |
| Торф | 2,0 | 1,99 | 0,413 | 12,75 | 13,85 | 7,94 | 8,62 | 0,700 | 0,700 | | | |
| Сапропель | 3,0 | 2,99 | 0,413 | 19,78 | 23,6 | 9,65 | 10,81 | 1,462 | 1,554 | | | |
| Сапропель | 2,5 | 2,47 | 0,413 | 10,67 | 11,50 | 7,19 | 7,80 | 0,514 | 0,506 | | | |
| | | | | | | | | $\Sigma 2,676$ | $\Sigma 2,76$ | $\Sigma 2,500$ | +7,00 | +10,4 |

Высота слоя органической составляющей определялась по результатам установления фазового состава [3] (таблица 1). В таблице приведены значения высоты слоя минеральной составляющей в компрессионном кольце высотой 2,0 см. Высота слоя минеральной составляющей $h_{\text{мин}}^{\text{зал}}$ каждого вида биогенного грунта в залежи равна:

$$h_{\text{мин}}^{\text{зал}} = \frac{h_{\text{мин}}^{\text{обр}}}{2} \cdot h_{\text{гр}},$$

где $h_{\text{мин}}^{\text{обр}}$ – высота слоя минеральной составляющей в образце высотой 2,0 см;

$h_{\text{гр}}$ – толщина рассматриваемого слоя биогенного грунта в залежи, см.

Толщина слоя органической составляющей торфа равна:

$$h_{\text{мин}}^{\text{зал}} = \frac{0,006}{2} \cdot 200 = 0,6 \text{ см},$$

$$h_{\text{орг}}^{\text{зал}} = 200 - 0,6 = 1,99 \text{ м}.$$

Коэффициент пористости органической составляющей торфа от уплотняющей нагрузки по формуле (2) равен $\varepsilon_i = 8,62$.

Расчетная осадка органической составляющей торфа [4]:

$$S = \frac{18,65 - 8,62}{14,85} \cdot 1,99 = 0,7 \text{ м}.$$

Мощность первого слоя органической составляющей сапропеля равна:

$$h_{\text{мин}}^{\text{зал}} = \frac{0,008}{2} \cdot 300 = 1,2 \text{ см},$$

$$h_{\text{орг}}^{\text{зал}} = 300 - 1,2 = 2,99 \text{ м}.$$

Мощность второго слоя органической составляющей сапропеля равна:

$$h_{\text{мин}}^{\text{зал}} = \frac{0,026}{2} \cdot 250 = 3,25 \text{ см},$$

$$h_{\text{орг}}^{\text{зал}} = 250 - 3,25 = 2,47 \text{ м}.$$

Коэффициент пористости органической составляющей первого слоя сапропеля от уплотняющей нагрузки по формуле (2) равен $\varepsilon_i = 10,84$.

Деформация органической составляющей первого слоя сапропеля [4]:

$$S = \frac{23,6 - 10,84}{24,6} \cdot 2,99 = 1,554 \text{ м}.$$

Коэффициент пористости органической составляющей второго слоя сапропеля от уплотняющей нагрузки по формуле (2) равен $\varepsilon_i = 7,72$.

Деформация органической составляющей второго слоя сапропеля:

$$S = \frac{11,50 - 7,72}{12,50} \cdot 2,47 = 0,506 \text{ м}.$$

Результаты расчетов осадки органической составляющей по слоям сведены в таблицу 2.

Выводы

1 Насыпи, имеющие ширину, понизу значительно превышающую толщину этих грунтов, испытывают деформации без возможности бокового расширения. В этом случае применима модель одномерной задачи, что соответствует схеме компрессионного сжатия грунта.

2 Результаты расчетов дают удовлетворительную сходимость расчетных и фактических значений осадки.

3 Сходство фактических значений осадки с расчетными значениями по органической составляющей выше, чем по формуле без деления на составляющие грунта.

Список использованных источников

- 1 Цытович, Н. А. Механика грунтов: учебник / Н. А. Цытович. – М.: Гос. изд-во лит. по стр-ву, архитектуре и строит. материалам, 1963. – 632 с.
- 2 Васильева, Н. В. Компрессионные свойства биогенных грунтов / Н. В. Васильева // Мелиорация переувлажненных земель: сб. науч. тр. / Белорус. НИИ мелиорации и луговодства. – Минск, 1997. – Т. 44. – С. 261–265.
- 3 Черник, П. К. Расчет фазового состава биогенных грунтов / П. К. Черник, Н. В. Васильева // Сб. науч. тр. Белорус. НИИ мелиорации и луговодства. – Минск, 1998. – Т. 45. – С. 80–88.
- 4 Васильева, Н. В. Расчет осадки сооружений на биогенных грунтах с учетом их фазового состава / Н. В. Васильева // Вести Акад. аграр. наук РБ. – 2001. – № 3. – С. 50–53.

УДК 626.88

Ю. М. Косиченко, О. А. Баев, В. Ф. Сильченко

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

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ВОДНОСТИ Р. БУРЛА

Целью исследований являлась оценка возможности повышения водности р. Бурла для развития орошения Алтайского края. По результатам исследований проведен расчет возможности повышения водности р. Бурла на основе уравнения водного баланса с учетом дополнительной подачи воды из Новосибирского водохранилища. Выполнена расчетная оценка расходов и объемов подачи воды по Бурлинскому магистральному каналу для двух вариантов при проектных расходах $Q_{н1} = 36,5 \text{ м}^3/\text{с}$ и $Q_{н2} = 10,0 \text{ м}^3/\text{с}$. Представлен гидрограф стока р. Бурла для года 75% обеспеченности с учетом подачи воды на орошение сельскохозяйственных угодий и обводнение маловодных водотоков.

Ключевые слова: дефицит водных ресурсов, обводнение, орошение, распределение стока, магистральный канал.

Yu. M. Kosichenko, O. A. Baev, V. F. Sil'chenko

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

THE ASSESSMENT OF POSSIBILITY OF INCREASING THE RIVER BURLA WATER CONTENT

The purpose of the research was to assess the possibility of increasing the water content of the river Burla for the development of irrigation of the Altai Territory. According to the research results, the possibility of increasing the water content of the river Burla on the basis of the water balance equation taking into account the additional water supply from the Novosibirsk reservoir was calculated. An estimated assessment of the costs and volumes of water supply along the Burlinsky main canal for two options with design costs $Q_{н1} = 36.5 \text{ м}^3/\text{с}$ and $Q_{н2} = 10.0 \text{ м}^3/\text{с}$ was made. The hydrograph of the river Burla runoff for the year 75% availability with regard to the water supply for farm land irrigation and flooding of low-water watercourses was presented.

Key words: water resources shortage, water supply, irrigation, runoff distribution, main canal.

Введение. Река Бурла является одним из крупнейших водотоков Кулундинской депрессии, ее истоки находятся на Приобском плато вблизи с. Долганка. Длина реки 489 км, площадь действующего водосбора порядка 914 тыс. га. Общая длина гидрогра-

фической сети 875 км, ее густота $0,10 \text{ км/км}^2$ [1]. Водосбор р. Бурла распахан на 50 %, его лесистость составляет 8 %, заболоченность – 3 %, озерность – 2,5 %. На водосборе насчитывается более 280 бессточных и проточных озер, много заболоченных займищ. Русло реки извилистое, ширина его на участках между озерами колеблется от 15 до 25 м, глубина – 2,0–3,0 м [2]. В маловодные годы озера заполняются водой по цепи – сверху вниз и часто нижним озерам воды не хватает, некоторые из них практически полностью высыхают. Такое положение обуславливает наличие дефицита воды в бассейне р. Бурла и отрицательно влияет на условия жизни более 150 тыс. человек, а также на развитие орошения в бассейне реки. В связи с этим целесообразно рассмотреть мероприятия по повышению водности р. Бурла с использованием уже введенного в эксплуатацию Бурлинского магистрального канала (МК).

Отсутствие стока в зимний период года отрицательно сказывается на рыбном хозяйстве [3] (происходят заморы рыбы), а существенное снижение стока в летне-осенний период приводит к снижению водности р. Бурла и многочисленных озер, в т. ч. осушению некоторых озер в нижнем течении. При этом ухудшаются условия для рыбного хозяйства, развития орошения в целом и увеличения площади орошаемых земель.

Таким образом, для устойчивого развития рыбного хозяйства, а также для орошения земель в этом районе необходимо пополнение водных ресурсов бассейна Бурлы за счет подачи воды из Новосибирского водохранилища по Бурлинскому МК [4, 5].

Весной за две-три недели проходит 90 % объема годового стока р. Бурла. С конца июня русло реки пересыхает и распадается на множество отдельных плесов от истока до оз. Малое Топольное. В нижнем течении проходят большие потери весеннего стока на аккумуляцию и испарение в поймах, что вызывает уменьшение максимальных и средних расходов половодья по длине реки.

Целью исследований являлась оценка возможности повышения водности р. Бурла для развития орошения Алтайского края. Как свидетельствуют проведенные исследования гидрологического режима рек Алтайского края [6], годовой сток рек подвержен сильной многолетней изменчивости под влиянием в большей степени климатических и других факторов. Результаты расчетов внутригодового распределения стока заданной обеспеченности (75 %) [7] показывают, что в острозасушливые и засушливые годы водные ресурсы р. Бурла недостаточны для планирования орошения.

В связи с этим дополнительная подача воды по Бурлинскому МК из Новосибирского водохранилища для повышения водности р. Бурла с целью обводнения реки и озер, а также орошения в бассейне представляется необходимым мероприятием.

Материалы и методы. Возможные объемы и расходы воды для подачи в Бурлинский МК с целью развития орошения в бассейне р. Бурла должны рассматриваться исходя из проектных расходов, предусмотренных по проектам прошлых лет.

Оценку объема подачи воды по МК из Новосибирского водохранилища выполняем для двух вариантов при проектных расходах 1975 г. $Q_{н1}$ и 2002 г. $Q_{н2}$.

Вариант 1. При проектном расходе ($Q_{н1}$, $\text{м}^3/\text{с}$).

1 Расход на обводнение водосборного бассейна р. Бурла и проточных и бессточных озер принимаем $Q_{обв1}$ ($\text{м}^3/\text{с}$).

2 Объем воды ($W_{обв1}$, $\text{м}^3/\text{год}$), необходимый для обводнения бассейна р. Бурла и многочисленных озер в бассейне (более 280), подаваемый по Бурлинскому МК, определяем как:

$$W_{обв1} = Q_{обв1} \cdot T_{9_{мес}}, \quad (1)$$

где $T_{9_{мес}}$ – период подачи воды для обводнения озер в бассейне р. Бурла (составляет девять месяцев), мес.

3 Планируемый расход на орошение ($Q_{ор1}$, $\text{м}^3/\text{с}$) в Бурлинском, Немецком наци-

ональном и Хабаровском районах Алтайского края определяем по разности нормального проектного расхода и расхода на обводнение:

$$Q_{op1} = Q_{н1} - Q_{обв1}. \quad (2)$$

4 Необходимый объем (W_{op1} , м³/год) на орошение определяем из расчета периода орошения в пять месяцев ($T_{5\text{мес}}$):

$$W_{op1} = Q_{op1} \cdot T_{5\text{мес}}. \quad (3)$$

5 Площадь орошения (F_{op1} , га) в трех районах территории бассейна р. Бурла вычисляем по нижеследующей зависимости:

$$F_{op1} = \frac{W_{op1} \cdot \eta_{op1}}{M_{op.cp1}}, \quad (4)$$

где η_{op1} – КПД оросительных систем (согласно справочнику [8] $\eta_{op1} = 0,80$);

$M_{op.cp1}$ – средняя оросительная норма для производства многолетних трав в Западно-Сибирском районе страны (при $k_u = 0,3-0,6$, $\rho = 95\%$, $M_{op.cp1} = 4850$ м³/га).

6 Объем необходимых водных ресурсов (W_{MK1} , м³/год), подаваемых по каналу из Новосибирского водохранилища, при использовании Бурлинского МК для обводнения и орошения на площади составит:

$$W_{MK1} = W_{обв1} + W_{op1}. \quad (5)$$

Вариант 2. При нормальном проектном расходе ($Q_{н2}$, м³/с).

1 Расход на обводнение бассейна р. Бурла и озер в пределах водосборной площади принимаем соответствующим последнему проекту 2002 г. [2, 6], равным $Q_{обв2}$.

2 Объем воды ($W_{обв2}$, м³/год), необходимый для обводнения бассейна р. Бурла и озер на водосборной площади, определяем по следующей формуле:

$$W_{обв2} = Q_{обв2} \cdot T_{9\text{мес}}. \quad (6)$$

3 Определяем планируемый расход на орошение (Q_{op2} , м³/с) в бассейне р. Бурла:

$$Q_{op2} = Q_{н2} - Q_{обв2}. \quad (7)$$

4 Необходимый объем водных ресурсов на орошение (W_{op2} , м³/год) определяем из расчета:

$$W_{op2} = Q_{op2} \cdot T_{5\text{мес}}. \quad (8)$$

5 Площадь орошения в бассейне р. Бурла (F_{op2} , га) вычисляем по выражению:

$$F_{op2} = \frac{W_{op2} \cdot \eta_{op2}}{M_{op.cp2}}. \quad (9)$$

6 Общий объем необходимых водных ресурсов при обводнении озер (W_{MK2} , м³/год) в бассейне р. Бурла и орошении сельскохозяйственных культур на площади (F_{op2} , га) составит:

$$W_{MK2} = W_{обв2} + W_{op2}. \quad (10)$$

7 Проводится анализ данных вариантов на основании проведенных гидравлических расчетов Бурлинского МК при частичном зарастании русла: по объемам работ при реконструкции, объему подачи воды из Новосибирского водохранилища, по наличию свободных водных ресурсов на данном водохозяйственном участке 13.01.02.005 от г. Барнаула до г. Новосибирска.

Результаты и обсуждение. Первоначально, в 1975 г., был разработан проект орошения в бассейне р. Бурла на площади 55 тыс. га с расходом МК 36,5 м³/с. В даль-

нейшем в 1989 г. был составлен проект первой очереди орошения в Крутихинском районе на базе Бурлинского МК с площадью орошения 9224,6 га и расходом 10,0 м³/с. Расчетную оценку объема подачи воды по МК из Новосибирского водохранилища выполним для двух вариантов при проектных расходах $Q_{н1} = 36,5$ м³/с и $Q_{н2} = 10,0$ м³/с.

Распределение и оценку расходов и объемов воды в зависимости от проектного расхода в Бурлинском МК представим следующим образом.

Вариант 1. При $Q_{н1} = 36,5$ м³/с.

1 Расход на обводнение водосборного бассейна р. Бурла и проточных и бессточных озер принимается $Q_{обв1} = 10,0$ м³/с.

2 Объем воды, необходимый для обводнения бассейна р. Бурла и многочисленных озер в бассейне (более 280), подаваемый по Бурлинскому МК при подаче воды в течение девяти месяцев ($T_{9\text{мес}} = 2,59 \cdot 10^6$ с), рассчитываем по формуле (1):

$$W_{обв1} = 10,0 \cdot 9 \cdot 2,59 \cdot 10^6 = 233,1 \text{ млн м}^3/\text{год.}$$

3 Планируемый расход на орошение в Бурлинском, Немецком национальном и Хабарском районах Алтайского края, который определяется по разности нормального проектного расхода и расхода на обводнение, рассчитывается по формуле (2):

$$Q_{оп1} = 36,5 - 10 = 26,5 \text{ м}^3/\text{с.}$$

4 Необходимый объем на орошение в течение пяти месяцев ($T_{5\text{мес}} = 2,59 \cdot 10^6$ с) определяется по формуле (3):

$$W_{оп1} = 26,5 \cdot 5 \cdot 2,59 \cdot 10^6 = 343,17 \text{ млн м}^3/\text{год.}$$

5 Площадь орошения в трех районах территории бассейна р. Бурла определяется по формуле (4):

$$F_{оп1} = \frac{343,17 \cdot 10^6 \cdot 0,80}{4850} = 56,6 \text{ тыс. га.}$$

6 Объем необходимых водных ресурсов при использовании Бурлинского МК для обводнения и орошения на площади 56,6 тыс. га, подаваемых по каналу из Новосибирского водохранилища, определяется по формуле (5):

$$W_{МК1} = 233,1 \cdot 10^6 + 343,2 \cdot 10^6 = 576,3 \text{ млн м}^3/\text{год.}$$

Вариант 2. При нормальном проектном расходе $Q_{н2} = 10,0$ м³/с.

1 Расход на обводнение бассейна р. Бурла и озер в пределах водосборной площади принимается соответствующим последнему проекту 2002 г. и равным $Q_{обв2} = 5,0$ м³/с.

2 Объем воды, необходимый для обводнения бассейна р. Бурла и озер на водосборной площади при подаче по Бурлинскому МК в течение девяти месяцев, определяется по формуле (6):

$$W_{обв2} = 5,0 \cdot 9 \cdot 2,59 \cdot 10^6 = 116,5 \text{ млн м}^3/\text{год.}$$

3 Планируемый расход на орошение в бассейне р. Бурла определяется по формуле (7):

$$Q_{оп2} = 10,0 - 5,0 = 5,0 \text{ м}^3/\text{с.}$$

4 Необходимый объем водных ресурсов на орошение в течение пяти месяцев определяется по формуле (8):

$$W_{оп2} = 5,0 \cdot 5 \cdot 2,59 \cdot 10^6 = 64,75 \text{ млн м}^3/\text{год.}$$

5 Площадь орошения в бассейне р. Бурла (при $\eta_{оп2} = 0,80$, $M_{оп.ср2} = 4850$ м³/га) определяется по формуле (9):

$$F_{оп2} = \frac{64,75 \cdot 10^6 \cdot 0,80}{4850} = 10680 \text{ га.}$$

6 Общий объем необходимых водных ресурсов при обводнении озер в бассейне р. Бурла и орошении сельскохозяйственных культур на площади 10680 га определяется по формуле (10):

$$W_{\text{МК2}} = 116,5 \cdot 10^6 + 64,75 \cdot 10^6 = 181,25 \text{ млн м}^3/\text{год}.$$

7 Для обоснования рекомендуемого варианта использования Бурлинского МК в целях повышения водности р. Бурла для обводнения озер и развития орошения рассмотрим два варианта. Первый вариант рассчитан на подачу воды по МК расходом $Q_{\text{н1}} = 36,5 \text{ м}^3/\text{с}$, а второй вариант – на подачу расходом $Q_{\text{н2}} = 10,0 \text{ м}^3/\text{с}$.

Как показал предварительный анализ данных вариантов на основании проведенных гидравлических расчетов Бурлинского МК при частичном зарастании русла [9], первый вариант с расходом $Q_{\text{н1}} = 36,5 \text{ м}^3/\text{с}$ не может быть рекомендован к использованию. Такой вариант реконструкции обусловлен необходимостью значительного заглубления русла на глубину до 2,5–3,0 м по длине третьего и четвертого бьефов с протяженностью этого участка более 22,0 км, что приведет к большому объему земляных работ, связанных одновременно с углублением и расширением русла. Наряду с этим его реализация требует реконструкции всех насосных станций с дополнительной установкой на каждой из них пяти насосных агрегатов (каждый расходом 5,0 $\text{м}^3/\text{с}$). Поэтому данный вариант реконструкции МК окажется неприемлемым как с экономической точки зрения (по причине больших затрат), так и с технической (по причине установки дополнительных 20 насосных агрегатов и строительства четырех зданий насосных станций).

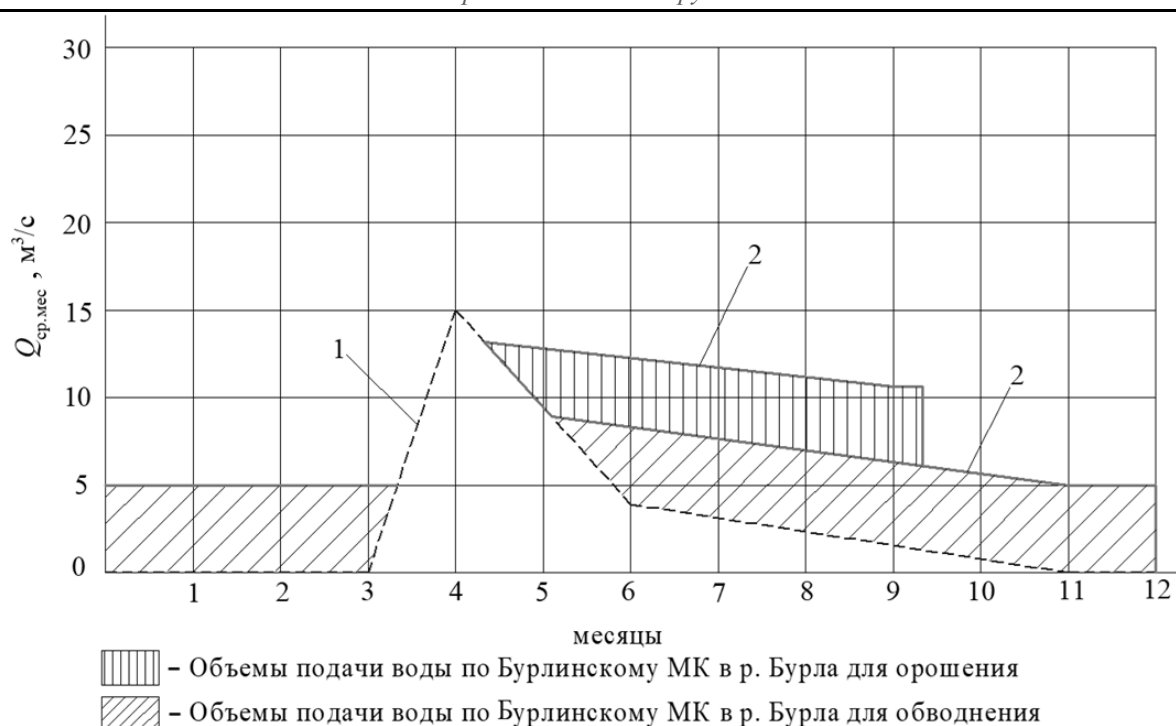
Второй вариант реконструкции канала при его проектном расходе $Q_{\text{н2}} = 10,0 \text{ м}^3/\text{с}$ является наиболее реальным, так как основывается на уже действующем канале с расчетным нормальным расходом $Q_{\text{МК}} = 10,0 \text{ м}^3/\text{с}$, который не потребует значительных затрат. Пропускная способность этого варианта будет достаточной при незначительном заглублении русла.

Важным обстоятельством в пользу второго варианта реконструкции является то, что средние скорости течения в этом варианте возрастут до значений, превышающих допустимые незаилающие ($v > v_{\text{нез}}$) [10], это обеспечит нормальный режим работы канала без заиливания его русла. Наряду с этим для данного варианта потребуется объем водных ресурсов, соответствующий имеющимся «свободным» водным ресурсам (согласно лимитам на водохозяйственном участке 13.01.02.005 от г. Барнаула до г. Новосибирска).

Повышение водности в бассейне р. Бурла для рекомендуемого варианта использования Бурлинского МК при его нормальном расходе $Q_{\text{н2}} = 10,0 \text{ м}^3/\text{с}$ заключается в подаче воды из Новосибирского водохранилища для первой цели – обводнения бассейна р. Бурла и озер – и для второй цели – орошения в пределах бассейна реки.

Для обводнения бассейна р. Бурла выделяется часть объема обской воды, подаваемой по Бурлинскому МК в количестве 5,0 $\text{м}^3/\text{с}$ в течение девяти месяцев, что составляет $116,5 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$. Для орошения в бассейне р. Бурла планируется дополнительная подача по МК также обской воды в количестве 5,0 $\text{м}^3/\text{с}$ в течение оросительного сезона (пять месяцев), что составляет $64,75 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. При этом следует проработать вариант использования для второй очереди орошения подземных вод. Тогда среднемесячные расходы воды в р. Бурла для года 75% обеспеченности в течение 1–4-го и 11–12-го месяцев увеличатся до 5,0 $\text{м}^3/\text{с}$ и с июня по сентябрь – до 10,0 $\text{м}^3/\text{с}$. В этом случае объем годового стока р. Бурла увеличится на $181,25 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$. На рисунке 1 представлен гидрограф стока р. Бурла с учетом подачи воды на обводнение и орошение.

Сравнение гидрографов стока р. Бурла (с учетом и без учета обводнения и орошения) показывает, что подача воды позволяет повысить водность р. Бурла на 286 %, а при сравнении с общим стоком (Бурлы + МК) – на 74 %.



1 – гидрограф р. Бурла без подачи воды на обводнение и орошение 75% обеспеченности;
2 – гидрограф р. Бурла с учетом подачи воды по Бурлинскому МК на обводнение и орошение

Рисунок 1 – Измененный гидрограф стока р. Бурла для года 75% обеспеченности с учетом подачи воды на обводнение и орошение

Выводы. В результате повышения водности р. Бурла за счет подачи воды на обводнение маловодных водотоков и орошение сельскохозяйственных угодий исключаются периоды с дефицитом водных ресурсов.

Повышение водности р. Бурла, особенно в летний период, для рекомендуемого варианта использования Бурлинского МК с расходом $Q_{н2} = 10,0 м^3/с$ позволяет создать оросительную систему в одном из трех районов (Бурлинском, Немецком национальном или Хабаровском) при выращивании традиционной культуры в этих хозяйствах – многолетних трав – при средней поливной норме $M_{ор1} = 4850 м^3/га$.

На основании проведенной оценки возможная площадь орошения в бассейне р. Бурла составит при выращивании многолетних трав на силос 10680 га. При этом указанная площадь орошения может вводиться очередями (в две очереди).

Список использованных источников

- 1 Научно-популярная энциклопедия «Вода России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://water-rg.ru/Водные_объекты/1618/Бурла, 2019.
- 2 Кошелева, Е. Д. Прогноз зон влияния Бурлинского магистрального канала / Е. Д. Кошелева, К. Б. Кошелев // Вестник алтайской науки. – 2008. – № 1. – С. 195–203.
- 3 Анохин, А. М. Основы мелиораций вод и водных объектов: курс лекций / А. М. Анохин, М. М. Мордвинцев, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: НГМА, 2001. – 290 с.
- 4 Щедрин, В. Н. Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / В. Н. Щедрин, Ю. М. Косиченко, С. М. Васильев; под ред. В. Н. Щедрина. – М.: Мелиоводинформ, 2009. – 342 с.
- 5 Васильев, С. М. Повышение устойчивости и эффективности использования агроландшафтов аридной зоны в условиях постоянного и циклического орошения / С. М. Васильев. – Ростов н/Д.: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки», 2006. – 364 с.

6 Исследования гидрологического режима рек Алтайского края в условиях меняющегося климата / Н. Б. Максимова [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 6(152). – С. 73–80.

7 Орлова, И. В. Методические подходы к оценке экологического стока Кулундинской провинции для целей орошения / И. В. Орлова, Э. Г. Онищенко // Водные ресурсы и проблемы водопользования: тр. Междунар. симп., г. Ховд, 18–21 сент. 2015 г. – Барнаул, 2015. – С. 278–283.

8 Мелиорация и водное хозяйство. Т. 6. Орошение: справочник / под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 415 с.

9 Гидравлический расчет магистрального канала при частичном зарастании русла / Ю. М. Косиченко, А. В. Колганов, В. Ф. Сильченко, Е. А. Козарезова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 1(73). – С. 212–218.

10 Косиченко, Ю. М. Обоснование расчетных зависимостей фильтрационных сопротивлений конструкций облицовок каналов / Ю. М. Косиченко, Е. Г. Угроватова, О. А. Баев // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 2015. – № 278. – С. 35–46.

ЭКОНОМИКА МЕЛИОРАЦИИ

УДК 631.587:333

О. А. Саклакова

Российский новый университет, Москва, Российская Федерация

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Целью исследования являлось изучение современного состояния проведения оценки экономической эффективности использования орошаемых земель и обоснование необходимости разработки методологического и методического инструментария ее проведения с учетом различных факторов. В результате исследования установлено, что увеличение объемов производства и прирост стоимости могут являться критерием эффективности мелиорации. При этом целевая функция эффективности должна отражать экономические и социальные функции общества в целом, обеспечение устойчивого функционирования и развития сельскохозяйственного производства с целью формирования продовольственной безопасности страны. Для оценки экономической эффективности использования мелиоративного фонда необходима система единой регистрации и получения первичной информации о состоянии мелиоративного комплекса, используемая в бухгалтерской отчетности, статистическом наблюдении и др. Необходима методика оценки входящей для расчета информации, разработанной для различных ситуаций и в соответствии с поставленными целями. Разработке подлежат способы и критерии количественной оценки полученных показателей.

Ключевые слова: эффективность, экономический эффект, прибыль, убыток, рентабельность, финансовый результат, финансовое состояние, основные средства.

O. A. Saklakova

Russian New University, Moscow, Russian Federation

COST-EFFECTIVENESS ESTIMATION OF USING IRRIGATED LANDS

The aim of the research was to study the current state of assessing the economic efficiency of irrigated land usage and to justify the need of development of methodological and methodic tools for its implementation, taking into account various factors. As a result of the research, it was found that production growth and cost increase can be a land reclamation efficiency criteria. At the same time, the target function of efficiency should reflect the economic and social functions of society as a whole, ensuring the sustainable functioning and development of agricultural production in order to create the country's food security. To assess the economic efficiency of the reclamation fund use, a system of uniform registration and obtaining primary information on the state of reclamation complex used in accounting reports, statistical observation, etc. is required. A method for evaluating incoming information for the calculation of information developed for various situations and in accordance with the goals set is required. Methods and criteria for quantitative evaluation of the obtained indicators are subject to development.

Key words: efficiency, economic benefit, profit, loss, profitability, financial result, financial state, fixed assets.

Введение. Сельскохозяйственные предприятия отличаются многообразием организационно-правовых форм, являются первичным звеном агропромышленного комплек-

са, экономически обособлены, непосредственно являясь товаропроизводителем, осуществляют процесс воспроизводства. Особенностью функционирования таких предприятий является специфичность всей производственной системы, в которой используются природные ресурсы, осуществляется активное воздействие человека на экосистему. Повышение эффективности деятельности таких организаций позволяет обеспечить воспроизводственные процессы в экономике, продовольственную безопасность страны.

Материал и методы. Анализ нормативных, методологических, исторических и литературных данных. Целью исследования являлось изучение современного состояния проведения оценки экономической эффективности использования орошаемых земель и обоснование необходимости разработки методологического и методического инструментария ее проведения с учетом различных факторов.

Результаты и обсуждение. Основной целью сельскохозяйственных предприятий является получение положительного финансового результата, при этом им отводится важная роль в обеспечении населения продовольствием в том объеме, который позволит обеспечить экономическую безопасность государства, поддерживать уровень качества жизни населения. При этом степень эффективности работы производственной системы, как отмечал К. Маркс, проявляется в том, чтобы «достигать производственной цели с наименьшей затратой средств» [1].

По мнению С. А. Константинова, критерий эффективности производства сельскохозяйственного предприятия является «максимизацией прибыли при минимуме издержек в расчете на единицу сельскохозяйственных угодий» [2].

А. Д. Шафронов указывает, что под эффективностью сельскохозяйственного производства необходимо понимать степень использования производственного потенциала предприятия, так как каждый экономический объект имеет свои производственные возможности, а фактическая отдача не показывает меру результата [3].

Н. Я. Коваленко утверждает, что увеличение эффективности общественного производства лежит в основе экономического прогресса любого общества. Специфическое содержание эффективности производства в системах хозяйства определяется целевой направленностью и общественной формой производства, своеобразием результатов производства и присущих системе факторов [4].

Различают экономическую, технологическую, социальную, экологическую эффективность сельскохозяйственных организаций.

При определении экономической эффективности следует оценить и сравнить результаты хозяйственной деятельности и расходы, это прибыль или убыток. Причем, являясь основным показателем, характеризующим цель деятельности любой организации, оценка указывает абсолютную величину полученного прибавочного продукта в денежном выражении. Это эффективность и самой организации, и региональной (муниципальной) экономики, отраслевой экономики, национальной экономики.

Расчет технологической эффективности позволяет оценить зависимость между затраченными ресурсами и полученным в натуральном выражении продуктом.

Социальная эффективность для сельскохозяйственных территорий предусматривает удовлетворенность жителей условиями и местом проживания, реальным уровнем заработной платы и доходами, сферой медицинского, социального обслуживания, учреждениями образования и культуры. Также к этим показателям можно отнести сбалансированное развитие транспортной, инженерно-технической, социально-культурной инфраструктуры. Социальная эффективность таких территорий предусматривает сохранение трудовых ресурсов и территориальной целостности страны.

Определение экологической эффективности позволит оценить эффект от проведения природоохранных мероприятий.

Главный вид эффективности, на наш взгляд, экономическая, так как она раскрывает соотношение результата и затрат, положительная величина которого обеспечивает

расширенное воспроизводство для организации и экономики в целом. Организация получает возможность наращивать производственный потенциал, внедрять современные технологии. В случае отсутствия или нестабильности получения прибыли из собственных источников для повышения эффективности средств для обновления материально-технической базы не хватает.

Следовательно, эффективность работы организации можно оценить соотношением результатов производства и затрат на него, при неизменности которых эффективность остается постоянной, а рост эффективности наблюдается в тех случаях, когда затраты ресурсов остаются неизменными, а результат возрастает.

Исходя из особенностей сельскохозяйственных предприятий, можно выделить разные подходы к оценке экономической эффективности, которая, в частности, может быть представлена показателями использования ресурсов, например, степенью эффективности использования живого труда можно измерить показатели производительности труда. Эффективность использования основных производственных фондов отражает показатели фондоотдачи и фондоемкости, эффективность использования материальных средств позволяет оценить такие экономические категории, как материалоотдача и материалоёмкость. Указанные показатели позволяют оценить эффективность каждого ресурса, однако для оценки экономической эффективности можно использовать и обобщающие показатели, например рентабельность.

Также результатом деятельности сельскохозяйственной организации, показателем стабильности выступает его финансовое состояние, например, одним из значимых показателей является коэффициент автономии, при помощи которого можно оценить степень зависимости предприятия от заемных средств, его финансовую устойчивость.

Ресурсный потенциал сельскохозяйственного предприятия составляют производственные основные фонды сельскохозяйственного назначения, материальные оборотные средства и трудовые ресурсы, однако основное средство производства в отрасли – земля, особенностью которой является незаменимость, в отличие, например, от трудовых ресурсов, которые всегда можно заменить. У земли можно лишь повысить плодородие. К природным ресурсам, используемым в сельскохозяйственных организациях, относят сезонность производства, территориальное размещение, климат и воду. К климату в сельском хозяйстве можно приспособиться, а проблему недостатка естественных осадков можно решить, применяя искусственное орошение. В этих условиях особо ценной категорией преобразованных земель сельскохозяйственного назначения являются мелиорированные земли. Следовательно, орошаемое земледелие является средством повышения эффективности сельхозпроизводства.

Преобразования коллективных форм хозяйствования последних десятилетий привели к образованию малых хозяйственных структур, которые не всегда заинтересованы в эффективном использовании орошаемых земель. Наблюдается проблема несогласованности интересов водохозяйственных эксплуатационных организаций с интересами хозяйств-водопользователей, проблема усложняется нарушенным организационно-экономическим механизмом использования орошаемых земель. Усложняется это и проблемами обеспечения почвенного плодородия, оплаты электроэнергии на подачу воды. Чаще всего это вызвано проблемами финансовой несостоятельности таких организаций.

Недостаточность финансовых ресурсов привела к тому, что не осуществляются ремонтно-эксплуатационные мероприятия и работы по реконструкции оросительных систем, основные фонды устаревают. Их значительный износ в условиях отсутствия денежных средств не позволяет отрасли мелиорации эффективно развиваться, сельхозтоваропроизводители не могут эффективно использовать поливные земли, вынуждены на этих землях применять богарную технологию.

Однако следует помнить, что, несмотря на затраты, связанные с проведением оросительных мелиораций, значительный рост урожайности позволяет этим затратам

окупиться. Результатом мелиорации является рост уровня продуктивности пашни, структуры посевных площадей, что позволяет увеличить экономическое плодородие почвы, продуктивность единицы земельной площади. Эффективная эксплуатация орошаемых земель является предпосылкой эффективного функционирования всего мелиоративного комплекса.

А. В. Колганов, Т. Н. Антипова и В. В. Бородычев [5], рассматривая экономическую эффективность мелиорации и сельского хозяйства в целом, указывают на то, что для оценки экономической эффективности мелиорации нет единых научных критериев и практических методик.

Ряд исследователей [6, 7] целью орошения считают увеличение прибыли сельхозпредприятия-водопользователя, однако следует сказать, что данный показатель не позволяет оценить степень эффективности для организаций с неблагоприятным финансовым положением.

О. В. Борисенко [8] отмечает при этом значительные различия в экономических результатах производства у разных сельхозпредприятий, использующих орошаемые земли и расположенных в одинаковых природно-климатических условиях.

Для оценки рентабельности производства растениеводческой продукции большое значение имеет технический уровень, состояние и эффективность использования основных производственных фондов. При этом наблюдается ярко выраженная связь в орошаемом земледелии между основными производственными фондами водохозяйственного комплекса и мелиоративными фондами товаропроизводителей.

Экономический эффект может быть недостаточным в тех случаях, когда, например, мелиоративные фонды представлены в виде совершенных оросительных систем, при этом в организации наблюдается недостаток других производственных фондов, в частности, это могут быть сельскохозяйственные машины. Пропорции между отдельными группами должны быть соблюдены. Различают разные подходы к определению состава мелиоративных фондов. Ряд исследователей в мелиоративные фонды включают только продукты общественного труда, используемые для нужд мелиорации: оросительные системы в целом и межхозяйственные и внутрихозяйственные сети оросительных систем.

Считаем, что такой объект недвижимости, как мелиоративно подготовленные земли, является мелиоративным фондом, его следует включать в таковой путем кадастровой оценки угодий. Таким образом, мелиоративно подготовленные земли, как средство производства, необходимо оценивать и учитывать. Методы такого учета подлежат предметному исследованию.

Мелиоративный фонд включает в себя отражаемые в бухгалтерском учете объекты:

- орошаемые земли;
- источники орошения;
- дождевальную и мелиоративную технику;
- каналы, трубопроводы и сооружения на них;
- коллекторно-дренажную сеть;
- насосные станции и головные водозаборы;
- производственные здания и сооружения.

Учет указанных основных средств в разрезе аналитического и синтетического учета в сельскохозяйственных организациях ведется, но информация о составе мелиоративных фондов не отражается в бухгалтерской (финансовой) отчетности.

Следующей проблемой является то, что при проведении экономического анализа сельскохозяйственных организаций для расчета общих показателей экономической эффективности использования основных средств и расчета показателей фондоотдачи, фондоемкости, фондорентабельности в большинстве случаев используют способ расчета, в соответствии с которым применяется выручка, указанная в годовом отчете о фи-

нансовых результатах. Считаем, что это искажает суть показателя, так как стоимость реализованной продукции не отвечает критерию эффективности произведенной. Особенность воспроизводственного процесса в растениеводстве заключается в том, что часть продукции не подлежит реализации, а будет использована в качестве средств и предметов труда, выручка при этом не отражает результаты производства и не дает полной информации о действительной отдаче вовлеченных в процесс производства основных средств. Для расчета необходимо использовать отношение валовой, товарной или чистой продукции к стоимости основных фондов, что будет характеризовать разные аспекты использования основных средств.

В результате исследования установлено, что увеличение объемов производства, прирост стоимости может являться критерием эффективности мелиорации. При этом целевая функция эффективности должна отражать экономические и социальные функции общества в целом, обеспечение устойчивого функционирования и развития сельскохозяйственного производства с целью формирования продовольственной безопасности страны. Еще одним важным фактором является то, что в РФ наблюдается большой удельный вес аграрного сектора, но климатические условия, связанные с засухой и неурожаем, приводят к разбалансированности хозяйственных связей, дестабилизируют всю экономику.

Для оценки экономической эффективности использования мелиоративного фонда необходима система единообразной регистрации и получения первичной информации о состоянии мелиоративного комплекса, используемая в бухгалтерской отчетности, статистическом наблюдении и др. Необходима методика оценки входящей для расчета информации, разработанной для различных ситуаций и в соответствии с поставленными целями. Механизм экономической оценки эффективности использования мелиоративных фондов должен обеспечивать особенности орошения в различных почвенно-климатических условиях. Разработке подлежат способы и критерии количественной оценки полученных показателей.

Список использованных источников

- 1 Маркс, К. Капитал / К. Маркс. – М.: Политиздат, 1963. – Т. 1. – 904 с.
- 2 Константинов, С. А. Новый подход к определению критерия эффективности сельскохозяйственного производства / С. А. Константинов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2000. – № 3. – С. 23–24.
- 3 Шафронов, А. Д. Новый подход к эффективности производства / А. Д. Шафронов // Экономист. – 2003. – № 4. – С. 82–88.
- 4 Коваленко, Н. Я. Экономика сельского хозяйства / Н. Я. Коваленко. – М.: Тандем, 1998. – 364 с.
- 5 Колганов, А. В. Оценка эффективности сельскохозяйственного использования орошаемых земель в новых экономических условиях / А. В. Колганов, Т. Н. Антипова, В. В. Бородычев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2001. – № 6. – С. 56–60.
- 6 Дмитриев, В. С. Экономика мелиорации земель / В. С. Дмитриев. – М.: Экономика, 1984. – 136 с.
- 7 Райнин, В. С. Проблемы оценки эффективности инвестиций в комплексные мелиорации / В. С. Райнин, Г. А. Панферов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 4. – С. 9–11.
- 8 Борисенко, О. В. Системное исследование объектов мелиорации / О. В. Борисенко // Материалы юбилейной научно-практической конференции Южно-Российского государственного технического университета. – Новочеркасск, 1999. – С. 45–47.