

ISSN 2313-2248

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научно-практический журнал

Выпуск № 4(80)/2020

Новочеркасск

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

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

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

Выпуск № 4(80)/2020

Октябрь – декабрь 2020 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор – доктор сельскохозяйственных наук А. Н. Бабичев

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

Ответственный секретарь – Л. И. Юрина

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

Технический редактор, выпускающий – Е. А. Бабичева

Литературный редактор – А. И. Литовченко

Переводчик – В. В. Кульгавюк

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

Тел.: (8635) 26-02-02

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

e-mail: transfer-rosniipm@yandex.ru

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

Подписано в печать 30.11.2020. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 19,2. Тираж 500 экз. Заказ № 35

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

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

ISSN 2313-2248



9

772313 224008

Дата выхода в свет 25.12.2020

Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Научно-практическая конференция «Современные проблемы мелиоративно-водохозяйственного комплекса и пути их решения»

Рыжаков А. Н., Кузьмичёв А. А. Методика сбора информации о сооружениях оросительных систем с помощью мобильных приложений для проведения полевых исследований.....	5
Пономаренко Т. С., Мартынов Д. В. Анализ работы Пролетарской оросительной системы (результаты сценарных исследований).....	11
Власов М. В. Методы оценки стоимости строительства или реконструкции оросительных систем.....	18
Лытов М. Н. Концептуальные подходы к реконструкции гидромелиоративных систем с частично утраченными функциями.....	23
Шепелев А. Е., Васильченко А. П. К расчетам точности водоизмерения на мелиоративных системах.....	29
Каракулов Ф. А. Организация автоматизированной системы мониторинга гидрометеорологических параметров на водосборной территории.....	33
Ковалев С. В. Анализ современного состояния Нижне-Донской оросительной системы Ростовской области.....	37
Стрельбицкая Е. Б., Соломина А. П. Основные подходы к обоснованию применения сооружений очистки стока в составе гидромелиоративных систем Нечерноземной зоны РФ.....	42
Науменко Н. О., Каракулов Ф. А. Расчет речного стока р. Оки автоматизированной системой мониторинга.....	47
Полуэктов Е. В., Балакай Г. Т., Кулаева Я. И. Потери почвы от дефляции на обыкновенных черноземах Ростовской области.....	52
Манжина С. А., Матвиенко А. О. Факторы формирования и эколого-экономические последствия поверхностного стока.....	59
Бабичев А. Н., Сидаренко Д. П. Азотное питание сельскохозяйственных культур в условиях точного орошения.....	66
Домашенко Ю. Е., Ляшевский В. И., Горобей В. П., Вердыш М. В. Расчетные параметры увлажнителя для орошения сельскохозяйственных культур.....	71
Удовидченко Я. Е., Куприянов А. А. Плановое устройство территории и капельной оросительной сети плодового сада на основе модульного подхода к их проектированию.....	79
Воеводина Л. А. Возможные направления сбора информации в сфере орошаемого земледелия на основе опыта США.....	85
Манжина С. А., Матвиенко А. О. К вопросу формирования нормативно-правового обеспечения создания агропромышленных территорий опережающего развития на основе мелиоративных технологий.....	93
Супрун В. А., Ширяева М. А. Создание проекта биосорбционного сооружения для очистки дренажно-сбросных вод с рисовых оросительных систем Сарпинской низменности.....	100
Тищенко А. П. Взаимосвязь между величинами суммарного испарения различных сельскохозяйственных культур.....	103
Гарбуз А. Ю. К вопросу гидроизоляции повреждений облицованных каналов.....	108

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Кожанов А. Л. Конструктивное решение ярусной осушительно-увлажнительной системы.....	114
Писаренко П. В., Малярчук А. С., Мишукова Л. С., Малярчук В. Н. Влияние разных способов и глубины основной обработки почвы на продуктивность подсолнечника в условиях орошения на юге Украины	119
Куприянов А. А., Удовидченко Я. Е. К вопросу организации территории капельно орошаемых яблоневых садов.....	125

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Методы продления продуктивного долголетия и улучшения пастбищ в условиях Нижнего Поволжья	132
Котлярова О. В., Кукса Л. А. Сортоизучение моркови столовой в условиях Ростовской области	137
Бабичев А. Н., Рубцов А. А., Бабенко А. А. Влияние минерального питания на урожайность лука репчатого	141
Сидаренко Д. П., Рубцов А. А., Сухарев Д. В. Использование жидкого удобрительно-стимулирующего состава «Комплексный» на редисе	145
Монастырский В. А., Бабичев А. Н. Экономическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур на орошении при дифференцированном внесении минеральных удобрений	149

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Козарезова Е. А. Обзор исследований гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности каналов	155
---	-----

НАУКА – ПРАКТИКЕ

Балкушкин Р. Н., Турко С. Ю. Функциональная диагностика посевов <i>Medicago sativa</i> L. на искусственно созданных моделях.....	160
---	-----

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Научно-практическая конференция «Современные проблемы мелиоративно-водохозяйственного комплекса и пути их решения»

УДК 626/627:303.6

А. Н. Рыжаков, А. А. Кузьмичёв

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

МЕТОДИКА СБОРА ИНФОРМАЦИИ О СООРУЖЕНИЯХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В статье представлен опыт использования мобильных приложений для проведения полевых исследований и сбора пространственной информации о сооружениях, входящих в состав оросительных систем Ростовской области, с целью нанесения их на картографическую цифровую основу. Собираемая информация была использована как основа для создания имитационной водохозяйственной модели. Для получения данных о местоположении объектов был разработан и согласован с ФГБУ «Ростовмелиоводхоз» план совместного выполнения работ по подготовке пилотного проекта геоинформационной базы данных (ГБД). Основным способ взаимодействия со специалистами филиалов эксплуатирующей организации – использование мобильного приложения Survey123. Суть работы заключалась в заполнении опросных форм с последующей отправкой в организацию, занимающуюся сбором и анализом данных (ФГБНУ «РосНИИПМ»). Собранные данные аккумулировались в сервисе ArcGIS Online, где осуществлялось формирование ГБД. В результате принятый алгоритм взаимодействия позволил в обозначенные планом совместного выполнения работ сроки осуществить идентификацию на местности и внесение информации в ГБД о недостающих сооружениях на выбранных оросительных системах. Таким образом, применение мобильного сервиса ArcGIS позволило повысить эффективность совместной работы различных организаций, отделов и рабочих групп при сокращении затрат на проведение полевых работ, а также на приобретение дополнительного программного обеспечения или оборудования.

Ключевые слова: орошаемое земледелие; имитационная водохозяйственная модель; геоинформационные системы; геоинформационная база данных; государственный мониторинг водных объектов; государственный водный реестр.

A. N. Ryzhakov, A. A. Kuzmichev

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

METHODOLOGY FOR COLLECTING INFORMATION ON IRRIGATION SYSTEMS FOR FIELD RESEARCH USING MOBILE APPLICATIONS

The experience of using mobile apps for conducting field research and collecting spatial information on structures that are part of the irrigation systems of Rostov region in order to plot them on a cartographic digital base is presented. The information collected was used as a basis for creating a water management simulation model. To obtain data on objects location,

a plan for collateral fulfillment of work on pilot project formation, a geoinformation database (GDB) was developed and agreed with the FSBE "Rostovmeliovodkhoz". The main way of interacting with the specialists of the operating organization's branches is using the Survey123 mobile application. The essence of the work was to fill in survey forms with subsequent sending to the organization engaged in data collection and analysis (FSBSE "RSRILIP"). The collected data was accumulated in the ArcGIS Online service, where the GDB was formed. As a result, the adopted interaction algorithm made it possible to carry out identification on the ground and to enter information into the GDB about missing structures on the selected irrigation systems within the terms indicated by the joint work execution plan. Thus, the use of the ArcGIS mobile service has made it possible to increase the efficiency of collaboration between various organizations, departments and work groups while reducing the cost of conducting field work, as well as purchasing additional software or equipment.

Key words: irrigated agriculture; simulation water management model; geographic information systems; geoinformation database; state monitoring of water bodies; state water register.

Согласно тематическому плану проведения прикладных научных исследований по государственному заданию Министерства сельского хозяйства РФ в 2020 г. специалистами ФГБНУ «РосНИИПМ» в рамках научно-исследовательской работы проводится анализ дефицита водных ресурсов европейской территории России с целью разработки сценарных моделей развития орошаемого земледелия с учетом наличия свободных водных ресурсов.

Чтобы решить поставленные задачи, необходимо производство моделирования сценариев развития орошаемого земледелия посредством создания имитационной водохозяйственной модели использования водных ресурсов на примере Ростовской области. В настоящее время одним из самых эффективных программных комплексов для моделирования гидрологических процессов является программный комплекс MIKE, работающий в среде геоинформационных систем (ГИС) [1].

Разработка элементов геоинформационной базы данных (ГБД) для выбранных объектов исследований осуществлялась на основе созданной ГБД «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» [2, 3]. Использование современных технологических средств для создания ГБД в области сельского хозяйства и управления ими является одним из аспектов подготовки информационной системы «Цифровая мелиорация» [4].

Для подготовки проекта по созданию мультимедийной многофункциональной карты мелиоративного и водохозяйственного комплекса Ростовской области в качестве объектов-представителей было выбрано девять оросительных систем (таблица 1). Фактически обслуживаемая площадь орошения выбранных оросительных систем составляет 59 % от всех орошаемых площадей в области (по данным монографии «Оросительные системы России: от поколения к поколению» [5] и информационного портала ФГБНУ ВНИИ «Радуга» [6]).

Таблица 1 – Мелиоративные системы, выбранные в качестве объектов-представителей по Ростовской области

В тыс. га

Наименование оросительной системы	Проектная площадь орошения	Фактически обслуживаемая площадь орошения	Фактически полито в 2019 г.
1	2	3	4
Багаевская	46,6	34,45	11,2
Садковская	11,8	4,4	1,5
Верхне-Сальская	28,9	14,28	2
Донская	17	5,87	0

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Мартыновская	6,1	2,17	0,2
Нижне-Донская	44,4	35,56	8,1
Пролетарская	30,2	25,04	19,9
Большовская	26,5	10,95	3,2
ДМК	236,5	9,8	4,1
Всего	448	142,52	50,2

Внесение информации о сооружениях выбранных оросительных систем производилось на основе ранее разработанной структуры ГБД «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений». Основным источником данных о наличии сооружений были сведения, получаемые в ходе ведения государственного водного реестра и осуществления мониторинга водных объектов (ГВР и МВО) [7].

Сооружения идентифицировались по открытым для общего пользования спутниковым снимкам, архивным чертежам и планам систем, а также по границам кадастровых участков, координатам и описаниям, представленным в ГВР в таблице 1.2 «Состав государственных мелиоративных водохозяйственных систем» и в МВО в форме 5.1 «Сведения об эксплуатируемых водохозяйственных системах».

В ходе проведения работы было выявлено, что сведений о сооружениях, содержащихся в существующих базах, недостаточно для идентификации и вынесения их на картографическую основу. Для внесения информации об объектах в ГИС должно быть известно их точное местоположение и конфигурация. Подобная информация либо имеет обрывочный характер, либо вовсе отсутствует.

В итоге в результате проведенной работы удалось идентифицировать и внести в ГБД только треть сооружений, представленных в базе данных ГВР и МВО (таблица 2).

Таблица 2 – Общее количество сооружений на выбранных оросительных системах согласно сведениям мониторинга водных объектов и государственного водного реестра и внесенных в ГБД

В шт.

Код оросительной системы	Наименование оросительной системы	Количество сооружений по сведениям МВО и ГВР	Количество сооружений, внесенных в ГБД	Количество сооружений, не внесенных в ГБД
2ор	Багаевская	176	30	146
3ор	Садковская	23	3	20
4ор	Верхне-Сальская	96	53	43
5ор	Донская	45	20	25
6ор	Мартыновская	9	6	3
9ор	Нижне-Донская	250	24	226
14ор	Пролетарская	31	29	2
21ор	Большовская	60	28	32
28вх	ДМК	79	52	27
Всего		767	245	524

Для получения недостающих данных о местоположении искомых объектов был разработан и согласован с ФГБУ «Ростовмелиоводхоз» план совместного выполнения работ по подготовке пилотного проекта ГБД на примере части объектов оросительных систем Ростовской области. Согласно плану были назначены этапы проведения работ и контактные лица по филиалам эксплуатирующей организации (таблица 3).

Таблица 3 – План совместного выполнения работ по подготовке пилотного проекта геоинформационной базы данных на примере части оросительных систем Ростовской области

Наименование этапа	Дата начала выполнения	Дата окончания выполнения	Планируемый результат
1 Идентификация объектов на местности: ДМК, Пролетарская, Большовская, Верхне-Сальская оросительные системы	20.07.2020	31.07.2020	Данные в векторном формате для включения в ГБД
2 Идентификация объектов на местности: Садковская, Багаевская оросительные системы	31.08.2020	04.09.2020	
3 Идентификация объектов на местности: Мартыновская, Нижне-Донская оросительные системы	07.09.2020	30.10.2020	

Задачу по сбору недостающих данных о местоположении и характеристиках сооружений на оросительных системах можно решить двумя способами:

- получение данных по результатам полевых рекогносцировочных выездов сотрудниками института;
- получение данных по результатам оцифровки полевых материалов специалистами эксплуатирующих организаций.

В связи с тем, что оросительные системы расположены на территории нескольких административных районов, например, сооружения Багаевской оросительной системы находятся на территории Багаевского, Семикаракорского и Веселовского районов (рисунок 1), проведение рекогносцировочных выездов для идентификации недостающих гидротехнических сооружений (ГТС) в связи с их большим количеством и, соответственно, дороговизной данных мероприятий [8] оказалось невозможным.

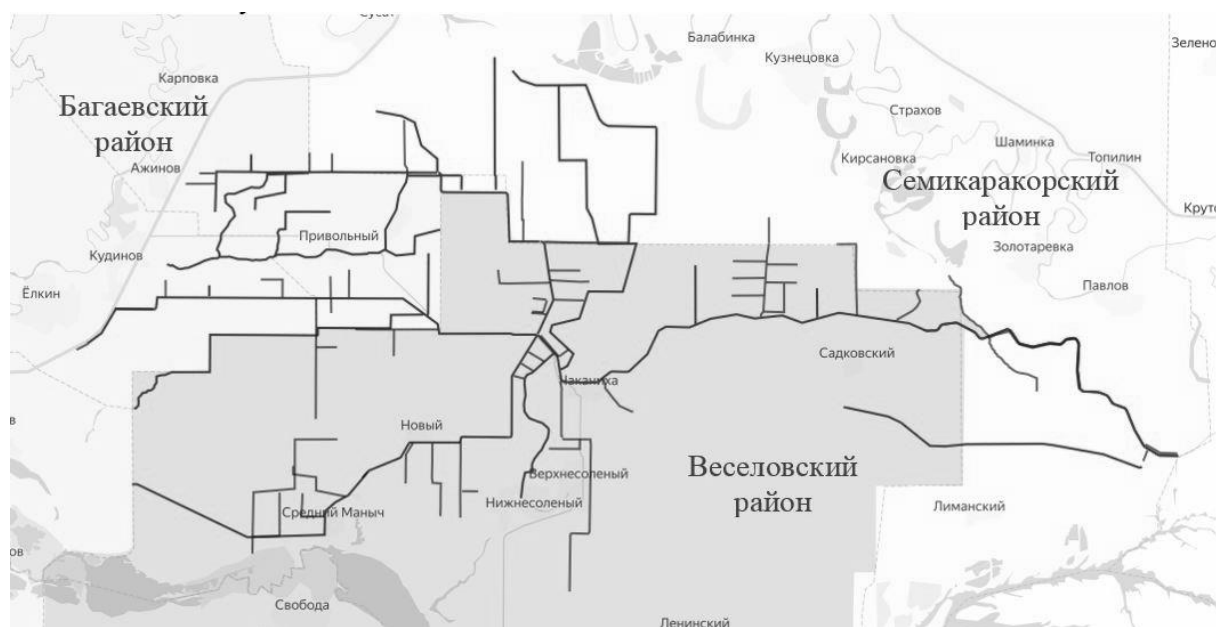


Рисунок 1 – Территориальное расположение сооружений Багаевской оросительной системы

Использование программного обеспечения ГИС требует специальных технических знаний в области геоинформатики, в связи с чем взаимодействие со специалистами эксплуатирующих организаций по вопросу оцифровки имеющихся сведений о ме-

стоположении сооружений и передачи этих данных специалистам РосНИИПМ также вызвало сложности. В результате выходом из сложившейся ситуации явилось использование мобильных приложений для полевых географических исследований, включающих в себя функциональные возможности технологии ГИС в части сбора данных на местности.

Принцип работы подобных приложений заключается в следующем: внесение данных о местоположении исследуемого сооружения возможно как при помощи GPS, т. е. при нахождении устройства рядом с объектом, так и путем нанесения метки на карту. К созданному векторному объекту можно прикрепить фотографии, как созданные камерой мобильного устройства без выхода из приложения, так и сохраненные ранее в его памяти. Также добавляется описание объекта, в т. ч. и по ранее добавленному шаблону. Простота и доступность использования таких приложений обусловлена спецификой управления мобильными устройствами (смартфонами или планшетными компьютерами).

В настоящее время для использования доступно большое количество мобильных приложений, как профессиональных (Collector for ArcGIS, Autodesk Survey и др.), так и доступных для широкого круга пользователей, не имеющих специальных технических знаний – MAPinr, QField for QGIS и Survey123 for ArcGIS.

При взаимодействии со специалистами филиалов эксплуатирующей организации для предоставления данных об объектах было выбрано приложение Survey123 [9]. Данное мобильное приложение для сбора данных доступно для различных операционных систем (iOs, Android и Windows Phone). Хотя в отличие от других подобных приложений оно позволяет собирать данные только о точечных объектах, но это приложение поддерживает «умные» формы для работы с атрибутивной информацией, т. е. формы создаются на основании спецификации XLSForm и готовятся прямо в Excel. Суть работы заключалась в заполнении опросных форм с последующей отправкой в организацию, занимающуюся сбором и анализом данных. Собранные данные аккумулировались в сервисе подписки для организаций ArcGIS Online и сразу становились доступными для всей платформы ArcGIS, где и осуществлялось формирование ГБД.

Методика выполнения работ по идентификации объектов в полевых условиях заключается в следующем:

- специалист РосНИИПМ как администратор создает опрос установленной формы;
- специалист филиала эксплуатирующей организации как исполнитель с помощью мобильного приложения Survey123, а также предоставленного логина и пароля для входа в сервис ArcGIS Online подключается к опросу «Регулирующие сооружения» и осуществляет добавление данных по объектам на местности (рисунок 2).

Одновременно сбор информации о сооружениях на оросительных системах осуществлялся по пяти филиалам «Управления «Ростовмелиоводхоз».

В ходе выполнения полевых работ был выявлен ряд расхождений с информацией, представляемой в официальных сведениях ГВР и МВО. Во-первых, значительная часть сооружений, внесенных в базу данных ГВР и МВО, уже много лет не эксплуатировалась и была утрачена. А во-вторых, был выявлен ряд принципиальных ошибок во взятой за основу базе данных ГВР и МВО: наличие несуществующих объектов, некорректные наименования и технические характеристики объектов, неправильная принадлежность сооружений к оросительным системам.

В результате принятый алгоритм позволил в обозначенные планом совместного выполнения работ сроки осуществить идентификацию и внесение ряда недостающих сооружений (более 50 %) на выбранных оросительных системах в базу данных. Таким образом, применение сервисов ArcGIS Online позволило повысить эффективность совместной работы различных организаций, отделов и рабочих групп при сокращении затрат на проведение полевых работ, а также на приобретение дополнительного программного обеспечения или оборудования.

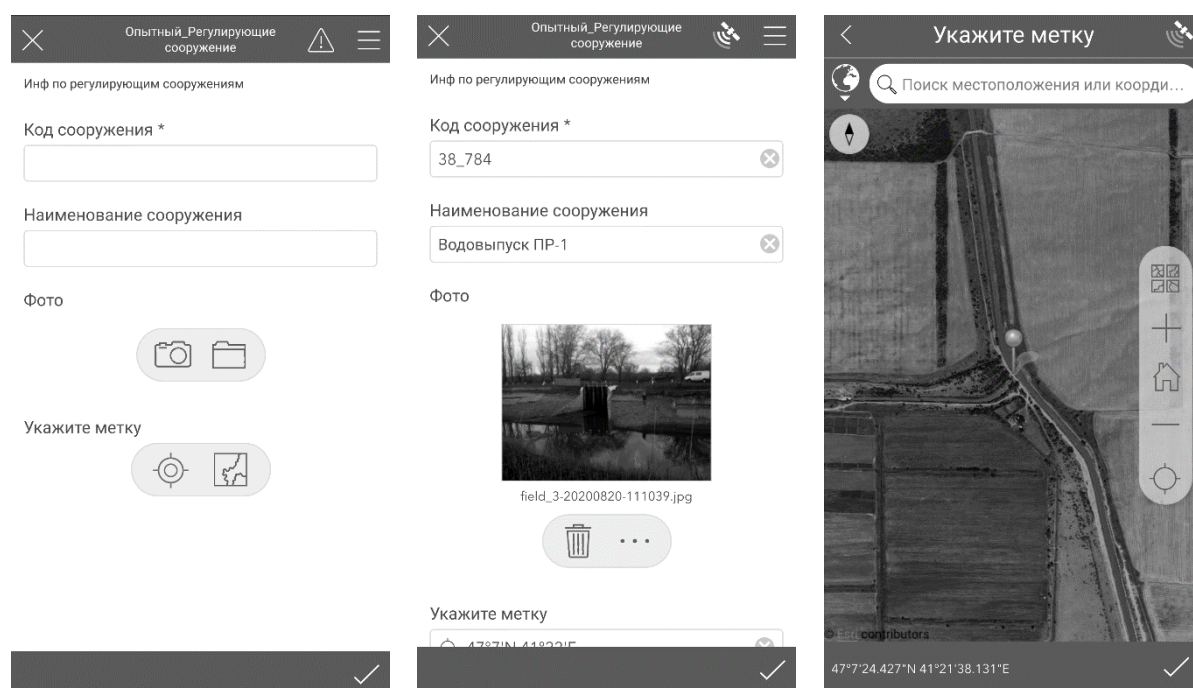


Рисунок 2 – Интерфейс приложения Survey123 for ArcGIS

Список использованных источников

1 Официальный сайт производителя программных комплексов MIKE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https:mikepoweredbydhi.com/>, 2020.

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

3 Рыжаков, А. Н. Предложения по дополнительному использованию геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» / А. Н. Рыжаков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 1(77). – С. 43–50.

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

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

6 Паспорт ФГБУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https:inform-raduga.ru/fgbu/95?report=passport&cur=100775>, 2020.

7 Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https:gmvo.skniivh.ru/>, 2020.

8 Рыжаков, А. Н. К вопросу внедрения геоинформационной базы данных «Паспортизация мелиоративных систем и гидротехнических сооружений» / А. Н. Рыжаков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 3(79). – С. 97–104.

9 Survey123 for ArcGIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <httpsesri.com/ru-ru/arcgis/products/survey123/overview>, 2020.

УДК 626.82

Т. С. Пономаренко, Д. В. Мартынов

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

АНАЛИЗ РАБОТЫ ПРОЛЕТАРСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ (РЕЗУЛЬТАТЫ СЦЕНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ)

Целью исследований являлась разработка гидродинамической модели участка Пролетарского магистрального канала для определения сценарных объемов воды и установления скоростных показателей. Модель разработана в программе MIKE 11 с учетом действующих водовыпусков и перегораживающих сооружений, а также поперечными сечениями в количестве 117 шт. Продолжительность временного ряда составляет 76 дней, коэффициент шероховатости 0,025, коэффициент фильтрации 0,1 м/сут. Продольный профиль магистрального канала можно разделить на три участка: от головного сооружения до водовыпуска на ПР-1 (протяженностью 19,97 км), ниже водовыпуска на ПР-1 до ПР-2 (протяженностью 10,53 км), от сооружения на ПК 1427 до конца модели (протяженностью 1 км). На первом участке максимальное значение скорости зафиксировано в районе перегораживающего сооружения и составляет 4,2 м/с, а средняя скорость течения при этом не превышает 0,55 м/с. На втором и третьем участках средние показатели скорости практически одинаковы и не превышают 0,38 м/с, за исключением пикового значения 5,5 м/с в створе сооружения на ПК 1427. Таким образом, полученные результаты позволили проанализировать работу участка Пролетарского магистрального канала, установить расходные и скоростные характеристики потока, определить объемы водораспределения с учетом коэффициента фильтрации на каждом водовыпуске.

Ключевые слова: канал; скорость; расход; объем; гидродинамическое моделирование; сооружения.

T. S. Ponomarenko, D. V. Martynov

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

THE OPERATION ANALYSIS OF THE PROLETARSK IRRIGATION SYSTEM (SCENERY RESEARCH)

The aim of the research was to develop a flow model of the Proletarsk main canal section to determine the scenery water storage and define rate indicators. The model was developed in the MIKE 11 program, taking into account the existing water outlets and partitioning structures, as well as cross-sections in the amount of 117 pcs. The duration of the time series is 76 days, the roughness coefficient is 0.025, and the filtration coefficient is 0.1 m/day. The longitudinal profile of the main canal can be divided into three sections: from the head structure to the water outlet at PC-1 (19.97 km long), below the water outlet at PC-1 to PR-2 (10.53 km long), from the structure at PC 1427 to the end of the model (1 km long). In the first section, the maximum value of the speed is recorded in the area of the partitioning structure and is 4.2 m/s, and the average flow speed does not exceed 0.55 m/s. In the second and third sections, the average rate indicators are practically the same and do not exceed 0.38 m/s, with the exception of the peak value of 5.5 m/s in the structure alignment at PC 1427. Thus, the results obtained allowed analyze the operation of the Proletarsk main ca-

nal section, set the discharge and rate characteristics of the flow, determine the water distribution capacity, taking into account the filtration coefficient at each outlet.

Key words: canal; rate; consumption; water distribution capacity; hydrodynamic modeling; structures.

Введение. 2020 г. стал одним из самых маловодных в нашей стране и в мире [1]. В условиях глобального дефицита водных ресурсов одним из способов оптимизации водопотребления является грамотное управление водопользованием, в первую очередь это касается орошения. В настоящее время в РосНИИПМ для этих целей разрабатываются компьютерные модели оросительных систем, которые позволяют выполнять сценарные исследования при различных вариантах водообеспеченности.

Так, в 2020 г. в рамках научно-исследовательской работы, темой которой был дефицит водных ресурсов, разработана гидродинамическая модель участка Пролетарского магистрального канала общей протяженностью более 30 км. Помимо основной ветки в модель вошли два межхозяйственных водораспределителя ПР-1 и ПР-2 и один внутриводохозяйственный 4-х-2 [2].

В настоящее время на данной оросительной системе отсутствуют современные средства водоучета, поэтому наблюдения за уровнями и расходами воды производятся пять раз в день дежурным регулировщиком только на крупных водовыделах. Но помимо крупных водовыпусков на всей протяженности канала имеется значительное количество небольших, которые постоянно функционируют, и их работа никак не учитывается.

Расходные и скоростные показатели на всей протяженности канала также не измеряются. Данные наблюдений за уровнями воды свидетельствуют, что зачастую канал работает в форсированном режиме, что приводит к размывам русла. Это может быть связано с высокими скоростями потока, которые выходят за пределы неразмывающих.

Поэтому сценарное исследование направлено на определение объемов воды и установление скоростных показателей.

Материалы и методы. Гидродинамическая модель разработана в программе MIKE 11 [3, 4]. Геометрия канала описана поперечными сечениями, общее количество которых составило 117 шт. Средняя ширина сечения порядка 35 м. Модель разработана с учетом действующих водовыпусков и перегораживающих сооружений. Общее количество сооружений, внесенных в модель, составило девять. Шесть сооружений задано описанием геометрических параметров и режимов работы затворов на основании данных, полученных от эксплуатационной организации. Временные ряды режимов работы затворов содержат одно значение подъема щитов в сутки для каждого сооружения, зафиксированное в эксплуатационном журнале в 19:00. Продолжительность временного ряда составляет 76 дней с 29.04.2019 по 22.10.2019. Входными параметрами являются уровни воды, полученные от эксплуатационной организации. Коэффициент шероховатости 0,025, коэффициент фильтрации 0,1 м/сут. Режим работы щитов соответствует эксплуатационным данным 2019 г.

Результаты и обсуждения. На рисунке 1 представлены объемы воды по створам, полученные в результате моделирования.

Порядка 1 млн м³ уходит на заполнение русла канала и неучтенные водовыпуски на участке от головного сооружения до водовыпуска ПР-1. На данном участке наиболее водоемким является канал ПР-1, который забирает более 30 % от общего объема. На участке от водовыпуска ПР-1 до сооружения на ПК 120 общий объем забора воды составляет 32 млн м³. Распределитель 4-х-2 забирает четверть от общего объема данного распределителя. Канал ПР-2 с максимальной пропускной способностью 6 м³/с распределяет объем 54 млн м³. Из данных, полученных в результате моделирования, следует, что более половины объема распределяется на участке ниже сооружения на ПК 1427.

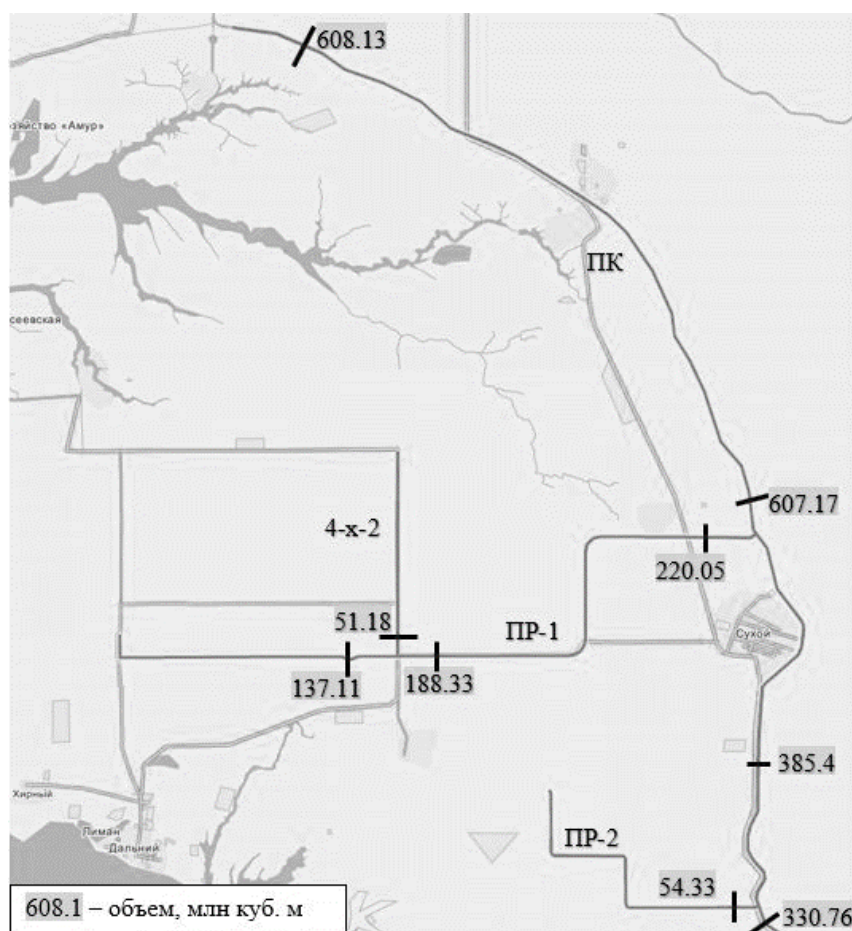


Рисунок 1 – Объемы воды на каждом водовыделе за весь оросительный период

Продольный профиль магистрального канала с максимальными скоростями представлен на рисунке 2. Условно данный профиль можно разделить на три участка:

- участок 1: от головного сооружения до водовыпуска на ПР-1 (протяженностью 19,97 км);

- участок 2: ниже водовыпуска на ПР-1 до ПР-2 (протяженностью 10,53 км);

- участок 3: от сооружения на ПК 1427 до конца модели (протяженностью 1 км).

На участке 1 максимальное значение скорости 4,2 м/с зафиксировано в районе расположения перегораживающего сооружения. Средняя скорость течения при этом не превышает 0,55 м/с (рисунок 3).

На участках 2 и 3 средние показатели скорости практически одинаковы и не превышают 0,38 м/с, за исключением пикового значения 5,5 м/с в створе сооружения на ПК 1427.

Продольный профиль с максимальными скоростями межхозяйственного распределителя ПР-1 представлен на рисунке 4. Три максимальных значения 8,8; 3,53 и 8,24 м/с зафиксированы на водовыпуске ПР-1, быстротоке и перегораживающем сооружении на ПК 120 соответственно.

Средние скорости потока по всей длине канала колеблются в диапазоне 0,40–0,55 м/с (рисунок 5).

Следует отметить, что данные средние значения находятся в пределах справочных показателей неразмывающей скорости. Превышающие справочные значения скорости в створах гидротехнических сооружений обусловлены сужением русла и наличием регулирующих затворов. Поэтому участки в нижних бьефах сооружений наиболее подвержены размывам, это подтверждают и данные рекогносцировочного обследования.

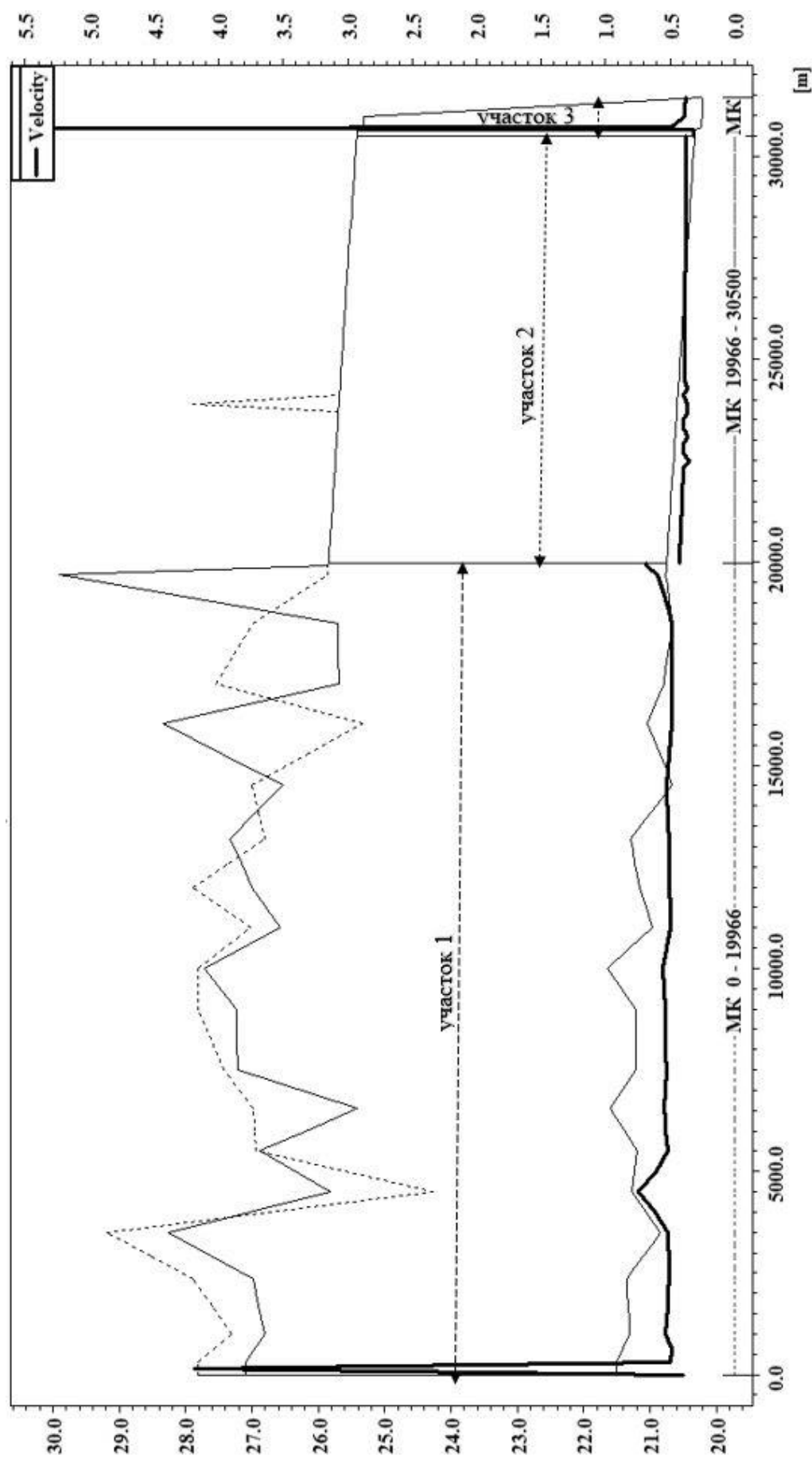


Рисунок 2 – Продольный профиль магистрального канала с изображением максимальных скоростей

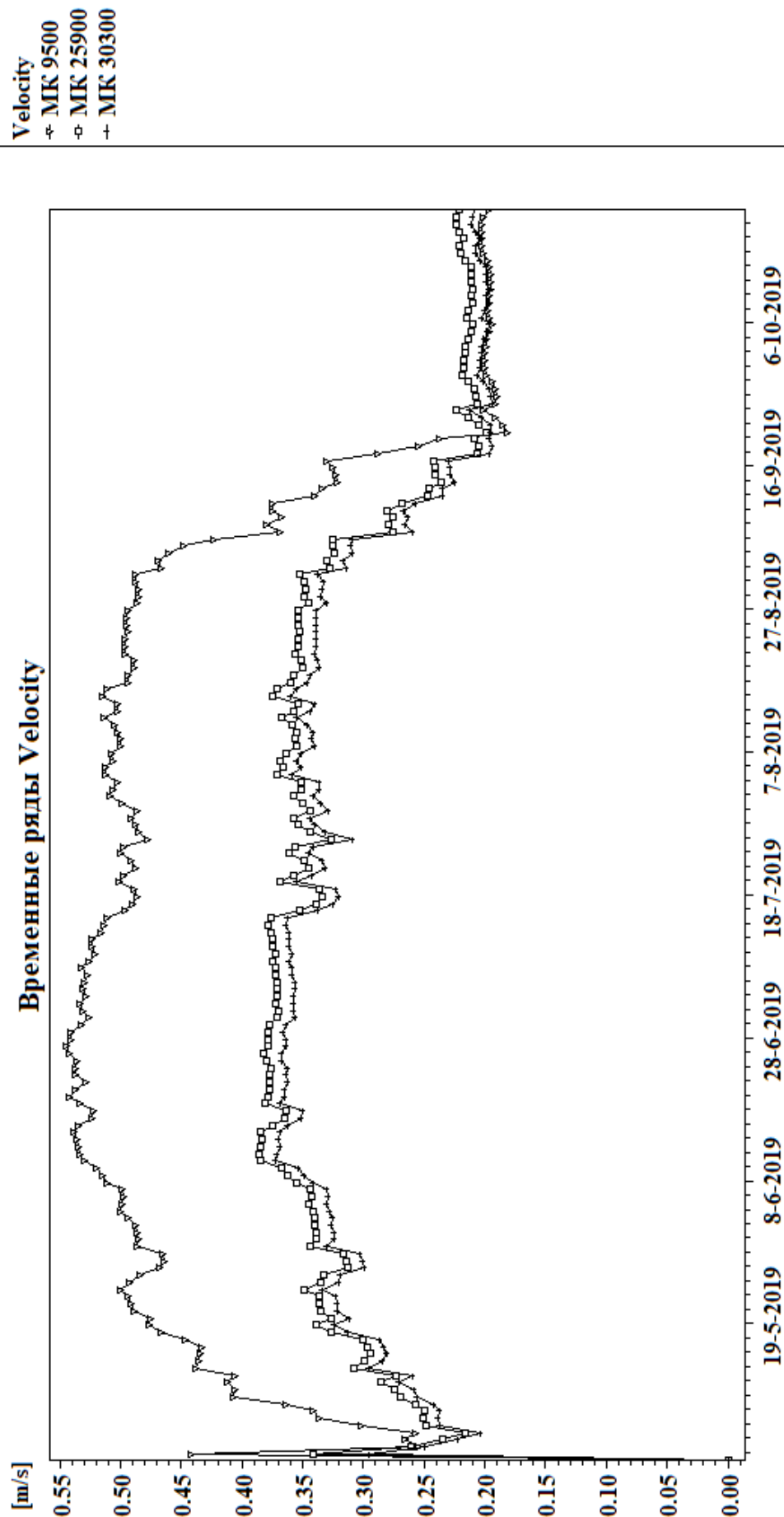


Рисунок 3 – Графики динамики скорости течения на участках магистрального канала

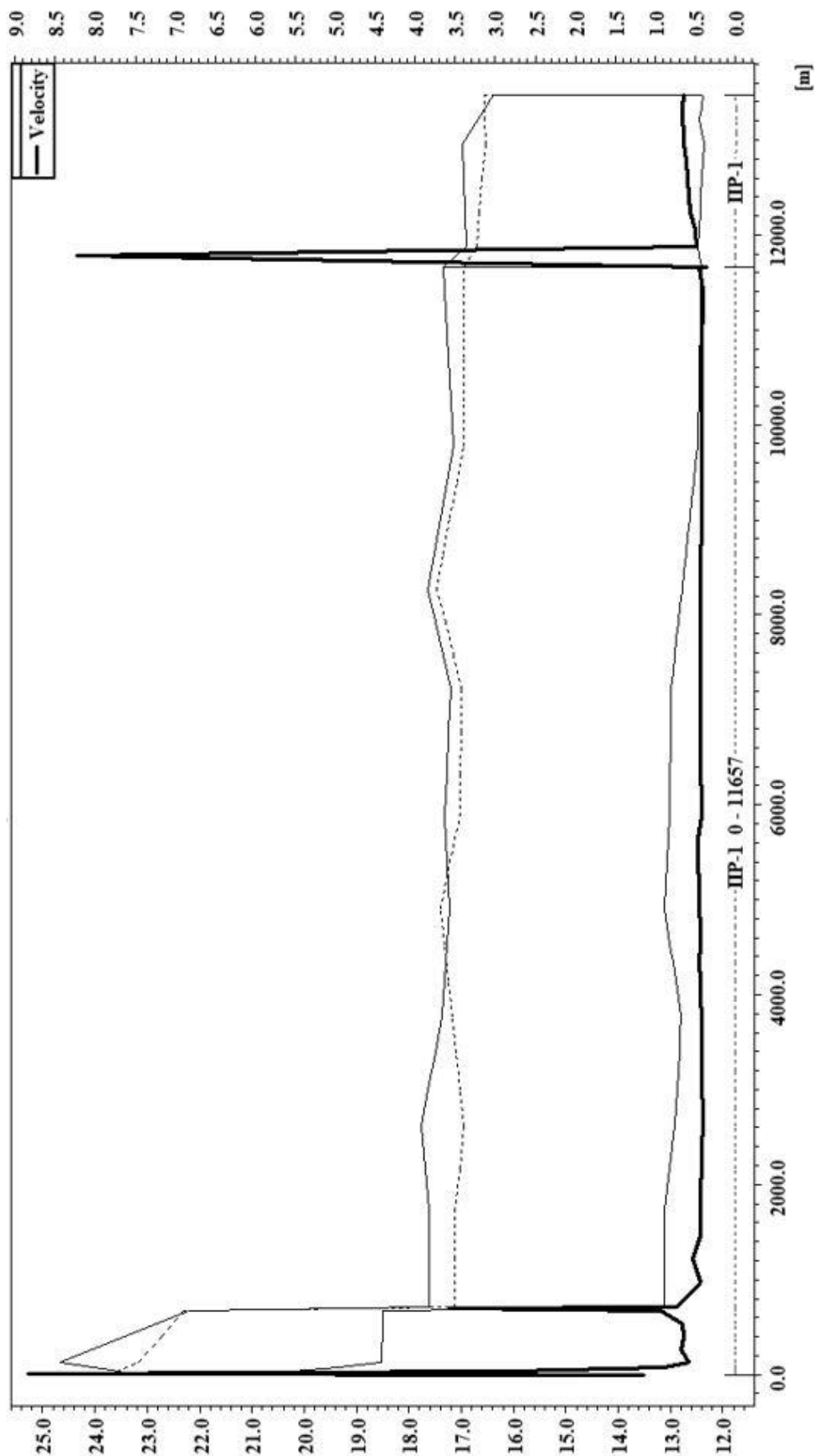


Рисунок 4 – Продольный профиль ПР-1 с изображением максимальных скоростей

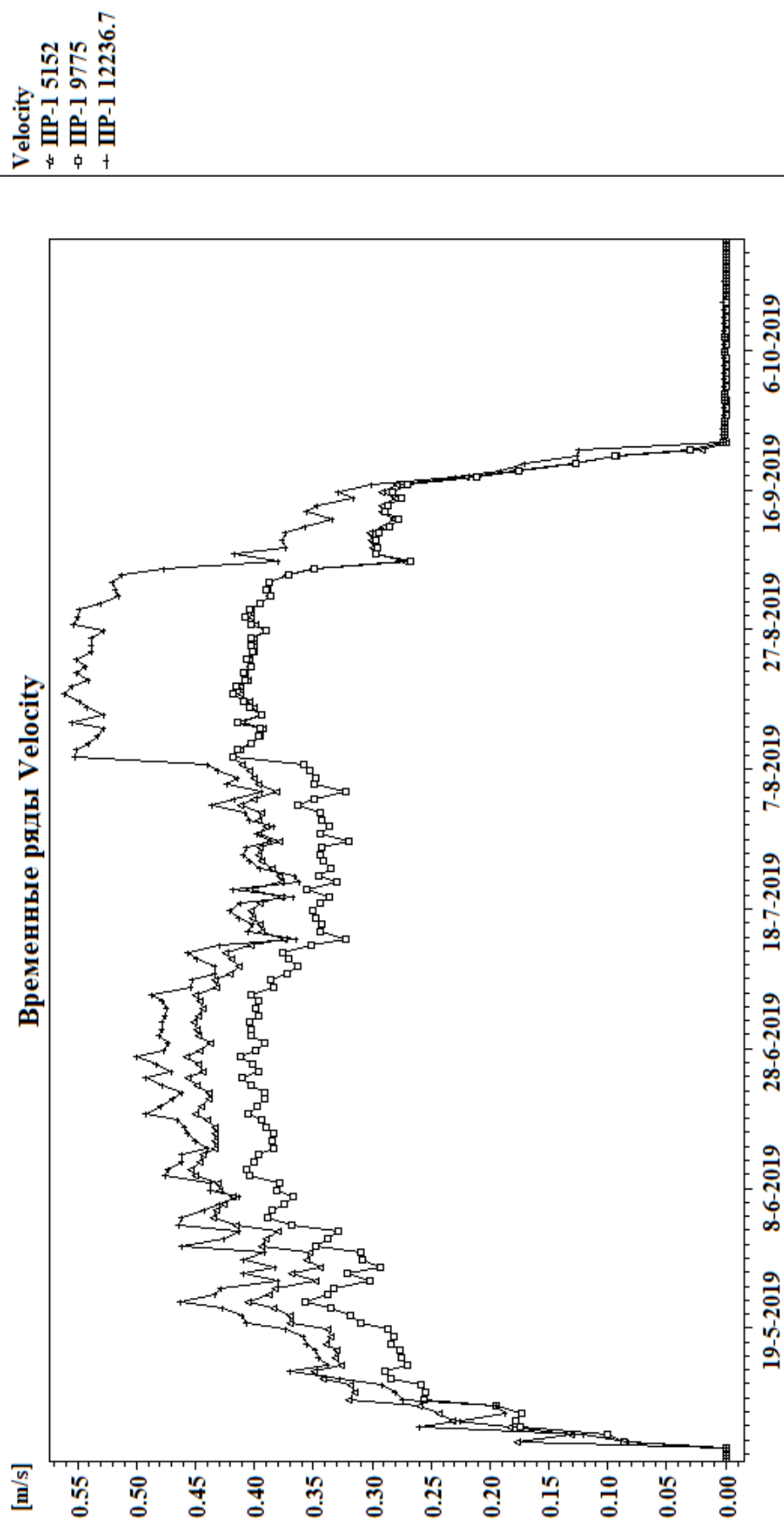


Рисунок 5 – Графики динамики скорости течения ИП-1

Вывод. Полученные результаты позволили детально проанализировать работу участка оросительной системы, установить расходные и скоростные характеристики потока, определить объемы водораспределения с учетом коэффициента фильтрации на каждом водовыпуске и по всей протяженности канала.

Список использованных источников

1 Водохозяйственная обстановка на территории России на 22 октября 2020 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://voda.gov.ru/news/553180/?sphrase_id=120042, 2020.

2 Пономаренко, Т. С. Результаты сценарных исследований полифункциональной модели Пролетарского магистрального канала / Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 3(67). – С. 40–46.

3 Особенности подготовки исходных данных для разработки компьютерных гидродинамических моделей / Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева, С. В. Ковалев, В. А. Сулина // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 1(77). – С. 14–18.

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

УДК 69.003:626.82

М. В. Власов

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

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ИЛИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Целью исследований являлось получение формул, позволяющих предварительно определить величину стоимости строительства или реконструкции оросительной системы. В результате исследований с использованием оценки удельной стоимости, факторной оценки стоимости, расчета стоимости строительства или реконструкции, основанного на стоимости труда, материалов и оборудования, а также с учетом косвенных затрат получены формулы, позволяющие проводить предварительную оценку стоимости строительства или реконструкции оросительных систем в условиях отсутствия укрупненных нормативов удельных капиталобразующих инвестиций в строительство или реконструкцию оросительных систем. Проведенные исследования могут способствовать обоснованию величин и эффективному использованию денежных средств, направляемых на строительство и реконструкцию оросительных систем.

Ключевые слова: методы оценки стоимости; оценка стоимости строительства; оценка стоимости реконструкции; оросительные системы; укрупненные нормативные затраты.

M. V. Vlasov

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

COST ESTIMATION METHODS OF CONSTRUCTION OR RECONSTRUCTION OF IRRIGATION SYSTEMS

The aim of the research was to obtain formulas allowing preliminary determination of the irrigation system construction or reconstruction cost. As a result of studies, using unit cost

estimation, factor cost estimation, cost calculation of construction or reconstruction based on labor, materials and equipment costs, as well as taking into account indirect costs, the formulas that allow a preliminary estimation of irrigation systems construction or reconstruction cost under the conditions of absence of consolidated standards for specific capital-forming investments in the irrigation systems construction or reconstruction, were obtained. The conducted research can contribute to the substantiation of the values and the effective use of funds allocated for the irrigation systems construction and reconstruction.

Key words: cost estimation methods; construction cost estimation; reconstruction cost estimation; irrigation systems; consolidated normative costs.

Введение. Предварительное оценивание стоимости строительства или реконструкции оросительных систем является наиважнейшим шагом, определяющим необходимость и целесообразность их проведения [1]. Величина указанной стоимости представляет собой прогноз, основанный на имеющихся данных, например, о площадях, которые необходимо оросить, или об объемах воды, которыми необходимо обеспечить конечных потребителей, и ее можно было бы вычислить, опираясь на укрупненные нормативы строительства или реконструкции оросительных систем, однако в настоящее время отсутствует современная нормативная документация, содержащая эти укрупненные нормативы. По мнению В. М. Венгерского и Н. А. Алексеева [2], предварительная оценка стоимости строительства или реконструкции оросительных систем является областью инженерной практики, в которой инженерные суждения и накопленный опыт наряду с научными достижениями и современными методами используются при решении задач определения стоимости строительства или реконструкции для устранения проблем, связанных с оценкой и контролем затрат, а также расчетом прибыльности.

Материалы и методы. При получении аналитических выражений и формулировке выводов использованы методы математического и системного анализа.

Результаты и обсуждение. При указанных в проекте технологиях строительства или реконструкции оросительной системы этот проект может быть разложен на составные элементы, каждый из которых имеет различные уровни детализации. Тогда для вычисления полной стоимости строительства или реконструкции необходимо определить стоимости каждого элемента и найти сумму этих стоимостей. Для оценки этой стоимости разобьем проект на n элементов, тогда общая стоимость строительства или реконструкции y может быть найдена по формуле удельной стоимости:

$$y = \sum_{i=1}^n Q_i u_i, \quad (1)$$

где n – количество элементов;

Q_i – количество i -го элемента;

u_i – удельная стоимость i -го элемента.

Если учитывать требуемую степень детализации проектных оценок, исходными данными для использования метода удельных затрат могут быть следующие виды оценок:

- предварительные оценки, для этого проект разбивается на основные структурные элементы строящейся или реконструируемой оросительной системы, например, на магистральный канал, головной водозабор, межхозяйственные каналы, дождевальные машины;

- подробные оценки, для этого проект разбивается на компоненты основных структурных элементов строящейся или реконструируемой оросительной системы, например, одна облицовочная панель для канала или гидрант для дождевальной машины;

- инженерные оценки, для этого в проекте детализируются уже компоненты основных структурных элементов строящейся или реконструируемой оросительной системы в соответствии с их стоимостями, примерами подобных элементов являются

плиты и соединения облицовочных панелей для канала или трубопроводы и соединения для гидранта дождевальной машины.

Формула (1) может применяться и для оценки заявок подрядчиков, так как подрядчики часто раскладывают проект на следующие уровни иерархии:

- котировки субподрядчиков – это разбиение проекта на объекты для субподрядчиков с целью уменьшения объема работ генерального подрядчика. Однако в данном случае точность полученной оценки зависит от надежности субподрядчиков, поскольку генеральный подрядчик выбирает одну из нескольких котировок субподрядчиков, представленных для каждого элемента субподрядной работы;

- строительные процедуры – это разбиение проекта на такие элементы, как стоимость рабочей силы, материалов и оборудования, необходимых для обеспечения процесса строительства или реконструкции.

Таким образом, используя приемлемый для оценивания уровень детализации проекта и метод оценки удельной стоимости строительства или реконструкции, применяя формулу (1), можно определить стоимость строительства или реконструкции оросительной системы.

Другой вариант предварительного оценивания – факторная оценка стоимости, которая является модификацией оценки удельной стоимости. Рассмотрим применение факторной оценки для определения стоимости строительства или реконструкции оросительной системы. В связи с тем, что для строительства или реконструкции оросительной системы требуется наличие нескольких основных элементов, таких как магистральный и распределительные каналы, насосные станции, дождевальные машины, а также вспомогательные элементы, такие как трубопроводы, задвижки, клапаны, электронное и другие виды оборудования, в общей стоимости строительства или реконструкции кроме затрат на строительство или приобретение и установку основных элементов необходимо учитывать дополнительные затраты на вспомогательные элементы. Тогда общая стоимость строительства или реконструкции оросительной системы может быть определена по формуле:

$$y = \sum_{i=1}^n C_i + \sum_{i=1}^n C_i f_i = \sum_{i=1}^n C_i (1 + f_i), \quad (2)$$

где n – количество основных элементов оросительной системы;

C_i – стоимость i -го элемента оросительной системы;

f_i – величина дополнительных затрат или так называемый сопутствующий фактор, содержащий стоимость вспомогательных элементов, транспортировки и монтажа i -го элемента оросительной системы.

Наиболее точным, вместе с тем более трудоемким и требующим значительного объема информации является расчет стоимости строительства или реконструкции, основанный на стоимости труда, материалов и оборудования. Предположим, что строительство или реконструкция оросительной системы разбиты на n этапов, тогда общая стоимость строительства или реконструкции оросительной системы y может быть определена по формуле:

$$y = \sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n Q_i (M_i + E_i + L_i W_i), \quad (3)$$

где y_i – стоимость i -го этапа строительства или реконструкции;

Q_i – объем работы, необходимый для завершения i -го этапа;

M_i – удельная стоимость материала, приобретаемого на i -м этапе;

E_i – удельная стоимость оборудования, приобретаемого на i -м этапе;

L_i – единица трудозатрат, требуемая на единицу Q_i ;

W_i – ставка заработной платы, связанная с L_i .

При этом нужно обратить внимание на то, что $L_i W_i$ – стоимость рабочей силы на единицу Q_i или стоимость рабочей силы, необходимой для завершения i -го этапа.

При определении стоимости отдельного этапа строительства или реконструкции оросительной системы очевиден вопрос о распределении косвенных затрат, например, о распределении затрат на технический и авторский надзор. Из-за сложности установления взаимосвязей между определенным этапом строительства или реконструкции и связанными с ним косвенными затратами последние обычно делятся пропорционально стоимости каждого этапа строительства или реконструкции [3]. Пусть строительство или реконструкция оросительной системы разбиты на n этапов, тогда стоимость технического и авторского надзора для i -го этапа может быть вычислена по формуле:

$$F_i = F \frac{y_i}{y}, \quad (4)$$

где F_i – стоимость технического и авторского надзора для i -го этапа;

F – общая стоимость технического и авторского надзора;

y_i – прямая стоимость i -го этапа;

y – общая прямая стоимость строительства или реконструкции оросительной системы.

Аналогично для общих служебных накладных расходов получаем:

$$G_i = G \frac{z_i}{z}, \quad (5)$$

где G_i – доля служебных накладных расходов для i -го этапа;

G – общие служебные накладные расходы;

z_i – стоимость технического и авторского надзора для i -го этапа;

z – полная стоимость технического и авторского надзора.

Пусть w – общая стоимость строительства или реконструкции оросительной системы, включающая в себя помимо прямых расходов на строительство или реконструкцию все косвенные расходы, тогда:

$$w = G + z = G + \sum_{i=1}^n z_i, \quad (6)$$

где:

$$z = F + y = F + \sum_{i=1}^n y_i. \quad (7)$$

При отсутствии укрупненных нормативов удельных капиталообразующих инвестиций в строительство или реконструкцию оросительных систем для оценивания стоимости строительных или восстановительных работ на стадии предпроектной разработки возможно применение стоимостных показателей строительства или реконструкции объектов-аналогов [4]. Эти показатели можно взять из смет на строительные работы по уже построенным или реконструированным оросительным системам. Примерами используемых для оценивания строительства или реконструкции оросительных систем показателей могут являться: 1 га орошаемой площади, 1 м³ подаваемой воды, 1 км длины канала и т. д.

Анализ стоимостных показателей построенных и реконструированных в нашей стране оросительных систем привел к формированию справочников «Укрупненные показатели базисной стоимости строительства по объектам-аналогам» [5] и «Укрупнен-

ные показатели восстановительной стоимости зданий и сооружений» [6]. Эти справочники можно применять при укрупненных расчетах сметной стоимости строительства или реконструкции оросительных систем на стадиях обоснования инвестиций, планирования капитальных вложений и формирования конкурсной документации для подрядных организаций.

Для объектов-аналогов предполагается существование актуальных управленческих, проектных, конструктивных и технологических решений. Величины затрат, определяемые по укрупненным показателям базисной стоимости строительства по объектам-аналогам и укрупненным показателям восстановительной стоимости зданий и сооружений, содержат стоимость строительно-монтажных работ, оборудования и прочие работы и затраты.

При разработке сметы строительства или восстановления оросительной системы по объекту-аналогу необходимо соблюдение максимального соответствия характеристик строящейся или реконструируемой оросительной системы аналогичной по конструктивно-планировочным решениям.

Для учета различий между строящейся или реконструируемой оросительной системой и объектом-аналогом при подготовке смет в проектных решениях отличающихся конструктивных элементов оросительной системы и видах работ требуется осуществить корректировку показателей. Для корректировки показателей применяются удельные веса стоимости конструктивных элементов оросительной системы, которые необходимо взять из соответствующего справочника.

Для нахождения укрупненных показателей стоимости строительства или восстановления оросительной системы по объектам-аналогам необходимо осуществить привязку к условиям строительства или восстановления оцениваемой оросительной системы. Осуществление привязки заключается в корректировке стоимостных показателей в зависимости от природно-климатических условий и ценообразования в регионе проведения строительства или реконструкции.

Выводы. Предварительное оценивание стоимости строительства или реконструкции оросительных систем проще всего было бы осуществлять на основе укрупненных нормативов строительства или реконструкции оросительных систем, однако указанные нормативы в настоящее время находятся в стадии разработки, а использование укрупненных показателей базисной стоимости строительства по объектам-аналогам вследствие уникальности характеристик либо новой оросительной системы, либо ее географического положения может быть затруднено, поэтому для предварительного оценивания возможно применять формулы (1)–(7).

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Концептуально-методологические принципы (основы) стратегии развития мелиорации как национального достояния России / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(33). – С. 1–11. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=585>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11.

2 Венгерский, В. М. О методике определения эффективности реконструкции мелиоративных систем / В. М. Венгерский, Н. А. Алексеев // Гидротехника и мелиорация. – 1981. – № 7. – С. 57–60.

3 Алборов, Р. А. Теория бухгалтерского учета: учеб. пособие / Р. А. Алборов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2016. – 300 с.

4 Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации: постановление Госстроя России от 5 марта 2004 г. № 81-35.2004: по состоянию на 16 июня 2014 г. // Гарант Эксперт 2019 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2019.

5 Укрупненные показатели базисной стоимости строительства по объектам-аналогам: УПБС 2001: справ. инженера-сметчика и оценщика объектов недвижимости / П. В. Горячкин [и др.]; под ред. П. В. Горячкина. – СПб., 2005. – 332 с.

6 Укрупненные показатели восстановительной стоимости зданий и сооружений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://upvs-online.ru/>, 2020.

УДК 626.82.004.68

М. Н. Лытов

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

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К РЕКОНСТРУКЦИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ С ЧАСТИЧНО УТРАЧЕННЫМИ ФУНКЦИЯМИ

Целью исследований является определение эффективных подходов к реконструкции гидромелиоративных систем с частично утраченными функциями. Выполнен анализ факторов, определяющих модель реконструкции гидромелиоративных систем с частично утраченными функциями. Факторы, определяющие модель реконструкции гидромелиоративной системы или какого-то из ее сегментов, разнообразны по своему генезису, однако большинство из них может быть сведено к трем основным группам. Первая из этих групп вполне логично определяется функциональной структурой гидромелиоративной системы, определяет потенциальные объекты для реконструкции, их положение и связь с технической системой в целом. Вторая определяется характеристическими особенностями гидромелиоративных систем нового поколения, это новые системные конструктивные решения, технологии мониторинга и управления, новые технологические функции. Третья группа определяется комплексом проблем и задач, решение которых необходимо для возобновления утраченных функций системы. Предложена концепция сегментарной реконструкции гидромелиоративных систем как в определенной мере вынужденной альтернативы системному обновлению и строительству систем нового поколения.

Ключевые слова: гидромелиоративная система; неиспользуемые мелиорированные земли; модель реконструкции; факторы выбора; сегментарная реконструкция.

M. N. Lytov

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

CONCEPTUAL APPROACHES TO RECONSTRUCTION OF HYDRO- RECLAMATION SYSTEMS WITH PARTLY LOST FUNCTIONS

The aim of the research is to determine effective approaches to the reconstruction of hydoreclamation systems with partially lost functions. The analysis of the factors determining the model of reconstruction of hydoreclamation systems with partially lost functions is carried out. The factors that determine the model of reconstruction of hydro-reclamation system or some of its segments are diverse in their genesis, but most of them can be reduced to three main groups. The first of these groups is quite logically determined by the functional structure of the hydro-reclamation system, determines potential objects for reconstruction, their position and connection with the technical system as a whole. The second is determined by the characteristic features of new generation irrigation and drainage systems, these are new system design solutions, monitoring and control technologies, new technological functions. The third group is determined by a complex of problems and tasks, the solution of

which is necessary for the restoration of the lost functions of the system. The concept of segmental reconstruction of irrigation and drainage systems is proposed as, to a certain extent, a forced alternative to systemic renewal and construction of new generation systems.

Key words: hydro-reclamation system; unused reclaimed land; reconstruction model; selection factors; segmental reconstruction.

Введение. Вывод из оборота ранее мелиорированных земель в постреформенной России и сегодня остается острой проблемой агропромышленного комплекса [1]. Мелиорированные земли являются особо ценным фондом сельскохозяйственных земель, имеют стратегическое значение, обеспечивая повышение продуктивности и возможность гарантированного производства сельскохозяйственной продукции в неблагоприятные по климатическим условиям годы. Вместе с тем мелиоративные технологии в целом и орошение в частности характеризуются высокой ресурсоемкостью, требуют больших и, что немаловажно, системных трат на поддержание работоспособности технической части, оросительной техники и гидротехнических сооружений. В период реформ такого рода институты ресурсного обеспечения были утрачены, что обусловило массовый отказ новых, частных, собственников от мелиоративных технологий. Без должного ухода техническая часть материального обеспечения гидромелиоративных технологий деградировала, частично утрачивала свои функции. Перевод мелиорированных земель в богарные осуществляется и сейчас, хотя в настоящее время это преимущественно административная констатация давно свершившегося факта. Общий тренд развития аграрного сектора в России сегодня включает и активное восстановление фонда мелиорированных земель, восстановление и возобновление использования мелиоративных систем. Цель настоящего исследования состоит в определении эффективных подходов к реконструкции гидромелиоративных систем (ГМС) с частично утраченными функциями.

Материалы и методы. Исследования построены на анализе типовых конструктивных решений оросительных систем, построенных преимущественно во второй половине XX в., перспективных технологий, положенных в основу ГМС нового поколения, накопленного за последние годы опыта реконструкции функций ГМС на длительное время не используемых, бывших орошаемых землях [2–6 и др.]. Объект исследований – частично утратившие функции ГМС как главная проблема возобновления использования мелиоративных технологий и освоения выбывших из оборота ранее мелиорированных земель. Предмет исследований – методологические подходы к реконструкции ГМС с частично утраченными функциями. Методология исследований базируется на известных положениях закона развития технических систем с учетом тенденций технического совершенствования ГМС, в частности.

Результаты и обсуждение. Варианты реконструкции ГМС хотя и имеют определенные элементы единообразия в составе инновационного технического развития, но в общем случае определяются комплексом различных факторов, совокупности которых достаточно специфичны для каждого конкретного проекта. Факторы, определяющие модель реконструкции ГМС или какого-то из ее сегментов, разнообразны по своему генезису, однако большинство из них может быть сведено к следующим трем основным группам (рисунок 1). Первая из этих групп вполне логично определяется функциональной структурой ГМС, определяет потенциальные объекты для реконструкции, их положение и связь с технической системой в целом.

Функциональная структура оросительной системы в общем случае включает:

- водозабор. Основная технологическая функция этого структурного элемента оросительной системы заключается в заборе воды из водоисточника и подаче ее в транспортную сеть;

- водоподготовку. Основной технологической функцией этого структурного элемента оросительной системы является повышение качества оросительной воды, а также приготовление различного рода водных смесей в соответствии с технологическим регламентом полива;

- систему транспорта оросительной воды. Основной технологической функцией этого структурного элемента оросительной системы является перемещение оросительной воды от сооружений водозабора и водоподготовки к элементам техники полива без потерь или с минимально допустимыми потерями. Транспортная сеть предполагает оснащение запорно-регулирующей арматурой, устройство противофильтрационных конструкций, оснащение насосными подкачивающими станциями, системой мониторинга и др.;

- орошение. Основной технологической функцией этого структурного элемента оросительной системы является распределение оросительной воды по орошаемому участку с непосредственным пополнением запасов почвенной влаги. Современное понимание функций орошения включает возможность регулирования гидротермического режима и микроклимата посева, комплексную протекцию посевов сельскохозяйственных культур от климатических рисков. Существенно возросли и требования к современным технологиям орошения, которые сегодня нацелены на максимальное водо- и энергосбережение, защиту почвенного покрова, сокращение экологических рисков и др.;

- водооборотную систему. Включает водосборно-сбросную и коллекторно-дренажную сеть, обеспечивая сброс оросительной воды из каналов и с поверхности полей.

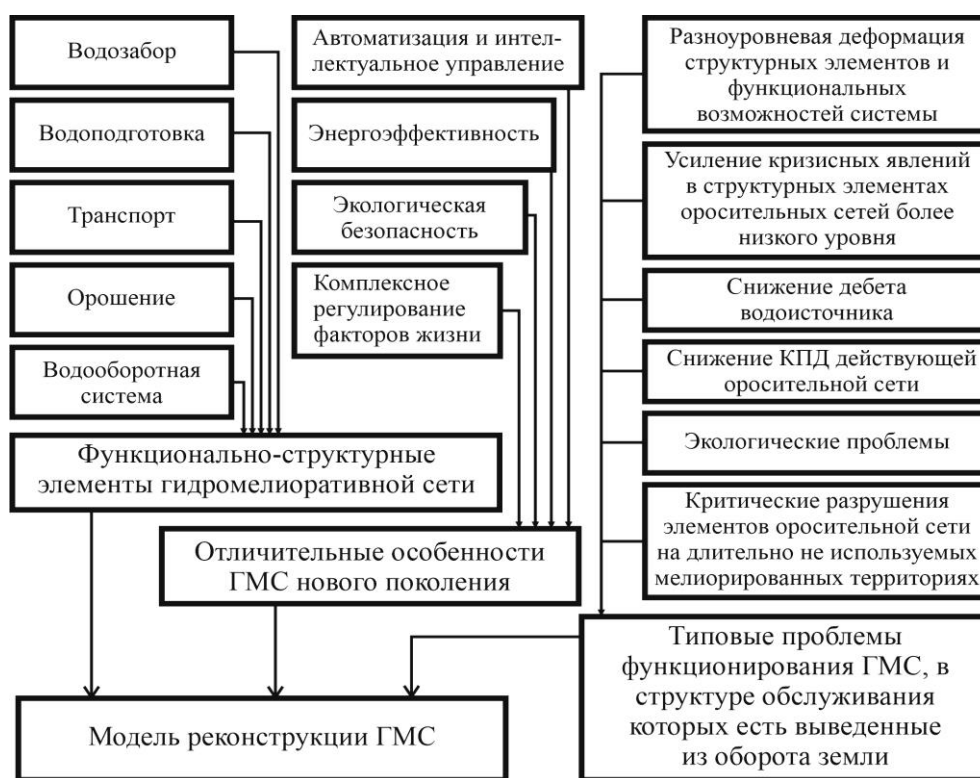


Рисунок 1 – Исходные положения разработки моделей реконструкции ГМС на длительно не используемых бывших мелиорированных землях

Другая группа факторов, определяющих выбор модели реконструкции ГМС, определяется современными тенденциями технического совершенствования. К особенностям ГМС нового поколения относятся:

- автоматизация и интеллектуальное управление технологическими процессами. Это одно из наиболее трендовых современных направлений совершенствования мелиоративных систем, принципиально характеризующее переход на новый уровень техники и технологий в области гидротехнических мелиораций. Это характеристический показатель, по которому было предложено определять поколение ГМС [7];

- энергоэффективность. Проблема энергоэффективности технологий и новых технических, конструктивных решений является глобальной и в полной мере касается такой энергоемкой отрасли народного хозяйства, как мелиорация. Важно не только

снижать энергопотребление, но и наиболее эффективно использовать потенциал вложенной энергии на каждом этапе эксплуатации ГМС;

- экологическая безопасность. Это еще одна из актуальнейших проблем мелиорации, активно решаемых современной мелиоративной наукой. Экологическая безопасность является абсолютным требованием к современным, возводимым сегодня ГМС, а также к реконструкции длительное время эксплуатируемого и выведенного из оборота мелиоративного фонда;

- комплексное регулирование факторов жизни. Данный тренд определяется требованием наиболее эффективного использования ГМС. Предполагается, что система не только обеспечит регулирование наиболее лимитирующего фактора, но и позволит создавать полную протекцию сельскохозяйственным растениям от различного рода климатических рисков.

Третья группа факторов характеризует типовые проблемы функционирования ГМС, в структуре которых есть выведенные из оборота, бывшие мелиорированные земли. Характеристическими процессами в составе этой группы факторов являются:

- разнородная деформация структурных элементов и функциональных возможностей ГМС. Деградиционные процессы развиваются неоднородно, деформация может носить сегментарный характер, что в значительной мере связано с приоритетами обслуживания ГМС;

- усиление кризисных явлений в сегментах ГМС более низкого уровня. Наибольшие деформации технической системы, как правило, наблюдаются в системах межхозяйственного и хозяйственного уровня, что связано с особенностями становления отечественного аграрного бизнеса, а также особенностями распределения зон ответственности за разнородные сегменты ГМС;

- снижение дебета водоисточника. Проблема актуальна, особенно для оросительных систем на местном стоке, имеет разные причины и, соответственно, различается возможностями решения. Однако во всех случаях приоритетны водосберегающие технологии орошения, позволяющие экономно расходовать воду из водоисточника;

- снижение коэффициента полезного действия оросительной сети. Показатель определяется отношением совокупного объема воды, распределенного по орошаемым участкам, к объему воды, поднятому из водоисточника. Снижение коэффициента полезного действия в значительной мере связано с разрушением водотранспортной сети, нарушением противотрационных оболочек, зарастанием профилей канала древесно-кустарниковой растительностью и т. д.;

- экологические проблемы, связанные с нарушением гидрологического режима окружающей территории, проявляющимся вследствие усиления фильтрации воды из водотранспортных сетей, нарушением эксплуатационных режимов орошения и т. д. Большое значение также имеет ирригационная эрозия и смыв плодородного слоя почвы;

- критические разрушения элементов оросительной сети на длительно не используемых, ранее мелиорированных территориях. По сути, на значительной части брошенных, бывших мелиорированных земель элементы ГМС практически полностью разрушены и не могут ни в какой мере выполнять свои технологические функции.

Перечисленные факторы являются исходными данными, условиями, которые определяют выбор концептуальной модели и конкретных конструктивно-технических вариантов реконструкции ГМС. Их совокупный анализ с учетом накопленного опыта эксплуатации ГМС, данных о современном состоянии оросительных систем и мелиорированного фонда, приоритетов технического совершенствования в области мелиорации земель позволяет сформулировать следующие основные положения реконструкции ГМС при освоении брошенных, длительно не используемых, ранее мелиорированных земель. В качестве основных, концептуальных положений реконструкции ГМС необходимо выделить следующие:

- системная или сегментарная трансформация открытой оросительной сети в закрытую. В приоритете такого рода реконструкцию следует осуществлять на наиболее пострадавших участках оросительной сети с полной или частичной утратой функций. Сохранение открытой оросительной сети можно считать целесообразным на участках с хорошо сохранившейся противофильтрационной облицовкой либо на участках с сохранившейся геометрией открытого водовода, где противофильтрационную облицовку можно восстановить современными малоресурсоемкими способами;

- организация закрытой оросительной сети от потребителя с последовательным распространением на более высокоуровневые элементы ГМС;

- использование геодезических преимуществ утраченных элементов реконструируемого сегмента оросительной сети для устройства закрытых напорных водоводов. Использование геодезически спланированных участков старой оросительной сети и водоводов увеличенного диаметра создает перспективы существенного повышения энергоэффективности транспорта оросительной воды;

- устройство противофильтрационной облицовки на всех сохранившихся структурных элементах открытой оросительной сети;

- устройство и использование систем мониторинга технологического процесса на всех структурно-функциональных элементах оросительной сети;

- комплексная автоматизация технологических процессов от водоисточника до элементов техники полива, осуществляющих распределение оросительной воды по мелиорированному участку;

- комплексная модернизация элементов ГМС, определяющих режим ее эксплуатации. Данное положение исходит из требования согласованной работы всех конструктивных элементов ГМС. Функциональность конструктивных элементов на участке любого из сегментов ГМС должна быть согласована с возможностью выполнения функций других конструктивных сегментов системы;

- интеграция элементов искусственного интеллекта в систему управления ГМС;

- использование современных, высокотехнологичных материалов для устройства закрытых водоводов и облицовки участков оросительной сети;

- переход на водо- и энергосберегающие технологии орошения. К таким технологиям, например, относится капельное (поверхностное или внутрпочвенное) и спринклерное орошение. В плане энергосбережения большое значение имеет использование низконапорных дождевальных машин с электроприводом движения. Капельное орошение имеет безусловный приоритет при снижении дебета водоисточника;

- использование комбинированных систем орошения для организации комплексного регулирования факторов жизни и управления продукционным процессом растений;

- адаптация и использование остатков разрушенной конструкции старой оросительной сети для организации структурно-функциональных элементов комбинированного орошения.

Предложенные положения определяют общие принципы реконструкции ГМС и не исключают возможность проведения как полного, так и сегментарного обновления с восстановлением и расширением функциональных возможностей. Сегодня проблема реконструкции большинства ГМС назрела на всех ее уровнях, поэтому, безусловно, предпочтение следует отдавать полной реконструкции ГМС в целом. Однако ресурсоемкость подобного рода инициатив такова, что реконструкцию каждой ГМС в отдельности без преувеличения можно считать национальным проектом. На уровне субъектов агробизнеса реконструкция может быть осуществлена лишь на особо малых ГМС, построенных, как правило, на местном стоке и имеющих внутрхозяйственное значение. Сегментарная реконструкция ГМС может осуществляться на всех уровнях, с активным привлечением частных инвестиций, в первую очередь заинтересованных в этом субъектов агробизнеса. Поэтому в качестве альтернативы полной реконструкции ГМС, име-

ющей безусловный приоритет, был разработан концепт сегментарной реконструкции, включающий следующие основные положения:

- в общем случае сегментарная реконструкция ГМС предполагает строительство всех структурно-функциональных модулей, присущих ГМС в целом. То есть предполагается организация узлов водозабора, водоподготовки, транспорта воды, орошения, а при необходимости – элементов водооборотной системы;

- общая производительность водовыдела должна быть согласована с пропускной способностью и производительностью оросительной сети, от которой запитывается сегментарно восстанавливаемый участок орошения;

- системы мониторинга сегментарно реконструируемых участков единой ГМС и автоматизированного управления ими должны работать в согласованном режиме. В качестве примера такой системы мониторинга и автоматизированного управления можно предложить облачную систему с центральным сервером, где реконструируемые и действующие сегменты одной ГМС подключены к единой базе данных, на основе согласованного анализа их вырабатывается оптимальное управляющее решение. Такой подход позволяет согласовать действия различных хозяйствующих субъектов на одной ГМС.

Выводы. Выполнен анализ факторов, определяющих модель реконструкции ГМС с частично утраченными функциями. Предложена концепция сегментарной реконструкции ГМС как в определенной мере вынужденной альтернативы системному обновлению и строительству систем нового поколения. Преимуществом сегментарной реконструкции ГМС является то, что она может осуществляться на любом из уровней, с активным привлечением частных инвестиций, в первую очередь заинтересованных в этом субъектов агробизнеса. Использование единых подходов и принципов при проведении сегментарного обновления и реконструкции ГМС позволяет организовать эту работу в целом и добиваться системных результатов на длительный период.

Список использованных источников

1 Липски, С. А. Федеральные целевые программы в области мелиорации земель и современное состояние мелиоративного фонда / С. А. Липски // Вестник Московского финансово-юридического университета. – 2019. – № 3. – С. 45–55.

2 Косиченко, Ю. М. Состояние и пути повышения технического уровня оросительных систем на юге России / Ю. М. Косиченко, Г. А. Сенчуков, А. С. Капустян // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2011. – № 4(4). – 11 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=481>.

3 Маслов, Б. С. О первой совершенной оросительной системе в степной зоне России / Б. С. Маслов, А. К. Тарасов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 6. – С. 11–14.

4 Кирейчева, Л. В. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв / Л. В. Кирейчева, Н. П. Карпенко // Почвоведение. – 2015. – № 5. – С. 587–596.

5 Юрченко, И. Ф. Информационная поддержка создания и эксплуатации оросительных систем / И. Ф. Юрченко // Природообустройство. – 2018. – № 3. – С. 93–100.

6 Хатхоху, Е. И. Основные положения проектирования мелиоративных систем нового поколения / Е. И. Хатхоху, Д. В. Прус, Г. Н. Фомина // Символ науки. – 2016. – № 5-3(17). – С. 86–89.

7 Щедрин, В. Н. Подходы к определению технического уровня мелиоративных систем и обоснование поколений их развития / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, А. А. Чураев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2012. – № 3(7). – С. 28–51. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=581>.

УДК 627.133

А. Е. Шепелев, А. П. Васильченко

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

К РАСЧЕТАМ ТОЧНОСТИ ВОДОИЗМЕРЕНИЯ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

Целью исследования являлся расчет точности измерения средств водоучета и водоизмерения, которые могут найти применение при оснащении мелиоративных систем. В процессе анализа установлено одно из важнейших организационно-технических мероприятий эксплуатационной службы мелиоративных систем, на основе которого выполняется диспетчерское управление водозабором и водораспределением, регулирование водного режима, а также наблюдение и контроль за технической эксплуатацией. Раскрыт процесс получения первичных данных водоучета. Установлены требования к условиям работы водоизмерительных устройств и приборов, а также критерии оценки их точности измерений.

Ключевые слова: водоизмерение; водоучет; мелиоративный процесс; объект; система; переменная; погрешность.

A. E. Shepelev, A. P. Vasilchenko

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

ON ACCURACY CALCULATION OF WATER MEASUREMENT ON RECLAMATION SYSTEMS

The aim of the study was to calculate the accuracy of measuring water metering and water metering devices that can be used when equipping reclamation systems. In the course of the analysis, one of the most important organizational and technical measures of the operational service of reclamation systems was determined, on the basis of which dispatching control of water intake and water distribution, regulation of water regime, as well as monitoring and control over operation are carried out. The process of obtaining primary water metering data is released. Requirements for the operating conditions of water metering devices and tools, as well as criteria for assessing their measurement accuracy, have been specified.

Key words: water measurement; water metering; reclamation process; object; system; variable; inaccuracy.

Введение. На мелиоративных системах при мониторинге и диспетчеризации гидротехнических сооружений и объектов качественные изменения в эксплуатацию вносит процесс водоучета и водоизмерения от забора воды из источников орошения до распределения и использования воды на орошаемых площадях с учетом составленных планов водопользования и водораспределения [1, 2].

Учет воды – это важнейшее организационно-техническое мероприятие эксплуатационной службы мелиоративных систем. На его основе выполняется диспетчерское управление водозабором и водораспределением на оросительных системах, регулирование водного режима на осушительных системах, а также наблюдение и контроль за технической эксплуатацией отдельных сооружений и систем в целом [3]. Кроме того, учет воды необходим и для изучения мелиоративного состояния земель, совершенствования систем и повышения их эффективности [4].

Материалы и методы. Методологическую основу исследования составили положения научных трудов и разработок отечественных авторов, посвященных вопросам

процесса водоучета и водоизмерения на гидротехнических сооружениях и объектах мелиоративных систем. Исследование проводится с применением теоретического анализа научной литературы, описательного метода, методов сопоставления, аналогии и систематизации [5, 6].

Результаты и обсуждение. При выборе и использовании методов и технических средств измерения водного потока (типа водоизмерительного устройства, прибора и пр.) на любом объекте водоучета мелиоративной системы необходимо учитывать метеорологические условия измерения, технологические и эксплуатационные условия, конструктивно-строительные требования, специфические особенности производства, техническую целесообразность и экономическую эффективность [7].

Процесс получения первичных данных водоучета на системе включает три основных способа технологических операций. В первый входит преобразование потока к виду, при котором требуется минимальное количество показаний приборов. Во второй входит формирование устойчивой структуры потока в точке измерения (применяются способы естественной стабилизации потока). Третий предусматривает получение первичных данных с использованием показаний измерительных приборов. Для этого необходимо обеспечить соответствие измеряемого значения параметра водного потока его действительному значению.

Однако следует отметить, что водоизмерительные устройства и приборы на мелиоративных системах работают в сложных эксплуатационных условиях, таких как:

- содержание в воде донных и взвешенных наносов, различных примесей, плавающих водорослей, мусора и т. п.;
- большой диапазон изменения величин измеряемых параметров (уровней, напоров, перепадов, расходов и т. д.);
- пульсационный характер процесса стабилизации измеряемого параметра (уровня, расхода и т. п.) при его регулировании;
- изменение с течением времени морфометрических (площадь и форма водного сечения, гидравлический радиус и т. п.) и гидравлических (шероховатость русла, средняя скорость и т. д.) характеристик водотоков вследствие деформации русла, отложения наносов, появления на стенках каналов и труб растительности, влияния особенностей неравномерного движения (подпора и спада);
- повышенная влажность и запыленность;
- значительные колебания температуры воздуха;
- большое количество и разнообразие объектов учета и контроля.

Несмотря на это, к водоизмерительным устройствам и приборам, которыми оснащаются мелиоративные системы, предъявляются высокие требования, включающие в себя точность измерения во всем диапазоне контролируемых параметров [8].

Существует несколько критериев оценки точности измерений [9]:

- предельная относительная погрешность δ_Q ;
- средняя квадратичная относительная погрешность $\delta_{0,95}$ (с доверительной вероятностью 95 %).

Из теории ошибок известно, что предельная относительная ошибка функции нескольких переменных равна дифференциалу натурального логарифма этой функции, т. е. [10]:

$$\delta_y = \pm d[\ln f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)], \quad (1)$$

где d – дифференциал;

$\ln f$ – натуральный логарифм функции;

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – независимые переменные.

Рассмотрим случай измерения расхода Q , м³/с, водомерными водосливами, общее уравнение которых имеет вид [6]:

$$Q = m_0 b \sqrt{2gH^{3/2}}, \quad (2)$$

где m_0 – коэффициента расхода;

b – ширина водосливного гребня, м;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H – напор, м.

Тогда уравнение (1) приобретает следующий вид:

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{dm_0}{m_0} + \frac{db}{b} + \frac{3}{2} \frac{dH}{H},$$

где dQ – дифференциал расхода;

dm_0 – дифференциал коэффициента расхода;

db – дифференциал ширины водосливного гребня;

dH – дифференциал напора.

Переходя к погрешностям, т. е. обозначая:

$$\delta_Q = \frac{dQ}{Q}, \quad \delta_{m_0} = \frac{dm_0}{m_0}, \quad \delta_b = \frac{db}{b}, \quad \delta_H = \frac{dH}{H},$$

где δ_Q – относительная погрешность расхода, %;

δ_{m_0} – относительная погрешность коэффициента расхода, %;

δ_b – относительная погрешность ширины водосливного гребня, %;

δ_H – относительная погрешность напора на водосливе, %,

получаем вид:

$$\delta_Q = \delta_{m_0} + \delta_b + \frac{3}{2} \delta_H. \quad (3)$$

В уравнении (3) первые два слагаемых – это погрешности, характеризующие точность гидравлического элемента водоизмерительного устройства, или точность метода измерения. Они зависят от качества изготовления и условий работы, изученности гидравлических закономерностей, определяющих его работу, от совершенства метода учета и измерения воды.

При водоучете и водоизмерении значения измеряемого параметра передаются на диспетчерский пункт и преобразуются в показания. В этом случае добавляется еще погрешность телеметрии.

Таким образом, предельная относительная погрешность измерения расхода складывается из относительной погрешности метода измерения, относительной погрешности водоизмерительного устройства и относительной погрешности телеизмерения:

$$\delta_Q = \delta_m + \delta_{пр} + \delta_{ти},$$

где δ_m – относительная погрешность метода измерения, %;

$\delta_{пр}$ – относительная погрешность водоизмерительного устройства, %;

$\delta_{ти}$ – относительная погрешность телеизмерения, %.

Средняя квадратичная относительная погрешность (с доверительной вероятностью 0,95) принимается равной половине предельной относительной ошибки:

$$\delta_{0,95} = \frac{1}{2} \delta_Q.$$

Исходя из вышесказанного, проведем расчет точности измерения расхода воды.

Для мерных водосливов (уравнение (2)) предельная относительная погрешность будет равна:

$$\delta_Q = \delta_{m_0} + \delta_b + \frac{3}{2} \delta_H + \delta_{тн}, \quad (4)$$

В нормальных условиях работы со свободным истечением в нижний бьеф погрешность метода измерения будет:

$$\delta_m = \delta_{m_0} + \delta_b = 1 + 1 = 2 \, \%.$$

Если в качестве водоизмерительного устройства используется датчик гидростатического давления, погрешность измерения которого не более 1 %, а класс точности телеизмерительного устройства 1,5 %, то в соответствии с формулой (4) предельная относительная погрешность измерения расхода мерным водосливом равна:

$$\delta_Q = 1 + 1 + \frac{3}{2} 1 + 1,5 = \pm 5 \, \%.$$

Средняя квадратичная относительная погрешность (с вероятностью 0,95) в этом случае будет равна:

$$\delta_{0,95} = \frac{1}{2} 5 = 2,5 \, \%.$$

Анализ точности работы других водомерных устройств и приборов, которые могут найти применение при водоучете и водоизмерении на мелиоративных системах [8], показывает, что предельные относительные погрешности измерения расхода составляют около 4–6 % и средние квадратичные относительные погрешности $\pm 3 \, \%$. Эти погрешности и приняты в качестве допустимых при измерении расходов на водомерных постах мелиоративных систем [6].

Выводы

1 Учет воды на мелиоративной системе необходим для рациональной и эффективной организации водопользования и водораспределения. Правильно организованный водоучет обеспечивает своевременную и достоверную информацию об объемах и распределении оросительных и дренажно-сбросных вод, проходящих по системе.

2 Область измерения водомерных устройств должна обеспечивать определение контролируемых параметров во всем диапазоне их изменения – от минимального до максимального значения.

3 Водоизмерительные устройства и приборы должны работать при напорах и перепадах, не вызывая больших дополнительных потерь напора и не нарушая нормальный режим работы водотока, беспрепятственно пропускать наносы и плавающий мусор, безотказно работать в сложных эксплуатационных условиях. Конструкции водоизмерительных устройств должны быть достаточно просты и универсальны в применении.

4 Использование расчетов по водоизмерению позволит повысить точность и достоверность водоучета и водоизмерения на мелиоративных системах, тем самым увеличить их эффективность.

5 Точность измерения средств водоучета и водоизмерения, которые могут найти применение при оснащении мелиоративных систем, должна отвечать предельным относительным погрешностям измерения до 3,0 %.

Список использованных источников

1 Городничев, В. И. Автоматизация на стационарных насосных станциях мелиоративно-водохозяйственного комплекса / В. И. Городничев // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 9. – С. 37–39.

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

3 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч.

Ч. 1 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 283 с.

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

5 ГОСТ 34100.1-2017/ISO/IEC Guide 98-1:2009. Неопределенность измерения. Ч. 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения. – Введ. 2018-09-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 28 с.

6 ГОСТ Р 51657.4-2002. Водоучет на гидромелиоративных и водохозяйственных системах. Измерение расходов воды с использованием водосливов. Общие технические требования. – Введ. 2003-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 23 с.

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

8 Чураев, А. А. Точность измерения расходов при учете воды на мелиоративных системах / А. А. Чураев, М. В. Вайнберг // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград, 2017. – С. 190–195.

9 РМГ 29-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. – Введ. 2015-01-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 60 с.

10 Гулин, И. А. Численные методы / И. А. Гулин, А. А. Самарский. – М.: Наука, 1989. – 408 с.

УДК 551.579:681.5

Ф. А. Каракулов

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

ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ВОДОСБОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Расчет речного стока является крайне трудоемким процессом, особенно это касается крупных водотоков. На режим стока оказывают влияние климатические (осадки, испарение, влажность и температура воздуха), топографические (рельеф местности, форма и размеры речных бассейнов), а также почвенно-геологические факторы. Предлагаемый метод автоматизации мониторинга речного стока облегчит работу гидрологам и может стать ключевым для своевременного анализа и принятия грамотных решений при эксплуатации гидротехнических сооружений.

Ключевые слова: речной сток; гидрологический прогноз; автоматизированный мониторинг; автоматизированная система.

F. A. Karakulov

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

ORGANIZATION OF AN AUTOMATED MONITORING SYSTEM OF HYDROMETEOROLOGICAL PARAMETERS IN THE WATERSHED AREA

River runoff calculation is an extremely laborious process, especially for large water-courses. The runoff regime is influenced by climatic (precipitation, evaporation, humidity and air temperature), topographic (relief of the area, shape and size of river basins), as well as soil-geological factors. The proposed method for automating river runoff monitoring will facilitate the work of hydrologists and can become the key method for timely analysis and competent decision making in the hydraulic structures operation.

Key words: river runoff; hydrological forecast; automated monitoring; automated system.

Возможность составления прогноза количества водных ресурсов на средних и малых водотоках может быть достигнута за счет организации и эксплуатации автоматизированной системы мониторинга на всей водосборной территории исследуемого бассейна [1]. Она состоит из датчиков уровня и расхода воды, модульных метеостанций, а также автоматизированной программы для обработки получаемых данных. Основная функция данной программы – это обработка гидрометеорологических параметров, полученных с датчиков, на основе которых составляется прогноз объемов поступающей в водоток воды. Такая система поможет участникам водопотребления грамотно распределять водные ресурсы реки. Для определения расходов воды в водотоке целесообразно установить на всех имеющихся гидрологических постах специализированные датчики для снятия показателей уровня и расходов воды в режиме реального времени. Основные плюсы данной организации мониторинга:

- получение данных о фактическом речном стоке в режиме реального времени;
- возможность составления примитивных прогнозов.

В традиционной системе наблюдений можно выделить ряд недостатков:

- очень долгий процесс подготовки гидрологического створа для начала производства замеров;
- долгий и зачастую неудобный метод производства замеров (например, на больших водотоках, где для замеров необходима лодка, процесс получения данных может занять около суток);
- ручная обработка полученных измерений;
- полученные данные могут быстро терять свою актуальность в период паводков и половодий.

Принцип организации автоматизированной системы наблюдений заключается в установке на речном створе датчиков для определения уровней и расходов воды в водотоке. Зафиксированные значения передаются по мобильной сети оператору на персональный компьютер. Полученные значения сохраняются в базе данных, а также одновременно с помощью программы для автоматизированной обработки данных проводится расчет стока и прогноз водных ресурсов на исследуемом водотоке. Возможности установки таких датчиков для каждого створа будут различны, можно зафиксировать их на специальном тресе по всей ширине водотока или же статично зафиксировать в одной точке на балке или в пьезометре. Также допускается крепление датчиков к опорам мостов и другим водным сооружениям. Важным условием является обеспечение технических условий для работоспособности датчиков. Рекомендуется очистить исследуемый створ от водной растительности, заиленности (в случае, когда необходимо расположить датчики у дна створа), также своевременно демонтировать систему наблюдения к зимнему периоду (в случае, если элементы системы по своим характеристикам не выдерживают низких температур).

Эффективность определения речного стока, а также составления гидрологического прогноза будет существенно выше, если помимо датчиков также разместить на территории водосборной площади сеть модульных метеостанций. Такая сеть метеостанций позволила бы дополнить картину по климатическим параметрам [2]. Стандартная модульная метеостанция может собирать и обрабатывать метеоданные в опре-

деленном радиусе действия, хранить и анализировать зафиксированный объем информации в режиме реального времени, производить вывод данных по задаваемым условиям. Современные модульные метеостанции могут как передавать данные через сеть интернет, так и записывать на переносные устройства. Фиксируют следующие данные:

- температура атмосферного воздуха;
- наличие атмосферных осадков и их количество;
- скорость и направление ветра;
- влажность воздуха.

Более продвинутые модульные метеостанции (например, «Сокол-М») также могут определять температуру и влажность почвы, атмосферное давление, производить фотофиксацию.

Точное наблюдение за температурой воздуха, количеством выпавших осадков и направлением ветра позволит примерно рассчитать поверхностный сток, а это в свою очередь даст более точный прогноз изменения уровня и расходов воды в исследуемом водотоке. Также эти данные могут использоваться владельцами сельхозугодий, производителями сельхозпродукции, так как стандартные посты Росгидромета расположены далеко от объектов АПК, для эффективной сельхоздеятельности предприятиям необходимо обладать достоверными и точными сведениями о ситуации на конкретной местности.

Из вышеописанного следует, что для организации автоматического мониторинга речного стока на водосборной территории необходимо установить и использовать оборудование:

- датчики уровня и расходов воды;
- модульные метеостанции.

Полная система мониторинга исследуемого бассейна реки должна включать в себя:

- датчики и оборудование для непрерывного снятия данных;
- расчетную программу непрерывного действия;
- базу данных.

Базу данных можно организовать в электронных документах форматов «.csv» или «.xlsx». В нее должны войти данные о рельефе местности, данные многолетних наблюдений за речным стоком и вспомогательные данные, характерные для расчетов на исследуемой территории [3].

Датчики и оборудование в виде приборов для снятия показаний уровней и расходов воды, модульные метеостанции и датчики влажности почв должны непрерывно передавать свои измерения в базу данных. Для совместимости с базой форматов «.csv» или «.xlsx» датчики должны быть «прошиты» соответственно.

Расчетная программа в данном случае будет замыкать цикл. Проводя полную аналитику обновляемых показателей из базы данных, она формирует отчет в виде текущей ситуации с составлением прогноза по речному стоку. Отчетные документы будут размещаться либо в базе данных, либо в виде отдельного документа по желанию пользователей.

У модульных метеостанций есть эффективная область их действия. Зная площадь бассейна, можно рассчитать нужное количество таких станций для определения точных метеоданных во всем речном бассейне. Датчики влажности почвы можно устанавливать совместно с модульными метеостанциями.

Для расчета расходов воды на гидрологических постах необходимо установить автоматизированные датчики для наблюдения за уровнем воды и скоростью течения. Статические характеристики типа формы русла должны быть занесены в базу данных, чтобы расчетные программы, исходя из показателей, высчитывали средний расход воды.

При этом автоматизированный гидрометрический створ не должен негативно влиять на прохождение водного транспорта. Для решения этой проблемы предлагаем

следующее решение. При приближении водного транспорта трос с датчиками уровня воды поднимается при помощи специальной лебедки по шарниру, в то же время датчики скорости течения погружаются на дно, в это время питание датчиков отключается и они временно не работают. Высота балок, по которым будет подниматься трос, будет зависеть от типа судов. Что же касается обычных лодок, то они смогут передвигаться беспрепятственно, так как датчики уровня воды представляют собой поплавки, а трос, удерживающий их, необходим только для поднятия на определенную высоту.

Работа датчиков и расчетных программ будет идентична методу «скорость – площадь».

Сущность метода, сокращенно называемого «скорость – площадь», заключается в том, что расход воды определяют непосредственным измерением местных скоростей течения и глубины потока по ширине водотоков [4].

1 Измерение скоростей течения и глубин выполняют на гидрометрическом створе, перпендикулярном среднему направлению течения потока.

2 Результаты измерения уровня, а также обстановка наблюдения (состояние реки, погода, ветер, волнение и т. д.) передаются в базу данных.

3 В зависимости от ширины водотока промерные вертикали назначают через 1–2 м при общем их числе не менее 12. Расстояние по промерной вертикали от постоянного начала определяют по меткам на гидрометрическом тросе. Результаты измерения глубин передаются в базу данных.

4 Скорости течения измеряют специальными датчиками на скоростных вертикалях.

5 Число точек измерения скорости и место установки датчика на каждой скоростной вертикали нужно принимать согласно таблице 1 в зависимости от глубины потока [5].

Таблица 1 – Расположение датчиков на скоростных вертикалях

Глубина потока на вертикали, м	Минимальное количество точек измерения скорости на вертикали, шт.	Координаты установки вертушки на вертикали (при отсчете от дна реки), м
Менее 0,3	1	0,4 h
0,3–0,6	2	0,2 h ; 0,8 h
0,6–1,0	3	0,2 h ; 0,4 h ; 0,8 h
Более 1,0	5	0,1 h ; 0,2 h ; 0,4 h ; 0,8 h от поверхности воды

Вычисление средней скорости потока расчетной программой на скоростных вертикалях производится по следующим формулам.

При измерении в одной точке на вертикали расчет проводим по формуле:

$$U_B = U_{0,6h},$$

где U_B – средняя скорость потока на вертикали;

$U_{0,6h}$ – средняя скорость потока на глубине 0,6 h от поверхности воды;

h – глубина вертикали.

При измерении в двух точках расчет проводим по формуле:

$$U_B = 0,5 \cdot (U_{0,2h} + U_{0,8h}),$$

где U_B – средняя скорость потока на вертикали;

$U_{0,2h}$ – средняя скорость потока на глубине 0,2 h от поверхности воды;

$U_{0,8h}$ – средняя скорость потока на глубине 0,8 h от поверхности воды;

h – глубина вертикали.

При измерении в пяти точках расчет проводим по формуле:

$$U_B = 0,1 \cdot (U_{\text{ПОВ}} + 3U_{0,2h} + 3U_{0,6h} + 2U_{0,8h} + U_D),$$

где U_B – средняя скорость потока на вертикали;

$U_{\text{ПОВ}}$ – средняя скорость потока у поверхности воды;

$U_{0,2h}$ – средняя скорость потока на глубине $0,2 h$ от поверхности воды;

$U_{0,6h}$ – средняя скорость потока на глубине $0,6 h$ от поверхности воды;

$U_{0,8h}$ – средняя скорость потока на глубине $0,8 h$ от поверхности воды;

U_D – средняя скорость потока на расстоянии $0,1$ м от дна;

h – глубина вертикали.

Показатели средних скоростей на вертикали после их расчета заносятся в базу данных. Значения уровней воды и метеорологические характеристики бассейна реки также заносятся в базу данных. На основе всех полученных данных в автоматическом режиме составляется прогноз объемов воды в водотоке.

Автоматизированная система наблюдений будет обладать явным преимуществом, так как на таком гидрологическом посту имеется ключевой фактор – это непрерывное слежение и обработка получаемых данных. Целесообразно производить расчет на базе прошивки языка Python, так как данный язык программирования совместим со всеми имеющимися базами данных. Таким образом, проведение полевых расчетов будет исключено, что значительно ускорит процесс обработки данных.

Вывод. Предлагаемый метод автоматизации мониторинга речного стока рекомендуется применять для незарегулированных либо плохо зарегулированных водотоков. Из основных плюсов предлагаемого метода можно выделить: оперативность и скорость получения необходимых гидрологических данных, возможность быстрого анализа и составления гидрологических прогнозов с целью грамотного использования водных ресурсов.

Список использованных источников

- 1 Карпенко, Н. П. Гидрогеология и основы геологии: учеб. пособие / Н. П. Карпенко, И. М. Ломакин, В. С. Дроздов. – М.: Инфра-М, 2018. – 328 с.
- 2 Цюра, Д. В. Методы и технические средства контроля качества воды / Д. В. Цюра, Э. У. Ямлеева. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 135 с.
- 3 Панин, В. Ф. Теоретические основы защиты окружающей среды / В. Ф. Панин. – Томск: ТПУ, 2009. – 115 с.
- 4 Крицкий, С. Н. Гидрологические основы управления речным стоком / С. Н. Крицкий, М. Ф. Менкель. – М.: Наука, 1981. – 270 с.
- 5 Рождественский, А. В. Статистические методы в гидрологии / А. В. Рождественский, А. И. Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 425 с.

УДК 626.82

С. В. Ковалев

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

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ НИЖНЕ-ДОНСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье приведен анализ изменения площади орошаемых земель, а также данных о подаче воды Нижне-Донской оросительной системе (ОС). В основу анализа легли материалы о работе ОС, собранные за период с 2013 по 2019 г. В ходе выполнения исследований построены план-схема ОС с учетом прилегающих сельскохозяйственных

территорий, графики изменения проектной, фактически обслуживаемой и фактически политой площади орошения, а также графики планового и фактического использования водных ресурсов на различные нужды системы. В результате сделаны выводы о сокращении площади фактически политых земель за период исследований в 5 раз. При этом объем воды, подаваемый на орошение, остается без изменений, а фактический забор воды из источника орошения в 2019 г. превысил плановые показатели, что говорит о нерациональности использования ее для целей орошения, а также о неудовлетворительном техническом состоянии ОС.

Ключевые слова: орошение; площадь орошения; оросительная система; канал; фактически политые земли.

S. V. Kovalev

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

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF THE LOWER DON IRRIGATION SYSTEM IN ROSTOV REGION

The analysis of changes in the area of irrigated land, as well as data on water supply to the Nizhne-Don irrigation system (IS) is provided. The analysis was based on materials on irrigation system, collected for the period from 2013 to 2019. In the course of the research, a plan-diagram of the IS was built taking into account the adjacent agricultural territories, the graphs of changes in the design, actually served and actually watered irrigation area, and also schedules of planned and actual use of water resources for various needs of the system. As a result, conclusions about a 5-fold reduction in the area of actually irrigated lands during the research period were drawn. At the same time, the water volume supplied for irrigation remains unchanged, and the actual water intake from the irrigation source in 2019 exceeded the planned indicators, which indicates the inefficiency of its use for irrigation purposes, as well as the unsatisfactory technical state of the irrigation system.

Key words: irrigation; irrigated area; irrigation system; canal; actually watered lands.

Введение. В конце 1950 г. в Ростовской области проводилось масштабное внедрение земледелия, которое было нацелено на скорейшее получение максимальной сельскохозяйственной продукции. Орошаемые земли играли большую роль в увеличении площадей интенсивных севооборотов [1, 2].

В настоящее время в Ростовской области насчитывается порядка 38 оросительных систем. Из них на 2019 г. зафиксированы действующими только 16 с суммарной площадью орошения 240,7 тыс. га. К одной из таких систем относится Нижне-Донская оросительная система. Данная система построена в 1952 г. и проложена в междуречье р. Дон и Сал на территории Цимлянского, Мартыновского и Семикаракорского районов в направлении с востока на запад к впадению в ДМК.

Нижне-Донская оросительная система расположена на пойменных террасах р. Дон и на склонах Доно-Сальского водораздела. Почвенный покров террасы состоит из темно-каштановых почв и черноземов, а восточная часть почв подвержена повышенной засоленности из-за залегания на глубине от 2 до 12 м слабоминерализованных грунтовых вод [3].

На всей протяженности оросительной сети располагаются три мясо-молочных, 13 виноградарских и пять плодовоовощных совхозов (рисунок 1).

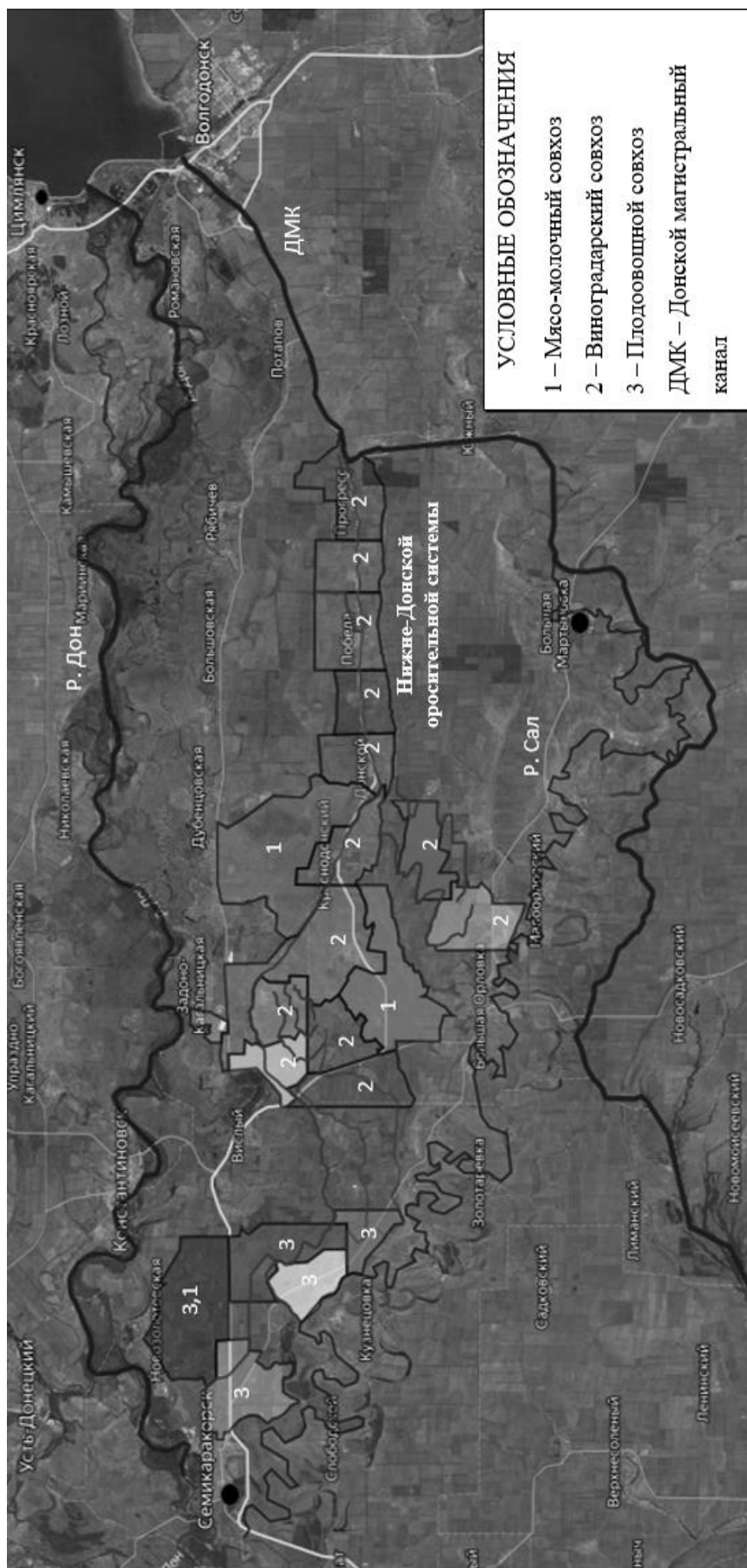


Рисунок 1 – План-схема Нижне-Донской оросительной системы

В состав сельскохозяйственных культур из общей поливной площади входят сады и виноградники, которые занимают 30,6 %. Кроме того, кормовые культуры составляют 30 %, а зерновые – 29 %, овощи и бахчевые в свою очередь – 6 % и технические культуры – 4,4 %.

Материалы и методы. Исходными данными для проведения анализа являются материалы эксплуатирующей организации в части водопользования и водораспределения за последние 5 лет. Детально проанализирован и описан каждый показатель. Выполнено построение графиков и сопоставление трех показателей: проектной, фактической и фактически политой площади.

Результаты и обсуждения. Подача воды в систему осуществляется из ДМК с помощью Нижне-Донского распределительного канала через головной железобетонный шлюз-регулятор. Длина канала составляет 73,9 км, пропускная способность – 30 м³/с. Общая протяженность оросительных каналов – 1312,1 км, дренажно-сбросных – 504 км [4].

На рисунке 2 графически представлены данные по обслуживаемым оросительной системой площадям (рисунок 2).

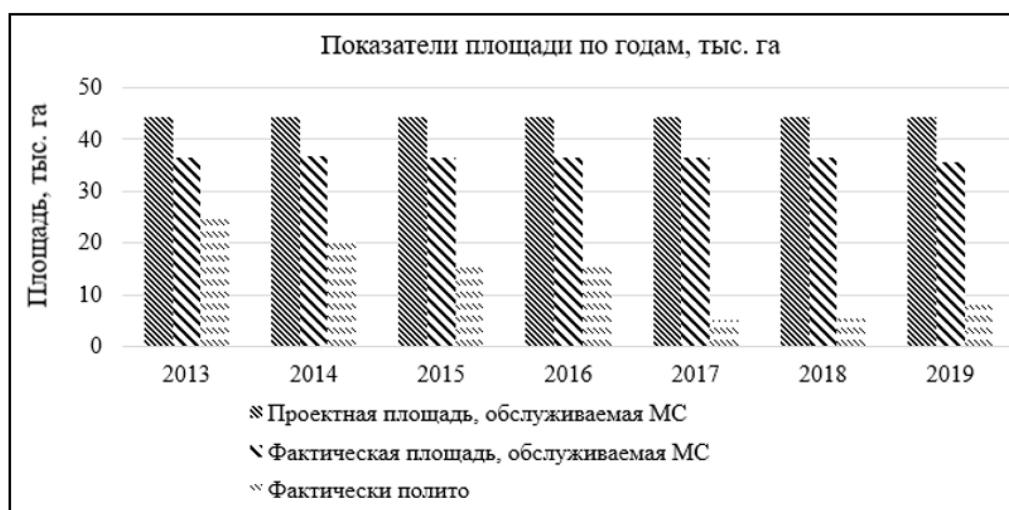


Рисунок 2 – Показатели площади по годам, тыс. га

Из данных графика на рисунке 2 видно, что максимальный показатель фактически политых земель на 2013 г. составил 25,3 тыс. га, а за последующий период с 2013 по 2017 г. наблюдается значительное их уменьшение. Минимальное значение зафиксировано в 2017 г. и составило 5,1 тыс. га. Стоит отметить небольшой прирост политых земель до 8 тыс. га в 2019 г.

Проектная мощность системы по объему забираемой воды составляет 200,4 млн м³, однако средний объем за последние 5 лет существенно ниже и составляет порядка 150 млн м³ (рисунок 3).

Исходя из данных построенного на рисунке 3 графика видно, что в 2019 г. был зафиксирован максимальный фактический забор воды, превысивший планируемый забор воды из источника орошения в последние 5 лет. Объем воды, забираемый на орошение, достиг своего пика в 2013 г., а в последующие 5 лет был стабилен в пределах 90–100 тыс. м³.

Выводы. Анализ, проведенный в статье по Нижне-Донской оросительной системе, показал, что при уменьшении площадей орошения фактический забор воды из источника превысил плановую норму. Это говорит о том, что забор воды сверх нормы происходит из-за нерационального использования ее на орошаемых участках и неудовлетворительного технического состояния оросительной системы.

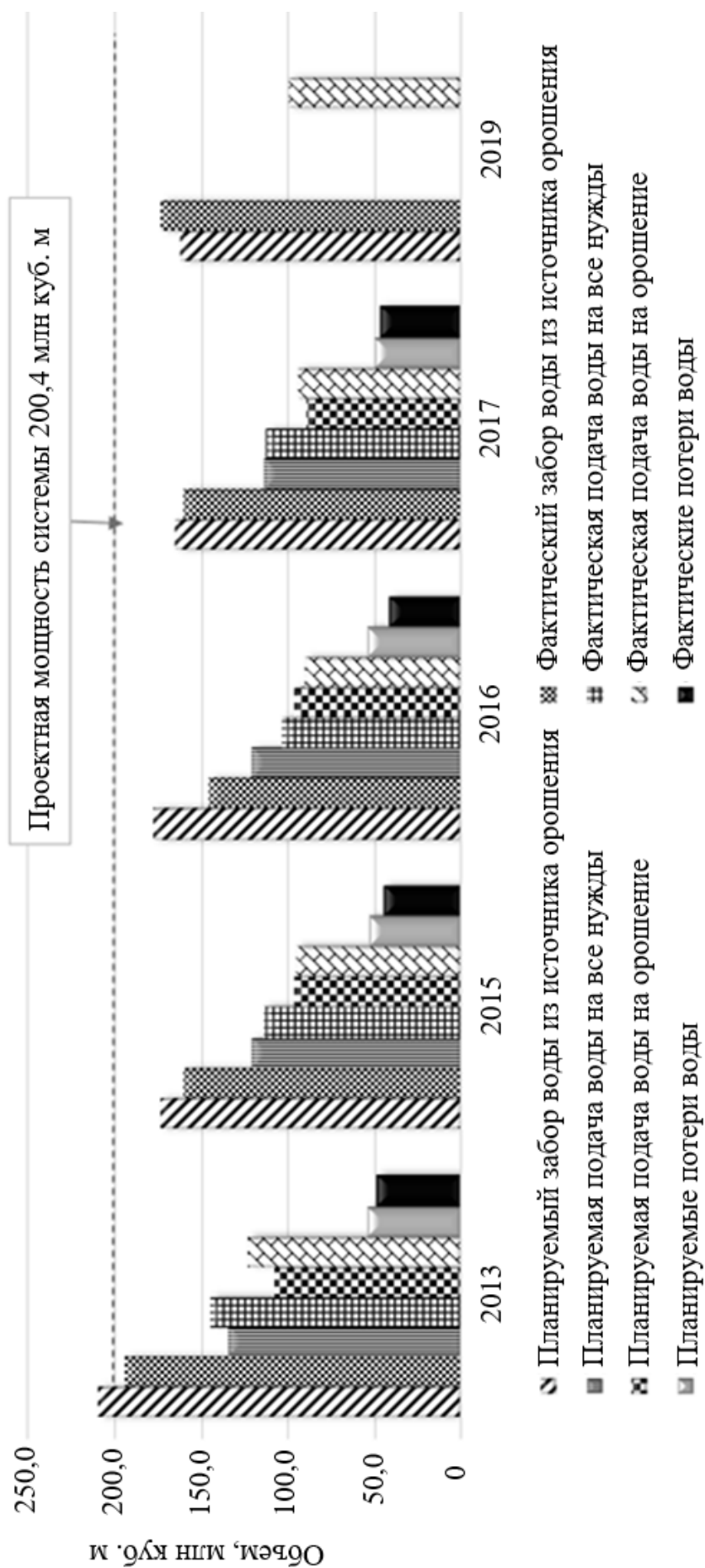


Рисунок 3 – Информация о подаче воды в Нижне-Донскую оросительную систему

Список использованных источников

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

2 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография. В 2 ч. Ч. 2 / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 307 с.

3 Пономаренко, Т. С. К вопросу производственных исследований на оросительных системах / Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 3(67). – С. 5–9.

4 Рыжаков, А. Н. Универсальная структурно-компоновочная схема системы капельного орошения / А. Н. Рыжаков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 1(65). – С. 107–111.

УДК 626.86; 556.164

Е. Б. Стрельбицкая, А. П. Соломина

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

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ ПРИМЕНЕНИЯ СООРУЖЕНИЙ ОЧИСТКИ СТОКА В СОСТАВЕ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ

Целью исследования явились вопросы обоснования применения сооружений очистки стока в составе гидромелиоративных систем Нечерноземной зоны РФ. Методические подходы базировались на изучении, анализе, обобщении литературных, нормативно-методических материалов и положений, расчетных зависимостей, полученных на основе исследований специалистов ведущих институтов мелиоративной отрасли. Охарактеризованы условия, влияющие на выбор технологии, метода очистки, типа и конструкции очистных сооружений. Технологии очистки дренажного стока с мелиорируемых территорий Нечерноземной зоны должны базироваться на наиболее приемлемых способах обработки стока (отстаивание, фильтрация и сорбция, биологический и аэрация), поскольку он является слабоминерализованным, однако загрязнен биогенными элементами, органическим веществом, пестицидами и тяжелыми металлами. Представлена принципиальная базовая блок-схема организации очистки дренажного стока, позволяющая осуществлять выбор технологической схемы очистки. Систематизированы технологические параметры сооружений для обоснования применения технологий очистки стока. Обоснование применения определенных технологий очистки стока, выбор оптимальной схемы и конструкции очистных сооружений, расчет необходимых параметров технологического процесса позволят обеспечить нормативные требования качества стока для его внутрисистемного использования для орошения, а также снижения негативного воздействия на природные водоемы и реки при водоотведении.

Ключевые слова: дренажный сток; загрязнение; технологии очистки; схема очистки; технологические параметры.

Е. Б. Strelbitskaya, A. P. Solomina

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

BASIC APPROACHES TO JUSTIFY APPLICATION OF SEWAGE TREATMENT FACILITIES AS PART OF HYDRAULIC RECLAMATION SYSTEMS OF NON-BLACK EARTH ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

The purpose of the study was to substantiate the use of sewage treatment facilities as part of irrigation and drainage systems in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. The methodological approaches were based on the study, analysis, generalization of literary, normative and methodological materials and provisions, calculated dependencies obtained on the basis of research by specialists from leading institutes of the land reclamation industry. The conditions influencing the choice of technology, treatment method, type and design of treatment facilities are characterized. Technologies for sewage treatment from the reclaimed territories of the Non-Chernozem zone should be based on the most acceptable methods of runoff treatment (sedimentation, filtration and sorption, biological and aeration), since it is low-mineralized, but contaminated with nutrients, organic matter, pesticides, etc. heavy metals. The crucial basic block diagram of sewage treatment organization which allows the selection of the technological scheme of treatment is presented. The technological parameters of structures have been systematized to substantiate the use of wastewater treatment technologies. Justification of the use of certain technologies for sewage treatment, the choice of the optimal scheme and design of treatment facilities, the calculation of the necessary parameters of the technological process will ensure the regulatory requirements for the sewage treatment quality for its in-system application for irrigation, as well as reduce the negative impact on natural water bodies and rivers during wastewater disposal.

Key words: drainage flow; pollution; treatment technologies; treatment scheme; technological parameters.

Введение. Гидрохимический состав дренажного и поверхностного стока гидро-мелиоративных систем для условий Нечерноземной зоны РФ характеризуется повышенными концентрациями биогенных элементов и органических соединений, в стоке могут содержаться загрязнения в виде остатков минеральных удобрений, хлопьевидных охристых соединений, фенолов, пестицидов и тяжелых металлов. В большинстве случаев качество стока не соответствует действующим нормативам ПДК как при его сбросе с мелиорируемой территории в водоприемники, так и при внутрисистемном повторном использовании для увлажнения сельскохозяйственных культур.

Сброс недостаточно очищенных дренажных вод – причина загрязнения водных объектов, являющихся их водоприемниками, накопления в донных отложениях загрязняющих веществ и деградации водных экосистем [1]. Поскольку Водный кодекс РФ запрещает сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод в водные объекты, функционирование осушительно-увлажнительных систем, не оборудованных очистными сооружениями и устройствами, недопустимо. Кроме того, от качества дренажного стока, используемого для полива, зависит формирование плодородия почв, урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. К качеству оросительной воды очень чувствительны системы капельного орошения и дождевания, так как наличие в стоке взвешенных веществ (песка, частиц грунта размером от 2–10 мкм) и биологических примесей способствует образованию крупных агломератов, осаждающихся в трубопроводах и вызывающих закупорку водовыпусков капельного орошения и гидравлических насадок дождевальных машин [2].

В связи с этим в составе осушительно-увлажнительных систем (ОУС) необходимо предусматривать технологические узлы, специальные сооружения и устройства, производящие механическую, физико-химическую или биологическую очистку стока от загрязняющих компонентов, обеспечивающие снижение их концентрации до нормативно допустимого уровня. Конструирование узлов очистки в составе ОУС и управление их функционированием должно осуществляться путем целенаправленного выбора

технологий и технологических параметров таким образом, чтобы процессы детоксикации загрязняющих веществ обеспечивали требуемое качество воды.

Материалы и методы. Методические подходы к обоснованию применения водоочистных сооружений в технологиях очистки стока гидромелиоративных систем Нечерноземной зоны РФ базировались на изучении, анализе, обобщении литературных, современных нормативно-методических материалов и положений, требований государственных мелиоративных стандартов и сводов правил, расчетных зависимостей, полученных на основе многолетних исследований специалистов ведущих институтов мелиоративной отрасли и апробированных на практике эксплуатации аналогичных сооружений водоподготовки и очистки стока. Основная часть задач решалась аналитическими методами на основании анализа опыта использования технологий очистки стока, опубликованных научных и практических результатов исследований ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», ФГБНУ «РосНИИПМ» и других научно-исследовательских институтов мелиоративной отрасли.

Методическая база статьи основана на принципе направленного регулирования качественного состава дренажного стока путем его очистки с помощью водоочистных сооружений с применением различных технологических процессов с целью доведения качества очищенной воды до нормативно допустимого уровня для безопасного водоотведения и внутрисистемного повторного использования для полива.

Результаты и обсуждение. При регулировании качественного состава дренажного и поверхностного стока ОУС, применении различных технологий его очистки целесообразно опираться на мировой и отечественный опыт очистки природных и сточных вод, учитывая специфику качественного состава данной категории вод. Основные требования к проектированию сооружений осушительной системы различных классов, их отдельных конструкций, а также расчетные положения и нагрузки сформулированы в основном своде правил отрасли СП 100.13330.2016 [3]. В нем рекомендовано выбирать местоположение, конструкцию, типоразмер, режим работы сооружения или устройства в зависимости от природных условий, наличия строительных материалов, условий и способов производства работ и эксплуатации с максимальным использованием проектов типовых решений сооружений и их отдельных узлов. Конструктивное исполнение водоочистных сооружений рекомендовано назначать на основе данных, характеризующих современное или прогнозируемое состояние ДСВ, в увязке с типом, параметрами и режимом работы мелиоративной системы с учетом технологии сельскохозяйственного производства на мелиорируемых землях [3, 4], а также особенностей формирования стока и условий его отведения или использования.

Выбор технологии очистки стока, метода очистки, типа и конструкции очистных сооружений определяется их производительностью, качественной и количественной характеристиками дренажного и поверхностного стока, фазово-дисперсным состоянием примесей, необходимой степенью очистки по приоритетным показателям загрязнения и принятой схемой отведения и регулирования [5, 6]. Выбор должен осуществляться на основании оценки технической возможности реализации того или иного варианта при сравнении технико-экономических показателей. При выборе наиболее рационального варианта следует учитывать гидрогеологические условия (наличие площадей под строительство, рельеф местности, уровень грунтовых вод и т. д.) и такие факторы народно-хозяйственного значения, как использование недефицитных и местных материалов, сроки строительства, трудоемкость эксплуатации.

Технологические схемы и приемы обработки дренажного и поверхностного стока ОУС перед их сбросом в водоем или использованием для полива должны корректироваться в процессе привязки к конкретным условиям в зависимости от объема, динамики химического состава и степени загрязнения воды, приоритетных загрязняющих компонентов, а также ограничений и требований, предъявляемых к качеству воды. Технологии очистки дренажного стока с мелиорируемых территорий Нечерноземной

зоны должны базироваться на наиболее приемлемых для этих условий, достаточно простых и дешевых способах обработки стока, таких как отстаивание, фильтрация и сорбция, биологический метод, а также аэрация, поскольку сток является слабоминерализованным, однако загрязнен биогенными элементами, остатками минеральных удобрений, органическим веществом, пестицидами и тяжелыми металлами, на которые следует ориентироваться при выборе технологической схемы его очистки.

В зависимости от объема и степени загрязнения дренажного стока, преобладающих загрязняющих компонентов и назначения использования очищенной воды схема очистки может содержать все стадии очистки либо ограничиваться использованием одного-двух технологических процессов, обеспечивающих очистку стока до нормативно допустимого уровня. Принципиальная базовая блок-схема организации очистки дренажного стока на гидромелиоративных системах Нечерноземной зоны РФ, позволяющая осуществлять выбор технологической схемы очистки, представлена на рисунке 1.

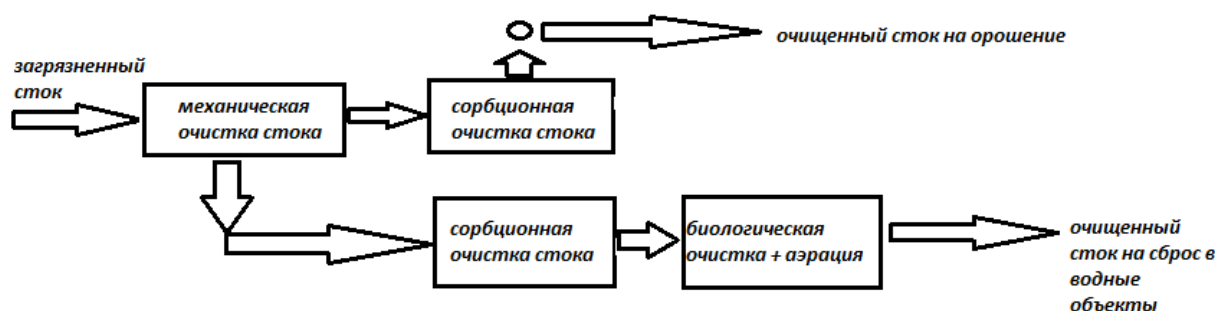


Рисунок 1 – Принципиальная базовая блок-схема организации очистки дренажного стока на гидромелиоративных системах Нечерноземной зоны Российской Федерации

Анализ различных литературных источников показывает, что технические средства очистки дренажного стока ОУС в зависимости от состава и степени его загрязнения отличаются друг от друга как по способу очистки, так и по конструктивному исполнению. Объединяющим фактором технических средств очистки стока является последовательное удаление загрязняющих веществ в соответствии с их фазово-дисперсным составом (начиная с грубодисперсных и заканчивая ионными формами) посредством последовательного применения технологических стадий с определенными ключевыми процессами, влияющими на эффективность очистки [7]:

- стадия аккумуляции и предварительной очистки от механических примесей методом статического отстаивания в аккумулярующем резервуаре;
- выделение основной массы загрязнений методами контактной фильтрации с предварительной реагентной обработкой стока при высокой степени загрязнения;
- доочистка от остаточных механических примесей с сорбированными на них органическими веществами методом механического фильтрования на зернистых нагрузках;
- сорбционная очистка стоков от остаточных растворенных минеральных и органических веществ;
- биологическая очистка (биоокисление в сочетании с биосорбцией);
- очистка стока от органических и токсичных минеральных веществ созданием окислительных условий путем аэрации.

Выбор и обоснование той или иной технологии обработки стока, состава сооружений, производительности очистных установок и их технических параметров следует производить в зависимости от объема, динамики химического состава и степени загрязнения воды, приоритетных загрязняющих компонентов, концентраций и фазово-дисперсного состояния загрязняющих примесей, требуемой степени их очистки в соответствии с ограничениями и требованиями, предъявляемыми к качеству воды. Целесо-

образность применения конкретных технологических схем очистки определяется технико-экономическими расчетами и анализом конкретных условий их применения.

Основные технологические параметры сооружений для обоснования применения технологий очистки стока в составе гидромелиоративных систем Нечерноземной зоны представлены на рисунке 2.

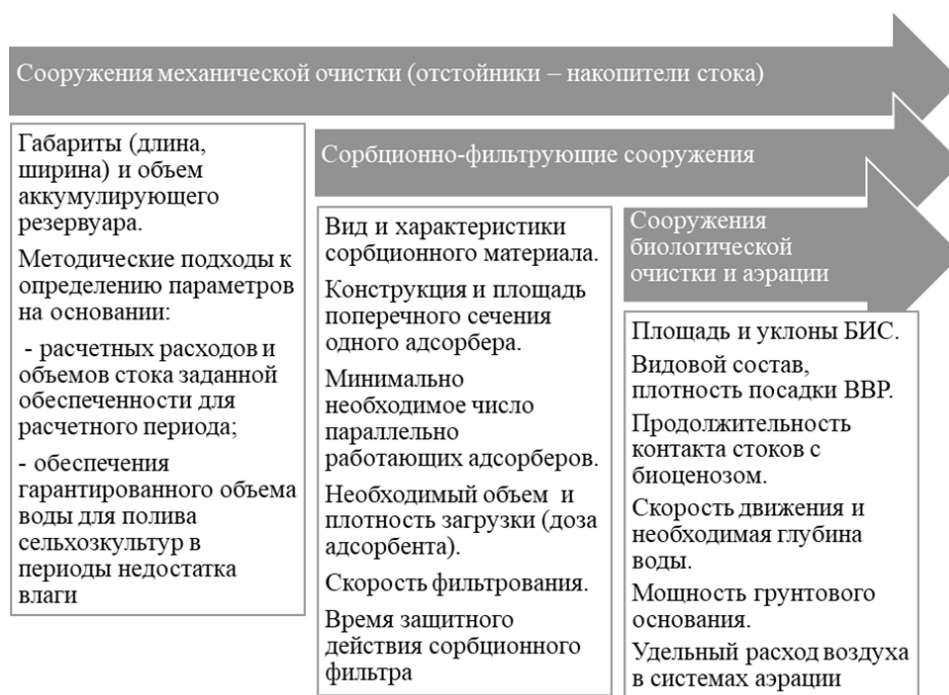


Рисунок 2 – Основные технологические параметры сооружений для обоснования применения технологий очистки стока в составе гидромелиоративных систем Нечерноземной зоны Российской Федерации

Определение необходимых параметров технологического процесса и отдельных частей сооружений очистки накопительного и проточного типа следует проводить в соответствии с требованиями государственных мелиоративных стандартов и сводов правил, на основе общепринятых методов и методических рекомендаций, расчетных зависимостей, полученных по результатам многолетних исследований специалистов ведущих институтов мелиоративной отрасли и апробированных на практике эксплуатации аналогичных сооружений водоподготовки и очистки стока.

Выводы. Целесообразность применения технологических схем очистки определяется технико-экономическими расчетами и анализом конкретных условий их использования в зависимости от объема, динамики химического состава и степени загрязнения воды, приоритетных загрязняющих компонентов, а также требований и ограничений, предъявляемых к качеству воды. Обоснование применения определенных технологий регулирования качественного состава дренажного стока, выбор оптимальной схемы и конструкции очистных сооружений, расчет необходимых параметров технологического процесса, оптимальная компоновка и размещение технологических узлов очистки позволят обеспечить нормативные требования качества стока для внутрисистемного повторного использования дренажных вод для орошения, а также снижения негативного воздействия на природные водоемы и реки при водоотведении.

В зависимости от объема и степени загрязнения дренажного стока, преобладающих загрязняющих компонентов и назначения использования очищенной воды схема очистки может содержать все стадии очистки либо ограничиваться использованием одного-двух технологических процессов, обеспечивающих очистку стока до нормативно допустимого уровня.

Определение необходимых параметров технологического процесса и отдельных частей сооружений очистки накопительного и проточного типа следует проводить в соответствии с требованиями государственных мелиоративных стандартов и сводов правил, на основе общепринятых методов и методических рекомендаций, расчетных зависимостей, полученных по результатам многолетних исследований специалистов ведущих институтов мелиоративной отрасли и апробированных при эксплуатации аналогичных сооружений водоподготовки и очистки стока.

Список использованных источников

1 О стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года: Указ Президента РФ от 19 апреля 2017 г. № 176 // Собрание законодательства РФ. – 2017. – № 17, ст. 2546.

2 Домашенко, Ю. Е. Повышение экологической безопасности оросительных мелиораций при использовании природных и сточных вод: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Домашенко Юлия Евгеньевна. – Новочеркасск, 2018. – 46 с.

3 Мелиоративные системы и сооружения. Свод правил. Актуализированная редакция СНиП 2.06.03-85: СП 100.13330.2016: утв. М-вом стр-ва и жилищ.-комму. хоз-ва Рос. Федерации 16.12.16: введ. в действие с 17.06.17. – М.: Минстрой России, 2017. – 222 с.

4 СТО НОСТРОЙ 2.33.21-2011. Стандарт организации. Мелиоративные системы и сооружения. Ч. 2. Осушительные системы. Общие требования по проектированию и строительству. – М.: БСТ, 2012. – 106 с.

5 Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты: метод. пособие / ФГУП «НИИ ВОДГЕО». – М., 2015. – 146 с.

6 Канализация. Наружные сети и сооружения. Свод правил. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85: СП 32.13330.2018: утв. М-вом стр-ва и жилищ.-комму. хоз-ва Рос. Федерации 25.12.18: введ. в действие с 26.06.19. – М.: Минстрой России, 2018. – 104 с.

7 Стрельбицкая, Е. Б. Основные принципы совершенствования узлов очистки стока в составе ОУС Нечерноземной зоны РФ / Е. Б. Стрельбицкая, А. П. Соломина // Природообустройство. – 2019. – № 5. – С. 39–46.

УДК 556.16

Н. О. Науменко, Ф. А. Каракулов

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

РАСЧЕТ РЕЧНОГО СТОКА Р. ОКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ МОНИТОРИНГА

Для обеспечения безопасности гидротехнических сооружений Чебоксарского гидроузла необходимы своевременные данные о речном стоке многоводных рек, впадающих на участке нижнего бьефа Горьковского и верхнего бьефа Чебоксарского водохранилищ. Для этого в работе рекомендуется установка датчиков на водосборной территории р. Оки и автоматизация расчета стока путем непрерывного получения необходимых данных. В работе представлены для сравнения результаты расчетов речного стока графоаналитическим, аналитическим и автоматизированным способом. Полученные в результате расчета аналитическим и традиционными способами данные практически не отличаются. Следовательно, автоматизированная система мониторинга может работать и решать проблемы безопасности гидротехнических сооружений.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения; речной сток; автоматизированная система; автоматизированный расчет; Чебоксарское водохранилище.

N. O. Naumenko, F. A. Karakulov

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

THE OKA RIVER RUNOFF CALCULATION BY THE ENVIRONMENTAL IMPACT AUTOMATED MONITORING SYSTEM

The timely data on the river runoff of abundant rivers flowing into the section of the lower reaches of the Gorky and upper reaches of the Cheboksary reservoirs are required to ensure the safety of the Cheboksary waterworks hydraulic structures. For this reason, sensor installation in the catchment area of the Oka River and automation of runoff calculation by continuously obtaining the necessary data is recommended. The results of the river runoff calculations by graphic, analytical and automated methods are presented for calculation. The data obtained as a result of the calculation by analytical and traditional methods practically do not differ. Consequently, the automated monitoring system can work and solve the safety problems of hydraulic structures.

Key words: hydraulic structures; river runoff; automated system; automated analysis; Cheboksary reservoir.

Введение. Речной сток – это движение воды в ходе ее круговорота в природе, когда она течет вниз по руслу реки. Речной сток определяется количеством воды, протекающей по руслу реки за определенный промежуток времени.

Для всех водных бассейнов чем больше осадков и меньше испарения, тем больше речной сток.

Установлено, что с ростом площади водосбора увеличивается и продолжительность весеннего паводка, при этом гидрограф имеет более вытянутую и «спокойную» форму. В легкопроницаемых почвах наблюдается большая фильтрация и меньший сток.

На режим стока оказывают влияние многочисленные факторы:

- климатические (осадки, испарение, влажность и температура воздуха);
- топографические (рельеф местности, форма и размеры речных бассейнов);
- почвенно-геологические, включая растительный покров.

Расчет речного стока является крайне трудоемким процессом, особенно это касается крупных водотоков, например р. Оки.

Река Ока испытывает сильную антропогенную нагрузку нескольких субъектов РФ, таких как Тульская, Московская, Рязанская, Калужская, Владимирская, Нижегородская области. Несмотря на это, на данном водном объекте очень слабо развита система экологического и гидрологического мониторинга. Проблемы р. Оки на сегодняшний день видны даже невооруженным глазом, так как проявляются они во многих направлениях, например в рыбном промысле, сельском хозяйстве и даже проблемах Чебоксарского водохранилища на р. Волге.

Материал и методы. Река Ока является крупнейшим притоком р. Волги на участке нижнего бьефа Горьковского и верхнего бьефа Чебоксарского водохранилищ. Плотина Чебоксарского водохранилища согласно Российскому реестру гидротехнических сооружений находится в крайне неблагоприятном состоянии. В связи с этим на водохранилище было решено снизить нормальный подпорный уровень на 5 м от начального проектного. На сегодняшний день разница между уровнем мертвого объема и нормальным подпорным уровнем составляет 0 м, а критическое изменение уровня воды 0,5 м. Вследствие практически полного отсутствия данных о речном стоке р. Оки возникает риск серьезной гидродинамической аварии на одной из плотин Волжского

каскада. В связи с данной ситуацией расчет речного стока р. Оки путем внедрения автоматизированных систем мониторинга на водосборной территории является актуальной темой исследовательской работы [1].

Речной сток р. Оки в основном не зарегулирован, вследствие этого в период паводков или половодий повышается риск возникновения гидродинамической аварии на плотине Чебоксарского водохранилища [2].

Стоимость зарегулирования такой большой реки, как Ока, несопоставима со стоимостью организации автоматизированного мониторинга на всей ее водосборной территории [3]. Исходя из стоимости можно рассмотреть три варианта организации мониторинга: бюджетный (или самый дешевый); стандартный (средней стоимости); дорогостоящий (с возможностью точного прогноза и решения многоцелевых задач).

Разберем каждый из них подробнее.

1 Бюджетный. Самым бюджетным вариантом в данном случае была бы установка на всех имеющихся гидрологических постах специализированных датчиков для снятия показателей уровня и расходов воды в режиме реального времени [4]. Основные плюсы бюджетной организации мониторинга помимо дешевизны:

- получение данных о фактическом речном стоке в режиме реального времени;
- возможность составления примитивных прогнозов.

Организация мониторинга даже по такому пути значительно облегчила бы работу гидрологам бассейна р. Оки и Чебоксарского водохранилища на Волге.

2 Стандартный. Не значительно дороже, чем первый вариант, однако эффективность его будет существенно выше. Помимо ранее озвученных датчиков, будет также включать в себя размещение относительно недорогих модульных метеостанций (одна метеостанция на 400 км², что в сумме при рациональном их размещении составит примерно 360 единиц) [3]. Сеть модульных метеостанций позволила бы дополнить картину по климатическим параметрам на всей водосборной территории. Точное наблюдение за температурой воздуха, количеством выпавших осадков и направлением ветра позволит примерно рассчитать поверхностный сток, а это в свою очередь даст более точный прогноз изменения уровня и расходов воды в р. Оке [4].

В качестве модульной метеостанции можно было бы рассмотреть вариант, разработанный Центральной аэрологической обсерваторией совместно с Научно-исследовательским институтом в Сколково (ПММ-1). Данная метеостанция прошла комплексные испытания, легко переносится, может как передавать данные через сеть интернет, так и записывать на переносные устройства. Фиксирует следующие данные:

- температура атмосферного воздуха;
- наличие атмосферных осадков и их количество;
- скорость и направление ветра;
- влажность воздуха.

По данным модульных метеостанций можно построить максимально точные климатические карты для всей водосборной территории. Благодаря им мы бы смогли рассчитать объемы поверхностного стока с учетом испарения [4].

3 Дорогостоящий. Самый дорогой вариант организации автоматизированного мониторинга на водосборной территории.

Для расчета речного стока необходимы актуальные данные о климатических характеристиках, расходах воды и характеристиках почв.

Важный критерий для расчета объемов воды, поступающих в водотоки, – структура и влажность почвы. Растения, как правило, задерживают влагу для собственного питания, и если почва сухая, то часть атмосферных осадков потребуется для увлажнения почвы и удовлетворения потребности растений. Исходя из этого, логичным вариантом было бы разместить датчики влажности почв [2].

В качестве контрольных точек датчики можно установить совместно с модуль-

ными метеостанциями в том же количестве: 360 единиц на всю территорию, однако в идеальном случае не лишним было бы их установить и на сельскохозяйственных участках.

Далее при наличии данных можно производить расчет речного стока. В исследовании были использованы имеющиеся данные по р. Оке.

Расчет был произведен в условном створе устья р. Оки у населенного пункта Нижний Новгород. Для этого воспользовались методом аналитического расчета.

При наличии датчиков уровня воды и датчиков скорости течения на различных уровнях можно рассчитать средний расход воды в данном створе.

Код для программного расчета представлен на рисунке 1.

```
i=1
a1=input()
h1=input()
b1=10
while i<=int(a1):
    v11=input() v12=input() v1(i)=input()
    v1=sum(v1(i))/i
    q1=float((v1/2)*(h1/2)*b1)
    i=i+1
...
j=1
a2=input()
h2=input()
while i<=int(a1):
    v21=input() v22=input() v2(i)=input()
    v2=sum(v2(i))/i
    q2=float(((v1-v2)/2)*((h1-h2)/2)*b1)
...
print(sum(q))
```

Рисунок 1 – Аналитический расчет расхода р. Оки в устье с помощью программного кода

Для достоверности данных и кода проверим разницу между результатами расчета автоматизированным и ручным способами.

Так как ширина русла на исследуемом участке составляет 680 м, предлагается взять расстояние между вертикалями 10 м. Количество размерных вертикалей составит 67 шт.

Створ р. Оки, исследованный в 2019 г. специалистами ВНИРО, был расположен недалеко от Мызинского моста в Нижнем Новгороде.

Для ручного проведения аналитического расчета необходимо сначала найти средние скорости на вертикалях. Имея на руках данные глубин и скоростей течения на вертикалях, мы рассчитаем среднюю скорость по следующим формулам:

- для одной точки на вертикали: $U_B = U_{0,6h}$;

- для двух точек на вертикали: $U_B = 0,5 \cdot (U_{0,2h} + U_{0,8h})$;

- для пяти точек на вертикали: $U_B = 0,1 \cdot (U_{\text{пов}} + 3U_{0,2h} + 3U_{0,6h} + 2U_{0,8h} + U_{\text{д}})$,

где U_B – средняя скорость потока на вертикали;

$U_{0,6h}$ – средняя скорость потока на глубине $0,6h$ от поверхности воды;

$U_{0,2h}$ – средняя скорость потока на глубине $0,2h$ от поверхности воды;

$U_{0,8h}$ – средняя скорость потока на глубине $0,8h$ от поверхности воды;

$U_{\text{пов}}$ – средняя скорость потока у поверхности воды;

$U_{\text{д}}$ – средняя скорость потока на расстоянии $0,1$ м от дна;

h – глубина вертикали.

Отсюда найдем площади сечения между вертикалями и расходы воды на каждом участке.

Площадь сечения на прибрежных участках считается по формуле:

$$f = \frac{b \cdot h_i}{2},$$

где f – площадь сечения участка, м^2 ;

b – ширина участка, м;

h_i – глубина прибрежного участка, м.

Площадь сечения на остальных участках рассчитывается как площадь прямоугольной трапеции по формуле:

$$f = \frac{(h_1 + h_2)}{2} \cdot b,$$

где f – площадь сечения участка, м^2 ;

b – ширина участка, м;

h_1, h_2 – глубина первого и второго участков, м.

На рисунке 2 вертикали в количестве 67 шт. разбивают русло на 68 участков. А чтобы подсчитать расходы, необходимо перемножить площади сечения на среднюю скорость течения реки между рассматриваемыми вертикалями, за исключением прибрежных участков [3]. На прибрежных участках для поиска расходов воды необходимо произведение скорости и площади перемножить на коэффициент скоростей для прибрежных территорий, в нашем случае он равен $0,7$.

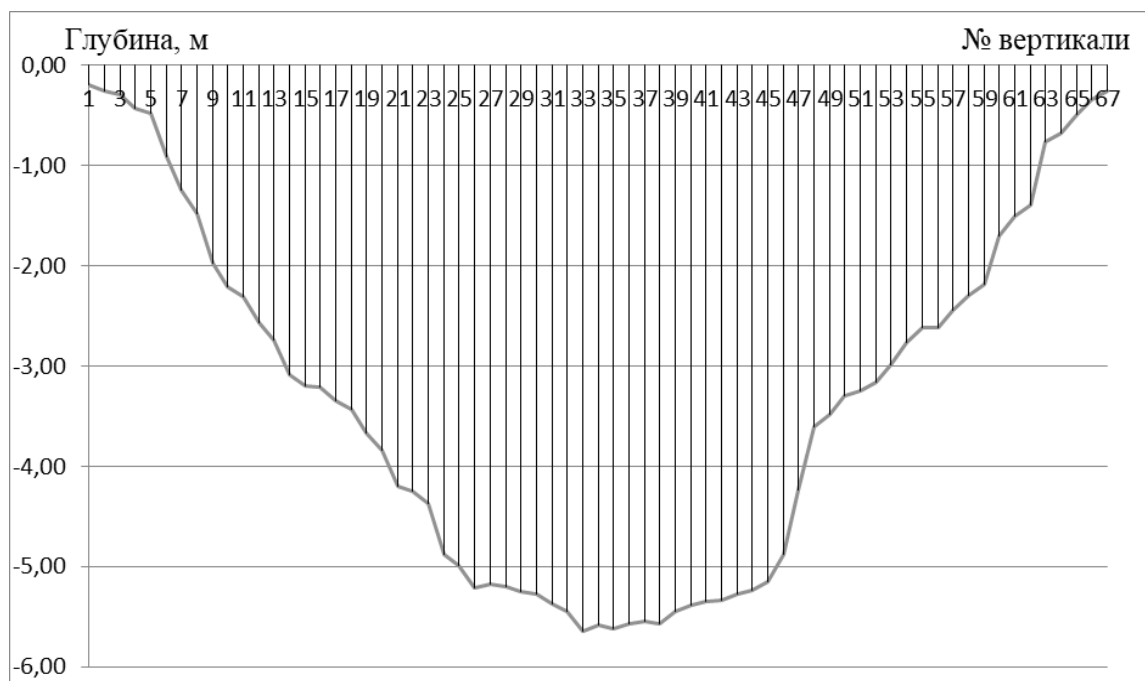


Рисунок 2 – Разрез русла реки по исследуемому створу

Результаты. Получив ручным аналитическим способом расходы воды, можно сравнить показатели суммарного расхода воды по автоматизированному и традиционному способу. Результаты сравнения можно увидеть в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры, полученные различными способами

Параметр, единица измерения	Данные ВНИРО (графоаналитический метод)	Данные самостоятельной ручной обработки	Данные автоматизированного расчета
Средняя скорость течения, м/с	0,43	0,44	0,437
Площадь сечения русла, м ²	2225	2222	2223,45
Суммарный расход воды, м ³ /с	1279	1274	1275,11

Вывод. Итак, автоматизированный метод расчета расходов воды имеет право на существование. Учитывая, что датчики для аналогичных целей не раз проходили испытания и получили официальную сертификацию, не стоит думать, что отснятые показатели каким-либо образом будут отличаться от исходных данных. В общих чертах, согласно данным таблицы, полученные при автоматизированном расчете значения не противоречат традиционному расчету, однако при использовании программного метода подобный расчет может производиться каждые 5 с.

Список использованных источников

1 Иофин, З. К. Мировой водный баланс, водные ресурсы Земли, водный кадастр и мониторинг / З. К. Иофин. – Вологда: ВоГТУ, 2009. – 141 с.

2 Дмитренко, В. П. Экологический мониторинг техносферы / В. П. Дмитренко, Е. В. Сотникова, А. В. Черняев. – М.: Лань, 2012. – 368 с.

3 Шабанов, В. В. Ведение мониторинга водных объектов в современных условиях: монография / В. В. Шабанов, В. Н. Маркин. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. – 151 с.

4 Евграфов, А. В. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб.-метод. пособие / А. В. Евграфов. – М.: РГАУ-МСХА, 2015. – 100 с.

УДК 631.4:551.5

Е. В. Полуэктов

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

Г. Т. Балакай

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

Я. И. Кулаева

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

ПОТЕРИ ПОЧВЫ ОТ ДЕФЛЯЦИИ НА ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель – выявление закономерностей проявления ветровой эрозии и потерь почвы от дефляции. Многолетние исследования дефляции проводились на обыкновенных черноземах у б. Большой Лог Аксайского района Ростовской области с 1970 по 2020 г. Использовались общепринятые методы исследований, измерение скорости ветра производилось анемометрами, а слой почвы, перемещенный ветрами, определялся методом шпилек и пылеуловителями собственной конструкции. Процессы эрозии и дефля-

ции являются основными факторами деградации почвы, которые наносят непоправимый урон плодородию почвы. На различных агрофонах ежегодные потери почвы от эрозии и дефляции составляют: на полупаре 18,0–23,0 т/га, на поздней гребневой зяби – 13,50–17,25 т/га, на безотвальной обработке – 8,10–10,35 т/га, на посевах озимых культур – 3,6–4,6 т/га и на многолетних травах – 0,18–0,23 т/га. Пыльные бури в конце сентября 2020 г. показали, что с заветренной стороны полезащитных мелиоративных лесных насаждений продуваемой конструкции высотой 11 м (по вспашке на 27–29 см) на расстоянии от 30 до 80 м средняя скорость ветра составляла 13,4–14,5 м/с, вынос почвы соответственно 0,0 и 0,8 т/га, а с удалением от насаждений на расстояние 200 м средняя скорость увеличивается до 15,6 м/с и на расстояние 400 м – до 17,6 м/с, при этом порывы ветра достигали 19,2 и 27,8 м/с соответственно, что привело к сдуванию и выносу почвы соответственно до 18,2 и 29,3 т/га. На водоразделе без защитных насаждений по вспашке скорость ветра составила 18,6 м/с с порывами до 29,3 м/с и вынос почвы был самым высоким (37,9 т/га) за период бурь продолжительностью 10 дней. Общие потери почвы от процессов дефляции за 50-летний период составили на отвальной зяби, обработанной по типу полупара, 594,5 т/га, а среднегодовые – 11,9 т/га.

Ключевые слова: дефляция; воздушные потоки; деградация почвы; пыльные бури; поземка.

E. V. Poluektov

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

G. T. Balakay

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

Ya. I. Kulaeva

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

SOIL LOSSES FROM DEFLATION ON ORDINARY CHERNOZEMS OF ROSTOV REGION

The purpose is to identify patterns in the manifestation of wind erosion and soil loss from deflation. Long-term studies of deflation on ordinary chernozems were carried out near Bolshoy Log, Aksai district of Rostov region from 1970 to 2020. Standard research methods were used, wind velocity was measured with anemometers, and the soil layer moved by winds was determined by the method of studs and dust collectors of our own design. Erosion and deflation are major contributors to soil degradation, which do irreparable damage to soil fertility. On various agricultural backgrounds, the annual soil losses from erosion and deflation are: on the semi-fallow 18.0–23.0 t/ha, on the late ridge plow – 13.50–17.25 t/ha, on non-moldboard tillage – 8.10–10.35 t/ha, on winter crops – 3.6–4.6 t/ha and on perennial grasses – 0.18–0.23 t/ha. Dust storms at the end of September 2020 showed that from the leeward side of the field-protective reclamation forest plantations of a blown structure 11 m high (by plowing by 27–29 cm) at a distance of 30 to 80 m, the average wind velocity was 13.4–14.5 m/s, soil removal, respectively, was 0.0 and 0.8 t/ha, and at a distance of 200 m from plantings, the average speed increases to 15.6 m/s and at a distance of 400 m – to 17.6 m/s, while gusts of wind reached 19.2 and 27.8 m/s, respectively, which led to the blowing and soil removal, respectively, up to 18.2 and 29.3 t/ha. On watershed without protective plantations for plowing, the wind velocity was 18.6 m/s with gusts up to 29.3 m/s, soil removal was the highest (37.9 t/ha) over a period of storms lasting 10 days. The total soil loss from de-

flation processes over a 50-year period was 594.5 t/ha on the dump plow treated as a semi-fallow, and the average annual loss was 11.9 t/ha.

Key words: deflation; airstreams; soil degradation; dust storms; snowdrift.

Введение. По уровню влияния на деградацию почвы дефляция является вторым фактором после водной эрозии. По данным А. Ковалевича [1], среди всех причин деградации почвы на долю эрозии приходится 56 % деградированных земель, на долю дефляции – 28 %, химической – 12 % и физической – 4 %. Вместе с почвой выносятся огромное количество питательных веществ, и происходит обеднение почвы и снижение плодородия [2].

Долгосрочные наблюдения показали, что пыльные бури и сдувание мелкозема наиболее катастрофический характер с потерей почвы до 200 т/га и выше носили во время пыльных бурь 1972 и 1984 гг. [3–5].

Так же как и при эрозионных процессах, существенна роль рельефа в изменении циркуляции воздушных масс и количества сдуваемого мелкозема. Таковыми могут быть макроложбины между возвышенностями, долины рек и крупных овражно-балочных систем, наветренные части склонов, вершины открытых поверхностей. Если ось долины или других макродепрессий поверхности совпадает с направлением ветра, то воздушный поток подвергается динамическому сжатию и скорость его возрастает в 1,3–1,5 раза. В результате концентрации потоков воздуха в геоморфологических депрессиях в период действия сильных восточных ветров образуются ветровые коридоры, в которых наблюдается максимальное разрушение почвенного покрова [6, 7].

По данным Е. И. Рябова [8], на интенсивность разрушения почвы пыльными бурями существенное влияние оказывает рельеф местности. Если рассматривать макроэлементы рельефа, то наибольшее разрушение почвы имеет место на возвышенностях и почти в 1,5 раза меньше на низменностях (таблица 1).

Таблица 1 – Потери почвы в результате пыльных бурь в различных геоморфологических условиях центральной части Предкавказья [8]

Геоморфологические условия	Потери почвы, млн т				Потери почвы в тоннах на 1 га пашни
	1960 г.	1965 г.	1969 г.	1974 г.	
Низменности	6,9	1,6	74,0	5,6	46,6
Возвышенности	25,1	9,8	135,6	7,7	63,0
Предгорья	4,0	3,3	57,2	2,1	183,9

Поэтому вопросы деградации почвы в результате дефляции являются актуальными и требуют постоянного внимания для сохранения ее плодородия.

Методы и способы. Многолетние исследования дефляции почв проводились на обыкновенных черноземах в б. Большой Лог Аксайского района Ростовской области с 1970 по 2020 г. Использовались общепринятые методы исследований, измерение скорости ветра производилось анемометрами на высоте 2 м от уровня почвы, а слой почвы, перемещенный ветрами, определялся методом шпилек и пылеуловителями собственной конструкции.

Результаты. За исследуемый период (1970–2020 гг.) пыльные бури и перенос мелкозема (как основной фактор, связанный с выдуванием почвы) различной степени интенсивности проявлялись в 1971, 1972, 1974, 1977, 1984, 1999, 2003, 2009 и 2020 гг. Дефляция проявлялась в основном в зимнее время. Например, в 1972 и 1984 гг. к концу второй декады февраля на обыкновенных черноземах запасы влаги в пахотном слое на зяби и посевах озимой пшеницы понизились по сравнению со второй декадой января на 31–35 мм. Верхний (0–30 см) слой почвы полностью иссушился, и значительно ослабло сцепление между частицами почвы, а в дальнейшем длительное воздействие (в течение двух месяцев) сильных воздушных потоков при скорости ветра 8–11 м/с, отсутствие снежного покрова вызвали распыление почвы и возникновение пыльных бурь

и поземок с потерей почвы от 198,7 т/га в 1972 г., а в 1984 г. скорость ветра в дневное время составила 10–14 м/с с порывами до 25–30 м/с, потери почвы – до 218 т/га.

Немного меньшие потери почвы происходят от поземок, действие которых также проявляется в холодный период года и которые носят кратковременный характер (не более одной-двух недель). Иссущение верхнего слоя почвы и потеря ею структурности приводит к перемещению верхней части пахотного горизонта на небольшие расстояния (120–250 м) в микропонижения, полезащитные лесные насаждения. Потери почвы при этом составляют от 7 до 50 т/га.

Если рассматривать более мелкие элементы рельефа, то здесь есть свои особенности, которые необходимо учитывать при проектировании системы почвозащитных мероприятий.

Наши исследования показали, что экспозиция склона влияет на интенсивность дефляции в связи с ориентацией к направлению дефляционно опасного ветра. Так, при наблюдениях в б. Большой Лог (ОПХ «Рассвет», зона обыкновенных черноземов) установлено, что она вытянута с севера на юг, т. е. ее тальвег не совпадает с основным направлением дефляционного потока. В то же время все ее правобережные склоны являются ветроударными. О степени влияния наветренных и заветренных экспозиций на скорость воздушных масс и вынос мелкозема можно судить по данным натурных наблюдений. Скорость ветра, а отсюда и вынос мелкозема на склоне западной экспозиции была меньше в 1,4 раза, чем на противоположном ветроударном склоне (204 т/га).

Было установлено, что на изменение скорости воздушных масс и интенсивность выдувания почвы оказали влияние ложбины и лощины склонов противоположных экспозиций. Нижняя часть подветренного склона одного из полей полевого севооборота, занятого зябью, окаймлялась прибалочной лесной полосой, которую пересекали несколько ложбин и лощин. На них за шесть лет до пыльных бурь были созданы простейшие гидросооружения из валов и канав. Во время пыльной бури 1984 г. часть мелкозема уносилась за пределы поля, другая часть устремлялась по ложбинам, откладываясь в лесной полосе перед гидросооружениями, которые оказались барьером на пути пыле-ветрового потока. Максимальная мощность наносов по ложбинам и лощинам составила 90–120 см, а шлейфы их выходили в сторону поля на 5–10 м. После окончания пыльных бурь склон в нижней своей части, ранее изрезанный ложбинами и лощинами, оказался как бы сnivelированным.

На наветренном склоне (восточная экспозиция) воздушный поток проникал в суженные места (дефиле) рельефа, какими являются ложбины и лощины, усиливал скорость, что способствовало дополнительному выносу с них почвы. Также установлено, что наибольшие скорости ветра отмечены при выходе воздушного потока из балок при совпадении оси последней с направлением ветра. При этом образуются так называемые балочно-ложбинные ветровые коридоры. По мере поднятия ветрового потока вверх по склону скорость ветра увеличивается, а при достижении верхних выровненных участков плато, как правило, несколько уменьшается.

Вместе с тем в сроках проявления пыльных бурь бывают исключения. Так, неординарная погодная ситуация сложилась в конце лета и осенью 2020 г. В августе и сентябре выпало всего 18,1 мм осадков при норме 137 мм, т. е. недобор составил 76 %. Жаркая и сухая погода сопровождалась умеренными и сильными ветрами восточного направления, которые усилились к концу сентября до ураганных значений (более 20 м/с). Верхний слой почвы был иссушен и обесструктурен. Все это способствовало проявлению пыльных бурь и поземок. В наибольшей степени это проявилось с 29 сентября по 2 октября 2020 г. Исследования, проведенные в этот период, посвященные замеру скорости ветра на различных элементах рельефа, в системе лесных полос и без них, показали следующие результаты (рисунок 1, таблица 2).

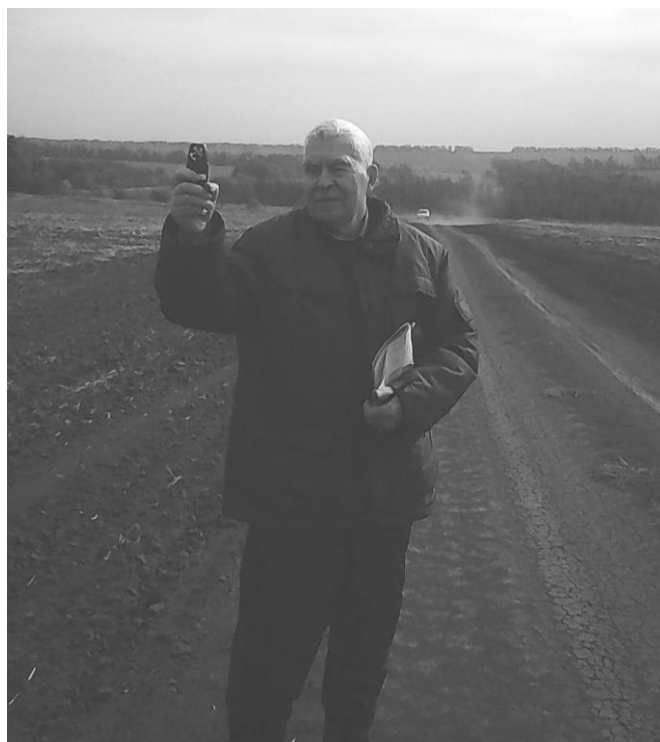


Рисунок 1 – Замеры скорости ветра (фото Г. Т. Балакая)

Таблица 2 – Влияние мелиоративных защитных лесных насаждений (МЗЛН) и агрофона на скорость ветра при юго-восточной экспозиции склона и восточном направлении ветра

Агрофон, тип лесополосы	Экспозиция склона, уклон	Расстояние от МЗЛН с заветренной стороны, м	Скорость ветра, м/с				Вынос почвы, т/га
			сред- няя	max	min	по- рывы	
1 Полезащитное МЗЛН продуваемое, высота 11 м, вспаш- ка на 27–29 см	юго- восточная, ровное место, уклон 1–2°	30	5,6	7,8	3,4	10,4	0,0
		80	14,5	15,9	13,2	17,5	0,8
		200	15,6	17,0	14,2	19,2	18,2
		400	17,6	19,4	15,7	27,8	29,3
2 Стокорегулирую- щее МЗЛН ажурное, высота 12 м, вспаш- ка на 27–29 см	юго- восточная	30	4,7	5,1	4,3	8,3	0,0
		80	11,0	11,0	11,1	15,6	8,6
		200	13,7	14,3	13,1	16,7	19,7
		400	15,3	16,3	14,3	27,0	31,2
3 Прибалочное МЗЛН ажурное, вы- сота 12 м, эспарцет 2-го года использо- вания (на семена)	восточная	30	9,7	10,8	8,6	12,5	0,0
		80	12,0	13,7	10,3	16,2	0,7
		200	13,3	14,9	11,8	18,6	18,5
		400	11,4	12,6	10,2	24,0	19,4
4 Водораздел без МЗЛН, вспашка на 25–27 см	юго- восточная	более 800 м	18,6	19,4	17,8	29,3	37,9

Данные таблицы 2 показывают, что с заветренной стороны полезащитных МЗЛН продуваемой конструкции высотой 11 м (по агрофону вспашке на глубину 27–29 см) на расстоянии от 30 до 80 м средняя скорость ветра составляла 13,4–14,5 м/с, вынос почвы составил соответственно 0,0 и 0,8 т/га, а с удалением от насаждений на расстоя-

ние 200 м средняя скорость увеличивается до 15,6 м/с, на расстояние 400 м – до 17,6 м/с, при этом порывы ветра достигают 19,2 и 27,8 м/с, что приводит к сдуванию и выносу почвы соответственно до 18,2 и 29,3 т/га.

При исследовании стокорегулирующего МЗЛН ажурной конструкции с высотой деревьев 12 м (по агрофону вспашке на глубину 27–29 см) наблюдаются такие же закономерности в изменении скорости ветра, но масса выноса почвы увеличилась до 31,2 т/га по сравнению с 29,3 т/га в зоне МЗЛН продуваемой конструкции. При изучении прибалочного МЗЛН ажурной конструкции высотой 12 м (при чередовании полос посевов эспарцета с отвальной зябью) скорость ветра на разных расстояниях от насаждения была несколько ниже, и при расстоянии 400 м от насаждения вынос почвы также снижался до 19,4 т/га.

На водоразделе без МЗЛН по вспашке скорость ветра составила 18,6 м/с с порывами до 29,3 м/с и вынос почвы был самым высоким (37,9 т/га).

Многолетние исследования показали, что на водоразделах с удалением от МЗЛН на 500 м и более агрофон оказывает большое влияние на массу выдуваемой почвы. Если взять за единицу выдувание массы почвы дефляционными процессами с отвальной зяби (полупара), то остальные культуры и агрофон выстраиваются по степени выдувания почвы в следующем порядке: поздняя гребневая зябь – 0,7–0,8, безотвальная зябь с сохранением на поверхности почвы растительных и пожнивных остатков – 0,4–0,5, посевы озимых культур – 0,1–0,3, посевы многолетних трав – 0,01 (рисунок 2).

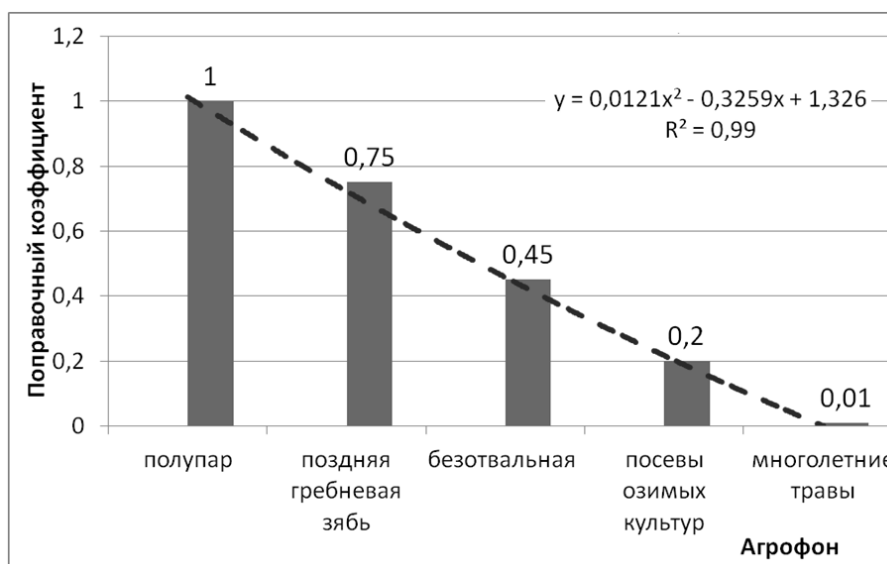


Рисунок 2 – Влияние агрофона на степень выдувания почвы

Возможные потери почвы от дефляции в системе полевых севооборотов на обыкновенных черноземах могут составлять 8,5–9,5 т/га. В целом суммарные ежегодные потери почвы в результате процессов эрозии и дефляции составляют 18–23 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Средние ежегодные потери почвы от процессов эрозии и дефляции и поправочный коэффициент на агрофон по наблюдениям за 1970–2020 гг.

Агрофон	Ежегодная потеря почвы от эрозии и дефляции, т/га	Поправочный коэффициент
Полупар	18,0–23,0	1,00
Поздняя гребневая зябь	13,50–17,25	0,75
Безотвальная	8,10–10,35	0,45
Посевы озимых культур	3,60–4,60	0,20
Многолетние травы	0,18–0,23	0,01

Согласно полученным многолетним данным за 50-летний период общие потери почвы от процессов дефляции составили на отвальной зяби, обработанной по типу полупара, 594,5 т/га, а среднегодовые – 11,9 т/га. Если перевести это в метрическую систему, то ежегодно мощность гумусового горизонта уменьшается на 1,5–2,2 мм. Казалось бы, цифры совсем небольшие, но через 47–50 лет интенсивного сельскохозяйственного использования почва потеряет более 10 см гумусового слоя. Но это всего лишь средние показатели потерь почвы от эрозии и дефляции. Естественно, на склонах более 3° (а таких площадей только в Ростовской области около 30 %) интенсивность эрозии значительно выше.

Выводы

1 Процессы эрозии и дефляции являются основными факторами деградации почвы, которые наносят непоправимый урон плодородию почвы. За 50-летний период наблюдений установлено, что на различных агрофонах ежегодные потери почвы от эрозии и дефляции составляют: на полупаре – 18,0–23,0 т/га, на поздней гребневой зяби – 13,50–17,25 т/га, на безотвальной обработке – 8,10–10,35 т/га, на посевах озимых культур – 3,6–4,6 т/га и на многолетних травах – 0,18–0,23 т/га.

2 Общие потери почвы за 50-летний период от процессов дефляции составили на отвальной зяби, обработанной по типу полупара, 594,5 т/га, а среднегодовые – 11,9 т/га.

3 Обычно пыльные бури возникают в зимний период, при сильных ветрах, отсутствии снежного покрова и высыхании поверхности почвы. Но жаркая и сухая погода в августе и сентябре 2020 г. иссушили верхний слой почвы, а умеренные и сильные ветра восточного направления, которые усилились к концу сентября до ураганных значений (более 20 м/с), вызвали дефляцию почвы на юге России. С заветренной стороны МЗЛН продуваемой конструкции с высотой деревьев 11 м (по агрофону вспашке на глубину 27–29 см) средняя скорость ветра составляла 13,4–14,5 м/с, вынос почвы – соответственно 0,0 и 0,8 т/га при удалении на 30 и 80 м, а с удалением от насаждений на расстояние 200 м средняя скорость ветра увеличивалась до 15,6 м/с, на расстояние 400 м – до 17,6 м/с, что привело к сдуванию и выносу почвы соответственно до 18,2 и 29,3 т/га.

4 При исследовании стокорегулирующего МЗЛН ажурной конструкции с высотой деревьев 12 м (по агрофону вспашке на глубину 27–29 см) наблюдаются такие же закономерности изменения скорости ветра, но масса выноса почвы увеличилась до 31,2 т/га по сравнению с 29,3 т/га в зоне МЗЛН продуваемой конструкции.

5 В зоне прибалочного МЗЛН ажурной конструкции с высотой деревьев 12 м (по агрофону с чередованием полос посевов эспарцета с отвальной зябью) скорость ветра на разных расстояниях от насаждения была несколько ниже, и при расстоянии 400 м от насаждения вынос почвы также снижается до 19,4 т/га. На водоразделе без МЗЛН по вспашке средняя скорость ветра составила 18,6 м/с с порывами до 29,3 м/с и вынос почвы был самым высоким (37,9 т/га).

Список использованных источников

1 Ковалевич, А. Опустынивание и деградация земель в странах СНГ / А. Ковалевич // Лесное и охотничье хозяйство. Экология. – 2010. – Вып. 2. – С. 17–22.

2 Программирование технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Северного Кавказа: рекомендации / Н. А. Кан [и др.]. – Ростов н/Д., 1985. – 120 с.

3 Грызлов, Е. В. Почвозащитная система земледелия: монография / Е. В. Грызлов. – Ростов н/Д.: Рост. кн. изд-во, 1975. – 136 с.

4 Левченко, В. К. Влияние технологий обработки в сети лесных полос на водно-физические свойства почвы и устойчивость ее к эрозии / В. К. Левченко // Лесоразведение и борьба с эрозией почв на Северном Кавказе. – Новочеркасск, 1979. – С. 34–38.

5 Полуэктов, Е. В. Эрозия и дефляция агроландшафтов Северного Кавказа / Е. В. Полуэктов. – Новочеркасск, 2003. – 298 с.

6 Извеков, А. С. Ветроэнергетические условия формирования пыльных бурь в степях Европейской России / А. С. Извеков, А. Н. Сажин, Ю. И. Васильев // Вестник РАСХН. – 2002. – № 4. – С. 47–57.

7 Извеков, А. С. Защита почв от эрозии и воспроизводство плодородия в южных и лесостепных районах России / А. С. Извеков // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 2012. – № 70. – С. 79–95.

8 Рябов, Е. И. Методика определения фактических потерь почвы от ветровой и водной эрозии почв в полевых условиях края / Е. И. Рябов. – Ставрополь: Ставроп. кн. изд-во, 1996. – 13 с.

УДК 556.14

С. А. Манжина, А. О. Матвиенко

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

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

Цель исследования – анализ факторов, формирующих поверхностный сток с сельскохозяйственных полей, и его эколого-экономических последствий. Материалами для исследования послужили труды российских и зарубежных ученых, отчеты о состоянии водных экосистем, почвенных ресурсов и т. д. Эрозионная активность поверхностного (диффузного) стока определяется рядом факторов, обусловленных как природными, так и социально-экономическими территориальными особенностями. В работе выделены три группы факторов, являющиеся определяющими в формировании диффузного стока: природные (климатические и почвенные), ландшафтные и социально-экономические. При рассмотрении последствий воздействия поверхностного стока выделены две их группы: экологические и экономические. Перечень экономических проблем, возникших как следствие диффузного стока, разделен на три типа: производственные, экосистемные и социальные. Как показывает практика, мероприятия по предотвращению либо компенсации последствий диффузного стока требуют значительных финансовых затрат. Для улучшения возможностей прогнозирования и предупреждения возникновения негативных последствий необходимо расширять информационную базу данных, включая в нее наблюдения и за малыми водными объектами, совершенствовать системы наблюдения и программные ресурсы, позволяющие осуществлять оценку и обработку полученных данных.

Ключевые слова: поверхностный сток вод; интенсивность дождей; эрозия почв; эрозионная опасность дождей; экологические последствия диффузного стока; экономические меры компенсационного характера.

S. A. Manzhina, A. O. Matvienko

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

FACTORS OF FORMATION AND ECO-ECONOMIC EFFECTS OF SURFACE RUNOFF

The purpose of the study is to analyze the factors that form surface runoff from agricultural fields and its ecological and economic consequences. The materials for the study were the works of Russian and foreign scientists, reports on the state of aquatic ecosystems, soil resources, etc. The erosion activity of surface (diffuse) runoff is determined by a number of factors due to both natural and socio-economic territorial features. Three groups of factors

that are decisive in the formation of diffuse runoff: natural (climatic and soil), landscape and socio-economic are identified. When considering the consequences of surface runoff effects, two groups of them – ecological and economic – were distinguished. The list of economic problems arisen as a consequence of diffuse runoff is divided into three types: production, ecosystem and social. As practice shows, the measures to prevent or compensate for the consequences of diffuse runoff require significant financial costs. To improve forecasting capabilities and prevent the occurrence of negative consequences, it is necessary to expand the information database, including observations of small water bodies, to improve observation systems and software resources that allow assessing and processing the obtained data.

Key words: surface water runoff; rainfall intensity; soil erosion; erosional hazard of rains; environmental consequences of diffuse runoff; economic compensatory measures.

Введение. Роль поверхностного (диффузного) стока в формировании водной эрозии почв является первостепенной в условиях многих регионов Российской Федерации. Особенно это актуально в зонах активного использования земель, к которым относятся и сельскохозяйственное производство [1–3]. Помимо этого, часто его роль является определяющей в загрязнении водных объектов, что неблагоприятно сказывается как на их экологических параметрах, так и на хозяйственной ценности и может нести в себе отдаленные последствия, приводящие к деградации экосистем [4–10].

По данным Почвенного института им. В. В. Докучаева, на европейской территории России наибольшая густота оврагов и поверхностный смыл почв отмечаются в возвышенных районах лесостепи, степи и сухой степи, которые приходятся на зоны интенсивного использования земель под сельскохозяйственное производство. Наибольшая интенсивность эрозионных процессов наблюдается на сельскохозяйственных угодьях Поволжского федерального округа (до 85–95 % земель), Северо-Кавказского (до 92–98 %), Центрально-Черноземного (до 53–56 %) и Уральского (до 59–67 % земель) [3].

В связи с этим целью исследования является анализ факторов, формирующих поверхностный сток с сельскохозяйственных полей, и его эколого-экономических последствий.

Материалы и методы. Материалами для исследования послужили труды российских и зарубежных ученых, отчеты о состоянии водных экосистем, почвенных ресурсов и т. д.

В качестве методов применялись анализ, обобщение и синтез информации.

Результаты и обсуждение. Поверхностный (диффузный) сток в природных условиях формируется в результате выпадения интенсивных дождей либо в результате таяния снега. Эрозионная активность его определяется рядом факторов, обусловленных как природными, так и социально-экономическими территориальными особенностями. Основные факторы, влияющие на прогрессирование водной эрозии почв, приведены в таблице 1.

Одним из определяющих факторов формирования поверхностного стока является интенсивность осадков. В совокупности с зональными особенностями почв она определяет эрозионную опасность дождей. На основании наблюдений, собранных с 3625 метеорологических станций в 63 странах, и анализа информации о преобладающей интенсивности дождей в различных климатических зонах была создана Глобальная база данных об эрозионной опасности дождей (GloReDa) в различных регионах планеты и глобальная карта (рисунок 1) [11].

В Российской Федерации построена карта интенсивности дождя 20-минутной продолжительности (в литрах в секунду на 1 га) на различных территориях страны (кривые редукации осадков). Помимо этого, имеются карты испаряемости, инсоляции, эрозионности, почвенные, демографические и иные, которые дают общее представление о состоянии территорий в целях обобщенного прогноза их развития [13, 14].

Таблица 1 – Факторы, определяющие условия формирования поверхностного стока и возникновения водной эрозии почв

Природные		Ланд-шафтные	Социально-экономические
климатические	почвенные		
- температура окружающей среды; - глубина промерзания почвы; - количество осадков; - частота выпадения осадков; - сезонное распределение осадков; - интенсивность выпадения осадков (эрозионная активность); - величина капель дождя и скорость их падения; - инсоляция территории; - запасы воды в снеге к весне и суточная интенсивность его таяния	- почвообразующие породы; - влажность; - влагоемкость; - гранулометрический состав; - строение профиля; - плотность; - степень эродированности		- направление использования почв (распашка площадей, лесонасаждение, противоэрозионные мероприятия, использование современных и одобренных методов возделывания почвы и т. д.); - интенсивность использования почв; - применение противоэрозионных мероприятий

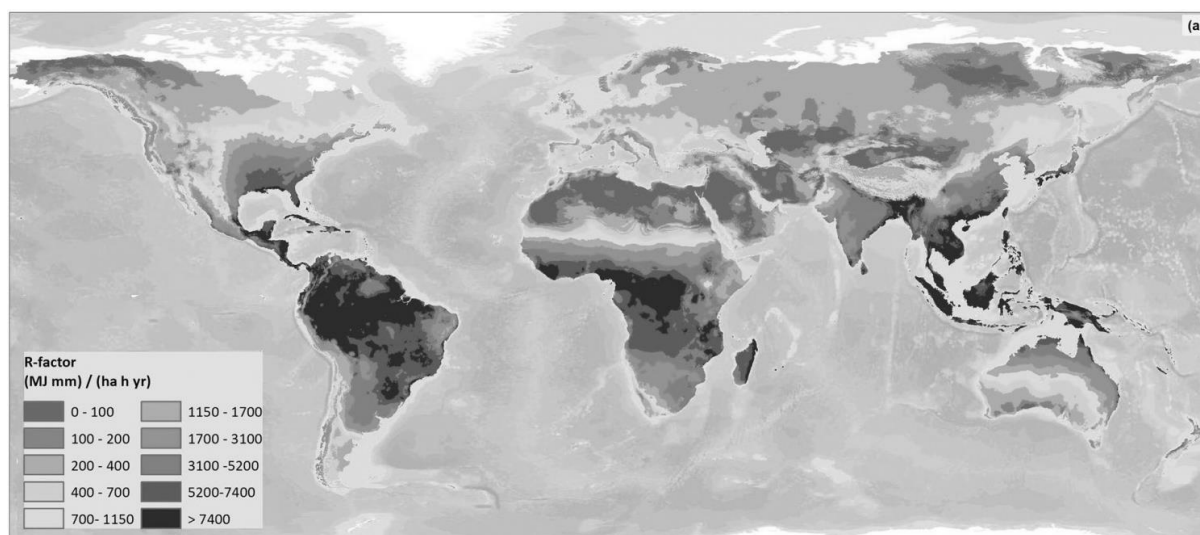


Рисунок 1 – Карта эрозионной опасности дождей (источник: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-rainfall-erosivity#tabs-0-description=1> [12])

Однако для более детальной оценки состояния мезоэкосистем с целью разработки предупреждающих и защитных мероприятий, способных предотвратить негативное воздействие диффузного стока, необходимо проводить мониторинг, особенно на активно осваиваемых и используемых в социально-экономической сфере территориях.

Основные направления воздействия поверхностного стока вод приведены на рисунке 2.

Проблемы, которые возникают как следствие действия диффузного стока, принято разделять на экологические и экономические. К экологическим проблемам относятся эрозия почв, загрязнение водных объектов вынесенными с водосбора веществами, ухудшение среды обитания гидробионтов, изменение наносного режима водных объектов, увеличение числа оврагов, уменьшение гумусового слоя и пр. (рисунок 2).



Рисунок 2 – Основные последствия диффузного стока

Перечень экономических проблем, возникающих как следствие диффузного стока, можно подразделить на три типа:

- производственные, которые характеризуются увеличением затрат на доочистку вод перед применением их в технологических схемах или в целях подачи потребителю, на рост количества вносимых удобрений с учетом их возможного выноса ливневыми стоками и т. д.;
- экосистемные, которые предполагают улучшение состояния локальных экосистем путем улавливания водорослей, укрепления берегов, создания буферных полос и т. д.;
- социальные, которые включают затраты на лечение заболеваний, вызванных загрязнением вод, ухудшение рекреационных показателей территорий, ухудшение здоровья нации и т. д.

Экономические проблемы связаны с необходимостью принятия мер компенсационного характера и финансовыми потерями от недополучения выгод вследствие уменьшения рекреационных возможностей и привлекательности водного объекта, уменьшения запасов и видов гидробионтов, ухудшения здоровья трудовых ресурсов и т. д.

В настоящее время экономические издержки, которые возникают в результате загрязнения водных объектов поверхностными стоками с антропогенно измененных территорий, носят масштабный характер. Так, в таблице 2 приведены ежегодные расходы, которые возникают у некоторых стран Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) в связи с загрязнением их водных объектов диффузным стоком.

Таблица 2 – Расчетные годовые финансовые расходы, возникшие в связи с загрязнением водных ресурсов (выборка из стран ОЭСР) (по материалам исследования IFPRI и Veolia [15])

В млн долл. США

Страна, регион	Вид воздействия на качество вод и затрат	Годовой расход
1	2	3
Австралия	Цветение водорослей, связанное с избытком питательных веществ в пресной воде	116–155
Бельгия	Загрязнение вод (затраты на доочистку питьевой воды)	167–264
Франция	Эвтрофикация прибрежных вод (потеря доходов от туризма и затраты на очистку от водорослей)	139–208
	Поступление нитратов и пестицидов с сельскохозяйственных полей (затраты на компенсационные мероприятия)	695–1219
Корея	Снижение химического загрязнения питьевой воды (затраты на мероприятия)	106
Нидерланды	Загрязнение нитратами и фосфатами (затраты на компенсационные мероприятия)	371–695
Испания	Загрязнение нитратами и фосфатами (затраты на компенсационные мероприятия)	208
Швеция	Береговая эвтрофикация (затраты на компенсационные мероприятия)	1257
	Эвтрофикация Балтийского моря (затраты на компенсационные мероприятия)	719–2143
Швейцария	Сельскохозяйственное загрязнение (затраты на компенсационные мероприятия)	690
Великобритания	Сельскохозяйственное загрязнение поверхностных вод, эстуариев (затраты на доочистку питьевой воды)	458
	Общая совокупная стоимость предотвращения загрязнения вод (точечные и диффузные источники)	892–1656
США ¹	Эвтрофикация пресной воды (затраты на компенсационные мероприятия)	2200
	Загрязнение биогенами (защита гидробионтов)	44
	Ухудшение свойств озерной поверхности от загрязнения питательными веществами	300–2800
	Загрязнение вод (потери от рекреационного неиспользования)	370–1160
	Воздействие загрязнения азотом (затраты на доочистку питьевой воды)	19000
	Воздействие нитратного загрязнения на пресноводные экосистемы	78000

Продолжение таблицы 2

1	2	3
США ¹	Нитратное загрязнение подземных вод (затраты на доочистку питьевой воды)	12000
	Загрязнение подземных вод пестицидами (затраты на доочистку)	2000
	Цветение, вызванное морскими водорослями	34–49
	Сток загрязняющих веществ с автодорог (управление дорожным стоком с основных магистралей)	2900–15600
	Загрязнение пресной воды фосфором и азотом	более 4300
	Ухудшение качества вод (расходы на лечение желудочно-кишечных заболеваний, связанных с качеством питьевой воды)	2100–1380
Европа	Воздействие азотного загрязнения рек и морей на здоровье человека и экосистемы	42–164
	Загрязнение природных вод нитратами (затраты на здравоохранение из-за увеличения случаев рака толстой кишки вследствие присутствия нитратов в питьевой воде)	1062
¹ Примечание – В США проводится пропорционально больше исследований, посвященных затратам, связанным с загрязнением водных ресурсов, поскольку нормативное требование заключается в проведении анализа затрат и выгод, связанных с новыми правилами.		

Данные таблицы 2 показывают масштабы средств, выделяемых из бюджетной системы государств на проведение мероприятий по компенсации последствий, возникших в результате валового загрязнения водных объектов. Вычленив расходы, вызванные загрязнением, привнесенным с поверхностным стоком, можно при более детальной оценке его доли в общем количестве загрязнения вод массовым методом [16]. В большинстве стран Европы, Северной Америки и Японии существует мнение, что соотношение между поступающими загрязнениями из точечных и диффузных источников составляет примерно 50:50 [17].

В России экономические последствия диффузного стока оценивались для ряда территорий как утрата почвенных ресурсов в результате развития эрозионных процессов и деградация водных объектов в результате загрязнений, привнесенных диффузным стоком. Так, например, по расчетам С. В. Брыля и М. С. Зверькова (2019), ежегодный недобор сельскохозяйственной продукции в результате эрозии почв составляет 13,2 млн т з. е. [18]. Данных об экономических затратах страны, возникших из-за воздействия диффузного стока, в системах свободного доступа не обнаружено.

Выводы. Эрозионная активность поверхностного (диффузного) стока определяется совокупностью природных (климатических и почвенных), ландшафтных и социально-экономических факторов.

Последствия диффузного стока можно оценивать как экологические и экономические. Последние, в свою очередь, имеют производственный, экосистемный и социальный характер. Как показывает практика, мероприятия по предотвращению либо компенсации последствий диффузного стока требуют значительных финансовых затрат.

Для улучшения возможностей прогнозирования и предупреждения возникновения негативных последствий необходимо расширять информационную базу данных, включая в нее наблюдения и за малыми водными объектами, совершенствовать системы наблюдения и программные ресурсы, позволяющие осуществлять оценку и обработку полученных данных.

Список использованных источников

- 1 Швец, Г. И. Теоретические основы эрозиоведения / Г. И. Швец. – Киев – Одесса: Вища школа. Головное изд-во, 1981. – 224 с.
- 2 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2018 году» / под общ. ред. М. В. Фишкина; М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл. – Ростов н/Д., 2019. – 370 с.
- 3 Кузнецов, М. С. Распространение эрозии почв [Электронный ресурс] / М. С. Кузнецов, А. Н. Каштанов. – Режим доступа: <https://soilatlas.ru/rasprostranenie-erozii-pochv>, 2019.
- 4 Факторы влияния диффузного загрязнения на водные объекты / Л. Д. Раткович, В. Н. Маркин, И. В. Глазунова, С. А. Соколова // Природообустройство. – 2016. – № 3. – С. 64–75.
- 5 Коронкевич, Н. И. Сток с водосбора как источник диффузного загрязнения рек / Н. И. Коронкевич, С. В. Долгов // Вода и экология: проблемы и решения. – 2017. – № 4(72). – С. 103–110. – DOI: 10.23968/2305-3488.2017.22.4.103-110.
- 6 Хендерсон-Селлерс, Б. Умирающие озера. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования: пер. с англ. / Б. Хендерсон-Селлерс, Х. Р. Марклэнд. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 279 с.
- 7 Bennett, E. M. Human impact on erodable phosphorus and eutrophication: A global perspective / E. M. Bennett, S. R. Carpenter, N. F. Caraco // Bioscience. – 2001. – № 51(3). – P. 227–234. – DOI: 10.1641/0006-3568(2001)051[0227:HIOEPA]2.0.CO;2.
- 8 Kyriakeas, S. A. Effects of adjacent agricultural activities and watershed characteristics on stream macroinvertebrates communities / S. A. Kyriakeas, M. C. Watzin // Journal of the American Water Resources Association. – 2006. – № 42. – P. 425–441. – DOI: 10.1111/j.1752-1688.2006.tb03848.x.
- 9 Water pollution from agriculture: A global review / J. Mateo-Sagasta, S. M. Zadeh, H. Turrall, J. Burke; Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Water Management Institute. – Rome; Colombo, 2017. – 29 p.
- 10 Robertson, G. P. Nitrogen in agriculture: Balancing the cost of an essential resource / G. P. Robertson, P. M. Vitousek // Annual Review of Environment and Resources. – 2009. – Vol. 34. – P. 97–125. – DOI: 10.1146/annurev.enviro.032108.105046.
- 11 European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements / P. Panagos, M. van Liedekerke, A. Jones, L. Montanarella // Land Use Policy. – 2012. – Vol. 29, iss. 2. – P. 329–338. – DOI: 10.1016/j.landusepol.2011.07.003.
- 12 European Soil Data Centre (ESDAC) [Electronic resource]. – Mode of access: esdac.jrc.ec.europa.eu, 2020.
- 13 Национальный атлас России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://xn--80aaaa1bhncclci1cl5c4ep.xn--p1ai/>, 2020.
- 14 Электронная версия Национального атласа почв Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://soil-db.ru/soilatlas>, 2020.
- 15 The murky future of global water quality. New global study projects rapid deterioration in water quality / IFPRI, Veolia. – 2015. – 12 p.
- 16 Манжина, С. А. Российские и зарубежные практики мониторинга диффузионных загрязнений, поступающих в водные объекты / С. А. Манжина, Ю. Е. Домашенко // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2020. – № 3(06). – С. 1–20. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm1.ru/article?n=74>. – DOI: 10.31774/2658-7890-2020-3-1-20.
- 17 ИВП РАН выявил более 20 типов неизученных источников загрязнения Волги [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iwp.ru/about/news/ivp-ran-vyyavil-bolee-20-tipov-neizuchennykh-istochnikov-zagryazneniya-volgi/>, 2020.
- 18 Брыль, С. В. Экономические риски последствий эрозии как элемент оценки технического уровня гидромелиоративных систем / С. В. Брыль, М. С. Зверьков // Экология и строительство. – 2019. – № 2. – С. 43–49.

УДК 631.811.1:631.58

А. Н. Бабичев, Д. П. Сидаренко

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

АЗОТНОЕ ПИТАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ТОЧНОГО ОРОШЕНИЯ

Цель исследований состояла в изучении питательного режима сельскохозяйственных культур на фоне прецизионного орошения в Центральной орошаемой зоне Ростовской области. В ходе проведения исследований выявлено, что наибольшее содержание азота под изучаемыми сельскохозяйственными культурами как в слое 0–20 см, так и в слое почвы 0–40 см было выявлено в период формирования корнеплодов на свекле и моркови ($(25,7 \pm 5,1)$, $(52,5 \pm 10,5)$, $(44,7 \pm 8,9)$, $(38,0 \pm 7,6)$ мг/кг соответственно). Наименьшие запасы азота ($(14,8 \pm 3,0)$, $(10,2 \pm 2,0)$, $(20,9 \pm 4,2)$, $(5,6 \pm 1,7)$ мг/кг соответственно) выявлены на кукурузе и картофеле, что свидетельствует о значительном потреблении данными культурами азота и его существенном выносе из почвы. Различные сельскохозяйственные культуры по-разному реагируют на внесение азотных удобрений, внесение повышенных доз может ухудшать как качество урожая, так и экологическую обстановку в целом. Поэтому на сегодняшний день назрела необходимость применения новых точных технологий внесения минеральных удобрений, в первую очередь азотных, и точного орошения.

Ключевые слова: почва; азот; минеральные удобрения; дифференцированное внесение; урожай.

A. N. Babichev, D. P. Sidarenko

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

AGRICULTURAL CROPS NITROGENOUS NUTRITION UNDER PRECISE IRRIGATION

The purpose of the research was to study the nutritional regime of agricultural crops against the background of precision irrigation in the Central irrigated zone of Rostov region. In the course of the research, it was found that the highest nitrogen content under the studied agricultural crops both in the 0–20 cm layer and in the 0–40 cm soil layer was revealed during the formation of root crops on beets and carrots ((25.7 ± 5.1) , (52.5 ± 10.5) , (44.7 ± 8.9) , (38.0 ± 7.6) mg/kg, respectively). The smallest nitrogen reserves ((14.8 ± 3.0) , (10.2 ± 2.0) , (20.9 ± 4.2) , (5.6 ± 1.7) mg/kg, respectively) were identified in corn and potatoes, which indicates a significant consumption of nitrogen by these crops and its significant removal from the soil. Different agricultural crops react differently to the application of nitrogen fertilizers; the application of increased doses can worsen both the quality of the crop and the environmental situation in general. Therefore, today there is a need to use new precise technologies for the application of mineral fertilizers, primarily nitrogen ones, and precision irrigation.

Key words: soil; nitrogen; mineral fertilizers; differentiated application; yield.

Введение. Азот – один из необходимых элементов для жизни растений. Он играет важную роль в формировании урожая. В почве происходит полный цикл превращения азота: азотфиксация, аммонификация, нитрификация и денитрификация. От интенсивности отдельных звеньев круговорота азота зависят общие процессы его накопления в почвах [1, 2].

Содержание минерального азота в почве составляет не более 1 % от общего. Как правило, в почвах он находится в практически недоступной или труднодоступной органической форме. Зачастую под действием биологических процессов, происходящих в почве, он может трансформироваться в легкоусвояемые растениями минеральные формы. Под влиянием анаэробных и аэробных микроорганизмов происходит процесс распада азотных органических веществ почвы до аммиака (аммонификация). После поглощения почвенными коллоидами аммиака, накопленного в анаэробных условиях, он может усваиваться растениями, так как под влиянием процессов жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий трансформируется в нитриты и затем окисляется до нитратов.

Нитратный азот, как правило, легкодоступен для растений, вместе с тем процесс минерализации имеет разную продолжительность в различных типах почв. Пополнение азота в почве может осуществляться в результате азотфиксирующей способности свободноживущих и клубеньковых микроорганизмов и поступления его с атмосферными осадками при их выпадении (дождь, снег). Азот поглощается почвенными микроорганизмами, используется клубеньковыми бактериями, которые, связывая неорганический атмосферный азот, продуцируют органический.

В почвах одновременно с минерализацией органических азотсодержащих веществ идет процесс перехода минеральных соединений азота в органические, недоступные растениям формы. Кроме того, содержание минерального азота в почве снижается в результате процесса денитрификации, развивающейся в анаэробных условиях. При этом нитратный азот восстанавливается микроорганизмами до свободного газообразного азота, который улетучивается из почвы. Азот теряется также в результате вымывания нитратов, особенно из легких почв, осадками и дренажными водами [3].

Использование удобрений позволяет уменьшить общий недостаток основных элементов питания в доступных для растений формах, устранить несоответствие между естественно складывающимися темпами их мобилизации и потребностью растений в течение вегетационного периода, данным требованиям наиболее эффективно отвечает технология дифференцированного внесения минеральных и органических удобрений [4].

Технологический процесс дифференциации доз удобрений в системе точного земледелия при орошении представляет собой многоуровневую систему, включающую в себя блок технологических операций, технических приборов и программного обеспечения [5, 6].

Цель исследований состояла в изучении питательного режима сельскохозяйственных культур на фоне прецизионного орошения в Центральной орошаемой зоне Ростовской области.

Материалы и методы. Анализ образцов почв для выявления содержания в них азота проводился в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019. Отбирались точечные (единичные) почвенные пробы в трехкратной повторности по слоям 0–20, 20–40 см с набором объединенной пробы. Химический анализ образцов почв сделан в эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ».

По морфологическому строению почвенный покров опытного участка однороден и представлен лугово-черноземными почвами среднemosными по мощности гумусового слоя и слабогумусированными по содержанию общего гумуса. Водные физические свойства лугово-черноземных почв, согласно классификации, хорошие и характеризуются следующими показателями: наименьшая влагоемкость почвы для слоя 0–60 см составляет 28,6 %, а для слоя 0–100 см – 27,9 %.

По агроклиматическому районированию территория района проведения исследований относится к подрайону ПвБ. Климат данного подрайона характеризуется как засушливый и вместе с тем недостаточно жаркий. Сумма температур за период вегетации сельскохозяйственных культур колеблется в пределах 3000–3200 °С. Продолжи-

тельность безморозного периода составляет 165–175 дней. Среднемесячная температура июня составляет 22 °С. Зима характеризуется как умеренно холодная, температура зимой может колебаться от минус 6 до минус 30 °С [7].

Для оптимального баланса азота нужное его количество следует разделить на основное и несколько дополнительных внесений по фазам вегетации сельскохозяйственных культур. Азотные удобрения в опыте в виде аммиачной селитры (N – 34,5 %) вносились в критические фазы развития растений. Норма внесения рассчитывалась на основе анализа «вегетационного индекса» (NDVI). NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности, по которому можно судить о развитии биомассы растений во время вегетации. Зеленые листья растений поглощают электромагнитные волны в красном диапазоне и отражают волны в ближнем инфракрасном. Чем больше листовая поверхность растений и чем больше хлорофилла в листьях, тем сильнее растения поглощают попадающий на них красный свет (и меньше его отражают). По сумме и разности отражений в красном и ближнем инфракрасном диапазонах вычисляется индекс NDVI. NDVI посевов измерялся наземным методом (с помощью оптического датчика N-tester Yara). Диапазон абсолютных значений индекса NDVI от минус 1 до плюс 1. Для растительности индекс принимает положительные значения (примерно от 0,2 до 0,9), и чем больше зеленая фитомасса растений в момент измерения, тем значение NDVI ближе к единице. Показатель NDVI относительный, он не показывает абсолютных значений биомассы зеленых листьев (в тоннах на гектар, например), но по нему можно достоверно оценить, насколько хорошо или плохо развивается посев [8–11]. Для определения нормы внесения азотных удобрений в листьях свеклы, моркови, картофеля и кукурузы с помощью оптического датчика N-tester Yara (наземным методом) измерялось содержание азота в их критические фазы развития.

Результаты и обсуждение. В период проведения исследований под культурами поддерживался следующий режим увлажнения:

- морковь – поддержание влажности почвы в диапазоне 0,8–1,0 НВ в расчетном слое почвы 0,4 м;
- картофель – поддержание влажности почвы в диапазоне 0,8–1,0 НВ в расчетном слое почвы 0,6 м;
- свекла – поддержание влажности почвы в диапазоне 0,8–1,0 НВ в расчетном слое почвы 0,4 м;
- кукуруза на зерно – поддержание влажности почвы в диапазоне 0,7–1,0 НВ в расчетном слое почвы 0,6 м до наступления фазы выметывания, далее 0,8–1,0 НВ в расчетном слое почвы 0,6 м.

Содержание азота под сельскохозяйственными культурами представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание нитратного азота под сельскохозяйственными культурами, изучаемыми в опыте

Сельскохозяйственная культура	Слой почвы, см	Содержание нитратного азота, мг/кг
Морковь	0–20	44,7 ± 8,9
	20–40	38,0 ± 7,6
Картофель	0–20	20,9 ± 4,2
	20–40	5,6 ± 1,7
Свекла	0–20	25,7 ± 5,1
	20–40	52,5 ± 10,5
Кукуруза	0–20	14,8 ± 3,0
	20–40	10,2 ± 2,0

В ходе проведения исследований выявлено, что наибольшее содержание азота под изучаемыми сельскохозяйственными культурами как в слое 0–20 см, так и в слое почвы 0–40 см было выявлено в период формирования корнеплодов на свекле и моркови ($(25,7 \pm 5,1)$, $(52,5 \pm 10,5)$, $(44,7 \pm 8,9)$, $(38,0 \pm 7,6)$ мг/кг соответственно). Это вполне объяснимо, так как для корнеплодов более важен фосфор и калий, азот же приведет к формированию массивной ботвы, может вызвать образование ствола корнеплодов, огрубение их тканей, снижение содержания ценных питательных веществ и повышение содержания нитратов.

Азотные удобрения в дозе N_{90-120} значительно (в 1,5–2,0 раза) повышают продуктивность свеклы, обеспечивают получение стандартной продукции и оптимальный размер корнеплодов. Наряду с увеличением урожайности свеклы может ухудшаться ее качество: в корнеплодах снижается содержание сухого вещества, пектина, сахаров [12].

На фоне избытка азота и недостатка влаги морковь и свекла замедляют рост, корнеплоды грубеют, деревенеют, приобретают горьковатый привкус.

Наименьшие запасы азота выявлены на кукурузе и картофеле, что свидетельствует о значительном потреблении данными культурами азота и его существенном выносе из почвы.

Азот является наиболее важным из элементов, которые обеспечивают рост и высокие урожаи картофеля. Он способствует оптимальному образованию в листьях первичного продукта фотосинтеза. Избыточное внесение азота на поздних стадиях роста может значительно уменьшить содержание сухого вещества, что негативно влияет на качество урожая.

Ввиду своей биологической особенности корневая система кукурузы усваивает нитратную форму азота – она подвижна, легко усваивается при низкой температуре почвы. Амидную форму азота растение усваивает листьями. На переход азота из амидной формы в нитратную уходит от 1 до 4 сут, из NH_4 в NO_3 – от 7 до 40 сут.

Наиболее наглядно содержание азота под сельскохозяйственными культурами, изучаемыми в опыте, выражает рисунок 1.

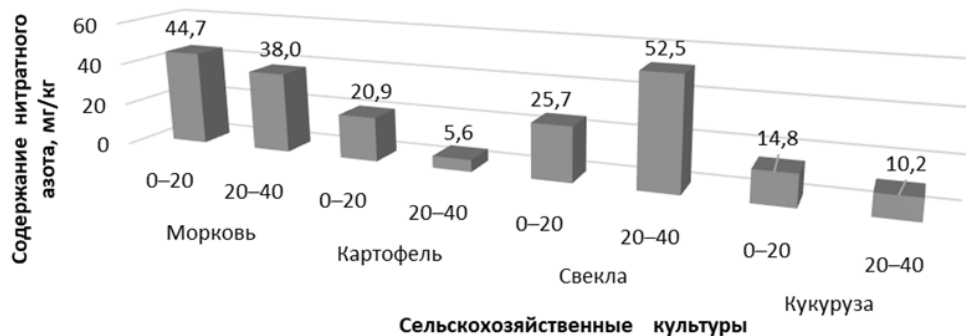


Рисунок 1 – Содержание нитратного азота под различными сельскохозяйственными культурами

На процессы аммонификации и нитрификации оказывали влияние осадки, температура, остаточное количество питательных веществ в почве, фоновые удобрения – известь и навоз. Внесение минеральных удобрений (особенно азотных в виде аммиачной селитры) в различных дозах и сочетаниях, их длительность действия и последствий, обработка почвы оказывали прямое действие на изучаемые процессы. Определяющим фактором их проявления стали внешние гидротермические условия [13–15].

В почве под сельскохозяйственными культурами процесс снижения содержания нитратного азота продолжается от ранневесенних сроков до фазы наибольшего потребления элемента растениями [16].

Выводы. С целью рационального использования минеральных удобрений, под-

держания на должном уровне экологической обстановки необходимо совершенствование технологии внесения минеральных удобрений, поскольку имеющиеся рекомендуемые технологии внесения удобрений не всегда отвечают экологическим требованиям. Особенно положение обостряется на орошаемых землях, где при необоснованно завышенных нормах внесения минеральных удобрений сельскохозяйственные культуры просто его не усваивают, что приводит к накоплению в почве высоких доз нитратов, это на фоне региональных норм орошения может вызывать возникновение негативных процессов.

Проведенные исследования показали, что технология дифференцированного внесения удобрений по результативности превосходит рекомендуемую зональную и обеспечивает наиболее рациональное использование удобрений, накопление азота в почве и сохранение экологического равновесия в окружающей среде.

Список использованных источников

1 Минеев, В. Г. Экологические аспекты агрохимии / В. Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 282 с.

2 Кудеяров, В. Н. Формы азота и эффективность удобрений / В. Н. Кудеяров. – М.: Наука, 1989. – 214 с.

3 Пищевой режим и оценка плодородия почв [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kgau.ru/distance/2013/a2/010/011_05.html, 2020.

4 Сидаренко, Д. П. Современная технология орошения и внесения минеральных удобрений с поливной водой / Д. П. Сидаренко // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. материалов XV Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул, 2020. – С. 403–404.

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

6 Стратегия успешного развития мелиорации – прецизионное орошение / С. М. Васильев, В. И. Ольгаренко, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2020. – № 3(39). – С. 1–22. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/article?p=1135>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-1-22.

7 Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области / Ю. П. Хрусталеv [и др.]; науч. ред.: М. Ч. Залиханов; М-во образования РФ [и др.]. – Ростов н/Д.: Бат. кн. изд-во, 2002. – 183 с.

8 Бабичев, А. Н. Дифференцированное внесение минеральных удобрений при использовании точного земледелия на фоне орошения / А. Н. Бабичев, Д. П. Сидаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 2(78). – С. 23–29.

9 Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2018663750. Расчет доз внесения минеральных удобрений / Васильев С. М., Бабичев А. Н., Монастырский В. А., Ольгаренко В. И., Гонзалез-Гальего М. Р., Нецепляев Д. А. – № 2018619426; заявл. 04.09.18; опубл. 02.11.18.

10 Монастырский, В. А. Алгоритм планирования и программа расчета доз удобрений для точного орошения / В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев, В. Иг. Ольгаренко // Ресурсосбережение и адаптивность в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур и переработки продукции растениеводства: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Персиановский, 2018. – С. 48–52.

11 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.

12 Семенченко, Е. Л. Качество продукции столовой свеклы летних сроков посева в условиях Северной степи / Е. Л. Семенченко // Наука и мир. – 2014. – № 1(5). – С. 147–149.

13 Дзюнин, Г. П. Изменение минеральных форм азота в севообороте с длительным использованием удобрений / Г. П. Дзюнин, А. Г. Дзюнин // Владимирский земледелец. – 2015. – № 3–4(73–74). – С. 11–13.

14 Макаров, В. И. К физиологической кислотности азотных удобрений / В. И. Макаров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 8(106). – С. 27–30.

15 Щур, А. В. Нитрификационная активность почв при различных уровнях агротехнологического воздействия / А. В. Щур, Д. В. Виноградов, В. П. Валько // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета. – 2015. – № 2(26). – С. 21–26.

16 Новиков, А. А. Азотный режим черноземов юга России / А. А. Новиков // Экономика и экология территориальных образований. – 2018. – Т. 2, № 4. – С. 96–102.

УДК 631.347

Ю. Е. Домашенко

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

В. И. Ляшевский, В. П. Горобей, М. В. Вердыш

Крымский филиал Российского научно-исследовательского института проблем мелиорации, Симферополь, Российская Федерация

РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ УВЛАЖНИТЕЛЯ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

В статье обоснованы технико-технологические особенности и расчетные параметры пневмогидравлического устройства для распыления жидкости с целью орошения и мелкодисперсного увлажнения сельскохозяйственных растений. Рассмотрено влияние давления и расхода воды и воздуха на величины диаметров сопел водяного и воздушного штуцеров, диаметры кольцевых зазоров подачи воды и воздуха в камеру смешения, а также на диаметр выходного сопла. Использование полученных расчетных данных позволяет расширить технологические возможности увлажнителя, обеспечить оперативное регулирование размеров капель искусственного дождя. Достигаемый технический результат заключается в упрощении конструкции, повышении эксплуатационной надежности, оптимизации технологических параметров и ускорении изготовления образцов устройства увлажнителя.

Ключевые слова: искусственный дождь; увлажнитель; конструкция; технические решения; моделирование; параметры; расчет.

Yu. E. Domashenko

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

V. I. Lyashevsky, V. P. Gorobey, M. V. Verdys

Crimean Branch of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Simferopol, Russian Federation

DESIGN PARAMETERS OF THE HUMIDIFIER FOR AGRICULTURAL CROP IRRIGATION

The technical and technological features and design parameters of a pneumohydraulic device for spraying liquid for irrigation and fine-dispersed moistening of agricultural plants are determined. The influence of water and air pressure and flow rate on values of nozzles diameters of water and air intakes, on the diameter of annular space of water and air delivery

into mixing chamber and on the diameter of output nozzle is considered. The use of the calculated data will allow to expand the technological capabilities of the humidifier, to ensure prompt regulation of artificial rain drops size. The achieved technical result consists in simplifying the design, increasing operational reliability, optimizing technological parameters and speeding up the production of samples of humidifier devices.

Key words: artificial rain; humidifier; design; technical solutions; modeling; parameters; calculation.

Введение. Процесс каплеобразования при подаче оросительной воды с помощью дождевальных машин изучался довольно глубоко [1]. Размеры капель естественных и искусственных дождей колеблются в широких пределах: первых – от 0,1 до 7,0 мм, а вторых – от 0,4 до 4,0 мм. Ряд исследователей [2–5] отмечали отрицательное воздействие увеличения диаметра капель на верхний слой почвы, причем до глубины 3–5 см, а сила воздействия капель диаметром 3–5 мм в 4–5 раз больше, чем капель диаметром 1 мм.

По сравнению с традиционным поливом (дождевание или полив по бороздам) технология микроорошения имеет следующие преимущества: снижение расхода воды в 2–5 раз; эффективность орошения достигает 85–90 %, поскольку вода поступает непосредственно к корневой системе растений; обеспечение оптимальных затрат воды и удобрений согласно физиологическим потребностям растений на основе создания благоприятного водного и питательного режима грунта; повышение урожайности орошаемых культур на 30–50 % и улучшение качества продукции; снижение эксплуатационных затрат по сравнению с другими способами орошения на 50–70 %; сведение к минимуму или полное исключение вредного влияния на окружающую среду [6]. Поэтому необходима разработка технологий орошения и эксплуатации технических средств, в наибольшей степени соответствующих почвенно-климатическим условиям районов применения, с качеством искусственного дождя, соответствующим качеству естественных дождей «средней» силы, наиболее благоприятных для почв и растений, базирующихся на принципах водознергосбережения и экологической устойчивости природных объектов. Как показывает анализ мировых и отечественных научно-технических материалов, этим требованиям лучше всего соответствуют системы микроорошения [7–11].

Известно устройство для водовоздушного распыления жидкости, в котором камера для сжатого газа и емкость для жидкости с выпускным отверстием, разделенные запорным клапаном, в процессе работы сообщаются через сопло путем направленного воздействия на объем жидкости газа под давлением, газ перед воздействием на жидкость пропускают через сопло в направлении подачи жидкости [12]. Известно и устройство вихревой форсунки, позволяющей осуществлять распыление воды и растворов, содержащей корпус со шнеком, выполненным сплошным, с направляющими на внешней поверхности и распылительный диск, расположенный соосно в нижней части корпуса, а в верхней части корпуса штуцер с цилиндрическим отверстием для подвода жидкости, соединенный с диффузором, осесимметричным корпусу и штуцеру, шнек запрессован в корпус с образованием конической камеры. Распыление жидкости происходит при ее подаче по цилиндрическому отверстию в диффузор, а из него в коническую камеру, из которой под давлением она поступает во внешнюю винтовую полость шнека для турбулизации, а на выходе из форсунки вращающийся факел взаимодействует с распылительным диском [13]. Конструкции устройств имеют низкую эксплуатационную надежность в условиях сельскохозяйственного орошения, среди сдерживающих факторов – сложность и отсутствие технических решений для использования энергии воздушной фазы с целью повышения степени распыления жидкости, а также регулирования размеров капель искусственного дождя.

Представляет интерес для техники полива мелкодисперсным и капельным дождеванием и может быть использована при увлажнении и искусственном орошении сельско-

хозяйственных культур конструкция форсунки для пылеподавления, содержащая корпус, канал для подачи газа, расположенное с ним на одной оси сопло и полость с входным и выходным каналами для жидкости. На корпусе форсунки выполнена наружная резьба, предназначенная для закручивания регулировочной гайки с внутренним уступом и кольцевым резиновым уплотнением [14]. При работе устройства жидкость под давлением по каналу через радиальную выточку и кольцевую щель поступает в смесительную камеру, куда одновременно подается сжатый воздух. В смесительной камере жидкость подвергается распылению, а затем образовавшаяся водовоздушная смесь направляется в диффузор. Эффективность работы устройства по диспергированию жидкой фазы обеспечивается положением сопла относительно штуцера для подачи жидкости.

Недостатком известного устройства при получении искусственного дождя является необходимость для его функционирования подачи исходных рабочих фаз для смешивания воздуха и жидкости при высоких давлениях, низкая эксплуатационная надежность при обычном дождевании широкого спектра сельскохозяйственных культур в производственных условиях, повышенные требования к качеству исходной жидкой фазы.

Данные недостатки обусловлены конструктивными особенностями устройства, в котором осуществляется использование воздуха в качестве основной активной фазы, что подается последовательно в камеру смешивания и диффузор через сопло центрального осевого канала, необходимостью поддержания давления воздуха при заданном значении, а жидкость в камеру смешивания и диффузор поступает через радиальную выточку и регулируемую от 0,5 мм кольцевую щель.

Поэтому актуальной задачей является расширение технологических возможностей мелкодисперсного пневмогидравлического увлажнителя по качеству распыления оросительной воды, сокращение расхода влаги на суммарное водопотребление, а также обеспечение оперативного регулирования размеров капель искусственного дождя и повышение эксплуатационной надежности.

Материалы и методы: анализ конструкций дождевальных машин, технологического оборудования и насадок для получения искусственного дождя, математическое моделирование рабочего процесса с целью обоснования геометрических и технологических параметров пневмогидравлического устройства для создания мелкодисперсного искусственного дождя, регулирования размера и равномерности распределения капель дождя в пространстве и снижения энергозатрат. Алгоритм расчета параметров устройства пневмогидравлического увлажнителя выполнен и работает в табличном процессоре (Excel или WPS) с использованием приведенных математических выражений для обоснования основных конструктивно-технологических параметров устройства.

Результаты и обсуждение. Для решения поставленных задач предложен мелкодисперсный пневмогидравлический увлажнитель [15], конструктивные особенности которого поясняются графическим материалом (рисунок 1а). Мелкодисперсный пневмогидравлический увлажнитель содержит корпус 1 с крестообразно выполненными каналами.

Вдоль оси 2 корпуса выполнен центральный канал, соединенный с противоположных концов с каналом штуцера подачи воды 3 и каналом 4 штуцера для подачи воздуха в камеру смешивания 5, расположенную посередине, с диспергатором 6. Части центрального канала, контактирующие с камерой смешения, имеют конусообразные сужения, в которых созданы регулируемые кольцевые щели для подачи воды и воздуха. Щель подачи воды регулируют по резьбе дроссельным устройством, состоящим из винта со штоком и конусообразным наконечником 7 с направителем. Положение дроссельного винта регулирования подачи воды фиксируют контргайкой. Щель подачи воздуха аналогично регулируется по резьбе дроссельным устройством, включающим конусообразный наконечник 8. Камера смешения соединена с разгрузочным каналом, проходящим вдоль оси 10 перпендикулярно центральному каналу. Разгрузочный канал

корпуса с одного торца снабжен выходным соплом 10, включающим входной конус, заходное цилиндрическое сужение, переходящее в канал 11 с двухзаходным винтовым углублением и выходным конусом. Выходное сопло ввинчивают по резьбе в корпус и фиксируют контргайкой. На стороне, противоположной выходному соплу разгрузочного канала, по резьбе в корпус ввинчена гайка, в отверстие которой по резьбе установлен регулировочный винт с контргайкой положения диспергатора 6, выполненного из мелкоячеистой сетки цилиндрической формы диаметром, меньшим диаметра разгрузочного канала, с отверстиями напротив кольцевых щелей подачи воды и воздуха и направленного торцом зонтикообразной формы во входной конус выходного сопла.

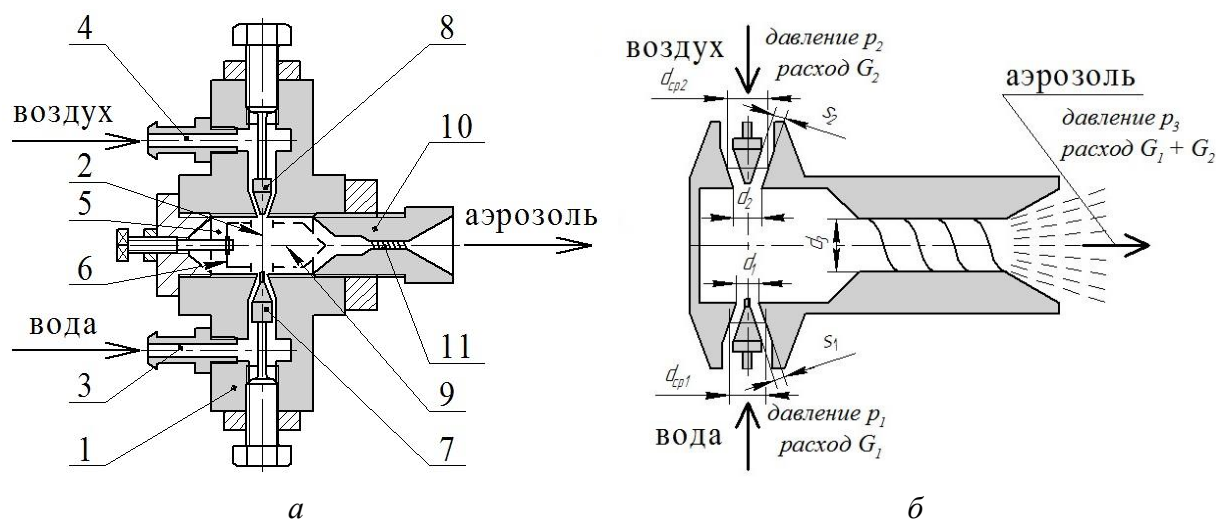


Рисунок 1 – Схемы мелкодисперсного пневмогидравлического увлажнителя: а – конструктивная; б – эквивалентная

При работе мелкодисперсного пневмогидравлического увлажнителя поток воды под давлением поступает по каналу 3 в полость, образуемую дроссельным устройством, и вдоль штока в кольцеобразную щель, образованную между конусообразным наконечником 7 и конусообразным сужением канала на его входе в камеру смешения 5. Поток воды в конусообразной кольцевой щели приобретает трубчатую пленочную форму, которая взаимодействует с направителем и формирует полый веер в виде конусообразной воронки, он направляется через отверстие в диспергатор 6 камеры смешения 5. Толщину пленки воды устанавливают по резьбе дроссельным устройством, состоящим из винта со штоком и конусообразным наконечником 9 с направителем, и фиксируют контргайкой. Поток воздуха поступает аналогично по каналу 4 штуцера в полость, откуда поступает вдоль штока в кольцеобразную щель, образованную конусообразным наконечником 8 и конусообразным сужением канала на входе в камеру смешения. Кольцевую щель подачи воздуха регулируют дроссельным устройством. Из кольцевой щели воздух направляется в диспергатор камеры смешения 5 и, распределяясь по вееру потока воды, движущемуся навстречу, разрушает его в диспергаторе 6. Образованная водовоздушная смесь поджимается к торцу зонтикообразной формы диспергатора 6 и направляется сначала во входной конус, переходящий в заходное цилиндрическое сужение выходного сопла 10, ускоряется и попадает в канал 11 с двухзаходным винтовым по спирали углублением, где частично завихряется и поступает в выходной конус, дополнительно диспергируясь при перепаде давления. Функцию дефлектора выполняет окружающая среда – воздух – по принципу струйных аппаратов.

Положение диспергатора регулируют с фиксацией. Расстояние от выходной части диспергатора до входного конуса выходного сопла 10 и объем камеры смешения 5 регулируют ввинчиванием выходного сопла 10 по резьбе и фиксацией положения.

С учетом конструктивных особенностей устройства обоснование его технологических параметров производили по схеме, представленной на рисунке 1б.

Площадь поперечного сечения f_1 сопла водяного штуцера найдем из уравнения для расхода воды G_1 через сопло [16]:

$$G_1 = \mu_1 f_1 \sqrt{2p_1},$$

где μ_1 – коэффициент расхода воды, значение которого всегда меньше 1;

p_1 – давление воды, Па.

Отсюда:

$$f_1 = \frac{G_1}{\mu_1 \sqrt{2p_1}}. \quad (1)$$

Из уравнения (1) найдем средний диаметр кольцевого зазора водяного штуцера:

$$d_{c1} = \frac{f_1}{\pi s_1} = \frac{G_1}{\pi \mu_1 s_1 \sqrt{2p_1}},$$

где s_1 – ширина кольцевого зазора водяного штуцера, м.

Если отверстие сопла водяного штуцера круглого сечения диаметром d_1 , то:

$$f_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}. \quad (2)$$

Из выражения (2) с учетом уравнения (1) получим:

$$\frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{G_1}{\mu_1 \sqrt{2p_1}}.$$

Отсюда:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4G_1}{\pi \mu_1 \sqrt{2p_1}}}.$$

Площадь поперечного сечения f_2 сопла воздушного штуцера найдем из уравнения для расхода воздуха G_2 через сопло:

$$G_2 = \mu_2 f_2 p_2 \sqrt{\frac{0,469}{RT_2}},$$

где μ_2 – коэффициент расхода воздуха, значение которого всегда меньше 1;

f_2 – площадь поперечного сечения воздушного штуцера, м²;

p_2 – давление воздуха, Па;

R – газовая постоянная в Н·м/(кг·град);

T_2 – абсолютная температура воздуха в К.

Отсюда:

$$f_2 = \frac{G_2}{\mu_2 p_2} \sqrt{\frac{RT_2}{0,469}}. \quad (3)$$

Из уравнения (3) найдем средний диаметр кольцевого зазора воздушного штуцера:

$$d_{c2} = \frac{f_2}{\pi s_2} = \frac{G_2}{\pi \mu_2 s_2 p_2} \sqrt{\frac{RT_2}{0,469}},$$

где s_2 – ширина кольцевого зазора воздушного штуцера.

Если отверстие сопла воздушного штуцера круглого сечения диаметром d_2 , то:

$$f_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}. \quad (4)$$

Из выражения (4) с учетом уравнения (3) получим:

$$\frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{G_2}{\mu_2 p_2} \sqrt{\frac{RT_2}{0,469}}.$$

Отсюда:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4G_2}{\pi \mu_2 p_2}} \sqrt{\frac{RT_2}{0,469}}.$$

Площадь поперечного сечения f_3 выходного сопла определим по выражению:

$$f_3 = \frac{G_1 + G_2}{\mu \sqrt{2 p_3}}, \quad (5)$$

где μ_2 – коэффициент расхода водовоздушной смеси;

p_3 – давление водовоздушной смеси, Па.

Если отверстие выходного сопла круглого сечения диаметром p_3 , то:

$$f_3 = \frac{\pi d_3^2}{4}. \quad (6)$$

Из выражения (6) с учетом выражения (5) получим:

$$\frac{\pi d_3^2}{4} = \frac{G_1 + G_2}{\mu \sqrt{2 p_3}}.$$

Отсюда:

$$d_3 = \sqrt{\frac{4(G_1 + G_2)}{\pi \mu \sqrt{2 p_3}}}.$$

В таблице 1 приведены расчетные минимальные и максимальные значения основных параметров мелкодисперсного распылителя: диаметр сопла водяного штуцера d_1 , диаметр сопла воздушного штуцера d_2 , средний диаметр кольцевого зазора d_{c1} , средний диаметр кольцевого зазора d_{c2} , диаметр выходного сопла d_3 .

Таблица 1 – Результаты расчета параметров мелкодисперсного увлажнителя

Исходные данные						Параметр увлажнителя									
Давление воды p_1 , МПа	Давление воздуха p_2 , атм.	Расход воды G_1 , л/с		Расход воздуха G_2 , кг/с		Диаметр сопла водяного штуцера d_1 , мм		Диаметр сопла воздушного штуцера d_2 , мм		Средний диаметр кольцевого зазора d_{c1} , мм		Средний диаметр кольцевого зазора d_{c2} , мм		Диаметр выходного сопла d_3 , мм	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0,25	2,0	0,001	0,01	0,0009	0,009	1,41	4,47	1,73	5,47	1,00	10,01	1,50	15,0	2,05	6,48
0,30	3,0	0,001	0,01	0,001	0,01	1,35	4,27	1,50	4,71	0,91	9,14	1,11	11,09	2,00	6,30
0,35	4,0	0,001	0,01	0,0011	0,011	1,30	4,11	1,35	4,28	0,85	8,46	0,92	9,15	1,95	6,15

Согласно полученным расчетным данным при увеличении давления в рамках эксплуатационной целесообразности (0,2–0,4 МПа) и расхода воды и воздуха от 0,001 до 0,010 л·с⁻¹ диаметры сопел водяного и воздушного штуцеров, а также выходного сопла увеличиваются практически втрое. Так, например, при давлении воды 0,25 МПа (воздуха 2 атм.) средние диаметры кольцевых зазоров подачи воды изменяются от 1,41 до 4,47 мм, воздуха от 1,73 до 5,47 мм, диаметр выходного сопла от 2,05 до 6,48 мм,

а средние диаметры кольцевых зазоров подачи воды и воздуха в камеру смешения практически в 10 раз.

С ростом давления исследуемые как минимальные, так и максимальные параметры уменьшаются.

По полученным данным построены графические зависимости (рисунки 2–4) среднего диаметра кольцевого зазора d_{c1} водяного штуцера от расхода воды, среднего диаметра кольцевого зазора d_{c2} воздушного штуцера от расхода воздуха, диаметра выходного сопла d_3 от расхода воды.

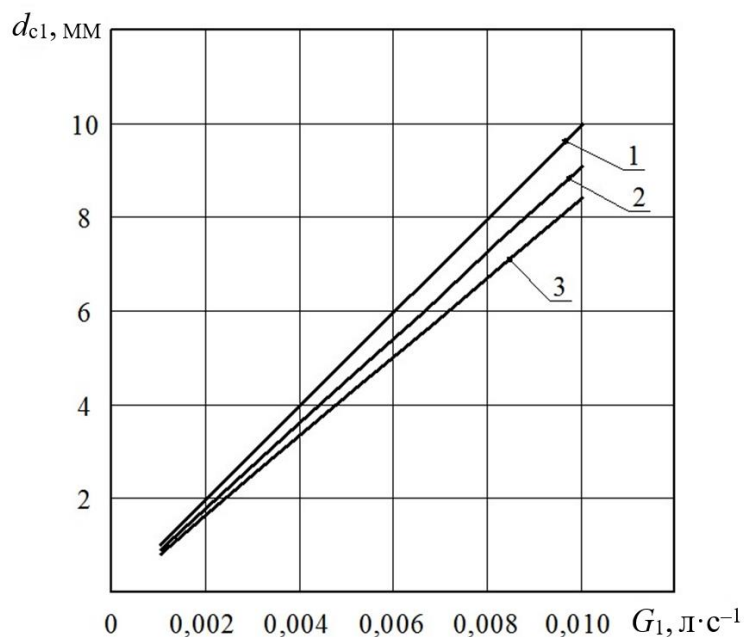


Рисунок 2 – Зависимость среднего диаметра кольцевого зазора водяного канала от расхода воды:
 1 – 0,25 МПа; 2 – 0,30 МПа; 3 – 0,35 МПа

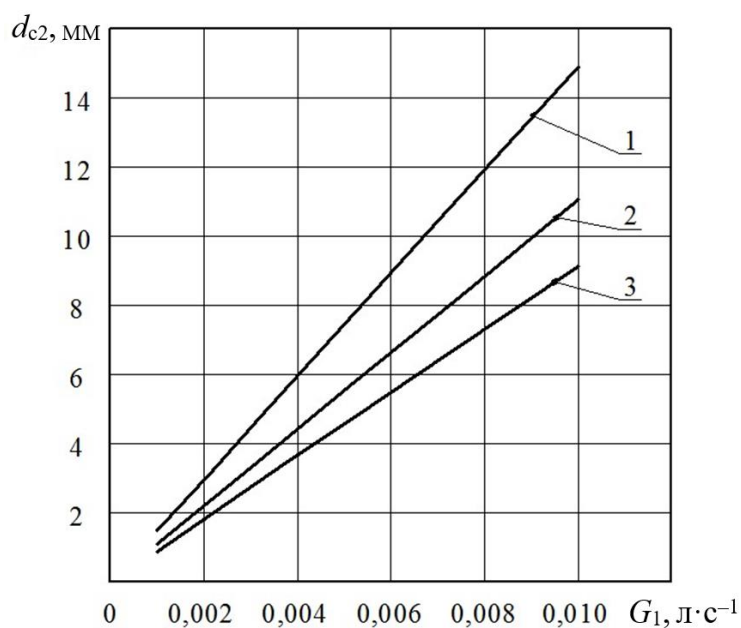


Рисунок 3 – Зависимость среднего диаметра кольцевого зазора воздушного канала от расхода воздуха:
 1 – 2,0 атм.; 2 – 3,0 атм.; 3 – 4,0 атм.

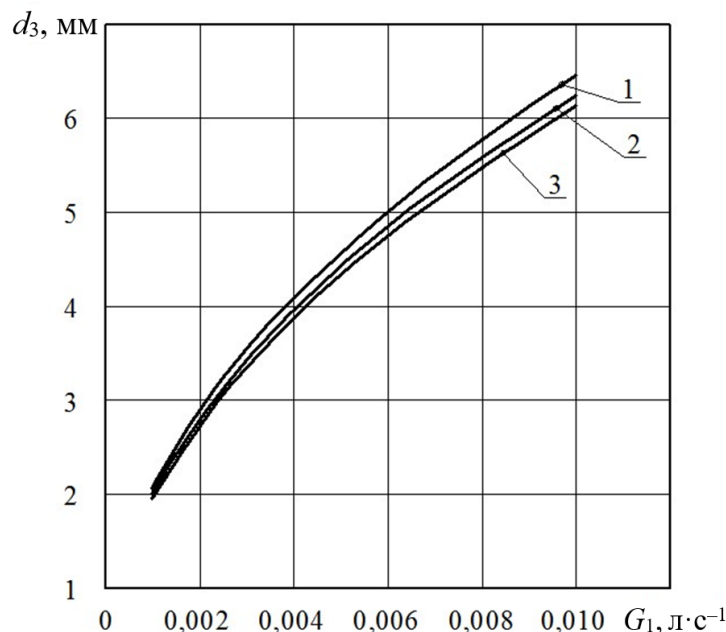


Рисунок 4 – Зависимость диаметра выходного сопла от расхода воды: 1 – 0,25 МПа; 2 – 0,30 МПа; 3 – 0,35 МПа

Графически показано, что с увеличением расхода при подаче смешивающихся фаз значение диаметра кольцевого зазора снижается как для воды (рисунок 3), так и для воздуха (рисунок 4), соответственно уменьшается расчетный диаметр выходного сопла при увеличении расхода воды (рисунок 4).

Выводы. Приведены технические решения пневмогидравлического устройства для распыления жидкости при орошении сельскохозяйственных растений с учетом принципов газонасыщения и использования в конструкции элементов для диспергирования при подаче смешивающихся фаз под давлением в диапазоне рабочих величин.

Получены расчетные данные для оптимизации технологических параметров и конструктивных решений, использование которых ускорит изготовление образцов устройства увлажнителя для мелкодисперсного распыления жидкости и его экспериментальную апробацию.

Достижимый технический результат заключается в упрощении конструкции, повышении эксплуатационной надежности распыления оросительной воды, обеспечении оперативного регулирования размеров капель искусственного дождя и сокращении энергозатрат.

Список использованных источников

- 1 Исаев, А. П. Гидравлика дождевальных машин / А. П. Исаев. – М.: Машиностроение, 1973. – 214 с.
- 2 Абрамов, Ф. Г. Определение водопроницаемости почв при дождевании / Ф. Г. Абрамов // Почвоведение. – 1954. – № 11. – С. 21–29.
- 3 Пospelов, А. М. Структура дождя при искусственном дождевании сельскохозяйственных культур / А. М. Пospelов // Дождевание: сб. науч. тр. / ВНИИГиМ. – 1940. – Т. 3. – С. 117–186.
- 4 Карпенко, В. Д. Влияние объемной массы почвы на эрозионнодопустимые нормы полива при дождевании / В. Д. Карпенко // Освоение мелиорированных земель Сибири: сб. науч. тр. / СибНИИГиМ. – Красноярск, 1981. – С. 140–142.
- 5 Шепелев, А. Е. Исследования характеристик искусственного дождя широкозахватной многоопорной дождевальной техники / А. Е. Шепелев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 4(68). – С. 36–42.

6 Ольгаренко, Г. В. Основные направления разработки отечественных технических средств микроорошения для мелкоконтурных участков / Г. В. Ольгаренко // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 5. – С. 82–85.

7 Ольгаренко, Г. В. Стратегия научно-технической деятельности по разработке новой техники орошения при реализации программы развития мелиорации / Г. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 5–8.

8 Ромащенко, Н. И. Капельное орошение овощных культур и картофеля в степных условиях Украины / Н. И. Ромащенко, А. П. Шатковский, С. В. Рябков. – Киев: Аграрна наука, 2012. – 190 с.

9 Рекомендации по возделыванию сельскохозяйственных культур при капельном орошении / Ю. И. Авдеев [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2003. – 46 с.

10 Developments in Agricultural Engineering. Microirrigation for Crop Production. Design, Operation, and Management / edited by F. R. Lamm, J. E. Ayars, F. S. Nakayama. – 2007. – Vol. 13. – 619 p. – DOI: 10.1016/S0167-4137(07)80002-3.

11 Hydraulic characteristics and water distribution patterns of microsprinkler irrigation systems / M. H. Hassan, M. E. Kiwan, A. El-Amin, M. S. Abuarab // Misr Journal of Agricultural Engineering. – 2007, Oct. – Vol. 24. – P. 849–885.

12 Пат. 2011426 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/08. Способ импульсного распыления жидкости и устройство для его осуществления / Иголкин А. И., Томаев В. К., Павлов В. С., Козлов В. И.; патентообладатель Иголкин А. И. – № 5062952/05; заявл. 24.09.92; опубл. 30.04.94. – 6 с.

13 Пат. 2570441 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/34. Вихревая форсунка Кочетова / Кочетов О. С.; патентообладатель Кочетов О. С. – № 2014138366/05; заявл. 23.09.14; опубл. 10.12.15, Бюл. № 34. – 5 с.

14 Пат. 2446021 Российская Федерация, МПК В 05 В 7/12. Форсунка для пылеподавления / Пашкевич М. А., Смирнов Ю. Д., Иванов А. В., Добрынин О. С., Бульбашов А. А.; патентообладатель С.-Петерб. гос. гор. ин-т им. Г. В. Плеханова (техн. ун-т). – № 201034137/05; заявл. 13.08.10; опубл. 27.03.12, Бюл. № 9. – 6 с.

15 Пат. на полезную модель 192216 Российская Федерация, МПК В 05 В 7/10, В 05 В 7/12. Мелкодисперсный пневмогидравлический увлажнитель / Горобей В. П.; патентообладатель Горобей В. П. – № 2019111204; заявл. 15.04.19; опубл. 06.09.19. – Бюл. № 25. – 9 с.

16 Справочник конструктора сельскохозяйственных машин / под ред. А. В. Красниченко. – М.: Гос. науч.-техн. изд-во машиностроит. лит., 1961. – Т. 2. – 862 с.

УДК 631.674.6:631.1.047

Я. Е. Удовидченко

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

А. А. Куприянов

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

ПЛАНОВОЕ УСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИИ И КАПЕЛЬНОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПЛОДОВОГО САДА НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНОГО ПОДХОДА К ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Цель исследования – разработка планово-компоновочных решений капельно орошаемых промышленных садов на основе модульного подхода к организации их территории и устройству капельной оросительной сети. Факторологическую основу исследования составили известные рекомендации по проектированию модулей индустриально возделываемых садов с применением типичных по форме и размерам садо-

вых кварталов и клеток, рекомендации по устройству модулей капельного орошения древесных насаждений и материалы авторского обследования капельно орошаемых садов. Приведены примеры блочно-модульного устройства территории садового квартала и садовой клетки промышленного сада и обеспечивающей его орошение капельной оросительной сети на уровне участкового, оросительного и поливного модуля. При решении задачи территориальной планировки садового квартала и участкового модуля капельной оросительной сети реализован подход, обеспечивающий соответствие их формы и размеров. Приведены схемы планировки участкового, оросительного и поливного модуля для капельного полива садовых клеток и рядов растений. Реализован пример синхронизированного подхода к организации территории сада и устройству обеспечивающей полив растений оросительной сети системы капельного орошения.

Ключевые слова: плодовый сад; древесно-плодовые насаждения; садовый квартал; садовая клетка; орошаемый сад; капельное орошение; оросительная сеть.

Y. E. Udovidchenko

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

A. A. Kupriyanov

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

PLANNED ARRANGEMENT OF THE TERRITORY AND DRIP IRRIGATION NETWORK OF A FRUIT GARDEN BASED ON A MODULAR APPROACH TO THEIR DESIGN

The purpose of the study is to develop arrangement and layout solutions for drip irrigated industrial gardens based on a modular approach to the organization of their territory and arrangement of a drip irrigation network. The factorological basis of the study was made up of well-known recommendations for the module design of industrially cultivated gardens using garden blocks and cages typical in shape and size, recommendations for the arrangement of drip irrigation modules for tree plantations and author's survey of drip irrigated gardens. The examples of block-modular arrangement of the territory of the garden block and the garden cage of the industrial garden and the drip irrigation network providing its irrigation at the level of the district, irrigation and irrigation module are given. When solving the problem of the territorial planning of the garden block and the local module of the drip irrigation network, an approach that ensures the relevance of their shape and size, has been implemented. The schemes of planning of the district, irrigation and irrigation module for drip irrigation of garden cages and rows of plants are given. An example of a synchronized approach to the organization of the garden territory and the arrangement of the drip irrigation system that provides irrigation of plants has been implemented.

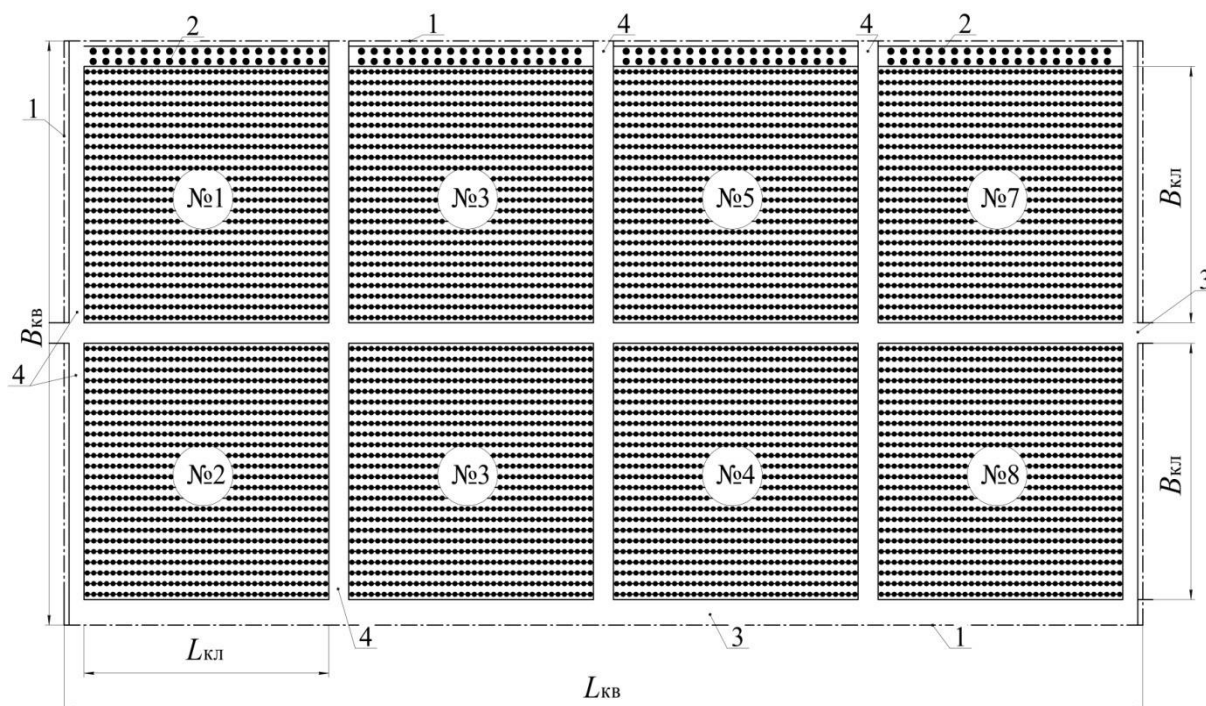
Key words: fruit garden; tree-fruit plantations; garden block; garden cage; irrigated garden; drip irrigation; irrigation network.

Введение. Федеральными и региональными программами развития сельского хозяйства предусмотрено увеличение производства плодородческой продукции. Реализация программ предусматривает расширение площадей индустриально культивируемых садов и повышение продуктивности древесно-плодовых растений. В южной зоне плодородства поставленная задача может быть решена при искусственном увлажнении (поливе) садовых насаждений [1–3]. Из известных способов орошения древесных растений все большее распространение получает капельный полив и фертигация [4, 5]. Отметим, что, несмотря на накопленный садоводами и гидромелиораторами опыт проектирования капельно орошаемых садов, должное сочетание агробиологических требований и возможностей систем капельного орошения не достигнуто. В определенной

мере садовые инженеры при проектировании орошаемых садов полагаются на экологическую (приспособленческую) пластичность корневых и кроновых систем растений [6] и компоновочную гибкость оросительных сетей капельных систем орошения. Несмотря на наличие указанных обстоятельств, высокий продукционный и экономический эффект достигается при соответствующем условиям участка территориальном устройстве капельно орошаемых промышленных садов, что определено целью исследования.

Материалы и методы. Фактологическую базу разработки составили данные авторского обследования капельно орошаемых плодовых садов и известные рекомендации по их проектированию. В качестве рабочей гипотезы принят модульный подход к планировке садовых насаждений на основе садовых кварталов и клеток обеспечивающих увлажнение растений оросительных сетей капельного орошения растений.

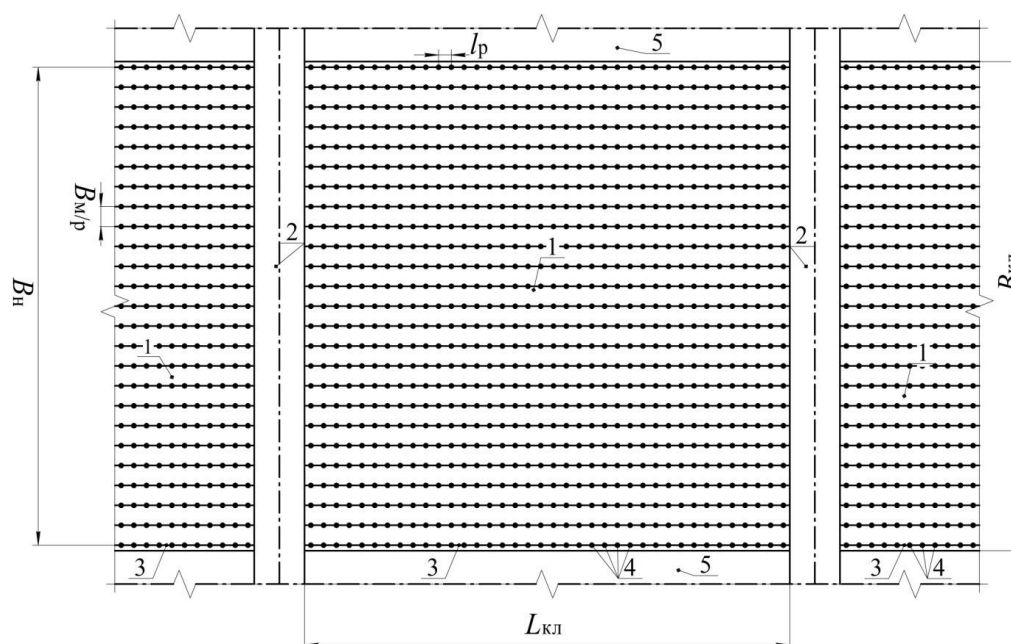
Результаты и обсуждение. При разработке проектов организации территории промышленных капельно орошаемых древесно-плодовых садов широкое применение нашел модульный подход к планировке насаждений и капельной оросительной сети. При таком подходе вся территория сада разбивается на одноразмерные (по длине, ширине и площади) модульные участки. В качестве основных элементов территориального устройства древесно-садовых насаждений приняты садовые кварталы и садовые клетки. При этом садовые кварталы и садовые клетки органично, системно и компактно размещаются в пределах всей территории сада. Поквартальная организация сада вкуче с инженерной инфраструктурой (обеспечивающей условия для ведения механизированных работ по посадке деревьев, уходу за растениями и сбору урожая) и защитными лесными полосами обеспечивает условия для продуктивного плодоводства. Пример планировочного решения садового квартала для схемы посадки деревьев 5×3 м с естественно формирующейся округлой формой кроны проиллюстрирован рисунком 1.



..... – ряды деревьев; • – дерево; № 1–8 – номера клеток; 1 – граница квартала; 2 – защитная лесная полоса; 3 – квартальная дорога; 4 – межкалеточная дорога; $L_{кв}$ – длина квартала; $B_{кв}$ – ширина квартала; $L_{кл}$ – длина клетки; $B_{кл}$ – ширина клетки

Рисунок 1 – План типичного квартала древесно-плодового промышленного сада

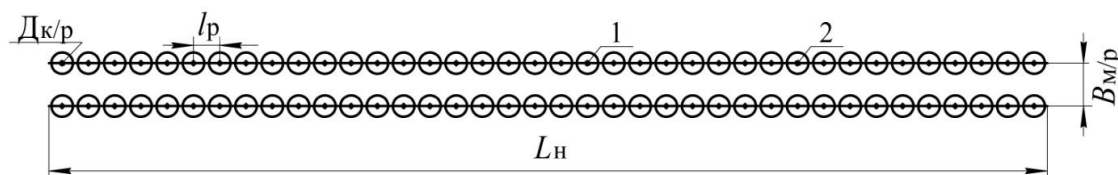
Планировка приведенного на рисунке 1 садового квартала предусматривает устройство восьми садовых клеток, параметры которых проиллюстрированы рисунком 2.



— · — · — — границы клетки; 1 – междурядье; 2 – межклеточная дорога; 3 – ряд растений; 4 – плодовые деревья; 5 – квартальная дорога; B_n – ширина насаждения; $B_{кл}$ – ширина клетки; $L_{кл}$ – длина клетки; $B_{м/р}$ – ширина междурядья; l_p – расстояние между растениями в ряду

Рисунок 2 – План садовой клетки в древесно-плодовом саду

В пределах садовых клеток плодовые деревья размещаются в соответствии со схемой их рядовой посадки. Количество растений в рядах определяется принятым внутрирядовым расстоянием между ними (l_p , м). Пример размещения плодовых деревьев в двух соседствующих рядах для схемы посадки 5×3 м приведен на рисунке 3.



1 – ствол дерева; 2 – горизонтальная проекция кроны округной формы; L_n – протяженность ряда в садовом насаждении; l_p – расстояние между растениями в ряду; $B_{м/р}$ – ширина инсоляционно-технического коридора (ширина междурядья); $D_{к/р}$ – диаметр кроны

Рисунок 3 – Схема рядового размещения растений в двух соседствующих рядах садовой клетки

Блочно-модульный подход к организации территории садов, реально реализуемый специалистами-плодоводами, принят к разработке и применению гидромелиораторами при проектировании оросительных сетей капельного орошения древесно-плодовых растений. Обобщение первых разработок модулей капельного орошения древесно-садовых насаждений, выполненных специалистами-гидромелиораторами, приведено в пособии к СНиП 2.06.03-85 [7]. В практике получили применение капельные модульные системы, разработанные для капельно орошаемых садовых участков с различными схемами рядовой посадки растений в индустриальных садах, которые могут быть положены в основу их дальнейшей разработки и совершенствования. Пример модуля капельной оросительной сети для наиболее распространенной в отечественном плодоводстве схемы посадки растений 5×3 м приведен на рисунке 4.

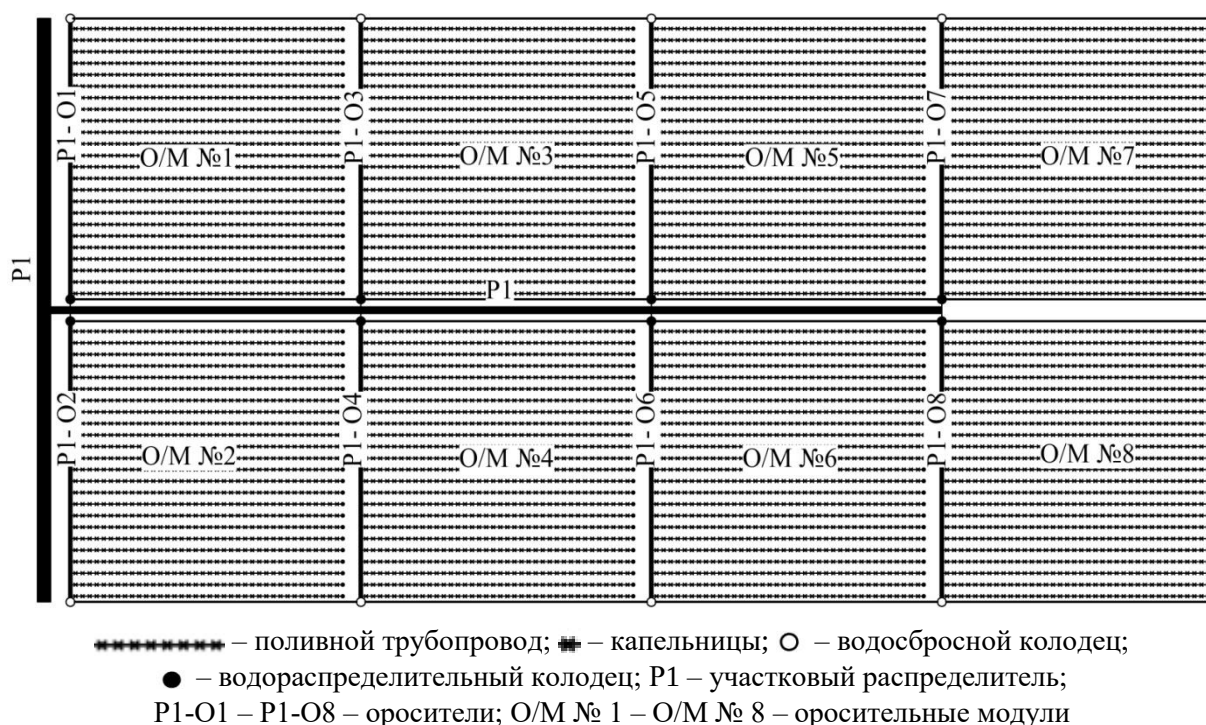


Рисунок 4 – Схема конструктивно-компоновочного решения капельной оросительной сети модульного участка древесно-плодового насаждения

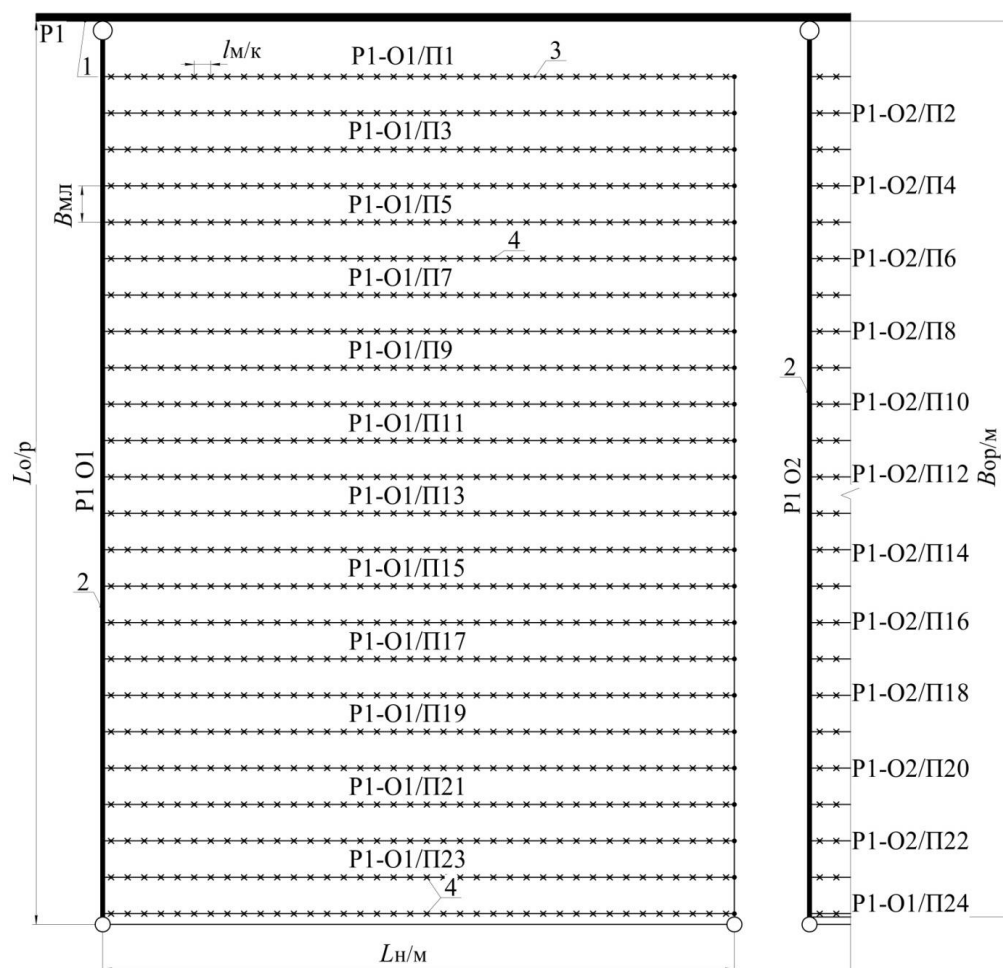
В соответствии с рисунком 4 в составе оросительной сети и охватываемом ею пространстве сада представляется целесообразным выделить три характерных иерархически, физически и гидравлически взаимосвязанных модуля (блока): поливочный модуль, оросительный модуль и участковый модуль. Каждому из указанных модулей соответствует определенный набор трубопроводов оросительной сети и размеры обслуживаемого ими участка древесно-плодового насаждения.

Участковый модуль включает участковый распределитель (распределительный трубопровод) младшего порядка с подсоединенными к нему несколькими (по числу оросительных модулей) оросительными трубопроводами и обеспечивает капельный полив деревьев, произрастающих на охваченном им орошаемом садовом участке. Участковый распределитель в системах капельного орошения питается водой из магистрального водовода (чаще) или из распределительного трубопровода старшего порядка (реже). При компоновке трубопроводной сети участкового модуля предусматривается его сочетание с садовым кварталом по его плановому очертанию и размерами всего садового участка (квартала) и составляющих его садовых клеток и рядов древесных растений.

Оросительный модуль включает питающийся водой из участкового распределителя оросительный трубопровод с подключенными к нему (конструктивно и гидравлически связанными с ним) несколькими капельными линиями. Система капельных водоводов, составляющих оросительный модуль, обеспечивает подачу поливочной воды к древесным растениям, расположенным на нескольких рядах садового насаждения. Форма, площадные и линейные размеры трубопроводной сети оросительного модуля согласуются с соответствующими геометрическими параметрами садовой клетки. При этом плановые характеристики входящих в участковый модуль нескольких оросительных модулей принимают одноформенными, равными (по размерам) и равновеликими (по площадям), а их количество определяется количеством садовых «карт». Типичная схема трубопроводной сети оросительного модуля проиллюстрирована рисунком 5.

Полivочный модуль является низшей(им) иерархической(им) единицей (элементом) в модульном блоке, обеспечивает непосредственную подачу поливочной(го) воды

(раствора) на (в) почву и формирует зону (контур) капельного увлажнения почвенного пространства. Техногенная составляющая поливного модуля включает капельную(ый) линию (трубопровод) с устроенными в ней (нем) капельными микроводовыпусками (капельницами). Капельная линия (трубка) питается водой из оросительного трубопровода, обеспечивает подачу воды (раствора) в капельницы и через них снабжает влагой, элементами питания, стимуляторами роста и (или) средствами для борьбы с болезнями растения одного ряда. Схема поливного модуля приведена на рисунке 6.

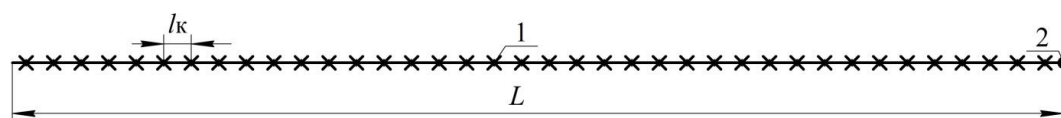


1 – участковый распределитель; 2 – ороситель; 3 – поливной трубопровод;
4 – капельницы; 5 – дороги; $L_{ор}$ – длина оросителя; $L_{кл}$ – длина капельной линии;

$B_{ор/м}$ – ширина оросительного модуля; $l_{м/к}$ – межкапельное расстояние;

$B_{м/л}$ – расстояние между поливными линиями

Рисунок 5 – План оросительного модуля



1 – капельница; 2 – водосборный колодец; L – протяженность капельной линии в садовом насаждении; l_k – расстояние между капельницами в ряду

Рисунок 6 – Схема капельного поливного модуля

Приведенная на рисунке 6 схема иллюстрирует наиболее простой вариант устройства вдольрядово располагаемой капельной линии с одним капельным микроводовыпуском на одно растение в приштамбовой зоне каждого дерева.

Вывод. Рассмотрен перспективный подход к территориально-плановому устройству капельно орошаемого древесно-плодового сада, базирующийся на модульном принципе компоновки садового насаждения и обеспечивающей орошение культивируемых растений капельной оросительной сети.

Список использованных источников

- 1 Плодоводство: учеб. пособие / под ред. Н. П. Кривко. – СПб.: Лань, 2014. – 416 с.
- 2 Плодоводство / Ю. В. Трунов [и др.]; под ред. Ю. В. Трунова, Е. Г. Самощенко. – М.: Колос, 2012. – 415 с.
- 3 Колганов, А. В. Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора: терминолог. слов. / А. В. Колганов, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин; под ред. В. Н. Щедрина. – В 2 ч. Ч. 1 (А–Н). – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 422 с.
- 4 Шкура, В. Н. Капельное орошение яблони / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов, А. Н. Рыжаков; под ред. В. Н. Шкуры. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 310 с.
- 5 Васильев, С. М. Дождевание / С. М. Васильев, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 352 с.
- 6 Шкура, В. Н. Геометрия корневых систем яблони: монография / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов, Е. Н. Лунева; под ред. В. Н. Шкуры; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск: Лик, 2013. – 124 с.
- 7 Капельное орошение: пособие к СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения»: утв. Союзводпроект 11.04.86 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

УДК 631.67:311.21

Л. А. Воеводина

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

ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СБОРА ИНФОРМАЦИИ В СФЕРЕ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ ОПЫТА США

Целью исследования являлось изучение опыта США по сбору данных об управлении водными ресурсами и состоянии орошения. В настоящее время проблема недостатка достоверной информации в мелиоративной отрасли в РФ затрудняет анализ сложившейся ситуации экспертами и тормозит развитие отрасли. В части сбора данных об особенностях применения орошения и управления водными ресурсами интересен опыт США по сбору данных в рамках специального «Обследования ирригации и управления водными ресурсами». В статье приведен перечень таблиц, содержащихся в вышеупомянутом обследовании. Для демонстрации использования данных была сделана краткая выборка по орошаемым площадям, источникам и способам орошения в США. По результатам исследований был сделан вывод о том, что при дефиците информации для мелиоративной отрасли РФ опыт США по направлениям сбора данных об особенностях применения орошения и управления водными ресурсами мог бы быть полезным, в т. ч. для целей анализа сложившейся ситуации в отрасли, разработки концепций, программ совершенствования водопользования, экономических моделей, законодательных инициатив, бизнес-планов, технико-экономических обоснований и других документов.

Ключевые слова: орошение; перепись; США; орошаемые площади; источники орошения; способы орошения.

L. A. Voevodina

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

POSSIBLE DIRECTIONS OF DATA COLLECTION IN THE SPHERE OF IRRIGATED AGRICULTURE BASED ON US EXPERIENCE

The aim of the study was to study the US experience in data collecting on water management and irrigation state. Currently, the problem of lack of reliable information in the land reclamation industry in the Russian Federation makes it difficult for experts to analyze the current situation and hinders the development of industry. In terms of collecting data on the peculiarities of irrigation and water management, the US experience in collecting data within the framework of a special "Survey of Irrigation and Water Resources Management" is of interest. A list of tables contained in the above survey is given. To demonstrate the data use, a short selection on irrigated areas, sources and irrigation methods in the United States was made. Based on the research results, it was concluded that with a lack of information for the reclamation industry of the Russian Federation, the US experience in collecting data on the features of irrigation and water management including the current situation in the industry, developing concepts, programs for improving water use, economic models, legislative initiatives, business plans, feasibility studies and other documents for analysis could be useful.

Key words: irrigation; census; USA; irrigated areas; irrigation sources; irrigation methods.

Введение. В настоящее время проблема недостатка достоверной информации о хозяйственной деятельности различных объектов экономики становится все более актуальной. На конференциях и совещаниях различного уровня отмечается, что по многим направлениям сбор информации не ведется или она присутствует в ограниченном объеме, имеющаяся информация разрозненна и часто противоречива при сравнении ее по разным источникам, информация недоступна для широкого круга, это затрудняет анализ ситуации экспертами в отрасли и тормозит ее развитие. В мелиоративной отрасли данная проблема стоит достаточно остро. Для ее решения предлагается обратить внимание на зарубежный опыт.

Целью исследования являлось изучение опыта США по сбору данных об управлении водными ресурсами и состоянии орошения.

Материал и методы. В части сбора данных об особенностях применения орошения и управления водными ресурсами интересен опыт США по сбору данных в рамках специального обследования, проводимого раз в 5 лет на федеральном уровне Национальной сельскохозяйственной статистической службой (National Agricultural Statistics Service – NASS) Министерства сельского хозяйства США («Обследование ирригации и управления водными ресурсами» (Irrigation and Water Management Survey)) [1]. Основная цель такого обследования состоит в обеспечении данными, относящимися к фермерской деятельности в сфере орошаемого земледелия, для использования при подготовке широкого спектра местных программ по водопользованию, экономических моделей, законодательных инициатив, анализе рынков, технико-экономическом обосновании. Отдельные показатели, включенные в это исследование, отслеживаются начиная с 1890 г. [2]. Наиболее актуальные результаты этого обследования опубликованы в ноябре 2019 г.

При проведении исследования использовались методы анализа и сравнения.

Результаты и обсуждение. Документ «National Agricultural Statistics Service. 2017 Census of Agriculture. 2018 Irrigation and Water Management Survey. Volume 3. Special Studies. Part 1» [2] содержит 45 таблиц, разделенных на три крупных раздела: данные по хозяйствам США; данные по культурам, выращенным в открытом грунте и на пастбищах; данные по плодоовощеводству. В приложениях к данному обследованию приводится статистическая методология и общие пояснения к формам сбора данных. В таблицах приводятся данные в целом по стране, по 50 штатам и по 20 регионам водных ресурсов, территории последних в большинстве случаев находятся в границах

бассейнов основных рек. Многие таблицы представляют данные в сравнении с ранее проводимым исследованием, так, для 2018 г. сравнение ведется с 2013 г. В таблицах 1–3 приведен перечень таблиц, содержащихся в «Обследовании ирригации и управления водными ресурсами», которые сгруппированы по трем тематическим разделам.

Таблица 1 – Данные по хозяйствам США, содержащиеся в «Обследовании ирригации и управления водными ресурсами»

Номер таблицы	Название таблицы
1	Орошаемые фермы по сельскохозяйственной переписи 2017 г. и более ранним переписям
2	Орошаемые фермы по площади орошения: 2018 и 2013 гг.
3	Землепользование на орошаемых фермах: 2018 и 2013 гг.
4	Количество использованной (внесенной) воды по источникам: 2018 и 2013 гг.
5	Фермы, использующие воду из источников, расположенных вне фермы: 2018 и 2013 гг.
6	Фермы, использующие вторичную и обработанную воду: 2018 и 2013 гг.
7	Орошение по количеству использованной воды: 2018 и 2013 гг.
8	Оросительные скважины, использованные на фермах: 2018 г.
9	Характеристики оросительных скважин, использованных на фермах: 2018 г.
10	Оросительные насосы на фермах: 2018 г.
11	Оросительные насосы для откачки воды из скважин на фермах: 2018 г.
12	Оросительные насосы на фермах, использованные для других целей: 2018 г.
13	Затраты энергии для работы скважинных насосов и других насосов по типам используемой энергии: 2018 г.
14	Насосы, работающие на солнечной энергии, и другие насосы, работающие без прямых энергозатрат: 2018 г.
15	Затраты на оросительную воду, получаемую от поставщиков воды, расположенных за пределами фермы: 2018 г.
16	Расходы на оросительное оборудование, компьютерные технологии и мелиорацию земель: 2018 г.
17	Трудовые ресурсы, используемые при орошении: 2018 г.
18	Фермы, недополучившие урожайность сельскохозяйственных культур в результате прекращения орошения по причинам: 2018 г.
19	Орошаемые фермы по размерам фермы: 2018 г.
20	Орошаемые фермы по Североамериканской промышленной классификации (North American Industrial Classification System): 2018 и 2013 гг.
21	Орошаемые фермы по размеру рыночной стоимости проданной сельскохозяйственной продукции: 2018 и 2013 гг.
22	Орошаемые фермы по проценту продаж культур, выращенных при орошении, без орошения, и продукции животноводства: 2018 и 2013 гг.
23	Методы, использованные при принятии решения о том, когда надо поливать: 2018 г.
24	Техническая и финансовая помощь, полученная в течение прошедших 5 лет, для улучшения орошения и осушения: 2018 г.
25	Препятствия для осуществления мероприятий по снижению энергозатрат и водосбережению: 2018 г.
26	Источники информации, на основе которых принимались решения о методах снижения затрат на орошение и водосбережения: 2018 г.
27	Причины отказа от орошения: 2018 и 2013 гг.

Таблица 2 – Данные по культурам в США, выращенным в открытом грунте и на пастбищах, содержащиеся в «Обследовании ирригации и управления водными ресурсами»

Номер таблицы	Название таблицы
28	Способы водораспределения на полях в открытом грунте: 2018 и 2013 гг.
29	Поверхностные способы орошения на полях в открытом грунте: 2018 и 2013 гг.
30	Дождевание на полях в открытом грунте: 2018 и 2013 гг.
31	Капельное, струйное или малорасходное микроорошение на полях в открытом грунте: 2018 и 2013 гг.
32	Оцениваемое количество внесенной воды в открытом грунте при использовании единственного способа орошения: 2018 и 2013 гг.
33	Оцениваемое количество использованной воды в открытом грунте при использовании только систем поверхностного орошения: 2018 и 2013 гг.
34	Оцениваемое количество использованной воды в открытом грунте при использовании только систем дождевания: 2018 и 2013 гг.
35	Валовой сбор культур в открытом грунте на орошаемых фермах и орошаемых пастбищах: 2018 и 2013 гг.
36	Распределение воды по полям для отдельных культур, собираемых в открытом грунте и на орошаемых пастбищах: 2018 и 2013 гг.
37	Химическая обработка и водные источники для отдельных культур, собираемых в открытом грунте и на орошаемых пастбищах: 2018 и 2013 гг.
38	Отдельные орошаемые культуры, собираемые в открытом грунте и на орошаемых пастбищах, по основному способу орошения (США): 2018 г.
39	Технологии управления водными ресурсами, использованные производителями, которые применяли системы поверхностного орошения для площадей в открытом грунте: 2018 и 2013 гг.

Таблица 3 – Данные по плодоовощеводству в США, содержащиеся в «Обследовании ирригации и управления водными ресурсами»

Номер таблицы	Название таблицы
40	Орошаемое садоводство: 2018 и 2013 гг.
41	Орошаемое садоводство по отдельным культурам: 2018 и 2013 гг.
42	Орошение для выращивания рассады и других плодоовощных культур, выращиваемых в открытом грунте: 2018 и 2013 гг.
43	Орошение для теплиц, выращивания рассады и других плодоовощных культур в защищенном грунте: 2018 и 2013 гг.
44	Причины, по которым респонденты, занятые в плодоовощеводстве, прекратили орошение: 2018 и 2013 гг.
45	Стоимость реализованной плодоовощной сельскохозяйственной продукции, выращенной с использованием орошения: 2018 и 2013 гг.

Используя данные, представленные в «Обследовании ирригации и управления водными ресурсами», сделали краткую выборку по орошаемым площадям, источникам и способам орошения в США.

Орошаемые площади в США. Согласно сельскохозяйственной переписи США 2017 г. [3], из 364318053 га (900217576 акров) площади фермерских земель орошаемыми являются около 6,4 %. В 2018 г. орошение применялось в 231474 фермерских хозяйствах на площади 22634383 га (55938795 акров) [2]. Площади орошаемых земель в разрезе штатов представлены на рисунке 1.

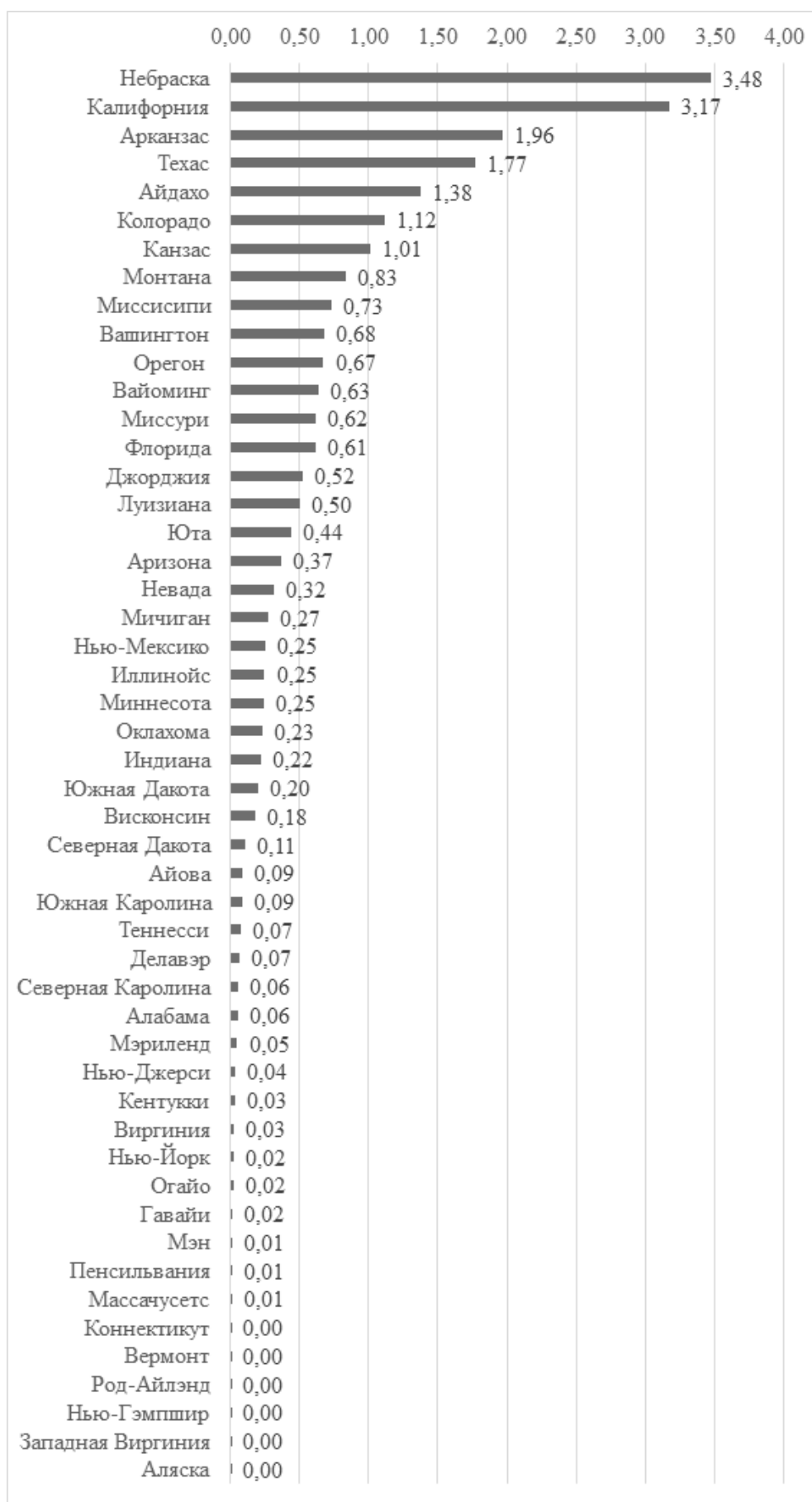


Рисунок 1 – Площади орошаемых земель по штатам, млн га

Наибольшие орошаемые площади сосредоточены в 53362 хозяйствах штатов Небраска, Калифорния и Арканзас, где под орошением находится 3475721 га (8588389 акров), 3170255 га (7833593 акра) и 1964876 га (4855143 акра) соответственно. В семи штатах (Небраска, Калифорния, Арканзас, Техас, Айдахо, Колорадо и Канзас), в каждом из которых площадь орошения превышает 1 млн га, сосредоточено около 60 % орошаемых площадей, или 13,88 млн га. Кроме штата Арканзас, эти штаты относятся к территории, где мелиоративные проекты курирует Бюро мелиорации Департамента внутренних дел США (Bureau of Reclamation Department of the Interior).

Источники орошения. Согласно специальному исследованию, собранному данные об орошении в США [2], в 2018 г. на орошаемую площадь размером 22638430 га (55938795 акров) из всех источников орошения было подано 102808717515 м³ (83380955 акр-футов) воды.

Из подземных источников было забрано 51173293941 м³ (41503077 акр-футов) и полито 16796295 га (36158867 акров), что составляет 74 % от орошаемой площади.

Из источников, расположенных за пределами фермы, поливалось 6444127 га (15923220 акров), т. е. 28 % площади в США орошается водой из источников, расположенных за пределами фермы; объем внесенной воды составил 41376047328 м³ (33557216 акр-футов), Бюро мелиорации поставляло воду третьей части ферм, получающих воду из внешних источников.

Способы орошения. Из 220566 ферм, использовавших орошение в 2018 г. (за исключением площадей в защищенном грунте и принадлежащих исследовательским структурам: институтам, опытным и исследовательским хозяйствам), 85888 ферм (35 %) применяли поверхностные способы орошения, 109184 (55 %) – дождевание, 62158 (10 %) – микроорошение (в т. ч. капельное, струйное, с использованием микро-спринклеров). Таким образом, наибольшее распространение как способ орошения имеет дождевание, которое применяют 55 % фермерских хозяйств.

Полив по бороздам применяется на 50 % площадей, орошаемых поверхностным способом, также большую долю, 40 %, занимает контролируемое затопление (орошение, осуществляемое затоплением пространства между сформированными границами поливаемой зоны), на 9 % площади используется неконтролируемое затопление.

В таблице 4 представлены данные о площадях и количестве ферм, уточняющие способы подведения воды для поверхностных способов орошения, среди которых выделены такие, как «трубопроводы на поверхности почвы (кроме пластиковых)», «пластиковые трубопроводы», «облицованные открытые каналы», «необлицованные открытые каналы», «подземные трубопроводы». Для поливов по бороздам наибольшее распространение (56 % от площади) получили пластиковые трубопроводы; доля площади, поливаемой из необлицованных открытых каналов, составляет около 19 %; около 5 % площади орошается из подземных трубопроводов. Для контролируемого затопления наибольшее распространение (59 % от площади) имеет подвод воды из необлицованных открытых каналов; из подземных трубопроводов орошается 18 % площади.

Таблица 4 – Количество ферм и площади, орошаемые поверхностными способами в США

Способ орошения	Количество ферм, шт.	Площадь		
		акр	га	%
1	2	3	4	5
Поверхностные способы орошения	85888	20187048	8169698	—
По бороздам, в т. ч.	40394	10083296	4080710	100
трубопроводы на поверхности почвы (кроме пластиковых)	10591	1065083	431039	11
пластиковые трубопроводы	11759	5650870	2286907	56

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
облицованные открытые каналы	4599	1001984	405503	10
необлицованные открытые каналы	14779	1907292	771881	19
подземные трубопроводы	3449	458067	185380	5
Контролируемое затопление, в т. ч.	36020	8052277	3258757	100
трубопроводы на поверхности почвы (кроме пластиковых)	2314	230089	93117	3
пластиковые трубопроводы	3234	724723	293295	9
облицованные открытые каналы	5258	890721	360475	11
необлицованные открытые каналы	21702	4787688	1937577	59
подземные трубопроводы	5795	1419056	574292	18
Неконтролируемое затопление	15298	1881732	761537	
Другие поверхностные системы орошения	3752	169743	68695	

Дождевание как способ орошения используется на площади около 13 млн га (таблица 5). В качестве оборудования для этого способа орошения применяют машины кругового действия; машины фронтального передвижения; установки неподвижной конструкции; установки, механически перемещаемые (движущиеся колеса, барабанные); дождевальные пушки; установки, перемещаемые вручную, и др.

Таблица 5 – Дождевание: количество ферм и площади, орошаемые различными типами дождевальных машин в США

Способ орошения	Количество ферм, шт.	Площадь		
		акр	га	%
Дождевание	109184	31656895	12811545	
Машины кругового действия, в т. ч.	49923	26800613	10846208	100
низкого давления до 30 psi (напор до 21 м)	20553	10536214	4264006	39
среднего давления от 30 до 59 psi (напор от 21 до 41 м)	27174	14679988	5940991	55
высокого давления свыше 60 psi (напор свыше 42 м)	4891	1584411	641211	6
Дождевальные машины фронтального передвижения, в т. ч.	3669	469408	189969	100
низкого давления до 30 psi (напор до 21 м)	1195	141356	57207	30
среднего и высокого давления свыше 30 psi (напор свыше 21 м)	2499	328052	132763	70
Установки неподвижной конструкции, в т. ч.	18216	1206860	488416	100
низкого давления до 30 psi (напор до 21 м)	5203	321635	130166	27
среднего и высокого давления свыше 30 psi (напор свыше 21 м)	13643	885225	358251	73
Установки, механически перемещаемые (движущиеся колеса, барабанные)	16130	1788443	723783	
Дождевальные пушки	7518	596059	241225	
Перемещаемые вручную	22266	394194	159530	
Другие системы дождевания	8673	401318	162413	

Psi (pounds per square inch) – фунтов на квадратный дюйм.

Наиболее часто при дождевании в США используются машины кругового действия, их доля в общем количестве дождевального оборудования составляет 85 %, причем основная доля этих машин, 55 %, работает в диапазоне напоров воды от 21 до 41 м (таблица 5). Преобладание машин среднего и высокого давления характерно для дождевальных машин фронтального передвижения и установок неподвижной конструкции.

Системы микроорошения применяются на площади более 2,3 млн га, что составляет около 10 % от общей орошаемой площади. Количество ферм, использующих данный способ орошения, равно 62158. Для микроорошения используется оборудование, предусматривающее монтаж капельных линий на поверхности почвы, подземное расположение капельных линий, использование микроспринклерных систем. Поверхностное капельное орошение используется на половине площадей в 41058 фермах, где применяется микроорошение (рисунок 2).

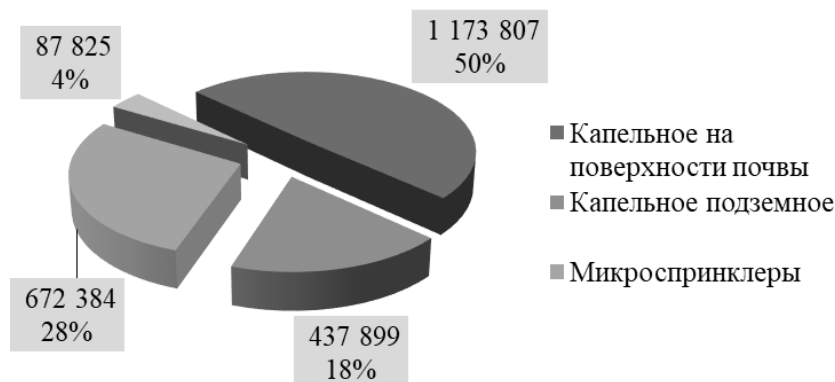


Рисунок 2 – Системы микроорошения по площади, га

Сравнение с сельскохозяйственной переписью, проводившейся в РФ в 2016 г., показывает [4, 5], что по орошению можно найти информацию только в разрезе площадей орошаемых сельскохозяйственных угодий и «с фактически действующей оросительной системой» в хозяйствах всех категорий и по каждой категории хозяйств, имеются также сведения о количестве организаций, где применяется капельное орошение, которое наряду с отдельными мероприятиями (такими как очистные сооружения на животноводческих фермах, система водоотведения и очистки производственных стоков, возобновляемые источники энергоснабжения и др.) причислено к инновационным технологиям. В формах статистической отчетности [6] также нет информации об орошаемых землях и особенностях хозяйственной деятельности на них.

Выводы. Таким образом, при дефиците информации для мелиоративной отрасли РФ опыт США по направлениям сбора данных об особенностях применения орошения и управления водными ресурсами может быть полезным, в т. ч. для целей анализа сложившейся ситуации в отрасли, разработки концепций, программ совершенствования водопользования, экономических моделей, законодательных инициатив, бизнес-планов, технико-экономических обоснований и других документов.

Список использованных источников

1 Обзор способов и методов достижения высоких показателей площади мелиорируемых земель в составе сельскохозяйственных угодий в странах с высокой продуктивностью мелиорируемых земель (подготовлен по материалам атташе по АПК при посольствах РФ). – 2020. – 55 с.

2 National Agricultural Statistics Service. 2017 Census of Agriculture. 2018 Irrigation and Water Management Survey. Volume 3. Special Studies. Part 1 [Electronic resource]. – Mode of access: https://nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2017/Online_Resources/Farm_and_Ranch_Irrigation_Survey/fris.pdf, 2020.

3 National Agricultural Statistics Service. 2017 Census of Agriculture. United States. Summary and State Data. Volume 1. Geographic Area Series. Part 51 [Electronic resource]. – Mode of access: https://nass.usda.gov/Publications/AgCensus/2017/Full_Report/Volume_1,_Chapter_1_US/usv1.pdf, 2020.

4 Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. Т. 3. Земель-

ные ресурсы и их использование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://burstat.gks.ru/storage/mediabank/vskhp_2016-3.pdf, 2020.

5 Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. Т. 6. Технические средства, производственные помещения и инфраструктура [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VSHR%202016%20T%206.pdf>, 2020.

6 Об утверждении форм федерального статистического наблюдения для организации федерального статистического наблюдения за сельским хозяйством и окружающей природной средой: Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации, Федеральной службы государственной статистики от 21 июля 2020 г. № 399 (с изменениями на 6 августа 2020 г.) // Гарант Эксперт 2020 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2020.

УДК 332.146.2

С. А. Манжина, А. О. Матвиенко

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

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОЗДАНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ НА ОСНОВЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Целью исследования стало определение возможности формирования агропромышленных территорий опережающего развития целевого направления в рамках имеющейся в настоящее время нормативно-правовой базы. Материалами для исследования послужили нормативно-правовые документы, регламентирующие образование и функционирование территорий опережающего социально-экономического развития в субъектах РФ. На основании проведенного анализа сделан вывод, что Федеральный закон от 29.12.2014 № 473-ФЗ определяет общие подходы к формированию территорий опережающего развития. В подзаконных нормативно-правовых актах более детально прописаны нюансы формирования этих территорий в моногородах и в Дальневосточном регионе. С учетом того, что сельскохозяйственное производство и сельские поселения имеют свою специфику, предполагается, что для организации в них территорий опережающего развития необходимо предусмотреть формирование соответствующих этой специфике нормативных актов. В работе выделен основной перечень нормативно-правовых актов, которые необходимо будет принять в целях формирования нормативной базы, регламентирующей создание агропромышленных территорий опережающего развития на основе мелиоративных технологий.

Ключевые слова: агропромышленные территории опережающего развития; мелиоративные технологии; сельскохозяйственное производство; нормативно-правовые документы; управляющая компания.

S. A. Manzhina, A. O. Matvienko

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

ON ISSUE OF FORMATION OF REGULATORY AND LEGAL SUPPORT FOR THE CREATION OF AGROINDUSTRIAL AREAS OF PRIORITY DEVELOPMENT BASED ON RECLAMATION TECHNOLOGIES

The aim of the study was to determine the possibility of the formation of agro-industrial territories of advanced development of the target direction within the framework of

the currently available regulatory and legal framework. The materials for the study were regulatory documents regulating the formation and functioning of territories of advanced socio-economic development in the constituent entities of the Russian Federation. Based on the analysis, it was concluded that Federal Law no. 473 FZ of December 29, 2014 determines general approaches to the formation of priority development territories. In the by-laws, the nuances of the formation of these territories in single-industry towns and in the Far East region are spelled out in more detail. Taking into account the fact that agricultural production and rural settlements have their own specifics, it is assumed that in order to organize territories of advanced development in them, it is necessary to provide for the formation of regulatory acts corresponding to this specifics. The paper highlights the main list of regulatory legal acts that will need to be adopted in order to form a regulatory framework governing the creation of agro-industrial territories of advanced development based on reclamation technologies.

Key words: agro-industrial areas of priority development; reclamation technologies; agricultural production; regulatory documents; Management Company.

Введение. Территории с особым экономическим статусом во всем мире выбирают в качестве драйверов экономического роста особо ценных в географическом плане территорий или для улучшения социально-экономического потенциала отстающих. Практика их применения демонстрирует эффективность различных вариантов организации: особые экономические зоны (ОЭЗ), свободные экономические зоны (СЭЗ), территории опережающего развития (ТОР), зоны свободной торговли (ЗСТ) и т. д. [1–10]. Независимо от вариантов организации таких территорий (названия их статуса), по существу, применяется единый инструментарий для стимулирования их развития, только в различных вариациях [11, 12]. В РФ с 2014 г. особую популярность набирают ТОР. Существующие разновидности территорий опережающего социально-экономического развития можно классифицировать по их расположению: в Дальневосточном регионе, на территории закрытых административно-территориальных образований (ЗАТО) и в моногородах (здесь есть варианты, когда моногород является одновременно ЗАТО). При этом в соответствии с нормами права, регламентирующими и определяющими условия формирования и функционирования этих территорий, их организация предполагается в том числе и в сельской местности.

Исходя из этого, целью исследования стало определение возможности формирования агропромышленных территорий опережающего развития целевого направления в рамках имеющейся в настоящее время нормативно-правовой базы.

Материалы и методы. Основопологающим федеральным законом о ТОР стал Федеральный закон от 29.12.2014 № 473-ФЗ «О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации», который устанавливает правовой режим ТОР в России, мероприятия их государственной поддержки, а также порядок осуществления деятельности резидентов и управляющей компании (УК) на таких территориях [13].

Приказом Министерства экономического развития РФ от 15.07.2015 № 476 утверждена Комиссия по вопросам создания и функционирования территорий опережающего социально-экономического развития на территориях монопрофильных муниципальных образований РФ (моногородов) вместе с положением, регламентирующим ее работу [14]. Комиссия осуществляет рассмотрение заявок субъектов РФ о создании ТОСЭР на их территории, руководствуясь правилами, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 22.06.2015 № 614 [15]. Утверждены требования к инвестиционным проектам, реализуемым на ТОР в моногородах, критерии их создания, дополнительные требования к резидентам ТОР в моногородах и правила ведения по ним реестра [15].

В целях контроля уровня развития экономики и благополучия среды проживания населения в границах организованных ТОР утверждена «Методика оценки эффек-

тивности и мониторинга показателей эффективности территорий опережающего социально-экономического развития, за исключением территорий опережающего социально-экономического развития, созданных на территориях монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моногородов)» [16].

На основании Приказа Минвостокразвития России от 17.12.2018 № 85-кд [17] был образован Инвестиционный департамент, на который возложены функции по принятию решений относительно определенного круга вопросов, касающихся ТОР, входящих в состав Дальневосточного федерального округа и свободного порта Владивосток, в соответствии с утвержденным положением [18]. Постановлением Правительства РФ от 13.05.2020 № 668 утверждены «Правила предоставления субсидии из федерального бюджета на развитие инфраструктуры...» ТОР, входящих в состав Дальневосточного федерального округа [19].

Постановлением Правительства РФ от 24.04.2015 № 390 утверждено положение и «Правила передачи управляющей компании, осуществляющей функции по управлению территорией опережающего социально-экономического развития, на праве собственности или аренды находящихся в государственной или муниципальной собственности земельных участков, зданий, строений и сооружений, расположенных на территории опережающего социально-экономического развития» [20].

В свою очередь деятельность в области мелиорации сельскохозяйственных земель регламентируется законом от 10.01.1996 № 4-ФЗ «О мелиорации земель» [21]. Стимулирование и развитие этой деятельности предусмотрено в рамках реализации мероприятий ведомственной программы «Развитие мелиоративного комплекса России» [22] и мероприятий в области мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в рамках федерального проекта «Экспорт продукции агропромышленного комплекса» [23].

Утверждены «Правила предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации в рамках реализации мероприятий ведомственной программы «Развитие мелиоративного комплекса России» и мероприятий в области мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в рамках федерального проекта «Экспорт продукции агропромышленного комплекса» [24].

При изучении нормативно-правовой базы РФ, регламентирующей образование и функционирование ТОР и регулирующей различные аспекты в области мелиорации земель сельскохозяйственного назначения, использовались методы анализа и сравнения.

Результаты и обсуждение. Созданная в РФ нормативно-правовая база [13, 20] определяет общие подходы к формированию ТОР. Более детально прописаны нюансы формирования таких территорий в моногородах и в Дальневосточном регионе. Исходя из политических и социально-экономических предпосылок, считаем, что в настоящее время сложилась благоприятная ситуация для применения механизма ТОР на сельских территориях, причем есть варианты организации территорий, имеющих целевую направленность для стимулирования развития определенного компонента АПК РФ. Примером целевого развития сельскохозяйственного производства может служить стимулирование использования потенциала мелиорированных земель, которые во всем мире признаются особо ценными угодьями. Как вариант, части территорий, расположенных в зоне мелиоративного земледелия, может быть присвоен статус агропромышленных территорий опережающего развития на основе мелиоративных технологий (далее – АПТОР на основе МТ).

Предполагается, что создание таких территорий должно вписываться в условия имеющегося законодательства. Однако анализ нормативно-правовых документов выявил наличие правовых лакун в этой области. С учетом того, что сельскохозяйственное производство и сельские поселения имеют свою специфику, предполагается, что для организации в них ТОР необходимо предусмотреть связанные с этим нюансы в соответствующих нормативно-правовых актах. В рамках нашей работы рассмотрен вариант АПТОР на основе МТ, что отвечает современным направлениям развития АПК РФ [22–24].

В нашей работе используются следующие основные понятия.

Агропромышленные территории опережающего развития на основе мелиоративных технологий (АПТОР на основе МТ) – это часть территории субъекта РФ, в состав которой входит совокупность сельских и городских муниципальных образований, производственная деятельность в которых отнесена к производственно-экономической системе АПК РФ в соответствии с указаниями, утвержденными Приказом Минфина РФ от 16.12.1998 № 255, на которой установлен особый правовой режим предпринимательской и иной деятельности в целях формирования благоприятных условий для привлечения инвестиций, обеспечения ускоренного социально-экономического развития и создания комфортных условий для обеспечения жизнедеятельности населения.

Резидентом АПТОР на основе МТ признается индивидуальный предприниматель (ИП), юридическое лицо, сельскохозяйственный кооператив, крестьянско-фермерское хозяйство (КФХ), самозанятые, заключившие с УК соглашение об осуществлении деятельности, с даты внесения соответствующей записи в реестр резидентов.

Особую роль в организации функционирования ТОР играет УК. УК АПТОР на основе МТ присущи те же требования и принципы организации, что и для других видов ТОР. Они отражены в Федеральном законе от 29.12.2014 № 473-ФЗ. В соответствии с ним УК – это «акционерное общество, которое определено Правительством Российской Федерации в целях осуществления функций по управлению территорией опережающего социально-экономического развития и сто процентов акций которого принадлежит Российской Федерации, и (или) дочернее хозяйственное общество, которое создано с участием такого акционерного общества (далее – дочернее общество управляющей компании)».

В России УК, как правило, носят название соответственной территориальной организации ТОР. Так, в Дальневосточном регионе создана АО «Корпорация развития Дальнего Востока» (КРДВ), которая осуществляет управление создаваемыми ТОР либо напрямую, либо через свои дочерние организации на местах. ТОР, созданные на территориях ЗАТО, которые получили такой статус в связи с тем, что в границах данного территориального образования расположены предприятия Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», управляются АО «Атом-ТОР». В моногородах в роли УК ТОР выступают действующие региональные и местные органы власти.

На основании анализа имеющегося законодательства РФ в области организации и функционирования ТОР выделен основной перечень нормативно-правовых актов, которые необходимо будет принять в целях формирования нормативно-правовой базы, регламентирующей создание АПТОР на основе МТ (рисунок 1).

Информационное наполнение указанных нормативно-правовых актов должно соответствовать как общим требованиям законодательства в области ТОР, так и специфике сельских территорий и сельскохозяйственного производства с учетом приоритетных направлений его развития. Для уточнения этой специфики необходимо произвести детальные предварительные исследования и сформировать теоретические представления о возможных моделях организации АПТОР с учетом приоритета МТ для более стабильного развития сельскохозяйственного производства с возможностью обеспечения его эффективности на каждом промежуточном уровне доведения продукции до потребителя (включая сбор, хранение, транспортировку, переработку различного уровня и реализацию). В этой связи в соответствии с тематическим планом проведения прикладных научных исследований по государственному заданию Минсельхоза России учеными ФГБНУ «РосНИИППМ» разрабатывается концепция создания АПТОР на основе применения МТ, в т. ч. мелиоративных парков, в которой планируется рассмотреть возможные модели их развития и иные вопросы, связанные с формированием и функционированием АПТОР на основе МТ.

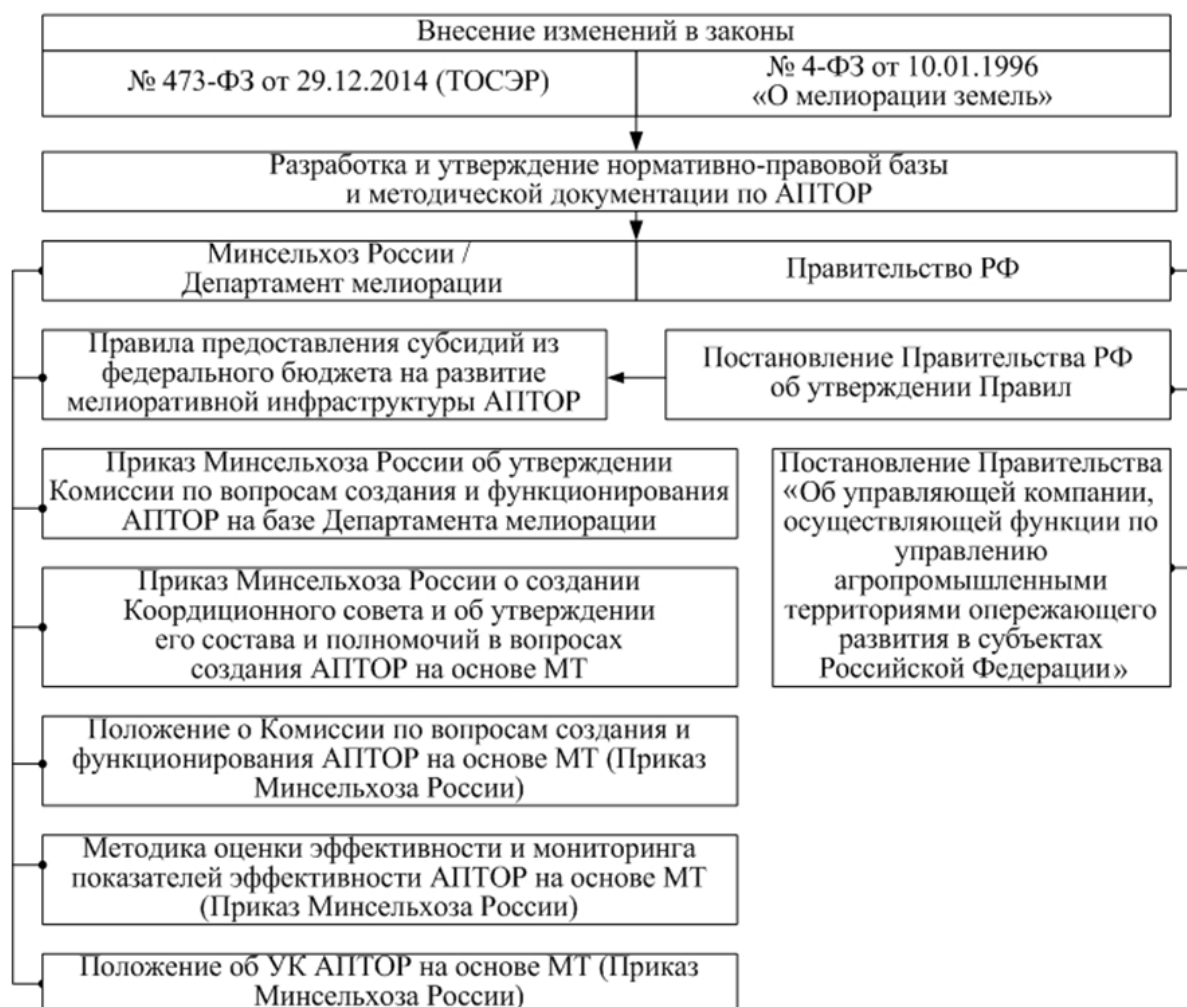


Рисунок 1 – Формирование нормативно-правовой базы для обеспечения функционирования агропромышленных территорий опережающего развития на основе мелиоративных технологий в Российской Федерации

Выводы. На основании проведенных исследований сделан вывод о том, что существующая на современном этапе нормативно-правовая база, регулирующая условия организации и функционирования территорий опережающего развития, не может быть применена без внесения дополнений для агропромышленных территорий опережающего развития. Условия создания и функционирования агропромышленных территорий опережающего развития целевого направления должны регулироваться соответствующей нормативно-правовой документацией.

Список использованных источников

- 1 About Foreign-Trade Zones and Contact Info. An Introduction to Foreign-Trade Zones [Electronic resource]. – Mode of access: <https://cbp.gov/border-security/ports-entry/cargo-security/cargo-control/foreign-trade-zones/about>, 2020.
- 2 Cheesman, A. Special Economic Zones and Development: Geography and Linkages in the Indian EOU Scheme [Electronic resource] / A. Cheesman. – Mode of access: https://ucl.ac.uk/bartlett/development/sites/bartlett/files/migrated-files/WP145_0.pdf, 2020.
- 3 Костюнина, Г. М. Практика функционирования свободных экономических зон в Таиланде / Г. М. Костюнина // Российский внешнеэкономический вестник. – 2017. – № 5. – С. 38–53.
- 4 Портняков, В. Я. Шэньчжэньский камертон. Трансформация модели экономи-

ческого роста в Китае и развитие Шэньчжэня / В. Я. Портняков. – М.: Форум, 2017. – 156 с.

5 Черешнева, И. А. Территории со специальным режимом осуществления предпринимательской деятельности: опыт Китая / И. А. Черешнева // Актуальные проблемы российского права. – 2018. – № 6(91). – С. 162–168.

6 Чаркина, Е. С. Система создания и функционирования инструментов развития территорий (часть первая) / Е. С. Чаркина, С. Н. Мирошников // Управленческое консультирование. – 2017. – № 9(105). – С. 92–104.

7 Чаркина, Е. С. Система создания и функционирования инструментов развития территорий (часть вторая) / Е. С. Чаркина, С. Н. Мирошников // Управленческое консультирование. – 2017. – № 10(106). – С. 89–95.

8 Белоглазов, П. Л. Оценка влияния функционирования территорий опережающего социально-экономического развития (ТОСЭР) на экономику региона (на примере Хабаровского края) / П. Л. Белоглазов, О. Ю. Митрофанова // Россия и Китай: вектор развития: материалы науч.-практ. конф. – 2017. – С. 74–76.

9 Чаркина, Е. С. К вопросу об опережающем социально-экономическом развитии отдельных территорий регионов России / Е. С. Чаркина // Управленческое консультирование. – 2015. – № 9(81). – С. 105–111.

10 Костюнина, Г. М. Зоны экономического роста как фактор интеграционного взаимодействия стран Восточной Азии / Г. М. Костюнина // Экономические, социально-политические, этноконфессиональные проблемы афро-азиатских стран / под ред. О. Бибиковой, Н. Цветковой; Ин-т востоковедения. – 2018. – С. 111–121.

11 Прачева, Е. В. Сравнение инструментов региональной политики: территории опережающего социально-экономического развития, особые экономические зоны, зоны территориального развития / Е. В. Прачева // Корпоративная экономика. – 2018. – № 3(15). – С. 4–11.

12 Костюков, А. Н. Управление территориями опережающего развития и свободными портами Российской Федерации / А. Н. Костюков / Правоприменение. – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 46–53. – DOI: 10.24147/2542-1514.2017.1(2).46-53.

13 О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации: Федеральный закон от 29 декабря 2014 г. № 473-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172962/, 2020.

14 О Комиссии по вопросам создания и функционирования территорий опережающего социально-экономического развития на территориях монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моногородов) (вместе с «Положением о Комиссии по вопросам создания и функционирования территорий опережающего социально-экономического развития на территориях монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моногородов)»): Приказ Минэкономразвития России от 15 июля 2015 г. № 476 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rulings.ru/acts/Prikaz-Minekonomrazvitiya-Rossii-ot-15.07.2015-N-476/>, 2020.

15 Об особенностях создания территорий опережающего социально-экономического развития на территориях монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моногородов): Постановление Правительства РФ от 22 июня 2015 г. № 614 (с изменениями на 24 июня 2020 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181759/, 2020.

16 Об утверждении методики оценки эффективности и мониторинга показателей эффективности территорий опережающего социально-экономического развития, за исключением территорий опережающего социально-экономического развития, созданных на территориях монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моногородов): Постановление Правительства РФ от 23 сентября 2019 г. № 1240 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/561346239>, 2020.

17 О внесении изменений в структуру и штатное расписание Министерства Российской Федерации по развитию Дальнего Востока: Приказ Минвостокразвития России от 17 декабря 2018 г. № 85-кд // Документ предоставлен КонсультантПлюс: consultant.ru, 2020.

18 Об утверждении Положения об Инвестиционном департаменте Министерства Российской Федерации по развитию Дальнего Востока: Приказ Минвостокразвития России от 29 декабря 2018 г. № 254 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minvr.gov.ru/upload/iblock/656/prikaz-254-ot-29.12.2018-ob-investitsionnom-departamente.pdf>, 2020.

19 Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета на развитие инфраструктуры территорий опережающего социально-экономического развития резидентам, инвесторам и управляющей компании, осуществляющей функции по управлению территориями опережающего социально-экономического развития в субъектах Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа, и свободным портом Владивосток: Постановление Правительства РФ от 13 мая 2020 г. № 668 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/564898917>, 2020.

20 О порядке передачи управляющей компании, осуществляющей функции по управлению территорией опережающего социально-экономического развития, на праве собственности или аренды находящихся в государственной или муниципальной собственности земельных участков, зданий, строений и сооружений, расположенных на территории опережающего социально-экономического развития, и порядке распоряжения такими земельными участками, зданиями, строениями и сооружениями, а также объектами инфраструктуры территории опережающего социально-экономического развития (вместе с «Правилами передачи управляющей компании, осуществляющей функции по управлению территорией опережающего социально-экономического развития, на праве собственности или аренды находящихся в государственной или муниципальной собственности земельных участков, зданий, строений и сооружений, расположенных на территории опережающего социально-экономического развития»): Постановление Правительства РФ от 24 апреля 2015 г. № 390 (ред. от 19 марта 2020 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420270471>, 2020.

21 О мелиорации земель: Федеральный закон от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ (с изменениями на 27 декабря 2019 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9015302>, 2020.

22 Развитие мелиоративного комплекса России: ведомственная программа Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: утв. Постановлением Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 (в ред. с изм., утв. Постановлением Правительства РФ от 16 июля 2020 г. № 1061) // Документ предоставлен КонсультантПлюс: consultant.ru, 2020.

23 Экспорт продукции агропромышленного комплекса: федеральный проект Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: утв. Постановлением Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 (в ред. с изм., утв. Постановлением Правительства РФ от 16 июля 2020 г. № 1061) // Документ предоставлен КонсультантПлюс: consultant.ru, 2020.

24 Правила предоставления и распределения субсидий из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации в рамках реализации мероприятий ведомственной программы «Развитие мелиоративного комплекса России» и мероприятий в области мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в рамках федерального проекта «Экспорт продукции агропромышленного комплекса»: приложение № 10 к

Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: утв. Постановлением Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 (в ред. с изм., утв. Постановлением Правительства РФ от 16 июля 2020 г. № 1061) // Документ предоставлен КонсультантПлюс: consultant.ru, 2020.

УДК 628.16:626.81/.84

В. А. Супрун, М. А. Ширяева

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

СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА БИОСОРБЦИОННОГО СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД С РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Дренажные воды загрязняют водные объекты и окружающую среду, однако их можно рассматривать как альтернативные водные ресурсы для сельского хозяйства. На данный момент в Республике Калмыкии наблюдается острый дефицит водных ресурсов, в связи с чем существующие площади используются частично. Решением проблемы может являться технология повторного использования дренажно-сбросной воды с Сарпинской обводнительно-оросительной системы. Для последующего использования этой воды с целью орошения необходима водоподготовка и очистка. Одним из вариантов улучшения экологической обстановки является создание биосорбционного сооружения, принцип действия которого заключается в мобилизации природных возможностей самоочищения экосистем водных объектов, что позволяет в дальнейшем повторно использовать дренажно-сбросную воду на орошение.

Ключевые слова: засоление; дренажный сток; водные ресурсы; загрязнение вод; минеральные сорбенты; биоплато; мелиоративные мероприятия.

V. A. Suprun, M. A. Shiryayeva

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

CREATING THE PROJECT OF A BIOSORPTION FACILITY FOR DRAINAGE AND DISCHARGE WATER TREATMENT FROM RICE IRRIGATION SYSTEMS OF THE SARPINSK LOWLAND

Drainage waters pollute water bodies and the environment, however, they can be considered as alternative water resources for agriculture. At the moment, there is an acute shortage of water resources in the Republic of Kalmykia, in connection with which the existing areas are used partially. The solution to the problem may be the technology of reuse of drainage and waste water from the Sarpinskaya irrigation system. For the subsequent use of this water for irrigation purposes, water treatment and purification is required. One of the options for improving the ecological situation is the creation of a biosorption structure, the principle of which is to mobilize the natural capabilities of self-purification of water bodies ecosystems, which allows in the future to reuse drainage and waste water for irrigation.

Key words: salinization; drainage flow; water resources; water pollution; mineral sorbents; bioplato; reclamation measures.

В России в конце XX и начале XXI в. усилился контроль за соблюдением природоохранного законодательства, одновременно повысились требования к очистке загрязненного поверхностного стока перед сбросом в водные объекты. Среди источников площадного диффузного загрязнения водных объектов приоритетное место занимают

сельскохозяйственные угодья, расположенные на водосборах речных бассейнов, вследствие их значительной пространственной распространенности [1].

Вынос веществ поверхностным стоком связан с процессами эрозии, выщелачивания и растворения. При эрозии в основном выносятся взвешенные почвенные частицы, на которых сорбируются биогенные вещества, а при растворении и выщелачивании – растворенные химические вещества. Этот сток, как правило, не контролируется и не регулируется. Снижение диффузного стока возможно путем организации территории и проведения соответствующих природным условиям мероприятий [2].

В основу разработки агроинженерной технологии улучшения качества дренажно-сбросных вод положено использование естественных процессов сорбции минеральными природными и искусственными сорбентами и поглощение загрязняющих веществ и отдельных солей высшими водными растениями (ВВР), обладающими способностью удалять из воды загрязняющие вещества – биогенные элементы (азот, фосфор, калий, кальций, магний, марганец, серу), тяжелые металлы (кадмий, медь, свинец, цинк), фенолы, сульфаты, что широко используется при очистке сточных вод [3].

Для подбора сорбента и изучения солепоглощающей способности растений, растущих в условиях резко континентального климата Сарпинской низменности в Республике Калмыкии, были проведены натурные опыты по деминерализации и очистке сбросной воды с рисовой оросительной системы.

Разработана конструкция для проведения натурального эксперимента. Конструкция смонтирована на территории ФГУП «Харада», она состоит из 10 напорных труб для водоснабжения с прорезями длиной 2 м, диаметром 110 мм. На основе полевого эксперимента обосновано применение агроионита в качестве основного сорбента, в качестве дополнительного сорбента выбран перлит агротехнический.

В ходе эксперимента установлено, что для дальнейших исследований наиболее подходящими солепоглощающими ВВР являются рогоз (*Typha latifolia*) и осока черная, или осока обыкновенная (*Carex nigra*) [4].

Следующий этап разработки агроинженерной технологии повторного использования дренажно-сбросной воды с Сарпинской обводнительно-оросительной системы – составить проект биосорбционного сооружения (БСС). Сооружение рассчитано на подачу воды с расходом 10 л/с. Оно имеет следующие размеры. Размер отстойника (V): $L = 6$ м, $B = 5$ м, $h = 2,5$ м. Размер фильтрующей камеры с песком и диатомитовым порошком NDP-600 (V): $L = 0,5$ м, $B = 5$ м, $h_1 = 2,5$ м, $h_2 = 0,7$ м. Размер комплексного биоплата (V): $L = 51,2$ м, $B = 5$ м, $h = 0,7$ м. Размер фильтрующей камеры со смесью сорбентов (V): $L = 0,5$ м, $B = 5$ м, $h_1 = 0,5$ м, $h_2 = 0,4$ м.

БСС имеет трапециевидную форму, потому что, в отличие от прототипа (габионного очистного фильтрующего сооружения), в БСС нет основания из габионов. Единственным способом удешевления конструкции без ущерба для сорбционных свойств сооружения стало расположение конструкции под углом и с трапециевидными откосами. В качестве гидроизоляционного материала была выбрана полимерно-битумная пленка, стоимость которой гораздо ниже, чем стоимость габионов. При прямом угле откосов без использования бетона, габионов или других изолирующих дорогостоящих материалов конструкция будет разрушаться. В состав БСС входят четыре ступени очистки, а именно: отстойник, фильтрующая камера с песком и диатомитовым порошком NDP-600, комплексное биоплато, фильтрующая камера со смесью сорбентов (рисунок 1).

С помощью насоса дренажная вода поступает в отстойник, где происходит осаждение взвешенных веществ. Отстойник в составе БСС выполняет также функцию аккумулялирующей емкости, обеспечивая прием воды. При этом производительность очистки дренажных вод определяется расходом фильтрации через фильтрующие элементы. Этот расход в зависимости от размеров сооружения и при необходимости может составлять от 1 до 100 л/с и более. Из отстойника осветленная вода фильтруется

через камеру, заполненную песком и диатомитовым порошком NDP-600, проходя дополнительную очистку от загрязняющих веществ (рисунок 2).

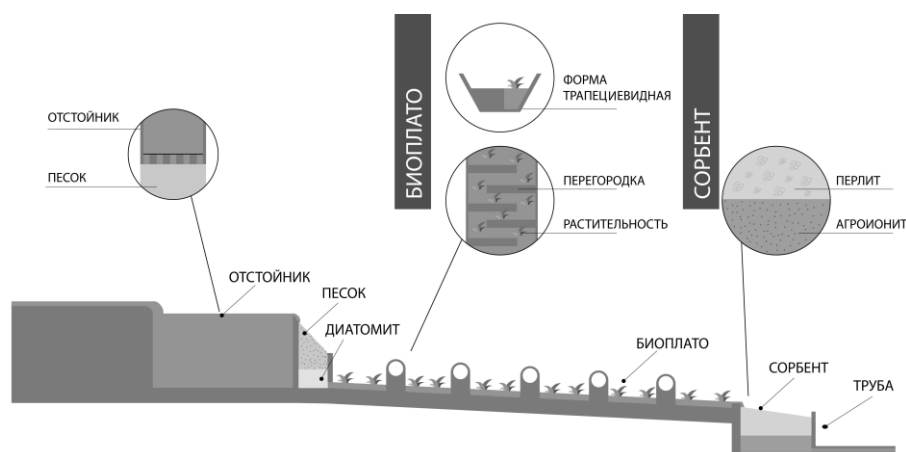


Рисунок 1 – Биосорбционное сооружение (профиль)

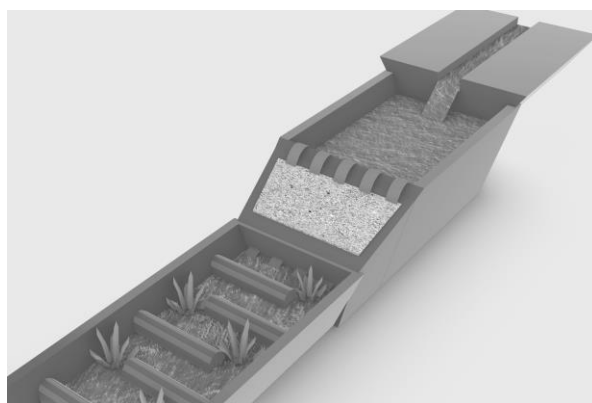


Рисунок 2 – Биосорбционное сооружение (отстойник и камера с зернистой загрузкой)

После фильтрующей камеры сток попадает на комплексное биоплато. На биоплато высажена наиболее подходящая высшая водная растительность, растущая в условиях резко континентального климата Сарпинской низменности в Республике Калмыкии, а именно рогоз (*Typha latifolia*) и осока черная, или осока обыкновенная (*Carex nigra*). ВВР подобрана в ходе лабораторного исследования, посвященного изучению солепоглощающей способности растений. С целью повышения эффективности и оптимизации работы на биоплато находятся перегородки, чтобы отрегулировать поток воды (иначе поток на биоплато не регулируется).

После биоплато вода попадает в фильтрующую камеру со смесью сорбентов (агроионит + перлит агротехнический), где происходит окончательная доочистка стока [5]. Показатель общей минерализации на выходе в зависимости от исходной минерализации, которая меняется в течение сезона, не более 1,3 г/л. Далее с помощью водоотводящей трубы очищенная вода самотеком возвращается в канал (рисунок 3).

Расчет параметров биоплато для проекта осуществлялся по стандартной методике, но в результате проведения полевых и лабораторных исследований размеры были скорректированы. С помощью перегородок на комплексном биоплато появилась возможность удерживать воду необходимое время на меньшей площади конструкции. Благодаря зигзагообразному потоку воды скорость течения и время очистки остаются прежними на меньшей площади сооружения. Кроме того, исключается проблема вымывания почвы, необходимой для высадки высшей водной растительности.

Разработанный эскизный проект позволит выполнить расчет объема необходимых материалов и их стоимости.

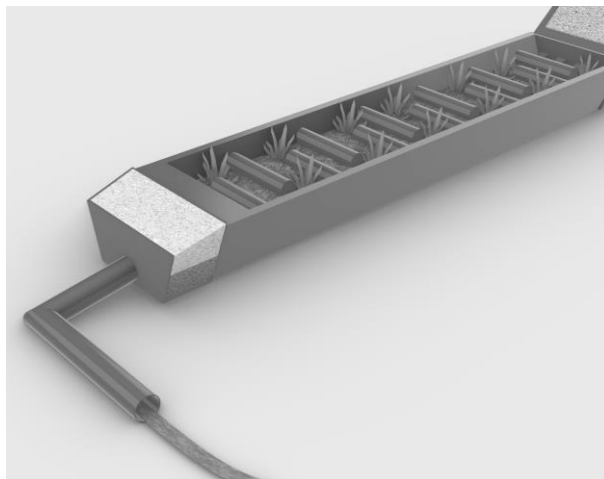


Рисунок 3 – Биосорбционное сооружение (комплексное биоплато, камера со смесью сорбентов, водоотводящая труба)

Список использованных источников

- 1 Магмедов, В. Г. Биоинженерное сооружение для очистки сточных вод сельскохозяйственного производства / В. Г. Магмедов, Л. И. Яковлева. – Харьков, 2008. – 214 с.
- 2 Водоотведение и очистка поверхностных сточных вод в ГОФС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecoland21.ru/design/wastewater/>, 2020.
- 3 Романова, О. А. Очистение природными средствами. Натуральные сорбенты / О. А. Романова. – М.: Вектор, 2009. – 493 с.
- 4 Эйно́р, Л. О. Ботаническая площадка – биоинженерное сооружение для очистки сточных вод / Л. О. Эйно́р // Водные ресурсы. – 1990. – № 4. – С. 131–139.
- 5 Фрог, Б. Н. Водоподготовка: учеб. пособие / Б. Н. Фрог; под ред. Г. И. Николадзе. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 680 с.

УДК 633:551.573

А. П. Тищенко

Крымский филиал Российского научно-исследовательского института проблем мелиорации, Симферополь, Российская Федерация

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ВЕЛИЧИНАМИ СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Важность связей между суммарным испарением различных сельскохозяйственных культур заключается в том, что, имея измеренную посредством гидравлического почвенного балансомера величину суммарного испарения с поля люцерны, с помощью графика связи или аналитической формулы, полученной по этому графику, можно рассчитать величину суммарного испарения с поля озимой пшеницы, кукурузы или других культур соответствующих групп.

Ключевые слова: суммарное испарение; гидравлический почвенный балансомер; озимая пшеница; кукуруза; люцерна; хлопчатник.

A. P. Tishchenko

Crimean Branch of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Simferopol, Russian Federation

RELATIONSHIP BETWEEN TOTAL EVAPORATION VALUES OF VARIOUS AGRICULTURAL CROPS

The importance of the relationships between the total evaporation of various agricultural crops is in the fact that it is possible to calculate the total evaporation from fields of winter wheat, corn or other crops of the respective groups if the total evaporation values from the alfalfa field measured by means of a hydraulic soil balance meter, using a relationship graph or an analytical formula obtained from this graph, is known.

Key words: total evaporation; hydraulic soil balance meter; winter wheat; corn; alfalfa; cotton.

Для исследований динамики водопотребления озимой пшеницы, кукурузы и люцерны как основных сельскохозяйственных культур зерно-кормовых севооборотов орошаемой зоны Крыма использовались суточные величины суммарного испарения, измеренного гидравлическими почвенными балансомерами при оптимальном режиме орошения. Периоды наблюдений: озимая пшеница – 11 лет, кукуруза – 14 лет, люцерна – 10 лет, хлопчатник – 9 лет.

Гидравлический почвенный балансомер представляет собой замкнутую систему, позволяющую исследовать каждый элемент в отдельности и водный баланс в целом. Конструкцией прибора предусмотрена регистрация на ленте самописца внутрисуточного хода измеряемых элементов водного баланса с заданной точностью [1].

Принцип действия балансомера основан на переводе величины суммарного испарения в простое механическое линейное перемещение плавающей системы с записью его на ленте самописца и последующим переводом в линейную величину суммарного испарения [2, 3].

Пространственная интерполяция величин суммарного испарения, как указывалось ранее, равняется 100 км от места установки прибора, т. е. один балансомер может обеспечивать информацией о величинах суммарного испарения соответствующих культур на территории в радиусе 100 км (3,14 млн га) [4–6].

В таблице 1 приведены интенсивности суточных величин суммарного испарения с полей озимой пшеницы, кукурузы и люцерны и осадки по декадным интервалам (среднегодовые величины). Данные таблицы 1 использовались для построения связей между суммарным испарением различных сельскохозяйственных культур.

Таблица 1 – Величины суммарного испарения, осадков на полях, занятых озимой пшеницей, кукурузой и люцерной, при оптимальном режиме орошения (среднегодовые величины), Крым

Месяц	Дека- да	Озимая пшеница		Кукуруза		Люцерна		Осадки	
		Суммарное испарение							
		мм/сут	м³/га за декаду	мм/сут	м³/га за декаду	мм/сут	м³/га за декаду	мм/сут	м³/га за декаду
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Март	III	1,6	180	—	—	1,3	145	0,9	100
Апрель	I	2,4	235	—	—	1,9	185	0,8	80
	II	3,2	315	—	—	2,5	250	1,0	100
	III	3,8	385	—	—	3,1	310	1,1	110
Май	I	5,6	560	1,2	120	4,6	460	0,9	90
	II	6,5	650	1,4	145	5,5	550	1,1	110
	III	6,9	765	1,6	180	6,2	680	1,5	170
Июнь	I	7,5	750	1,4	135	6,4	640	1,0	100
	II	6,6	655	3,3	330	6,9	690	1,1	110
	III	4,1	410	4,6	455	7,2	720	1,5	150

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Июль	I	2,5	250	5,8	580	7,2	720	1,6	160
	II	—	—	6,6	655	7,0	700	1,1	110
	III	—	—	5,4	595	6,9	760	1,1	120
Август	I	—	—	5,7	570	6,6	660	1,0	100
	II	—	—	5,3	530	6,2	620	1,9	190
	III	—	—	4,2	465	5,6	615	1,4	150
Сентябрь	I	—	—	3,4	335	4,6	460	0,9	90
	II	—	—	—	—	4,0	400	1,3	130
	III	—	—	—	—	3,5	350	1,2	120
Сумма за вегетацию	—	—	5155	—	5095	—	9915	—	2190
Средняя интенсивность за вегетацию	—	4,6	—	3,8	—	5,1	—	1,1	—
Примечание – Периоды вегетации: озимая пшеница – 113 дней; кукуруза – 133 дня; люцерна – 194 дня.									

Связь величин суммарного испарения люцерны и озимой пшеницы. На рисунке 1 показана связь интенсивности суммарного испарения люцерны и озимой пшеницы в разрезе среднедекадных многолетних величин.

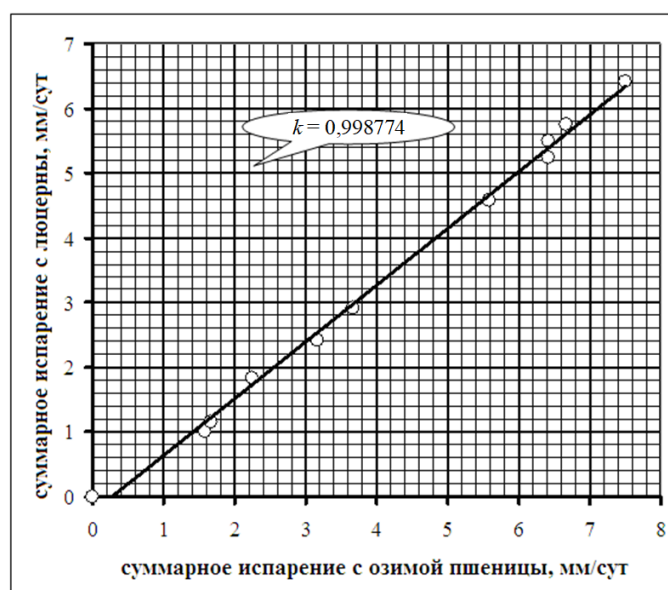


Рисунок 1 – График связи интенсивности суммарного испарения с полей озимой пшеницы и люцерны (декадные среднемноголетние величины)

Аналитические выражения этих связей представлены формулами, мм/сут:

$$E_{\text{люц}} = \frac{E_{\text{оз.пш}} - 0,33}{1,1}, \quad (1)$$

$$E_{\text{оз.пш}} = 1,1(E_{\text{люц}} + 0,33). \quad (2)$$

Формулами (1) и (2) можно пользоваться от возобновления вегетации до фазы молочно-восковой спелости озимой пшеницы.

Связь величин суммарного испарения люцерны и кукурузы. На рисунке 2 показана связь интенсивности суммарного испарения с полей люцерны и кукурузы. Аналитические выражения этой связи представлены формулами, мм/сут:

$$E_{\text{люц}} = E_{\text{кук}} + 0,5, \quad (3)$$

$$E_{\text{кук}} = E_{\text{люц}} - 0,5. \quad (4)$$

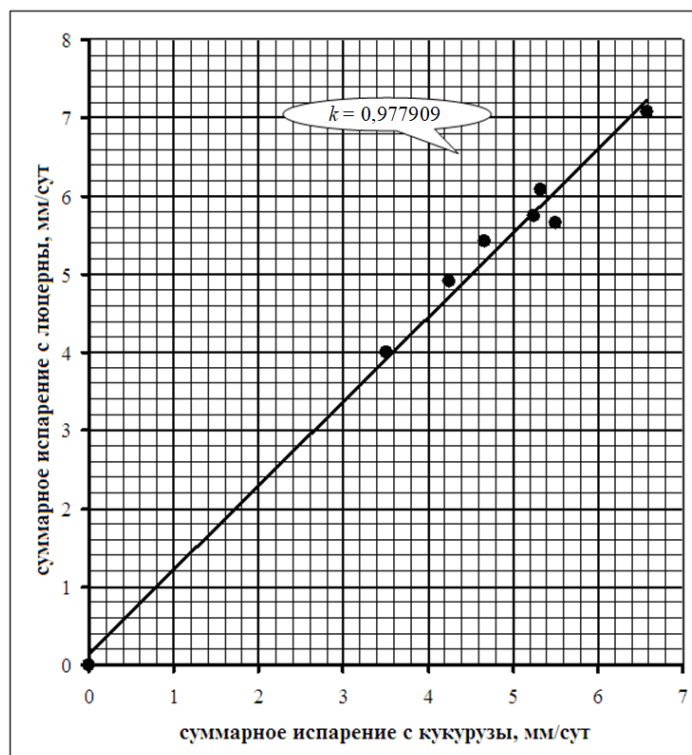


Рисунок 2 – График связи интенсивности суммарного испарения с полей кукурузы и люцерны (декадные среднеголетние величины)

Формулами (3) и (4) можно пользоваться с 15 июня по 1 сентября.

Связь величин суммарного испарения озимой пшеницы и ярового ячменя.

На рисунке 3 представлена связь декадных величин суммарного испарения (нарастающим итогом) озимой пшеницы и ярового ячменя. Тангенс угла наклона линии связи к оси абсцисс равен единице.

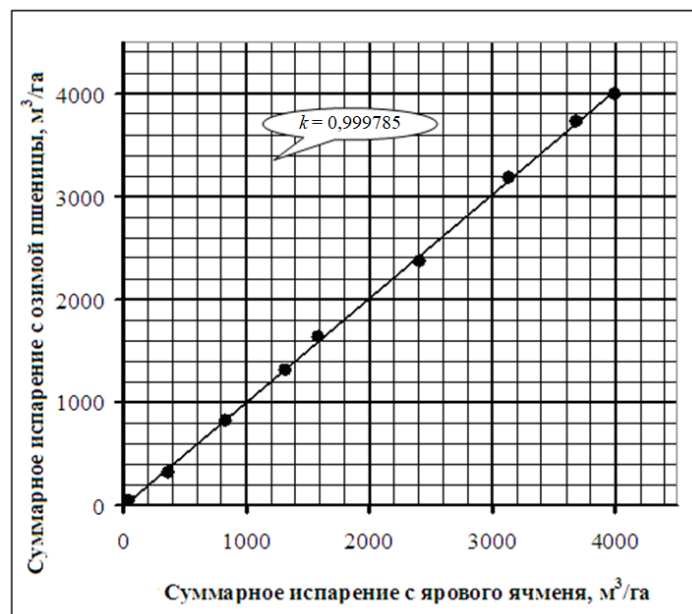


Рисунок 3 – График связи суммарного испарения с полей озимой пшеницы и ярового ячменя

Это означает, что величина суммарного испарения, измеренная с помощью гидравлического почвенного балансомера, с поля озимой пшеницы соответствует величине суммарного испарения с поля ярового ячменя.

Данный вывод имеет большое практическое значение, поскольку позволяет утверждать, что величины суммарного испарения с полей зерновых колосовых культур (озимая пшеница, озимый ячмень, яровой ячмень, овес) одинаковы. Это значительно расширяет диапазон культур при управлении режимами орошения, поскольку, имея гидравлический почвенный балансомер на одной из указанных культур, можно управлять режимами орошения всей группы зерновых колосовых культур.

Связь величин суммарного испарения с полей хлопчатника и кукурузы. На рисунке 4 представлена связь декадных величин интенсивности суммарного испарения хлопчатника и кукурузы.

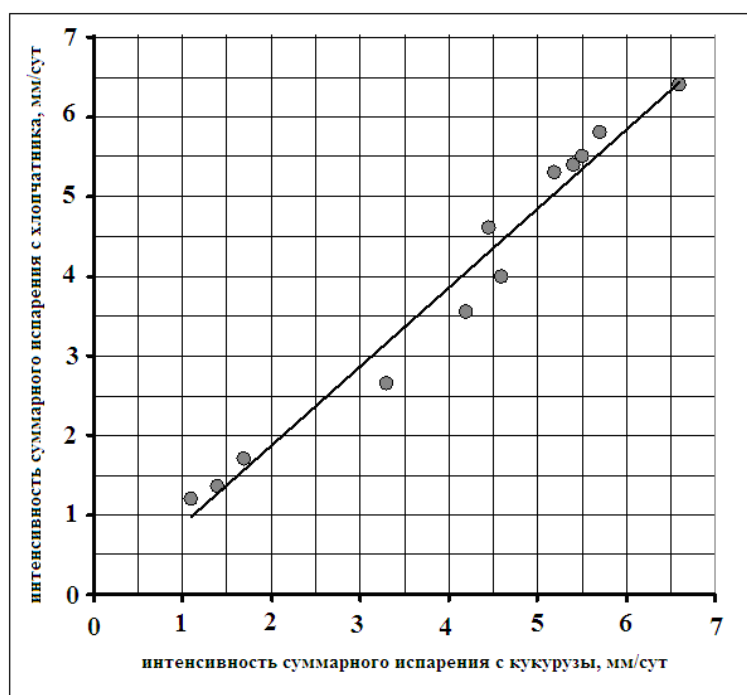


Рисунок 4 – График связи интенсивности суммарного испарения с полей кукурузы и хлопчатника

Связь получилась очень тесная ($\pm 0,5$ мм), а это свидетельствует о том, что даже хлопчатник вписывается в общую закономерность формирования величин суммарного испарения сельскохозяйственных культур, которые выращиваются в одном температурном и временном ритме. Хлопчатник и кукуруза являются пропашными культурами и сеются в одно и то же календарное время.

Аналитические выражения для линии связи интенсивности суммарного испарения хлопчатника и кукурузы (рисунок 4) представлены формулами, мм/сут:

$$E_{\text{кук}} = \frac{E_{\text{хл}}}{0,96},$$

$$E_{\text{хл}} = 0,96E_{\text{кук}}.$$

Представленные графики связи позволяют сделать важные для мелиоративной практики выводы.

1 Сельскохозяйственные культуры с одинаковым периодом вегетации, агротехникой и одновременным смыканием травостоя при оптимальном увлажнении почвы (от НВ до ВРК) имеют одинаковый режим орошения.

2 Имея величины суммарного испарения, например, с поля кукурузы, можно

управлять режимами орошения на полях, занятых свеклой, соей, хлопчатником или подсолнечником, т. е. объединять сельскохозяйственные культуры в группы с одинаковыми режимами орошения.

3 Графики связи и выведенные аналитические формулы можно использовать для расчетов величин суммарного испарения различных сельскохозяйственных культур за активные периоды вегетации при сомкнутом травостое и оптимальном режиме орошения. Например, имея величины суммарного испарения с поля люцерны, можно получить их для озимой пшеницы, кукурузы, хлопчатника и др. Величины, полученные по графикам связи и формулам, можно использовать при проектировании оросительных систем и составлении планов водопользования.

4 Для получения измеренных величин суммарного испарения нет необходимости строить гидравлические почвенные балансомеры для каждой сельскохозяйственной культуры, для этого достаточно провести их группирование по биологическим характеристикам и периодам вегетации, т. е. достаточно построить куст балансомеров из трех-четырех приборов: один – с зерновыми колосовыми культурами (озимая пшеница, озимый ячмень, яровой ячмень, овес), второй – с пропашными (кукуруза, подсолнечник, соя, свекла, хлопчатник), третий – с многолетними травами.

Список использованных источников

1 Тищенко, А. П. Измерение величин суммарного испарения сельскохозяйственных культур с помощью гидравлического почвенного балансомера / А. П. Тищенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 3(63). – С. 156–161.

2 Урываев, В. А. Экспериментальные гидрологические исследования на Валдае / В. А. Урываев. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 231 с.

3 Федоров, С. Ф. Опыт эксплуатации гидравлического почвенного испарителя малой модели (ГПИ-51) / С. Ф. Федоров // Труды ГГИ. – 1954. – Вып. 45.

4 А. с. 1626762, А 01 05 Д 9/00. Оперативный гидравлический почвенный балансомер / А. П. Тищенко, П. В. Тищенко.

5 Тищенко, П. В. «Служба урожая» в системе орошения / П. В. Тищенко. – Симферополь: Таврия, 1988. – 128 с.

6 Тищенко, А. П. Управление режимами орошения сельскохозяйственных культур по инструментальному методу: монография / А. П. Тищенко. – Симферополь: Таврия, 2003. – 240 с.

УДК 626.823.91

А. Ю. Гарбуз

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

К ВОПРОСУ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ОБЛИЦОВАННЫХ КАНАЛОВ

Целью научной статьи является рассмотрение вопросов гидроизоляции и ремонта как малых, так и крупных повреждений на поверхности облицовки. В ней представлена технология продления жизненного цикла бетонных и железобетонных поверхностей облицовок длительно работающих каналов с использованием полимерных композиционных материалов. Преимуществом представленной технологии является возможность ремонта различных повреждений бетонных облицовок длительно работающих оросительных каналов, повышение надежности, эффективности и продление срока их службы, ликвидация зон утечек при фильтрации через трещины и деформационные швы. Проиллюстрировано текущее техническое состояние плит оросительных каналов Багаевской оросительной сети, которые характеризуются существенными повреждениями.

Ключевые слова: оросительный канал; противофильтрационные мероприятия; жидкие полимеры; водонепроницаемость; бетонная облицовка.

A. Yu. Garbuz

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

ON ISSUE OF WATERPROOFING OF LINED CANAL DAMAGE

The purpose of the article is to consider the issues of hydraulic isolation and maintenance of small and large damages of coating' surfaces. The technology of extending the life cycle of concrete and reinforced concrete surfaces of linings of long-term operating canals using polymer composite materials is presented. The advantage of the presented technology is the possibility of repairing various damage to concrete linings of long-term operating irrigation canals, increasing the reliability, efficiency and extending their service life, eliminating leakage zones during filtration through cracks and contraction joints. The current technical condition of the irrigation canal plates of the Bagaevskaya irrigation network, which are characterized by significant damage, is illustrated.

Key words: irrigation canal; water-proofing measures; liquid polymers; water permeability; concrete lining.

Введение. В настоящее время оросительные каналы эксплуатируются в течение значительного количества времени (от 30 до 45 лет). За этот продолжительный период остро встал актуальный на данный момент вопрос долговечности бетонных и железобетонных элементов. В своем большинстве бетонные облицовки существенно изнашивались, имеют большое количество различных повреждений в виде трещин, разрушенных швов, через которые происходят значительные потери.

Для предотвращения и исключения дальнейшего разрушения бетонных поверхностей облицовок важна разработка технологий создания противофильтрационных покрытий из новых материалов, обеспечивающих долговечность, водонепроницаемость и надежность [1].

Использование современных строительных и ремонтных материалов на основе полимеров, которые служат механизмом повышения надежности и долговечности возводимых конструкций, увеличивает срок их службы, снижает потери воды на фильтрацию и повышает их КПД [2].

Для выбора наиболее эффективных и рациональных защитных покрытий большое значение имеет экономическое обоснование предлагаемой конструкции с учетом выбора места ее применения, а также геологических, гидрогеологических, гидравлических и климатических условий [3].

На бетонной поверхности противофильтрационных облицовок образуются различные повреждения в виде малых, средних и больших трещин, через которые теряется значительное количество подаваемых водных ресурсов. Данные повреждения, как правило, образуются в нижней части плит облицовки в среднем на высоте 1/3 откоса. Однако такие повреждения формируются в зоне попеременного уреза воды. Для предотвращения образования повреждений, а также продления срока службы бетонных покрытий облицовок следует выполнять текущий их ремонт.

При проведении планового (текущего) или капитального ремонта бетонного полотна облицовки канала выполняют перечень обязательных мероприятий [4], включающий в себя:

- механическую очистку бетонного покрытия (как вручную, так и при помощи специального оборудования, в т. ч. шлифовальных машин);
- обеспыливание ремонтируемого участка;

- заполнение крупных повреждений песчано-щебенчатым наполнителем;
- применение экономически обоснованных обмазочных, жидких или инъекционных полимерных композиций для ремонта повреждений на сооружении;
- в местах наиболее крупных повреждений укладку «нового» защитного слоя из бетона;
- восстановление деформационных швов между плитами облицовки.

Однако в случае, когда на бетонной поверхности имеются незначительные повреждения в виде раковин, сколов, волосяных трещин, возможно применение напыляемых полимерных композиций для герметизации и восстановления облицовки без предварительной заделки их бетоном.

Применение обычных цементно-песчаных растворов для устройства противофильтрационных облицовок, а также подпорных сооружений [5], как показала практика, недостаточно эффективно, так как растворы не обладают высокой степенью водонепроницаемости и стойкостью к агрессивным воздействиям, наряду с этим растворы имеют длительные сроки набора прочностных характеристик.

Материалы и методы. Выполненные натурные обследования облицовок каналов показали, что значительное количество повреждений на бетонных покрытиях облицовок представлено мелкими трещинами, сколами, зарастанием камышовой растительностью, а также раскрытием деформационных швов (рисунок 1).

а)



б)



а – разрушенные деформационные швы;
б – зарастание откоса камышовой растительностью

Рисунок 1 – Текущее состояние оросительного канала Бг-Р-7 (фото А. Ю. Гарбуз)

Также по всей протяженности канала выявлены просадки грунта основания и сползание плит. По дну наблюдается сильное заиливание вследствие малых скоростей по-

тока, а на откосах разрушение бетонного защитного слоя с оголением арматуры и противифiltrационного элемента в виде пленки (рисунок 2).



Рисунок 2 – Техническое состояние бетонной облицовки оросительного канала (фото А. Ю. Гарбуз)

Такие нарушения и деформации бетонного полотна облицовки обуславливают высокие значения коэффициента шероховатости в диапазоне $n = 0,0223...0,0299$, в результате чего скорость водного потока падает, и приводят к заилению дна, а также снижению показателя КПД до 0,77–0,80. Наряду с этим увеличиваются потери воды на фильтрацию как через саму облицовку, так и через деформационные швы, что более подробно отражено в работах Ю. М. Косиченко и др. [6, 7]. Это связано с устаревшей конструкцией и значительным износом бетонного покрытия, эксплуатируемого в качестве противифiltrационного элемента более 30 лет.

Также большая часть протяженности каналов выполнена с применением устаревших полиэтиленовых пленок, которые легко подвергаются прокалыванию, надрывам и другим механическим повреждениям, что сказывается на их противифiltrационной эффективности. При отсутствии текущего ремонта с применением более современных и усовершенствованных методов, материалов и технологий это приводит к значительным потерям воды через повреждения защитного слоя. Однако полная замена всей бетонной плиты каналов слишком дорогостояща и требует специальной техники для демонтажа и укладки. Ввиду этого факта мелкие и крупные повреждения могут быть устранены по разработанному творческим коллективом способу ремонта бетонных облицовок длительно работающих каналов [8].

Результаты и обсуждения. Преимуществом предлагаемого способа является возможность ремонта различных повреждений бетонных облицовок длительно работающих оросительных каналов, повышение надежности, эффективности и продление срока их службы, ликвидация зон утечек при фильтрации через трещины и деформационные швы.

Вся технология ремонта представлена следующими основными этапами производства работ.

Первый этап подготовительный, направленный на очистку бетонной поверхности от мусора, шелушения и разрушения поверхности облицовки как вручную, так и при помощи специального оборудования, обеспыливание всей ремонтируемой площади сжатым воздухом и ее просушивание. Также осуществляется заполнение более крупных повреждений и деформационных швов песчано-гравийным наполнителем.

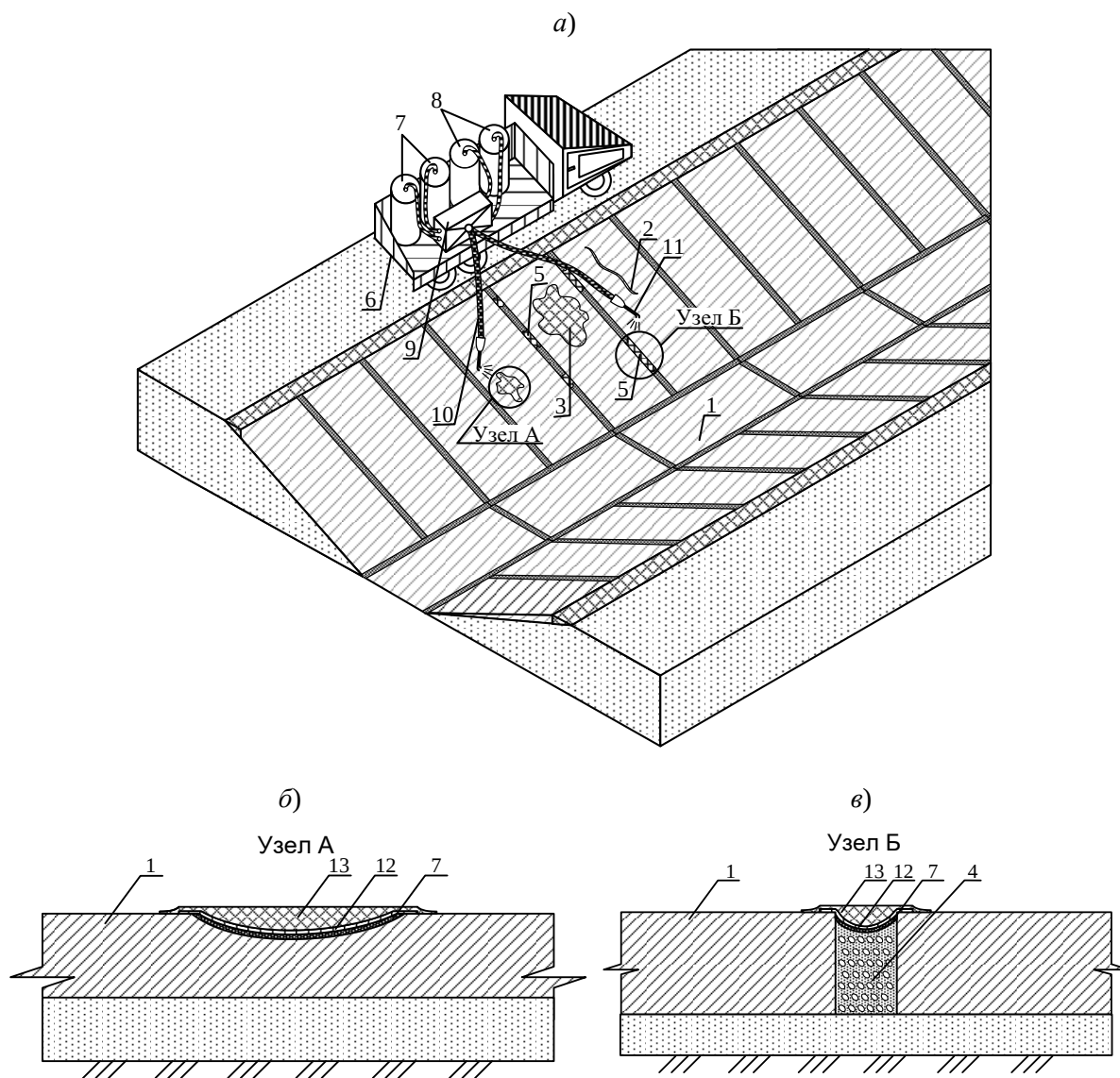
Второй этап включает в себя праймирование повреждения по всей его площади для лучшего сцепления с армирующими материалами, такими как геотекстиль.

Третий этап характеризуется укладкой армирующего материала в виде полотна тканого или нетканого геотекстиля для усиления конструкции ремонтируемого участка.

Четвертый этап заключительный, на нем производится нанесение напыляемого полимерного материала при помощи специального оборудования или же одной из его пастообразных форм вручную с толщиной слоя от 3 до 6 мм непосредственно на подготовленный геотекстиль.

При ремонте более крупных повреждений (как трещин, так и деформационных швов с шириной раскрытия от 3 см) на подготовительном этапе осуществляется их заполнение предварительно подобранной смесью из песка и щебеночных включений определенной фракции, которая разравнивается и уплотняется по всей площади повреждения.

Ремонт по этой технологии (рисунок 3) осуществляется при полном опорожнении канала в весенний (осенний) период.



а – план-схема канала с оборудованием для ремонта; б – схема ремонта мелких повреждений; в – схема ремонта крупных повреждений; 1 – бетонная облицовка; 2 – повреждение в виде трещины; 3 – крупное повреждение; 4 – песчано-щебеночный наполнитель; 5 – повреждение деформационного шва; 6 – механизированное оборудование; 7 – емкость полимерного материала с компонентом А (реагентом); 8 – емкость полимерного материала с компонентом Б; 9 – компрессор; 10 – подающий шланг; 11 – распылитель; 12 – геотекстиль; 13 – финишное полимерное покрытие

Рисунок 3 – Схема ремонта бетонной облицовки

Таким образом, для исключения потерь воды, а также уменьшения шероховатости русел длительно работающих каналов необходимо проводить текущий и капитальный ремонт с использованием комплекса современных материалов, которые имеют повышенные свойства по сравнению с традиционными и легко применимы в сложных инженерных условиях.

Выводы

1 Применение современных технологий и материалов для ремонта и продления срока службы бетонных облицовок позволит не только исключить потери воды, но и увеличить прочностные характеристики всей конструкции. Укрепленные бетонные облицовки будут обладать высокой прочностью и морозостойкостью.

2 Представленный способ ремонта и герметизации повреждений бетонных облицовок каналов позволит обеспечить надежность, увеличить срок службы и водонепроницаемости повреждений бетонных облицовок каналов, наряду с этим уменьшить шероховатость отремонтированного участка, что даст возможность повысить пропускную способность.

Список использованных источников

1 Косиченко, Ю. М. Рекомендации по применению геосинтетических материалов для противофильтрационных экранов каналов, водоемов и накопителей / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 65 с. – Деп. в ВИНТИ 12.01.15, № 1-В2015.

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

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

4 Гарбуз, А. Ю. Обеспечение водонепроницаемости облицовок оросительных каналов за счет применения жидких полимеров / А. Ю. Гарбуз // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 56, ч. 1. – С. 21–29.

5 Пат. 2141552 Российская Федерация, МПК Е 02 В 7/02. Подпорно-аэрационное регулирующее сооружение и способ его возведения / Кашарина Т. П., Кашарин Д. В., Волошков В. М., Косиченко Ю. М.; заявители и патентообладатели Юж. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации, Ростовводэксплуатация. – № 96121488/13; заявл. 30.10.96; опубл. 20.11.99.

6 Косиченко, Ю. М. Оценка водопроницаемости бетоноплочной облицовки с закольматированными швами при длительной эксплуатации каналов / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев, А. Ю. Гарбуз // Вестник МГСУ. – 2016. – № 7. – С. 114–133.

7 Косиченко, Ю. М. Математическое и физическое моделирование фильтрации через малые повреждения противофильтрационных устройств из полимерных геомембран / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 2014. – Т. 274. – С. 60–74.

8 Пат. 2732588 Российская Федерация, МПК Е 02 В 3/16. Способ ремонта бетонных облицовок длительно работающих каналов / Васильев С. М., Косиченко Ю. М., Баев О. А., Гарбуз А. Ю.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2019134272; заявл. 24.10.19; опубл. 21.09.20, Бюл. № 27. – 9 с.: ил.

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 626.82:626.86

А. Л. Кожанов

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

КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ЯРУСНОЙ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Целью исследований являлось изучение и разработка конструктивного решения ярусной осушительно-увлажнительной системы для двойного регулирования водного режима почв и эффективного использования водных ресурсов системы при осушении и орошении мелиорируемых земель на уклонных территориях. Конструктивное решение ярусной осушительно-увлажнительной системы для двойного регулирования водного режима почв разработано на основе применения принципа ярусности и блочно-модульной компоновки, принципа водооборотности для аккумуляции и дальнейшего использования дренажного стока, снижения энергопотребления за счет использования потенциальной энергии водного потока. Предложенное конструктивное решение ярусной осушительно-увлажнительной системы для двойного регулирования водного режима почв позволяет увеличить степень использования дренажных вод для орошения, весь их объем либо часть его исключать из транзитного стока и производить его очистку (что в особенности актуально для зон, где состав дренажных вод характеризуется повышенной минерализацией и увеличенной концентрацией загрязняющих веществ), а также позволяет неиспользованный сток накапливать в регулирующих емкостях и использовать для пожаротушения.

Ключевые слова: конструктивное решение; осушительно-увлажнительная система; ярус; модуль; двойное регулирование; водный режим.

A. L. Kozhanov

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

STRUCTURAL SOLUTION OF TIERED DOUBLE-ACTING IRRIGATION SYSTEM

The aim of the research was to study and develop a structural solution for a tiered double-acting irrigation system for double regulation of water regime of soils and the effective use of the system water resources during drainage and irrigation of reclaimed lands on sloping territories. The constructive solution of the tiered double-acting irrigation system for double regulation of the soil water regime was developed on the basis of the principle of tiered and block-modular layout, the principle of water circulation for accumulation and further use of drainage runoff, reducing energy consumption due to the use of potential energy of water flow. The proposed constructive solution of the tiered double-acting irrigation system for double regulation of soil water regime makes it possible to increase the extent of application of drainage water for irrigation, to exclude all or part of it from the transitional flow and to purify it (which is especially important for zones where the composition of drainage water is characterized by increased salinity and increased concentration of pollutants), and also allows to accumulate unused runoff in control reservoirs and use for fire fighting.

Key words: constructive solution; double acting irrigation system; tier; module; double regulation; water regime.

Введение. В настоящее время на большом количестве осушительно-увлажнительных систем в периоды засух при поддержании влажности почвы шлюзованием за счет поднятия уровня грунтовых вод не достигается нужных уровней из-за недостатка грунтовых вод, но, несмотря на этот факт, весенний сток отводится за пределы осушаемой территории. Все это говорит о необходимости применения и разработки (отвечающих современным условиям) конструктивных решений осушительно-увлажнительных систем с повторным использованием дренажного стока в летние периоды, когда наблюдается недостаток почвенной влаги осушенного массива. При проектировании таких систем рекомендуется ориентироваться на водосберегающие технологии увлажнения (например, капельное), дождевание с использованием современных низконапорных дождевальными машин и агрегатов, а также максимально возможное использование возобновляемых природных ресурсов.

Такие ресурсы, как минеральные, земельные, лесные, водные, а также ресурсы энергии ветра и солнца являются природными ресурсами. Природные ресурсы, которые могут возобновляться быстрее, чем использоваться, либо не зависят от того, используются они или нет, относятся к возобновляемым природным ресурсам. Все это говорит о том, что дренажный сток, получаемый на осушительно-увлажнительных системах, который является водными ресурсами, можно считать возобновляемым природным ресурсом в разрезе осушительно-увлажнительных систем.

В то же время актуальным является вопрос повышения энергоэффективности в мелиоративном комплексе [1], непрерывное повышение цен на оросительную воду также пробуждает существенный интерес сельхозпроизводителей к использованию современных элементов мелиоративных систем и эффективных технологий [2].

В связи с этим в осушительно-увлажнительных системах для двойного регулирования водного режима почв следовало бы использовать конструктивные решения, которые предусматривают применение ярусности, принципа модульной компоновки, а также накопление в регулирующих емкостях и повторное использование дренажного стока, применение дождевания (дождевальными машинами или установками) [3–5].

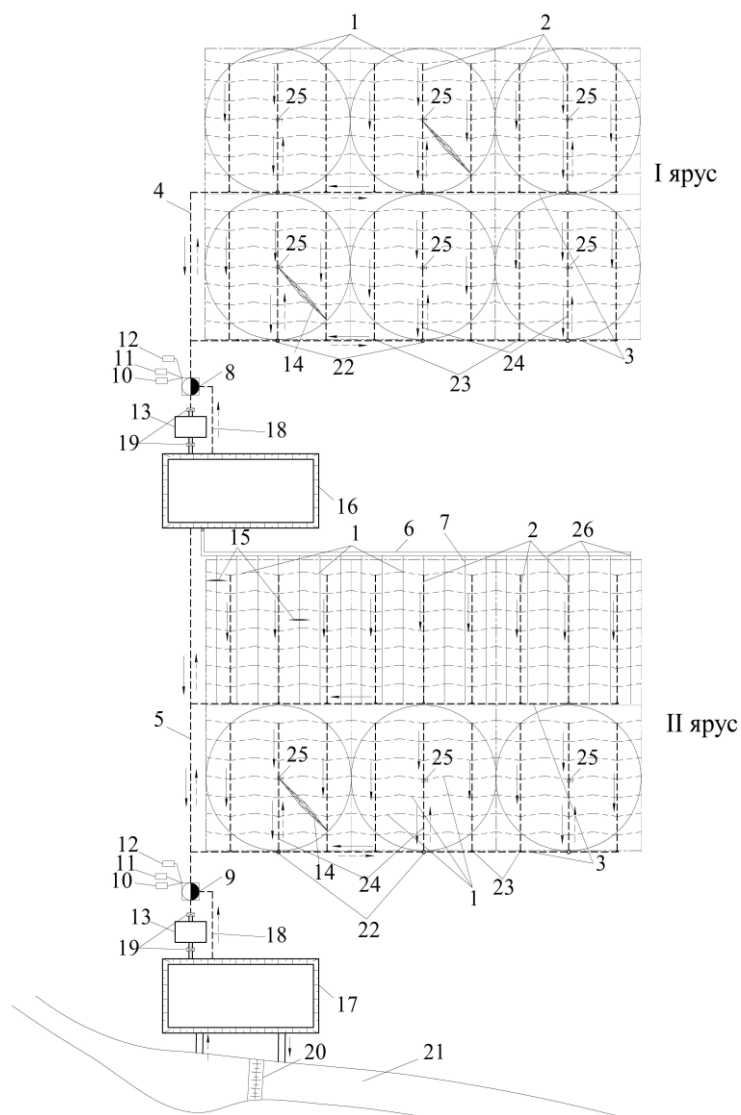
Применение небольших регулирующих емкостей не в единичном количестве может благоприятно влиять на выращивание сельскохозяйственных культур, так как за счет них производится не только резервирование, но и прогрев (оказывает положительное влияние на растения) [6, 7].

Материалы и методы. Информационную базу научного исследования составили известные конструктивные решения гидромелиоративных, осушительно-увлажнительных, осушительно-оросительных и водооборотных систем двойного регулирования водного режима таких ученых, как Ю. А. Мажайский, А. И. Мурашко, В. В. Бородычев, П. И. Пыленок, К. Б. Шумакова, Г. В. Ольгаренко, М. Ю. Храбров, В. И. Ольгаренко, Н. Д. Станкевич и др. В ходе анализа данных систем применялись аналитический, сравнительный и логический методы. В результате анализа разработано новое конструктивное решение ярусной осушительно-увлажнительной системы для двойного регулирования водного режима почв.

Результаты и обсуждения. Предлагаемое конструктивное решение ярусной осушительно-увлажнительной системы для двойного регулирования водного режима почв с двумя регулируемыми емкостями и комбинированным орошением дождевальными машинами, работающими при заборе воды из оросителя, а также от напорного гидранта, приведено на рисунке 1.

Задачей конструктивного решения ярусной осушительно-увлажнительной системы с регулируемыми емкостями и орошением дождеванием является обеспечение максимального использования водных ресурсов за счет согласованного отвода и аккумуляции

рования дренажного стока во влажные периоды и увлажнения осушенных земель в засушливые периоды, осушительно-увлажнительная сеть в этом решении гидравлически увязана и позволяет использовать регулирующие емкости каждого яруса для обеспечения работы осушительно-увлажнительной сети соседствующих ярусов. Техническим результатом конструктивного решения является обеспечение осушения территории во влажный период и орошения сельскохозяйственных культур в засушливый период, повышение эффективности использования водных ресурсов (дренажного стока) системы.



- 1 – дрены; 2 – дренажные коллекторы 2-го порядка; 3 – дренажный коллектор 1-го порядка;
 4 – осушительно-увлажнительный трубопровод 1-го яруса; 5 – осушительно-увлажнительный трубопровод 2-го яруса; 6 – оросительный канал; 7 – временные увлажнительные каналы;
 8 – совмещенная насосная станция 1-го яруса; 9 – совмещенная насосная станция 2-го яруса;
 10 – центр управления; 11 – узел химизации; 12 – узел водоподготовки; 13 – узел водоочистки;
 14 – дождевальная машина кругового действия, работающая от гидранта напорной сети;
 15 – дождевальная машина, работающая с забором воды из временного увлажнительного канала;
 16 – регулирующая емкость 1-го яруса; 17 – регулирующая емкость 2-го яруса;
 18 – всасывающий трубопровод для подачи воды; 19 – регулирующие сооружения;
 20 – подпорно-регулирующее сооружение; 21 – водоприемник-водоисточник;
 22 – устьевые сооружения с регуляторами; 23 – устьевые сооружения с обратными клапанами;
 24 – совмещенные участки коллектора; 25 – гидранты; 26 – водовыпуски; стрелками показано направление движения водных ресурсов: сплошной – отвод; штриховой – подача

Рисунок 1 – Ярусная осушительно-увлажнительная система

Приведенные положения достигаются за счет устройства ярусной осушительно-увлажнительной системы с регулирующими емкостями, которая предполагает размещение севооборотных участков в виде ярусов, отличающихся тем, что каждый из ярусов в засушливый период вегетации предполагает увлажнение дождеванием, причем на нижнем(их) ярусе(ах) вода к дождевальным машинам может подаваться из регулирующей емкости верхнего яруса самотеком по открытой оросительной сети, за счет потенциальной энергии водного потока. Конструкция осушительно-увлажнительной системы каждого яруса отличается наличием регулирующей емкости для сбора, аккумуляции и перераспределения водных ресурсов из любого яруса. Конструкция осушительно-увлажнительной системы отличается наличием межъярусных совмещенных трубопроводов, соединяющих регулирующие емкости соседних ярусов и позволяющих подготовленную очищенную оросительную воду использовать для орошения сельскохозяйственных культур на другом ярусе.

Конструкция осушительно-увлажнительной системы отличается наличием водоприемника-водоисточника, расположенного ниже всех ярусов системы, который может использоваться как для сброса избыточного объема стока дренажных вод, так и для забора дополнительного объема оросительной воды за счет подпорно-регулирующего сооружения с целью увлажнения или разбавления дренажной воды.

Ярусная осушительно-увлажнительная система включает следующие элементы (рисунок 1): дрены, дренажные коллекторы 2-го порядка, дренажные коллекторы 1-го порядка, соединенные с осушительно-увлажнительными трубопроводами 1-го и 2-го яруса, оросительный канал для подачи воды во временные увлажнительные каналы, совмещенные насосные станции 1-го, 2-го яруса с центрами управления, узлами химизации, водоподготовки, водоочистки, дождевальные машины кругового действия, работающие от гидранта напорной сети, дождевальные машины, работающие с забором воды из временного увлажнительного канала, регулирующая емкость 1-го яруса, регулирующая емкость 2-го яруса, всасывающий трубопровод для подачи воды, регулирующие сооружения, подпорно-регулирующее сооружение, водоприемник-водоисточник, устьевые сооружения с регуляторами, устьевые сооружения с обратными клапанами, совмещенный участок дренажного коллектора, гидранты и водовыпуски.

Ярусная осушительно-увлажнительная система работает следующим образом. Дренажные воды 1-го яруса (вышерасположенного мелиоративного модуля) через дрены и дренажные коллекторы 2-го и 1-го порядков, далее через осушительно-увлажнительный трубопровод поступают в регулирующую емкость (накопитель) 1-го яруса через узел водоочистки посредством совмещенной насосной станции 1-го яруса во влажный период. После наполнения данной регулирующей емкости (накопителя) очищенный дренажный сток может поступать в нижерасположенную регулирующую емкость (накопитель) 2-го яруса по осушительно-увлажнительному трубопроводу, из которого вода может подаваться для орошения полей 2-го яруса в засушливый период посредством дождевальных машин, работающих от гидрантов совмещенной осушительно-увлажнительной сети, а также сбрасываться в водоприемник-водоисточник при объеме дренажного стока, превышающем объем всех регулирующих емкостей. Все устьевые сооружения дрен также снабжены обратными клапанами, которые находятся в закрытом положении в момент подачи оросительной воды дождевальным машинам через совмещенные дренажные коллекторы.

Дренажные воды 2-го яруса (нижерасположенного мелиоративного модуля) также через дрены поступают в регулирующую емкость (накопитель) через дренажные коллекторы 2-го и 1-го порядков, через совмещенный осушительно-увлажнительный трубопровод поступают в регулирующую емкость (накопитель) 2-го яруса через узел водоочистки посредством совмещенной насосной станции 2-го яруса во влажный период.

В засушливый период увлажнение полей 1-го яруса осуществляется дождеваль-

ными машинами, работающими от напорного гидранта, расположенного на конце участка совмещенного дренажного коллектора, применяемого для отвода и подачи водных ресурсов, сюда вода подается насосной станцией за счет регулирования потоков воды различными устьевыми регуляторами и устьевыми сооружениями с обратными клапанами.

Увлажнение полей 2-го яруса осуществляется дождевальными машинами, работающими с забором воды из временного увлажнительного канала (подача воды осуществляется самотеком из регулирующей емкости в оросительный канал через водовыпуски во временные увлажнители, что позволяет снизить энергозатраты), а также дождевальными машинами, работающими от напорного гидранта, расположенного на конце участка совмещенного дренажного коллектора, применяемого для отвода и подачи водных ресурсов (вода подается насосной станцией за счет регулирования потоков воды различными устьевыми регуляторами и устьевыми сооружениями с обратными клапанами).

При недостаточном количестве дренажного стока, а также необходимости разбавления дренажного стока слабоминерализованными водами предусмотрен забор воды из водоприемника-водоисточника и ее подача в обе регулирующие емкости.

Выводы. Предложенное конструктивное решение ярусной осушительно-увлажнительной системы для двойного регулирования водного режима почв увеличивает степень использования дренажных вод для орошения, позволяет аккумулировать дренажный сток в регулирующих емкостях, проводить полив сельскохозяйственных культур нижних ярусов из регулирующих емкостей верхних ярусов, весь объем стока либо часть его исключать из транзитного стока и производить его очистку (что в особенности актуально для зон, где состав дренажных вод характеризуется повышенной минерализацией и увеличенной концентрацией загрязняющих веществ), а также позволяет неиспользованный сток применять для пожаротушения.

Список использованных источников

1 Кожанов, А. Л. К вопросу разработки энергоэффективных оросительных систем нового поколения / А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 3(59). – С. 62–65.

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

3 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.

4 Использование местного стока для орошения земель сельскохозяйственного назначения: науч. обзор / Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев, А. С. Капустян, Ю. Ф. Снопич, А. С. Штанько, А. Л. Кожанов, В. А. Кулыгин, Д. В. Ермак, И. В. Клишин; ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2011. – 172 с. – Деп. в ВИНТИ 23.05.11, № 243-B2011.

5 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.

6 Пат. 2324332 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 25/00. Оросительная система / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Бородычев В. В., Салдаев А. М., Кожанов А. Л.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2006134366/12; заявл. 27.09.06; опубл. 20.05.08, Бюл. № 14. – 3 с.

7 Пат. 2353088 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 G 25/00. Оросительная система с использованием прудов-накопителей / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Швайко Г. Н., Кожанов А. Л.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2007124078/12; заявл. 26.06.07; опубл. 27.04.09, Бюл. № 12. – 3 с.

УДК 633.854.78:631.51.021:631.67

П. В. Писаренко, А. С. Малярчук, Л. С. Мишукова

Институт орошаемого земледелия Национальной академии аграрных наук Украины,
Херсон, Украина

В. Н. Малярчук

Южно-Украинский филиал Украинского научно-исследовательского института
прогнозирования и испытания техники и технологий для сельскохозяйственного
производства имени Л. Погорелого, Херсон, Украина

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СПОСОБОВ И ГЛУБИНЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ НА ЮГЕ УКРАИНЫ

Цель исследований заключалась в определении влияния агрометеорологических условий года на накопление влаги осенне-зимних осадков в почве и расход влаги в течение вегетационного периода, доли участия составляющих водного баланса (суммарного водопотребления) в формировании урожайности подсолнечника при разных способах и глубине обработки в севооборотах на орошении в южной Степи Украины. Методы: полевой, количественно-весовой, визуальный, лабораторный, расчетно-сравнительный, математически-статистический. Наибольшее количество влаги (2139 м^3) на формирование 1 т урожая тратилось в варианте дисковой обработки на глубину 12–14 см в системе одноглубинного мелкого безотвального рыхления. Анализ данных об урожайности свидетельствует о том, что проведение вспашки на глубину 23–25 см способствовало формированию урожая на уровне 2,62 и 2,74 т/га. Для поддержания влажности расчетного слоя почвы 0–50 см на оптимальном уровне (выше 70 % НВ) в среднесухие годы необходимо проводить три, а в средневлажные два вегетационных полива оросительной нормой 1500 и 1000 $\text{м}^3/\text{га}$ соответственно. Замена вспашки глубокой чизельной обработкой и мелким дисковым рыхлением в системах длительного применения разноглубинной и мелкой одноглубинной безотвальной обработки приводит к снижению урожайности в среднем на 0,34 и 0,86 т/га соответственно.

Ключевые слова: урожайность; подсолнечник; способ обработки почвы; запасы влаги; коэффициент водопотребления.

P. V. Pisarenko, A. S. Malyarchuk, L. S. Mishukova

Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
Kherson, Ukraine

V. N. Malyarchuk

South Ukrainian Branch of the Ukrainian Research Institute for Forecasting and Testing of
Agricultural Equipment and Technologies named after L. Pogorely, Kherson, Ukraine

INFLUENCE OF DIFFERENT METHODS AND PRIMARY TILLAGE DEPTH ON SUNFLOWER YIELD UNDER IRRIGATION CONDITIONS IN THE SOUTH OF UKRAINE

The purpose of the research was to determine the influence of agrometeorological conditions of the year on the moisture accumulation in autumn-winter precipitation in soil and moisture consumption during the growing season, the share of participation of the components of the water balance (total water consumption) in the formation of sunflower yield with different methods and depth of cultivation in crop rotations on irrigation in the southern steppe of Ukraine. Methods are field, quantitative-weight, visual, laboratory, computational-comparative, mathematical-statistical. The largest amount of moisture (2139 m^3) for the for-

mation of 1 ton of the crop was spent in the variant of disc cultivation to a depth of 12–14 cm in the system of one-depth shallow non-moldboard loosening. Analysis of the yield data indicates that plowing to a depth of 23–25 cm contributed to the formation of a yield at the level of 2.62 and 2.74 t/ha. To maintain moisture content of the calculated soil layer of 0–50 cm at the optimal level (above 70 % HB), in mid-dry years, it is necessary to carry out three, and in medium-moisture two vegetation irrigations with an irrigation rate of 1500 and 1000 m³/ha, respectively. Replacement of plowing by deep chisel tillage and shallow disc loosening in systems of long-term use of mid-depth and shallow single-depth plowing results in a decrease in yield by an average of 0.34 and 0.86 t/ha, respectively.

Key words: crop yield; sunflower; tillage method; moisture reserves; water consumption coefficient.

Введение. Проблема обеспечения населения Украины продуктами питания, в т. ч. высококачественным растительным маслом, приобретает все большую актуальность. В ее решении значительная роль принадлежит вводу высокопродуктивных гибридов и усовершенствованию основных элементов технологии их выращивания как главным условиям повышения и стабилизации производства сырья для перерабатывающей промышленности.

Важным фактором, который снижает эффективность производства подсолнечника на юге Украины, является нестабильность климатических условий, особенно резкие перепады температуры весной, а также недостаточное количество осадков и неравномерность их выпадения в течение вегетационного периода.

В современных условиях товаропроизводители пытаются максимально снизить себестоимость продукции, в первую очередь путем отказа от отдельных (наиболее энергоемких) технологических операций, прежде всего основной обработки с оборотом пласта, количество вегетационных поливов и норм орошения.

В связи с этим возникла необходимость исследовать комплекс вопросов, среди которых важнейшим является повышение урожайности подсолнечника на орошаемых землях благодаря оптимизации способов и глубины основной обработки почвы и режимов орошения. Эти проблемы являются достаточно актуальными, и от их решения в значительной степени зависит стабилизация производства семян подсолнечника и агроэкологической ситуации в зоне развития орошаемых мелиораций.

Главной задачей основной обработки почвы под подсолнечник является максимальное уничтожение многолетних и однолетних сорняков, накопление и сохранение как можно большего количества влаги осенне-зимних и ранневесенних осадков в корнеобитаемом слое почвы, мобилизация питательных веществ, активизация биологических процессов почвы, предотвращение ветровой и водной эрозии.

Результаты исследований М. И. Картамышева, В. Ю. Тимонова, А. В. Зеленина (2003–2005 гг.) свидетельствуют, что отвальная обработка почвы под подсолнечник – это шаблонный подход к формированию его технологии выращивания [1].

Многие ученые сходятся во мнении, что основная обработка почвы в севооборотах должна быть дифференцированной, это предусматривает чередование отвальных и безотвальных способов, глубокой, мелкой и поверхностной обработки [2, 3].

В. О. Кошевой, В. А. Ушкаренко, П. Н. Лазер [4–6] считают, что в условиях Херсонской области максимальный урожай семян подсолнечника (27,5 ц/га) для переработки на кондитерские цели обеспечивает орошение, а именно поддержание предполивной влажности почвы на уровне 70–80–70 % HB.

Цель исследований заключалась в определении влияния агрометеорологических условий года на накопление влаги осенне-зимних осадков в почве и расход влаги в течение вегетационного периода, установлении биологически обоснованных сроков проведения и норм полива, а также доли участия составляющих водного баланса (суммар-

ного водопотребления) в формировании урожайности подсолнечника при разных способах и глубине обработки в севооборотах на орошении в южной Степи Украины.

Материалы и методы. Исследования проводились в стационарном опыте отдела орошаемого земледелия ИОЗ НААН в течение 2018–2019 гг. Подсолнечник сорта СПК высевался после рапса озимого в 4-польном севообороте на орошении в зоне действия Ингулецкой оросительной системы. Технология выращивания подсолнечника в опыте была общепризнанной кроме факторов, которые ставились на экспериментальное исследование.

В севообороте исследовались три способа основной обработки почвы. За контроль под посевы подсолнечника принята вспашка на глубину 23–25 см в системе длительного применения разноглубинной отвальной обработки почвы в севообороте. Во втором варианте проводилось чизельное рыхление на глубину 23–25 см в системе длительного применения разноглубинного безотвального рыхления в севообороте. Третий вариант – дисковая обработка на глубину 12–14 см в системе одноглубинной мелкой безотвальной обработки почвы в севообороте.

Почва опытного поля темно-каштановая среднесуглинистая с низкой обеспеченностью нитратами, средней – подвижным фосфором и обменным калием, содержание гумуса в слое почвы 0–40 см – 2,15 %. Плотность сложения слоя почвы 0–100 см – 1,41 г/см³, наименьшая влагоемкость – 21,3 % от массы сухой почвы, влажность завядания – 9,5 %. Режим орошения обеспечивал поддержание предполивного порога увлажнения под посевом подсолнечника на уровне 70 % НВ в слое почвы 0–50 см. Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом на глубину 0–100 см через каждые 10 см один раз в 7–10 дней на протяжении вегетации для определения общих и продуктивных запасов влаги, ее дефицита и срока поливов.

Во время эксперимента использовали полевой, количественно-весовой, визуальный, лабораторный, расчетно-сравнительный, математически-статистический методы с применением общепризнанных методик и методических рекомендаций [7].

Результаты и обсуждение. Годы проведения исследований по дефициту естественной влагообеспеченности очень отличались, что влияло на показатели суммарного и среднесуточного испарения, а также на продуктивность растений в севообороте. По формуле Н. Н. Иванова [8] 2018 г. относился к среднесухому ($P = 80,2 \%$), а 2019 г. к средневлажному ($P = 32,8 \%$).

Остаточные запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см после уборки рапса озимого под посев подсолнечника в варианте разноглубинной основной обработки с оборотом пласта составляли 16,9 мм, при разноглубинной чизельной и одноглубинной мелкой дисковой 26,6 мм. Кроме того, атмосферные осадки 251,7 мм, которые выпали за период с июля 2017 г. до конца марта 2018 г., обеспечили влажность слоя почвы 0–100 см при вспашке на глубину 23–25 см 96,2 % НВ, при чизельном и дисковом рыхлении 87,8 % НВ с равномерным распределением влаги по всему почвенному профилю.

Начало вегетации растений подсолнечника урожая 2019 г. характеризовалось стабильным (94,8–95,8 % НВ) уровнем влажности почвы, что было обусловлено большими остаточными запасами продуктивной влаги после уборки предшественника, а также более высокой на 25,5 % суммой атмосферных осадков на протяжении осенне-зимнего периода до появления всходов подсолнечника. Общие запасы влаги в начале вегетации подсолнечника в 2018 г. при вспашке на 23–25 см составляли 2890 м³/га, из которых продуктивная влага составляла 1551 м³/га, при чизельном рыхлении на такую же глубину – 2679 и 1340 м³/га, а при мелком дисковом рыхлении соответственно 2637 и 1297 м³/га.

Определение запасов общей и продуктивной влаги в фазе всходов подсолнечника в 2019 г. свидетельствует о том, что слой почвы 0–100 см насыщен влагой почти на 100 %, а влияние способов и глубины основной обработки как факторов нивелировалось. Результатом этих процессов является незначительный дефицит продуктивной

влаги в метровом слое почвы, который колебался от 113 м³/га при отвальной обработке до 324 м³/га при безотвальной разнотрубинной и до 367 м³/га при безотвальной одноглубинной обработке почвы в севообороте в 2018 г. и от 85 до 99 и 155 м³/га в 2019 г. При замене отвальной обработки глубоким чизельным рыхлением на 23–25 см и мелким (12–14 см) дисковым отмечено ухудшение водопроницаемости в среднем за 2 года на 10,7 и 27,8 % соответственно, что и привело к меньшему накоплению влаги в осенне-зимний период.

В течение вегетационного периода дефицит влаги изменялся за счет использования влаги растениями и пополнения атмосферными осадками и вегетационными поливами, которых было достаточно для роста, развития и формирования урожая.

Определение запасов влаги в течение вегетации свидетельствует о том, что во время образования корзинки доступная влага в слое почвы 0–100 см была существенно использована и дефицит по вариантам обработки колебался в 2018 г. в пределах 601–677 м³/га, а в 2019 г. – соответственно 508–564 м³/га, это вызывало необходимость проведения вегетационных поливов. В то же время начало поливного сезона по годам исследований было разным. Так, в 2018 г. в течение второй и третьей декады апреля, всего мая и первой декады июня отмечен стремительный рост среднесуточной температуры воздуха, которая в среднем за апрель составила 14,1 °С, что на 4,1 °С, а в мае на 3,5 °С больше климатической нормы, с несущественными осадками. Это обусловило необходимость назначения первого вегетационного полива в начале второй декады июня, тогда как в 2019 г. осадки в количестве 164,9 мм обеспечили посевы необходимой влагой еще на две декады, и потому первый полив был проведен в конце июня (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика запасов влаги в слое почвы 0–100 см в посевах подсолнечника при разных способах и глубине основной обработки почвы в севообороте при орошении

В м³/га

Способ и глубина основной обработки	Запасы влаги					
	всходы			полная спелость		
	общие	продуктивные	дефицит	общие	продуктивные	дефицит
2018 г.						
Вспашка на 23–25 см	2890	1551	113	1777	437	1227
Чизельная обработка на 23–25 см	2679	1340	324	1791	451	1213
Дисковое рыхление на 12–14 см	2637	1297	367	1833	494	1170
2019 г.						
Вспашка на 23–25 см	2919	1579	85	1889	550	1114
Чизельная обработка на 23–25 см	2905	1565	99	1960	620	1043
Дисковое рыхление на 12–14 см	2748	1509	155	2002	663	1001

В дальнейшем до конца поливного периода в 2018 г. было проведено еще два вегетационных полива, а в 2019 г. – один. Этой влаги было достаточно для пополнения продуктивных запасов, и созданы соответствующие условия для роста и развития растений подсолнечника.

В августе в годы исследований осадков не наблюдалось, температура воздуха выше среднееголетних показателей (на 3,0–5,2 °С). Влажность метрового слоя почвы в период созревания семян подсолнечника в соответствии с годами исследований составляла 56,2–61,0 и 62,9–66,7 % НВ с остатками продуктивной влаги 451–494 и 550–663 м³/га. Таким образом, нашими исследованиями установлено, что водный режим почвы в посевах подсолнечника имеет свои особенности в зависимости от года выращивания. Ежегодно запасы влаги в почве и интенсивность их расходов отлича-

лись, что предопределено количеством осадков, температурой, влажностью воздуха, вегетационными поливами и их количеством.

Общие расходы воды зависят от использования почвенных запасов влаги, осадков вегетационного периода и орошения. Оросительные нормы и количество вегетационных поливов определяются гидротермическими условиями и остатками продуктивной влаги в почве. Необходимо отметить, что наименьшее количество почвенной влаги (804 и 860 м³/га соответственно годам исследований) было использовано при длительном применении мелкой дисковой обработки почвы. Суммарное водопотребление в этом варианте также было наименьшим и составляло 3658 и 4128 м³/га соответственно в 2018 и 2019 гг.

Проведение вспашки и чизельного рыхления способствовало росту использования воды из почвенных запасов на 310 и 226 м³/га, или на 38,6 и 25,4 %, по сравнению с мелкой обработкой и этим увеличило суммарное водопотребление до 3742, 3968 и 4233, 4318 м³/га по годам исследований.

В тесной зависимости от метеорологических условий года находилась составная часть водного баланса – почвенная влага. В засушливом 2018 г. она занимала почти треть суммарного водопотребления и уменьшалась с 28 % при вспашке до 24 % при чизельном и до 22 % при дисковом рыхлении. В 2019 г. отмечена аналогичная закономерность в расходах влаги по разным способам и глубине основной обработки. Осадки в балансе суммарного водопотребления в 2018 г. и особенно в 2019 г. занимали достаточно весомую часть водного баланса, она составляла 34–37 и 53–55 % в зависимости от основной обработки почвы. Третьим компонентом общих расходов влаги были вегетационные поливы, величина которых определялась гидротермическими условиями и эвапотранспирацией растений. В зависимости от способов и глубины основной обработки почвы эта составляющая водного баланса занимала 38–41 и 23–24 % в соответствии с годами исследований (таблица 2).

Таблица 2 – Суммарное водопотребление подсолнечника и составляющие водного баланса при разных способах и глубине основной обработки почвы в севообороте при орошении

Способ и глубина основной обработки почвы	Суммарное водопотребление, м³/га	Баланс влаги					
		использованная влага из почвы		осадки		оросительная норма	
		м³/га	%	м³/га	%	м³/га	%
2018 г.							
Вспашка на 23–25 см	3968	1114	28	1354	34	1500	38
Чизельная обработка на 23–25 см	3742	888	24	1354	36	1500	40
Дисковое рыхление на 12–14 см	3658	804	22	1354	37	1500	41
2019 г.							
Вспашка на 23–25 см	4318	1030	24	2288	53	1000	23
Чизельная обработка на 23–25 см	4233	945	22	2288	54	1000	24
Дисковое рыхление на 12–14 см	4128	860	21	2288	55	1000	24

Наибольшее количество влаги (2139 м³/т) на формирование 1 т урожая тратилось в варианте дисковой обработки на глубину 12–14 см в системе одноглубинного мелкого безотвального рыхления (таблица 3). В варианте вспашки и чизельного рыхления на глубину 23–25 см на фоне разноглубинной отвальной и безотвальной систем основной обработки коэффициент водопотребления был самым эффективным и составлял 1514, 1576 и 1678, 1728 м³/т в соответствии с годами исследований.

Таблица 3 – Урожайность, коэффициент водопотребления подсолнечника и среднесуточное испарение при разных способах и глубине обработки почвы в севообороте при орошении

Способ и глубина основной обработки	Среднесуточное испарение, м ³ /га		Коэффициент водо- потребления, м ³ /т		Урожай- ность, т/га	
	Год исследований					
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
Вспашка на 23–25 см	32,8	35,4	1514	1576	2,62	2,74
Чизельная обработка на 23–25 см	30,9	34,7	1678	1728	2,23	2,45
Дисковое рыхление на 12–14 см	30,2	33,8	2139	2139	1,71	1,93
НСР ₀₅ , т/га					0,37	0,29

Анализ данных об урожайности свидетельствует о том, что проведение вспашки на глубину 23–25 см способствовало формированию урожая на уровне 2,62 и 2,74 т/га. Замена вспашки в системе бессменной разноглубинной обработки с оборотом пласта чизельной обработкой с такой же глубиной рыхления в системе разноглубинной безотвальной обработки вызывала снижение урожайности на уровне 0,39 и 0,29 т/га соответственно в 2018 и 2019 гг. Проведение дисковой обработки на 12–14 см в системе мелкого одноглубинного рыхления привело к снижению урожайности семян подсолнечника на 34,7 и 29,6 % в соответствии с годами проведения исследований по сравнению с контролем.

Выводы

1 В период всходов подсолнечника наивысшие запасы влаги в слое почвы 0–100 см формировались в варианте вспашки на глубину 23–25 см в системе длительного применения разноглубинной обработки с оборотом пласта и составляли в соответствии с годами исследований 2890 и 2919 м³/га.

2 Для поддержания влажности расчетного слоя почвы 0–50 см на оптимальном уровне (выше 70 % НВ) в среднесухие годы необходимо проводить три вегетационных полива с оросительной нормой 1500 м³/га, а в средневлажные – два с оросительной нормой 1000 м³/га.

3 Основной приходной частью водного баланса посевов подсолнечника в благоприятные по метеорологическим показателям годы являются атмосферные осадки вегетационного периода, доля которых составляет 53–55 %, тогда как в засушливые годы лишь 34–37 %.

4 Наиболее рационально использовалась влага на создание 1,0 т урожая при вспашке на глубину 23–25 см с показателем по годам исследований соответственно 1514 и 1576 м³.

5 Замена вспашки глубокой чизельной обработкой и мелким дисковым рыхлением в системах длительного применения разноглубинной и мелкой одноглубинной безотвальных обработок приводит к снижению урожайности в среднем на 0,34 и 0,86 т/га.

Список использованных источников

1 Картамышев, Н. И. Приемы биологизации при возделывании подсолнечника / Н. И. Картамышев, В. Ю. Тимонов, А. В. Зеленин // Земледелие. – 2008. – № 8. – С. 39–40.

2 Бойко, К. Я. Формирование урожайности гибрида подсолнечника Надежный в зависимости от агроприемов выращивания в условиях южной Степи Украины / К. Я. Бойко, А. Е. Минковский, А. И. Поляков // Сб. науч. работ ИМК. – Запорожье, 2008. – № 13. – С. 121.

3 Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower (*Helianthus annuus* L.) yields / G. F. Botta, D. Jorajuria, R. Balbuena, M. Ressa, C. Ferrero, H. Rosatto,

М. Tourn // Soil and Tillage Research. – 2006. – Vol. 91, iss. 1–2. – P. 164–172. – DOI: 10.1016/j.still.2005.12.011.

4 Кошевой, В. А. Совершенствование элементов технологии выращивания подсолнечника кондитерского направления при орошении в условиях юга Украины: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Кошевой Василий Александрович. – Херсон, 2006. – 16 с.

5 Кошевой, В. А. Влияние режимов орошения, удобрений и густоты стояния растений на урожайность и качественные показатели подсолнечника кондитерского направления / В. А. Кошевой // Аграрный вестник Причерноморья. – Одесса: ОГАУ, 2004. – Вып. 26, ч. 2. – С. 49–54.

6 Ушкаренко, В. А. Влияние режимов орошения, удобрений и густоты стояния растений на урожайность подсолнечника кондитерского направления / В. А. Ушкаренко, П. Н. Лазер, В. А. Кошевой // Таврический научный вестник. – Херсон: Айлант, 2004. – Вып. 30. – С. 3–8.

7 Методика полевых и лабораторных исследований на орошаемых землях / Р. А. Вожегова [и др.]. – Херсон: Гринь Д. С., 2014. – 286 с.

8 Орошаемое земледелие на Украине. – Киев: Урожай, 1971. – 137 с.

УДК 631.674.6:634.11

А. А. Куприянов

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

Я. Е. Удовидченко

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

К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ КАПЕЛЬНО ОРОШАЕМЫХ ЯБЛОНЕВЫХ САДОВ

Цель исследования – анализ особенностей организации территории яблоневых садов, культивируемых при капельном орошении. Отмечено, что культивирование яблоневых растений осуществляется в насаждениях разных форм собственности – в плодородических специализированных предприятиях, крестьянско-фермерских хозяйствах и на приусадебных и дачных участках населения. Указанное обстоятельство предопределяет разноразмерность площадей садовых насаждений, различную культуру ведения плодородия, различные виды организации территории богарных и капельно орошаемых садов. Рассмотрены различные подходы к плано-пространственному устройству преимущественно промышленных капельно орошаемых яблоневых садов, отмечены особенности организации их территории в связи с размещением капельных оросительных сетей, и определены подлежащие решению задачи.

Ключевые слова: яблоневый сад; организация территории сада; капельное орошение; садовые кварталы; капельно-поливная сеть; капельно орошаемый сад.

A. A. Kupriyanov

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

Y. E. Udovidchenko

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

ON ISSUE OF PLANNING THE TERRITORY OF DRIP-IRRIGATED APPLE ORCHARDS

The purpose of the study is to analyze the features of planning the territory of apple orchards cultivated with drip irrigation. It is noted that the growing of apple trees is carried out in plantations of various forms of ownership – in special-purpose fruit-growing entities, peasant farm enterprises and in the homestead and summer cottages of population. This circumstance predetermines the different size of the areas of garden plantings, different culture of fruit growing, different types of organization of the territory of rainfed and drip irrigated gardens. Various approaches to the spatial arrangement of predominantly industrial drip-irrigated apple orchards are considered, the features of the organization of their territory in connection with the placement of drip irrigation networks are noted, and the tasks to be solved are identified.

Key words: apple orchard; planning the garden territory; drip irrigation; garden quarters; drip-irrigation network; drip irrigated garden.

Введение. Жизнедеятельность, развитие и плодоношение древесных плодовых растений в значительной степени обеспечиваются при условии наличия используемой ими воды (влаги) соответствующего качества в необходимом для удовлетворения их потребностей количестве. Количество потребляемой древесно-плодовыми культурами воды зависит от физиологических особенностей растений и природно-климатических условий их произрастания. Рядом исследователей (плодоводов и гидромелиораторов) изучены вопросы водопотребления и водопотребности различных видов плодовых деревьев, находящихся на различных стадиях онтогенеза и культивируемых в различных средовых условиях, как на богарных, так и на орошаемых садовых участках [1–8 и др.].

Так, судя по данным Н. П. Кривко и др. [1], для получения 1 т яблочных плодов и обеспечения продуктивного функционирования яблоневых растений необходимо 500 т воды. При объеме естественных осадков в центральной плодородной зоне Ростовской области 450 мм (4500 т/га) максимально возможная продуктивность яблоневых садов составит 9,0 т/га, а с учетом 50–60 % потерь влаги на поверхностный сток и глубинный отток ее, непродуктивное испарение с земной поверхности и транспирационное потребление воды сорной растительностью реальная урожайность в условиях естественного увлажнения будет составлять $(4,5 \pm 0,5)$ т/га. Тогда как потенциальная продуктивность яблоневых растений в интенсивных и суперинтенсивных садах в природно-климатических (почвенных и термических) условиях Ростовской области при регулярном орошении может достигать 7,0–10,0 т/га и более.

Судя по данным Ю. Б. Рябушкина [2], для жизнедеятельности яблони в условиях Среднего Поволжья на период вегетации растения необходимо 200–300 м³ воды на 1 га, а для обеспечения урожайности яблоневых культур 4,5 т/га необходимо 900 мм осадков. Известны и другие рекомендации по водообеспечению (водопотребности и водопотреблению) яблоневых растений и организации искусственного увлажнения этих культур, произрастающих во влагодефицитных плодово-климатических природных зонах.

Из известных технологий орошения для полива садовых насаждений все в большей мере рекомендуется и применяется капельное орошение, благотворно влияющее на рост, развитие и плодоношение яблони, культивируемой в аридных условиях. По данным, приведенным в работе Ю. Б. Рябушкина [2], применение капельного орошения снижает зависимость растений от стрессовых воздействий, стимулирует более раннее вступление растений в первое и полное плодоношение (1–2-й и 3–5-й годы соответственно), повышает продуктивность яблоневых культур до 3,5–4,0 т/га и выход товарных плодов до 90 %, увеличивает морозоустойчивость и зимостойкость растений, сокращает срок окупаемости интенсивного сада до 3–4 лет. При капельном орошении с локальным характером увлажнения почвы могут в большей мере учитываться сортовые, породные и возрастные потребности садовых культур в воде и элементах минерального питания растений. При локальном увлажнении почвы разные ветви корневых систем многолетних растений растут и функционируют в разных почвенных условиях

(т. е. при разных влажностных, воздушных и питательных режимах), что предъявляет дополнительные требования к плановому расположению элементов капельной поливной сети и может повлиять на организацию территории капельно орошаемого яблоневых насаждений.

Отметим, что наряду с положительными примерами применения систем капельного орошения и «капельной фертигации» древесно-плодовых растений имеются данные, иллюстрирующие их относительно низкую эффективность, не оправдывающую ожиданий пловодов. Такие негативные явления отмечаются в случаях несоответствия между параметрами и (или) режимами функционирования биогенного и техногенного компонентов современного промышленного сада. Указанные обстоятельства предопределили необходимость проведения исследования с целью анализа известных подходов и установления особенностей организации территории капельно орошаемых яблоневых садов, обеспечивающей необходимую эффективность применения в них капельных оросительных систем, для учета его результатов в последующем исследовании.

Материалы и методы. Основу для анализа и обобщений составили известные сведения и рекомендации по устройству капельно орошаемых яблоневых насаждений и данные обследований орошаемых и неорошаемых (богарных) яблоневых садов в Октябрьском, Семикаракорском, Азовском и Аксайском районах Ростовской области.

Результаты и обсуждение. Ведение эффективного садоводства в природно-климатических условиях Ростовской области, характеризуемых дефицитом влаги и высокими температурами воздуха, суховеями и засухами, даже при наличии высокоплодородных черноземных почв невозможно без орошения культивируемых плодовых растений. Обязательные компоненты технологии культивирования садов в этой природно-климатической зоне – орошение и фертигация. Одними из наиболее приемлемых и водоресурсосберегающих способов искусственного увлажнения и удобрения почв многолетних древесных насаждений являются капельное орошение и капельная фертигация. Судя по имеющейся информации, в среде садовых инженеров (специалистов-пловодов и гидромелиораторов) не сформировалось общепринятое представление о территориально-пространственном устройстве капельно орошаемых садов, несмотря на их распространенность в южной плодово-климатической зоне. Отдельные примеры, иллюстрирующие указанное обстоятельство, рассмотрены ниже.

По мнению Б. С. Гегечкори и др., «правильная» организация территории орошаемого промышленного сада предусматривает рациональное размещение гидротехнических сооружений и оросительной сети с привязкой к ней кварталов и дорог. При этом определение размеров, форм и расположения садовых кварталов (клеток) должно осуществляться «сообразно проектируемой системе орошения и дорожной сети» [5].

Судя по данным Н. М. Куренного [6], «на ровных и орошаемых участках организация кварталов зависит от расположения оросительной сети...». В зависимости от способа орошения рекомендуется принимать ширину квартала равной $B_{\text{кв}} = 600$ м, а его длину $L_{\text{кв}} = 150...300$ м, что не соответствует приведенным здесь же рекомендациям по назначению площадных и линейных размеров садовых кварталов для садов, культивируемых в условиях богары. Рекомендуется «водораспределительные» трубопроводы располагать по короткой стороне (поперек) квартала, а поливные вдоль садовых кварталов [6].

В. А. Потапов и др. считают, что территориальная планировка орошаемого сада должна приниматься с учетом местоположения источника орошения [7].

Судя по приведенным выше примерам, при решении задачи организации территории садовых насаждений и определении размеров садовых кварталов приоритетен вопрос устройства техногенной компоненты капельной оросительной системы. При этом предусматривается привязка размеров и ориентация садовых кварталов в со-

ответствии с размерами и расположением элементов системы орошения (источника орошения, магистрального, распределительных, поливных трубопроводов).

Наряду с вышеприведенными предложениями и рекомендациями имеет место подход, определяющий приоритет (первичность) планировки садового насаждения с последующим встраиванием в нее конструктивных элементов оросительной системы.

Определенные предложения по устройству оросительной (водоподводящей и поливной) сети капельных систем орошения сформулированы М. Ю. Храбровым и Н. Г. Колесовой [9], основные позиции которых сводятся к нижеследующему.

1 Организация территории капельно орошаемого угодья предусматривает соответствующую условиям земельного участка компоновку техногенной части капельной оросительной системы (водозабора, напорообразующего комплекса, узла водоподготовки, агрохимического блока, оросительной сети, объектов охраны окружающей среды, коммуникаций, объектов и средств материально-технического обеспечения и др.).

2 Модульные поливные участки (их расположение, размеры, форма) назначают в увязке с планом организации территории – землеустройства орошаемого массива.

3 Распределители младшего порядка устраиваются из пластмассовых труб диаметром 80–120 мм длиной, не превышающей 200 м. Оросительные трубопроводы (надземного или наземного расположения) могут иметь двухстороннее подсоединение к распределителям.

4 «Расстояния между капельницами на поливном трубопроводе определяются в соответствии с впитывающей способностью корнеобитаемого слоя почвы и водопотреблением растений». Количество капельниц на растение определяется составом культур, например, для древесно-плодовых культур на одно растение может устанавливаться до четырех и более капельниц в зависимости от зоны распространения корневой системы (т. е. размеров корнеосвоенного пространства). Точечные капельницы устанавливаются на поливном трубопроводе на определенном межкапельном расстоянии в соответствии со схемой посадки растений (расстоянием между растениями в ряду).

Определенные предложения по устройству поливной сети капельной системы орошения «Таврия» с площадью модульного участка («поливного модуля») $\omega_{\text{мод}} = 12,5$ га сформулировали И. П. Орёл, М. И. Ромащенко [10], существо которых сводится к нижеследующему.

«Интенсивные» сады разбивают на кварталы прямоугольной формы с соотношением длины и ширины 2:1, площадью от 10 до 15 га (реже до 20 га). В пределах квартала культивируются растения одного сорта и возраста. Протяженность рядов в одной клетке садового квартала принимается равной 120 м. Схемы посадки и территориального устройства садовых насаждений определяются наработанной практикой садоводов и должны учитываться гидромелиораторами при проектировании (разработке) техногенного компонента систем капельного орошения. Параметры поливной сети, и в частности протяженность поливных линий, количество и расположение капельниц, должны быть увязаны с компоновочно-конструктивным решением садовых насаждений. Исходя из этого принимаются конфигурация и размеры поливных модулей (оросительных модулей). Поливная сеть должна удовлетворять потребности растений в увлажнении определенной площади питания каждого растительного организма.

Судя по данным Ю. Б. Рябушкина [2], в интенсивных садах с капельным орошением длина ряда с учетом устройства капельной линии не должна превышать 150 м. По Ю. В. Трунову, при капельном поливе древесно-плодовых культур используется по 2–3 капельницы, размещаемые под кроной растений в 1 м от штамба дерева [11]. По рекомендациям Б. С. Гегечкори [5] капельные линии прикрепляются к натянутой на столбах шпалерной проволоке на высоте 20–30 или 30–40 см. В соответствии с данными Б. Б. Шумакова [12], рекомендуется увязывать параметры модульных участков капельного орошения, подвешиваемых к одному «участковому» распределителю, с площа-

дью нетто, равной 12,0 га, при размерах участков, подвешиваемых к одному оросителю (оросительному трубопроводу): ширина $B = 300$ м, длина ряда $L_p = 100$ м. При этом количество питающихся из оросителя поливных трубопроводов определяется по количеству рядов растений, а расстояние между ними соответствует междювому расстоянию в насаждении. Судя по результатам исследований Б. Б. Шумакова [13], для полива одного растения в зависимости от возраста и условий его произрастания предусматривается устройство 4–8 капельниц, что также окажет влияние на организацию территории орошаемого садового насаждения.

Особенность разработки проектов организации территории капельно орошаемых плодовых садов в части устройства систем капельного орошения и их поливных сетей, как утверждается в пособии к СНиП 2.06.03-85 [14], – это использование «типовых модульных участков».

В соответствии с этим пособием [14] при планировке капельно орошаемого насаждения рекомендуется принимать типовые модульные участки площадью от 9 га с размером сторон 300×300 м на равнинных и склоновых садовых угодьях с уклоном до 0,05 до 12 га (при протяженности сторон 400×300 м), на землях с уклоном $i_m \geq 0,2...0,3$ для капельных линий с капельницами «Молдавия-1А» и на пологосклоновых участках при $i_m \leq 0,02$ площадью 12,1–12,5 га с осредненными размерами сторон модуля модульного капельно орошаемого участка 250×520 м.

Разноразмерность модулей, судя по рекомендациям пособия к СНиП 2.06.03-85 [14], определяется не только уклонами поверхности земли в садовом насаждении, но и схемами посадки растений, а также конструкцией применяемых капельных микроводовыпусков. Протяженность капельных линий в схемах модульных участков принята равной 100 м, а количество капельниц на поливном трубопроводе определяется количеством растений, произрастающих в их стометровом ряду. Указанные ограничения и принятые решения по линейным и площадным размерам модулей (модульных участков капельного полива) не имеют методического обеспечения при отсутствии рекомендаций по увязке «капельных модулей» с размерами садовых кварталов и клеток, что затрудняет их практическую реализацию.

Применение модульного подхода к организации сети капельного орошения древесно-плодовых насаждений с фиксированной площадью орошаемых участков предусматривает взаимную привязку схем организации территории сада к схемам расположения и размерам поливной сети, что трудно реализуемо. Рациональность проектных подходов гидромелиораторов не всегда соответствует рекомендациям пловодоводов в части обеспечения оптимальных условий для роста, развития и плодоношения плодовых древесных растений, культивируемых в садовых насаждениях.

При разработке планов капельно орошаемых садовых насаждений учитывается расположение источника орошения (природного или техногенного водного объекта), определяются места расположения узла водозаборных сооружений, блока устройств для подготовки поливной воды и поливных растворов, элементов трубопроводной оросительной сети и инфраструктуры, необходимой для функционирования капельной системы орошения и проведения увлажнительных фертигационных поливов. При этом особое внимание уделяется пространственному расположению разветвленной оросительной сети и составляющих ее компонентов: магистрального водовода, сети распределительных, участковых (оросительных трубопроводов) и поливных линий, капельных поливных устройств и капельниц, размещению запорно-регулирующей арматуры, средств автоматизации элементов защиты и ухода за трубопроводами и других элементов сети. При пространственном (плановом и высотном) расположении элементов оросительной сети рассматривается подземное, наземное, надземное и комбинированное расположение трубопроводов различного функционального предназначения. При этом учи-

тываются рельефно-почвенные условия, особенности планировки древесно-плодового насаждения по биологическим требованиям возделываемых растений, расположение дорог, лесных полос, шпалерных систем и других факторов влияния.

В целом конструктивно-компоновочное решение капельной оросительной системы должно разрабатываться с учетом: типа сада, планировочного решения садового насаждения, природно-климатических, рельефно-почвенных, геолого-гидрогеологических, гидрологических, гидрохимических, хозяйственно-экономических соображений, выделенной под сад территории, экологических требований.

Резюмируя приведенную выше информацию, отметим, что в современном орошаемом садоводстве неразрешенным остается ряд важных позиций, касающихся территориального устройства капельно орошаемых садов, основные из которых рассмотрены ниже.

Необходима разработка «принципиальных» схем (устройств, деталей и узлов) поливной сети для типовых модульных блоков садовых многолетних насаждений.

Нет рекомендаций по определению количества и мест расположения капельниц для полива одного яблоневого растения в увязке с параметрами его корневой системы.

Никем из исследователей не опровергнуто утверждение о необходимости увлажнения 40–60 % площади питания древесных культур 2–4 и более капельницами.

Отсутствует должная увязка параметров капельной сети с биологическими особенностями растений (размерами их подземной и надземной частей) в разновозрастных стадиях их роста и развития.

Необходимо разработать рациональные схемы капельных поливных сетей, обеспечивающих полив культивируемых в насаждениях яблоневых растений, удовлетворяющих их потребности в воде и продуктах фертигации (минеральном питании) и соответствующих принятым технологиям культивирования яблоневых садов.

Указанные обстоятельства актуализируют задачу разработки и усовершенствования систем капельного орошения древесных плодовых насаждений, обеспечивающих (вкуче с современными технологиями интенсивного плодоводства) рост, развитие, продуктивность (молодых и вступающих в плодоношение) садовых яблоневых культур.

Выводы

1 Современные потребности страны в плодородческой продукции предопределяют необходимость расширения площадей садовых насаждений и повышения их продуктивности. Указанная цель в условиях влагодефицитных плодовых угодий может быть достигнута созданием и использованием капельного орошения яблоневых садов.

2 Несмотря на опыт и наличие разработок в области организации территории яблоневых насаждений, культивируемых при капельном орошении, общий подход к их рациональному устройству плодоводами и гидромелиораторами не выработан.

3 Имеющиеся рекомендации по особенностям устройства садовых кварталов и клеток при капельном орошении яблоневых насаждений нуждаются в уточнении в части установления их размеров и пространственного ориентирования, учета размещения капельной системы орошения, устройства и расположения поливных сетей, учитывающих биологические потребности культивируемых растений.

Список использованных источников

- 1 Плодоводство: учеб. пособие / под ред. Н. П. Кривко. – СПб.: Лань, 2014. – 416 с.
- 2 Рябушкин, Ю. Б. Плодоводство, виноградарство: крат. курс лекций / Ю. Б. Рябушкин; ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – 91 с.
- 3 Бородычев, В. В. Современные технологии капельного орошения овощных культур / В. В. Бородычев. – Волгоград: Инлайт, 2010. – 242 с.
- 4 Шкура, В. Н. Капельное орошение яблони / В. Н. Шкура, Д. Л. Обумахов, А. Н. Рыжаков; под ред. В. Н. Шкуры. – Новочеркасск: Лик, 2014. – 310 с.
- 5 Гегечкори, Б. С. Плодоводство: курс лекций. Ч. 3. Закладка плодовых насаж-

дений и технология производства плодов / Б. С. Гегечкори. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 49 с.

6 Куренной, Н. М. Плодоводство / Н. М. Куренной, В. Ф. Колтунов, В. И. Черепашин. – М.: Агропромиздат, 1985. – 399 с.

7 Плодоводство / В. А. Потапов [и др.]; под ред. В. А. Потапова, Ф. Н. Пильщикова. – М.: Колос, 2000. – 432 с.

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

9 Храбров, М. Ю. Общая характеристика и условия применения капельного орошения / М. Ю. Храбров, Н. Г. Колесова // Инновационные технологии в мелиорации: материалы междунар. науч.-практ. конф. / ВНИИА. – М., 2001. – С. 331–337.

10 Орёл, И. П. Система капельного орошения «Таврия» / И. П. Орёл, М. И. Ромашенко // Гидротехника и мелиорация. – 1981. – № 4. – С. 48–57.

11 Плодоводство / Ю. В. Трунов [и др.]; под ред. Ю. В. Трунова, Е. Г. Самощенко. – М.: Колос, 2012. – 415 с.

12 Шумаков, Б. Б. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / Б. Б. Шумаков. – М.: Агропромиздат, 1990. – 415 с.

13 Шумаков, Б. Б. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / Б. Б. Шумаков. – М.: Колос, 1999. – 492 с.

14 Капельное орошение: пособие к СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения»: утв. Союзводпроектом 11.04.86 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 633.2

С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова

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

МЕТОДЫ ПРОДЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОГО ДОЛГОЛЕТИЯ И УЛУЧШЕНИЯ ПАСТБИЩ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Цель исследований – восстановление и продление долголетия старовозрастных пастбищных агрофитоценозов путем поверхностного улучшения без применения кардинальных мер по смене растительности. Исследования проводились на вегетационных площадках гидрологического комплекса ФНЦ агроэкологии РАН, заложенных в 2013 г. на черноземовидной и светло-каштановых супесчаных почвах. В качестве объектов выбраны многолетние злаковые и бобовые травы селекции Ставропольского НИИСХ. Семейство Poaceae представлено следующими видами: *Agropyron cristatum* L., *Bromus inermis* L., *Agropyrum elangatum* (Host.) P.B., *Festuca pratensis* Huds., семейство Fabaceae – *Medicago sativa* L. В результате установлено, что урожайность сухой массы травосмесей в среднем за 5 лет использования травостоя была на уровне 1,2–6,5 т/га, на контроле – 0,6–4,9 т/га. Наибольшая продуктивность отмечена на черноземовидном супесчаном субстрате (житняк + овсяница + люцерна), в среднем она составила 6,5 т/га. Наименьшая продуктивность отмечена на бажиганском супесчаном субстрате светло-каштановых почв (житняк + пырей + костер) – 1,2 т/га. Несмотря на засушливые условия 2020 г., *Medicago sativa* L. по быстрой отрастания не уступала злаковым травам, и в период укосной спелости высота растений составила 90–100 см. На ее долю на протяжении всего периода исследований приходилось не менее 32 % урожая от общей фитомассы травосмеси. Таким образом, потенциал выращивания травосмесей злаковых и бобовых трав путем поверхностного улучшения в системе пастбищного конвейера в дальнейшем позволит эффективно использовать почвенно-климатические условия сухостепной зоны южных регионов Нижнего Поволжья, обеспечивать малые и крупные животноводческие комплексы стабильной кормовой базой круглый год.

Ключевые слова: злаково-бобовые травосмеси; вегетационные площадки; пастбищные агрофитоценозы; продуктивное долголетие; Нижнее Поволжье.

S. Yu. Turko, K. Yu. Trubakova

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

METHODS OF EXTENDING PRODUCTIVE LONGEVITY AND IMPROVING PASTURES IN THE LOWER VOLGA REGION

The purpose of the research is the restoration and extension of the longevity of old-growth pasture agrophytocenoses by surface improvement without the application of drastic measures to change vegetation. The studies were carried out on the vegetation plots of the hydrological complex of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, laid in 2013 on chernozem-like and light chestnut sandy loam soils. Perennial cereals and legumes of the Stavropol Research Institute of Agriculture selection were selected

as objects. The Poaceae family is represented by the following species: *Agropyron cristatum* L., *Bromus inermis* L., *Agropyrum elangatum* (Host.) PB, *Festuca pratensis* Huds., Fabaceae family – *Medicago sativa* L. As a result, it was found that the average yield of dry mass of grass mixtures over 5 year-use of herbage was at the level of 1.2–6.5 t/ha, in the control – 0.6–4.9 t/ha. The highest productivity was noted on the chernozem-like sandy loam substrate (wheatgrass + fescue + alfalfa), on average it was 6.5 t/ha. The lowest productivity was noted on the Bazhigan su-sandy substrate of light chestnut soils (wheatgrass + bluegrass + brome grass) – 1.2 t/ha. Despite the arid conditions of 2020, *Medicago sativa* L. was not inferior to cereal grasses in regrowth rate, and in the period of mowing ripeness the plant height was 90–100 cm. Throughout the entire research period, it accounted for at least 32 % of the yield from the total phytomass of the grass mixture. Thus, the potential for growing grass mixtures of cereal and leguminous grasses by surface improvement in the pasture conveyor system will further make it possible to use the soil and climatic conditions of the dry steppe zone of the southern regions of the Lower Volga region effectively, provide small and large livestock complexes with a stable forage base all year round.

Key words: grass-legume mixtures; growing areas; pasture agrophytocenoses; productive longevity; Lower Volga region.

Введение. В условиях Нижнего Поволжья пастбищные агрофитоценозы отличаются своим бедным видовым составом и резкими колебаниями продуктивности по годам и сезонам. В целях сохранения площадей сельскохозяйственных угодий, повышения их продуктивного долголетия необходим эффективный подход к восстановлению пастбищных агрофитоценозов. В его основе лежит подбор перспективных видов и сортов кормовых трав, позволяющих увеличить производство высококачественных кормов за счет малозатратных технологий, с учетом использования ограниченных материально-технических ресурсов. Этим требованиям в полной мере отвечают бобово-злаковые смеси многолетних трав, выращивание которых в системе кормовых севооборотов и на природных кормовых угодьях является важнейшим компонентом агроэкосистемы южных регионов РФ, обеспечивающим необходимую устойчивость и сбалансированность производимого сырья для животноводства [1–3].

Важнейшее преимущество подсева злаковых и бобовых трав при минимальной обработке состоит в экономии энергетических затрат и семян, возможности восстановления деградированных земель [4]. Ежегодный подсев стимулирует репродуктивную способность растений, создавая запасы семян в почве, так называемые почвенные хранилища.

Система поверхностного улучшения кормовых угодий позволяет частично или полностью сохранить естественный или сеяный деградированный травостой, не связанный с коренной сменой растительности и почвенными условиями для роста растений, что значительно повышает его продуктивность и кормовую ценность.

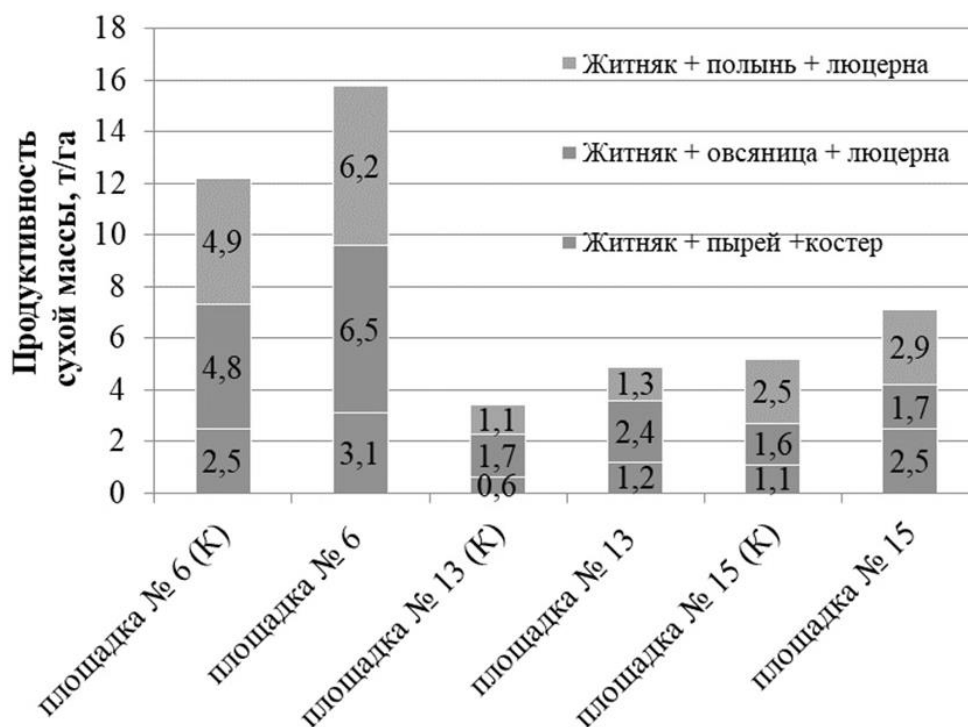
Материалы и методы. В нашей работе особое внимание уделяется проблеме восстановления многолетних деградированных посевов (ранее искусственно созданных на вегетационных площадках гидрологического комплекса ФНЦ агроэкологии РАН пастбищных агрофитоценозов, 2013 г.) методом их поверхностного улучшения с участием разнопоспевающих многолетних злаковых и бобовых трав на черноземовидном и светло-каштановых супесчаных субстратах Бажиганского и Кумского массивов. В качестве объектов исследований использовались коллекционные посевы перспективных многолетних трав ставропольской селекции, приспособленные к агроклиматическим условиям и селекционно проработанные: житняк гребневидный, костер безостый, пырей солончаковый, пырей удлиненный, овсяница луговая, люцерна посевная, с участием полыни песчаной [5–8].

Одним из элементов продуктивности многолетних трав является плотность травостоя, которая в первый год жизни во многом зависит от сроков и способа посева, всхоже-

сти и изреживаемости трав. Поэтому технологическим процессам при закладке объектов уделялось особенное внимание. При размещении в составе травосмеси были учтены нормы высева и биологические особенности трав. Норма высева составила: люцерна посевная – 12 кг/га, пырей – 12 кг/га, костер безостый – 15 кг/га, житняк гребневидный – 15 кг/га, овсяница луговая – 10 кг/га, с учетом долголетнего срока использования.

Оценивая сохранность посевов, стоит отметить, что в ранневесенний период в черноземовидном супесчаном субстрате влага удерживается дольше, площади для питания растений достаточно, соответственно, травосмеси гуще, однако к середине вегетационного периода изреживание травостоя на всех площадках становится практически одинаковым, так как вступает в силу конкуренция растений [9, 10].

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали, что подсев многолетних злаковых и бобовых трав в старовозрастной травостой оказался эффективным. Урожайность сухой массы травосмесей в среднем за 5 лет использования агрофитоценоза была в пределах 1,2–6,5 т/га, на контроле – 0,6–4,9 т/га. Наибольшая продуктивность отмечена на вегетационной площадке с черноземовидным супесчаным субстратом (житняк + овсяница + люцерна), урожайность сухой массы в среднем составила 6,5 т/га. Наименьшая продуктивность отмечена на бажиганском супесчаном субстрате светло-каштановых почв (житняк + пырей + костер) – 1,2 т/га (рисунок 1).



площадка № 6 – вариант на черноземовидном супесчаном субстрате;
площадка № 13 – вариант на Бажиганском песке; площадка № 15 –
вариант на Кумском песке; (К) – контроль во всех вариантах

Рисунок 1 – Продуктивность сухой массы травосмесей на различных почвенных субстратах в среднем за 5 лет, т/га

Засухоустойчивые виды многолетних бобовых трав (в нашем исследовании – люцерна) даже при низкой водообеспеченности практически за всю вегетацию 2020 г. были хорошо облиственны, достаточно быстро отрастали в весенний период и по скорости отрастания не уступали злаковым травам. Так, высота растений люцерны в период укосной спелости травостоя составляла 90–100 см, костра 95–105 см и житняка 85–90 см (рисунок 2).

На долю люцерны в первые 3 года жизни травостоя пришлось до 41 % урожая от

общей фитомассы травосмеси. Стоит отметить, что злаковые травы – овсяница луговая и пырей удлинённый – выпали из посева уже на 3–4-й год (рисунок 3).



**Рисунок 2 – Люцерна в 5-летнем смешанном посеве (житняк + овсяница + люцерна) на черноземовидном супесчаном субстрате, июнь 2020 г.
(автор фото К. Ю. Трубакова)**

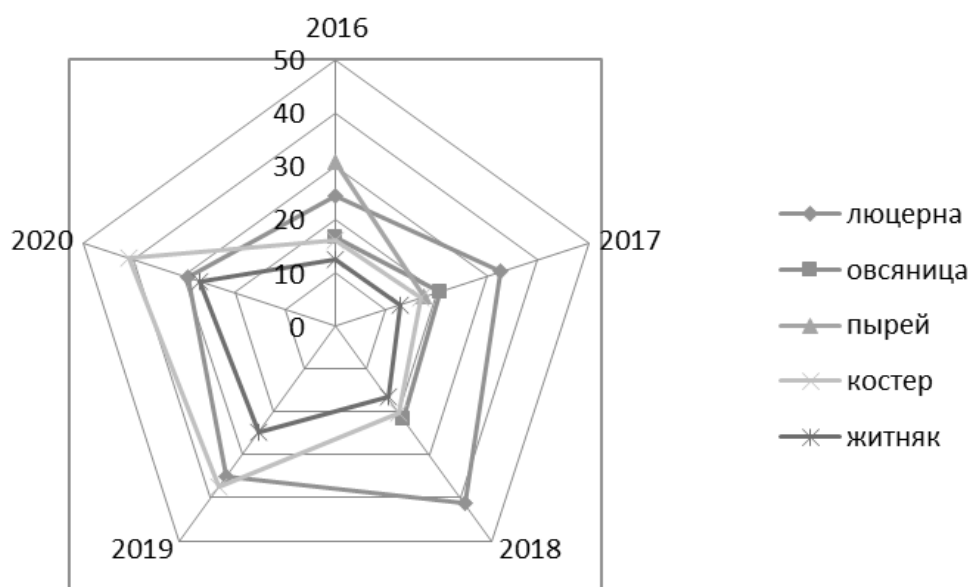


Рисунок 3 – Процентное соотношение ботанического состава многолетних трав по годам жизни, %

Выводы. Таким образом, большой потенциал выращенных травосмесей злаковых и бобовых трав, используемых в системе пастбищного конвейера, в дальнейшем позволит эффективно использовать почвенно-климатические условия сухостепной зоны южных регионов Нижнего Поволжья, тем самым обеспечив животноводческие комплексы стабильной кормовой базой круглый год.

В получении устойчивых урожаев многолетних трав большое значение имеют поливидовые посевы, эффективность которых во многом зависит от правильного подбора компонентов, а также их количественного соотношения в травосмесях. Доказано,

что при совместной культуре уменьшается амплитуда колебаний температуры воздуха в агрофитоценозе в течение суток, лучше нивелируются кратковременные резкие ее перепады, что создает более благоприятные условия для прохождения онтогенеза. Максимальная урожайность сухой массы травосмесей, подсеянных на протяжении всего периода, в среднем за 5 лет использования травостоя была получена в варианте житняка, овсяницы и люцерны с черноземовидной супесью на уровне 6,5 т/га, с учетом контроля – 4,9 т/га. Люцерна в период вегетации 2020 г. проявила себя не хуже злаков, высота растений бобовых трав в период укосной спелости травостоя составляла 90–100 см. На ее долю в среднем за 5 лет приходится не меньше 32 % от общей фитомассы.

Создавая и переформируя изреженные травостои с участием злаковых и бобовых травосмесей, можно достичь высокой продуктивности растений и быстро получить желаемый результат.

Список использованных источников

1 Петров, В. И. Агроресурсный потенциал и фитомелиоративная реконструкция пастбищных угодий Волгоградского Заволжья / В. И. Петров, А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 1(65). – С. 111–116.

2 Турко, С. Ю. Имитационное моделирование функционирования системы «пастбище – животные» / С. Ю. Турко, М. В. Власенко, В. И. Петров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 3(43). – С. 101–108.

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

4 Влияние минерального питания и способов посева на урожайность бобово-мятликовых травосмесей в условиях севера Астраханской области / Н. В. Тютюма, Г. К. Булахтина, А. В. Кудряшов, Н. И. Кудряшова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 4(56). – С. 65–71.

5 Лапенко, Н. Г. Растительность степных фитоценозов и особенности ее вегетации в условиях Ставропольского края / Н. Г. Лапенко, Ф. В. Ерошенко, И. Г. Сторчак // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 2(193). – С. 9–19.

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

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

8 Шамсутдинов, З. Ш. Селекция кормовых культур: достижения и задачи / З. Ш. Шамсутдинов // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – № 6. – С. 36–45.

9 Васильев, Ю. И. К вопросу о логистической модели формирования сухой фитомассы сельскохозяйственных растений / Ю. И. Васильев // Защитное лесоразведение, мелиорация земель, проблемы агроэкологии и земледелия в Российской Федерации: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию создания Всерос. науч.-исслед. агролесомелиоратив. ин-та. – Волгоград, 2016. – С. 426–430.

10 Власенко, М. В. Транспирация многолетних кормовых видов в условиях засушливой среды / М. В. Власенко // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4(44). – С. 16–24.

УДК 635.132:631.526.32

О. В. Котлярова, Л. А. Кукса

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

СОРТОИЗУЧЕНИЕ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель – провести изучение образцов моркови столовой в условиях Ростовской области по хозяйственно ценным признакам. Изучались сорта отечественной селекции Несравненная, Бирючукская 415, Минор, Шантенэ 2461 и ВНИИО 16/1. Исследования проводили в условиях открытого грунта на полях Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала ФГБНУ ФНЦО, расположенного в г. Новочеркасске Ростовской области, в 2018–2019 гг. Почвы опытного участка представлены черноземами обыкновенными. Мощность гумусового горизонта 70 см. Содержание гумуса в пахотном слое 4,2 %. Погодные условия в годы проведения опытов были типичными для климатической зоны юга России. Климат континентальный с относительно короткой и теплой зимой, жарким и засушливым летом, что неблагоприятно отражается на развитии корнеплодов. Все изучаемые образцы имели оранжевую окраску корнеплодов. Образец ВНИИО 16/1 выделился по окраске корнеплода, сердцевине, гладкости корнеплода. Образцы Бирючукская 415 и Шантенэ 2461 имели темную зеленую окраску листьев. Урожайность корнеплодов у сортов Несравненная и Бирючукская 415 варьировала от 30,7 до 36,5 т/га, а товарность от 76,4 до 78,3 %.

Ключевые слова: морковь столовая; сорта; урожайность; товарность; сортоизучение; корнеплод; оценка; хозяйственно ценные признаки.

O. V. Kotlyarova, L. A. Kuksa

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

STUDY OF GARDEN CARROT VARIETIES UNDER THE CONDITIONS OF ROSTOV REGION

The goal is to study samples of garden carrots by agronomic characters under the conditions of Rostov region. The varieties of domestic breeding Nesravnennaya, Biryuchekutskaya 415, Minor, Shantenet 2461 and VNIIO 16/1 were studied. The research was carried out in open ground in the fields of the Biryuchekutskaya Vegetable Breeding Experimental Station – a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution FSCVG, located in Novocherkassk, Rostov Region, in 2018–2019. The soils of the experimental site are represented by ordinary chernozems. The thickness of the humus horizon is 70 cm. The humus content in the arable layer is 4.2 %. The weather conditions during the years of the experiments were typical for the climatic zone of the south of Russia. The climate is continental with relatively short and warm winters, hot and dry summers, which adversely affects the development of root crops. All studied samples had an orange color of root crops. The VNIIO 16/1 sample was distinguished by the color, the core and the smoothness of the root crop. Samples Biryuchekutskaya 415 and Shantenet 2461 had dark green leaves. The yield of root crops in the varieties Incomparable and Biryuchekutskaya 415 varied from 30.7 to 36.5 t/ha, and the marketability from 76.4 to 78.3 %.

Key words: garden carrot; varieties; yield; marketability; study of varieties; root vegetable; assessment; agronomic character.

Введение. Корнеплодные культуры занимают значительную долю как в товарном, так и в нетоварном (любительском) овощеводстве. Это очень крупная группа

культур, которая включает морковь, свеклу, редис, редьку китайскую, сельдерей корневой, репу, брюкву, дайкон, фенхель, пастернак, петрушку корневую [1]. Морковь является лидером среди корнеплодных культур по распространенности и потреблению населением в России.

Морковь столовая – одна из важнейших овощных культур, успешно возделываемых во всех сельскохозяйственных регионах РФ. Она занимает 10 % площади овощного поля страны и дает более 10 % валового сбора всех свежих овощей открытого грунта [2].

Широкое распространение моркови связано прежде всего с рядом ценных хозяйственных свойств, которыми она обладает. Это высокая урожайность, и транспортабельность, и способность сохранять свои товарные качества при длительном хранении, и возможность использования в питании человека в течение всего года [3, 4].

Одним из основных факторов, позволяющих поддерживать эти свойства, является сорт. Подбор высокопродуктивных сортов, гибридов, приспособленных к местным почвенно-климатическим факторам, и разработка основных агротехнических приемов возделывания моркови актуальны и имеют большое научное и практическое значение [3, 5].

Приоритетное направление современного растениеводства – создание сортов и гибридов различных культур, максимально реализующих потенциал продуктивности в конкретных условиях выращивания при применении современных агротехнологий [6, 7].

На сегодняшний день ассортимент сортов и гибридов в значительной мере представлен иностранной селекцией. Сорта и гибриды, имеющие иностранное происхождение, отличаются красивым внешним видом, выравненностью по форме и размеру, отзывчивостью на высокие дозы удобрений, но вкусовые и диетические свойства их часто уступают отечественным сортам. Кроме того, наши сорта обладают более широкой адаптивностью к природно-климатическим условиям, чем иностранные.

Цель исследований – провести изучение образцов моркови столовой в условиях Ростовской области по хозяйственно ценным признакам.

Условия, материалы и методы исследований. Исследования проводили в условиях открытого грунта на полях Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала ФГБНУ ФНЦО, расположенного в г. Новочеркасске Ростовской области. Материалом для исследований являлись сорта отечественной селекции.

Посев образцов проводился в третьей декаде мая по однострочной схеме с междурядьем 70 см. Почвы под опытом – чернозем обыкновенный. Условия Ростовской области характеризуются жаркой и сухой погодой, что неблагоприятно отражается на развитии корнеплодов. Убирали морковь во второй декаде октября вручную, предварительно проводили механизированную подкормку скобой. Оценка образцов по комплексу морфологических и хозяйственно ценных признаков осуществляли согласно стандартным методикам [8].

Результаты исследований. Во время уборки проводили визуальную оценку листьев корнеплодов (таблица 1). Оценивая интенсивность окраски листьев, отметили, что у двух образцов Бирючукская 415 и Шантенэ 2461 листья имели темно-зеленую окраску. Длина листа с черешком варьировала от 34,1 см (у образца Шантенэ 2461) до 37,3 см (у образца Бирючукская 415). Все образцы имели полураскидистые листья, но у двух образцов – Бирючукская 415 и Минор – были как полураскидистые листья, так и прямостоячие. Листья сорта Шантенэ 2461 были полураскидистыми и раскидистыми. Размер места прикрепления листьев к корнеплоду значительно не отличался и составил от 1,1 см (у Бирючукской 415 и Минор) до 1,4 см (у Несравненной). Наибольшее количество листьев отмечено у сорта Несравненная – 14 шт., наименьшее у сортов Минор и ВНИИО 16/1.

Оценку образцов по проявлению количественных хозяйственно ценных признаков: длина и ширина корнеплода, масса корнеплода (таблица 2), урожайность и товарность корнеплодов (таблица 3) – также проводили во время уборки.

Таблица 1 – Морфологические признаки листьев моркови столовой, 2018–2019 гг.

Образец	Место прикрепления листьев к корнеплоду, см	Положение листьев	Длина листа с черешком, см	Количество листьев, шт.	Интенсивность зеленой окраски листа
Несравненная	1,4	полураскидистые	34,5	14	средняя зеленая
Бирючукская 415	1,1	прямостоячие, полураскидистые	37,3	10	темная зеленая
Минор	1,1	прямостоячие, полураскидистые	35,2	11	средняя зеленая
Шантенэ 2461	1,2	полураскидистые, раскидистые	34,1	12	темная зеленая
ВНИИО 16/1	1,2	полураскидистые	34,5	11	средняя зеленая

Таблица 2 – Хозяйственно ценные признаки моркови столовой, 2018–2019 гг.

Образец	Масса корнеплода, г	Длина корнеплода, см	Ширина корнеплода, см	Форма корнеплода	Цвет корнеплода	Цвет сердцевины
Несравненная	112,0	14,3	3,9	коническая	оранжевый	светло-оранжевый
Бирючукская 415	102,6	15,7	4,0	коническая	оранжевый	ярко-оранжевый
Минор	92,8	14,3	3,4	коническая	оранжевый	ярко-оранжевый
Шантенэ 2461	86,5	11,0	3,6	коническая	оранжевый	светло-оранжевый
ВНИИО 16/1	93,4	12,3	3,4	коническая	ярко-оранжевый	ярко-оранжевый

Таблица 3 – Оценка сортов моркови по продуктивности, 2018–2019 гг.

Образец	Урожайность, т/га		Товарность, %		Содержание сухого вещества, %	
	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.	2018 г.	2019 г.
Несравненная	33,2	36,5	78,3	76,7	16,5	17,5
Бирючукская 415	30,7	35,8	76,4	77,6	16,0	17,5
Минор	26,7	28,4	66,3	69,4	15,0	14,0
Шантенэ 2461	23,5	26,3	65,9	68,3	14,0	15,0
ВНИИО 16/1	27,6	29,3	62,8	67,6	15,5	16,5

Все изучаемые образцы имели оранжевую окраску корнеплодов. Образец ВНИИО 16/1 отличался, имея ярко-оранжевую окраску корнеплода и сердцевины, а также самую гладкую поверхность корнеплода. Яркую оранжевую окраску сердцевины имели еще два образца – Бирючукская 415 и Минор.

Длина корнеплодов варьировала от 11,0 см (Шантенэ 2461) до 15,7 см (Бирючукская 415). Сердцевина у всех образцов была среднего размера. Масса корнеплода колебалась от 86,5 г (у Шантенэ 2461) до 112,0 г (у Несравненной). Все образцы имели коническую форму корнеплода.

За 2 года исследований урожайность испытуемых образцов формировалась следующим образом. Наименьшая урожайность была отмечена у сорта Шантенэ 2461, которая составила 23,5 и 26,3 т/га (2018 и 2019 гг. соответственно), наибольшая у сорта Несравненная – 33,2 и 36,5 т/га (2018 и 2019 гг. соответственно). У сортов Минор и ВНИИО 16/1 урожайность незначительно отличалась и была на уровне 26,7 и 27,6 т/га соответственно в 2018 г. В 2019 г. урожайность у сортов Минор и ВНИИО 16/1 составила 28,4 и 29,3 т/га соответственно.

Товарность корнеплодов – один из важных показателей для производителей и потребителей. Этот показатель у всех образцов был выше 60,0 %. Так, в 2018 г. товарность исследуемых образцов варьировала от 62,8 % у сорта ВНИИО 16/1 до 78,3 % у сорта Несравненная, в 2019 г. от 67,6 % у сорта ВНИИО 16/1 до 76,7 % у сорта Несравненная.

Определение содержания сухого вещества у изучаемых образцов моркови столовой проводилось с помощью рефрактометра. По содержанию сухого вещества образцы значительно не различались. В 2018 г. содержание сухого вещества варьировало от 15,5 % (у ВНИИО 16/1) до 16,5 % (у сорта Несравненная), в 2019 г. от 14,0 % (у Шантенэ 2461) до 17,5 % (у сортов Несравненная и Бирючукская 415).

Выводы. Проведена оценка сортов моркови столовой по хозяйственно ценным признакам (окраска корнеплода, форма корнеплода, общая урожайность, товарность корнеплодов). По результатам проведенных исследований выделились: по урожайности и товарности корнеплодов, содержанию сухого вещества – сорта Несравненная и Бирючукская 415, по окраске корнеплода (ярко-оранжевая), окраске сердцевинки (ярко-оранжевая) и гладкости поверхности корнеплода – образец ВНИИО 16/1, по интенсивности окраски листьев (темно-зеленая) – Бирючукская 415 и Шантенэ 2461. Наибольшая масса корнеплода была отмечена у сортов Несравненная (112,0 г) и Бирючукская 415 (102,6 г).

Список использованных источников

- 1 Леунов, В. И. Направления в селекции и семеноводстве овощных корнеплодных культур / В. И. Леунов // Картофель и овощи. – 2017. – № 10. – С. 6–9.
- 2 Овощи борщевой группы России / А. Ф. Разин, М. В. Шатилов, Р. А. Мещерякова, Т. Н. Сурихина, О. А. Разин, Г. А. Телегина // Картофель и овощи. – 2019. – № 10. – С. 26–28. – DOI: 10.25630/PAV.2019.37.28.009.
- 3 Леунов, В. И. Столовые корнеплоды в России / В. И. Леунов. – М., 2011. – 270 с.
- 4 Колпаков, Н. А. Овощеводство Алтайского края: состояние и перспективы развития / Н. А. Колпаков // Картофель и овощи. – 2013. – № 3. – С. 8–11.
- 5 Жаркова, С. В. Оценка сортов моркови столовой (*Daucus carota* L.) в условиях лесостепи Приобья Алтайского края / С. В. Жаркова, Р. А. Антонова, А. Я. Земцова // Вестник Алтайского государственного университета. – 2017. – № 4(150). – С. 11–16.
- 6 Кочетов, А. А. Создание новых форм редиса и редьки (*Raphanus sativus* L.) с прогнозируемым комплексом хозяйственно ценных признаков при использовании методологии ускоренной селекции / А. А. Кочетов, Н. Г. Синявина // Картофель и овощи. – 2019. – № 10. – С. 29–34. – DOI: 10.25630/PAV.2019.70.54.003.
- 7 Косенко, М. А. Подбор исходного материала для селекции редьки / М. А. Косенко, Л. Н. Тимакова // Картофель и овощи. – 2020. – № 9. – С. 33–36. – DOI: 10.25630/PAV.2020.63.92.006.
- 8 Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – М.: Россельхозакадемия, 2011. – 648 с.

УДК 635.25:631.559

А. Н. Бабичев

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

А. А. Рубцов

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

А. А. Бабенко

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

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЛУКА РЕПЧАТОГО

Целью исследований являлось изучение влияния минерального питания на урожайность лука репчатого. Опыт был проведен в условиях открытого грунта на полях Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала Федерального научного центра овощеводства в г. Новочеркасске Ростовской области в 2018–2019 гг., изучались различные дозы минеральных удобрений на фоне орошения. Почвы в опытах – черноземы обыкновенные. Мощность гумусового горизонта 60–70 см. Содержание гумуса в пахотном слое 4,2 %. Удобрения вносились традиционным способом перед посевом и путем фертигации с помощью капельного орошения. Вместе с традиционными удобрениями применялись водорастворимые удобрения марки «Акварин» Буйского химического комбината. В ходе исследований было установлено, что средняя урожайность в варианте без внесения удобрений составляла около 25 т/га, при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{100}P_{90}$ средняя урожайность – 32,4 т/га, при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{120}$ средняя урожайность – 43,9 т/га, а средняя максимальная урожайность лука репчатого 51,5 т/га была отмечена в варианте с внесением удобрений в дозе $N_{140}P_{150}$. Растения лука репчатого положительно реагируют на улучшение минерального питания, так, урожайность возрастала по мере увеличения доз применяемых минеральных удобрений.

Ключевые слова: лук репчатый; минеральное питание; капельное орошение; фертигация; урожайность; водорастворимые удобрения.

A. N. Babichev

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

A. A. Rubtsov

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

A. A. Babenko

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

MINERAL NUTRITION IMPACT ON BULB ONION YIELD

The aim of the research was to study the effect of mineral nutrition on the bulb onion yield. The experiment was carried out in open ground in the fields of the Biryuchekutskaya vegetable selection experimental station – a branch of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing in Novocherkassk, Rostov Region in 2018–2019, various doses of mineral fertilizers against the background of irrigation were studied. The soils in the experiments are

ordinary chernozems. The thickness of the humus horizon is 60–70 cm. The humus content in the arable layer is 4.2 %. Fertilizers were applied in the traditional way before sowing and by fertigation using drip irrigation. Along with traditional fertilizers, water-soluble fertilizers of the Aquarin brand of Buisk chemical plant were used. In the course of the research, it was found that the average yield in the option without fertilization was about 25 t/ha, when applying mineral fertilizers at a dose of $N_{100}P_{90}$, the average yield was 32.4 t/ha, when applying mineral fertilizers at a dose $N_{120}P_{120}$ average yield was 43.9 t/ha, and the average maximum yield of bulb onion of 51.5 t/ha was observed in the variant with fertilization at a dose of $N_{140}P_{150}$. Bulb onion plants respond positively to the improvement of mineral nutrition, so the yield increased as the doses of mineral fertilizers used increased.

Key words: bulb onion; mineral nutrition; drip irrigation; fertigation; yield; water-soluble fertilizers.

Введение. Большое разнообразие различных полезных веществ, содержащихся в луковичах лука репчатого (витаминов, сахаров, различных минеральных солей, эфирных масел), его широкое применение в пищевой промышленности (салаты, пищевые добавки, в свежем виде, приправа), приспособленность к различным климатическим условиям (зимостойкость с одновременной жароустойчивостью) делает данную культуру одной из ведущих в мировой практике производства овощной продукции.

По данным Института питания Академии медицинских наук России, рекомендуемая среднегодовая норма потребления лука репчатого составляет 12 кг на душу населения, но производство в нашей стране составляет 9 кг на душу населения. Поэтому для увеличения валового производства лука репчатого необходимо усовершенствовать технологию его выращивания [1].

Продолжительные безморозный и теплый периоды в Ростовской области характеризуют ее как один из благоприятных районов для возделывания овощных культур. Лимитирующим фактором получения высоких урожаев является водообеспечение, что с учетом рыночных отношений, материальных и энергетических затрат заставляет сельхозпроизводителей применять различные способы орошения при выращивании продукции.

Одним из таких способов является капельное орошение, применяющееся в районах с разнообразным климатом. Источниками воды при капельном орошении могут быть колодцы, скважины, реки и крупные оросительные системы [2]. Из преимуществ данного способа орошения следует отметить: снижение поливных и оросительных норм в расчете на единицу продукции, уменьшение потерь влаги при испарении за счет снижения площади увлажняемой зоны, возможность проведения поливов независимо от погодных условий, возможность проведения сельскохозяйственных работ во время орошения, исключение водной эрозии на неровных участках, упрощение планировки орошаемого участка за счет применения поливных трубопроводов с компенсирующими давлением капельницами. К недостаткам капельного орошения относят: высокую стоимость комплектующих частей системы капельного орошения, необходимость утилизации большого количества отходов, засорение капельниц [3].

Высокие урожаи лука репчатого возможно получить только при достаточном внесении минеральных удобрений из-за его морфологических особенностей (слаборазвитой корневой системы). Внесение минеральных удобрений своевременно, в критические периоды роста и развития культуры положительным образом отражается и на продуктивности культуры, и на качестве продукции [4].

Цель исследований – изучение влияния минерального питания лука репчатого на урожайность культуры при выращивании его с применением капельного способа орошения.

Материалы и методы. Исследования проводили в условиях открытого грунта на полях Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала ФГБНУ

ФНЦО, расположенного в г. Новочеркасске Ростовской области. Почва опытного участка представлена обыкновенным карбонатным черноземом среднесиловым легкосуглинистым. Содержание гумуса в пахотном слое 4,2 %, обеспеченность почвы азотом 50–70 мг/кг, подвижным фосфором 30–45 мг/кг, обменным калием 300–400 мг/кг [5]. Реакция почвенного раствора слабощелочная. Климат зоны проведения исследований континентальный, умеренно жаркий, сумма активных температур 3210–3400 °С.

В опыте изучалась продуктивность лука репчатого районированного сорта Халцедон, выращиваемого в открытом грунте по различным предшественникам овощной группы. Подготовка почвы включала в себя лущение на глубину 8–10 см с заделкой растительных остатков и глубокую вспашку на глубину 30 см осенью, а весной боронование с лущением на глубину 10 см и прикатывание. 2/3 минеральных удобрений вносились под осеннюю вспашку (аммофос), а остальная часть – в виде подкормок водорастворимыми удобрениями марки «Акварин» Буйского химического комбината [6]. В контрольном варианте опыта удобрения не применялись. За время проведения опыта поддерживался уровень предполивной влажности почвы 80 %, а в период созревания луковиц менее 60 %.

Опыт проводился в трехкратной повторности. Высев семян осуществлялся по схеме 60 × 30 × 30 с расстоянием между семенами в ряду 3–4 см на глубину 1,5–2,0 см сеялкой точного посева «Клен». Густота стояния растений лука перед уборкой составляла 1,1 млн шт./га. Сбор урожая осуществлялся двухфазным способом с использованием лукового копателя ЛКГ-1,4 и предварительной обрезкой листьев. Для математической обработки полученных результатов использовались общепринятые методики с применением персонального компьютера [7].

Результаты и обсуждения. Изменения температуры и количество выпавших осадков в период вегетации растений лука репчатого за годы исследований не оказали существенного влияния на режим орошения. Для поддержания заданной в опыте предполивной влажности почвы за годы исследований было проведено по восемь вегетационных поливов нормой 350–500 м³/га каждый. Оросительная норма за годы проведения исследований колебалась в пределах 3100–3200 м³/га.

При формировании режима минерального питания лука репчатого необходимо учитывать его биологические особенности и потребность в элементах в различные фазы роста и развития культуры. Подкормка лука репчатого совмещалась с поливом при фертигации.

Первый фертигационный полив осуществлялся с использованием водорастворимых удобрений «Акварин 13» (N₁₃P₄₁K₁₃ + МЭ) в фазе 2–4 настоящих листьев с добавлением аммиачной селитры. Удобрение данного вида использовалось в качестве подкормки с интервалами 5–7 дней до фазы формирования луковицы. В фазе формирования луковицы и до проведения последнего вегетационного полива, совмещенного с фертигацией, применялись водорастворимые удобрения «Акварин 16» (N₆P₁₂K₃₆ + Mg₂ + S₄ + МЭ).

Повышение урожайности лука репчатого происходило по мере увеличения нормы внесения удобрений (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность лука репчатого в зависимости от количества удобрений в различные годы исследований

В т/га

Вариант опыта	Урожайность		
	2018 г.	2019 г.	средняя
N ₁₀₀ P ₉₀	33,8	31,0	32,4
N ₁₂₀ P ₁₂₀	46,2	41,6	43,9
N ₁₄₀ P ₁₅₀	53,0	49,9	51,5
Без удобрений (контроль)	27,5	22,6	25,5
НСР	1,54		

В 2018 г. урожайность лука репчатого в контрольном варианте составляла 27,5 т/га, а при внесении удобрений дозой $N_{100}P_{90}$ была получена урожайность 33,8 т/га, что на 6,3 т/га больше по сравнению с контрольным вариантом. Увеличение дозы вносимых минеральных удобрений до $N_{120}P_{120}$ повышало урожайность лука репчатого по сравнению с контрольным вариантом на 18,7 т/га. Максимальная урожайность лука репчатого сорта Халцедон 53,0 т/га была отмечена в варианте с внесением удобрений $N_{140}P_{150}$, это на 25,5 т/га больше контроля.

Закономерное увеличение урожайности при росте дозы вносимых удобрений отмечено и в 2019 г. Так, урожайность при внесении удобрений дозой $N_{100}P_{90}$ составляла 31,0 т/га и превышала урожайность в контрольном варианте на 8,4 т/га. Превышение урожайности при внесении удобрений дозой $N_{120}P_{120}$ над урожайностью контрольного варианта равнялось 19 т/га, а при внесении удобрений дозой $N_{140}P_{150}$ – 27,3 т/га.

Выводы. Средняя урожайность в варианте без внесения удобрений составляла около 25 т/га, при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{100}P_{90}$ средняя урожайность – 32,4 т/га, при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{120}$ средняя урожайность – 43,9 т/га, а средняя максимальная урожайность лука репчатого 51,5 т/га была отмечена в варианте с внесением удобрений в дозе $N_{140}P_{150}$. Растения лука репчатого положительно реагируют на улучшение минерального питания, так, урожайность возрастала по мере увеличения доз применяемых минеральных удобрений.

Список использованных источников

1 Бабичева, Е. А. Режим орошения лука репчатого в условиях Ростовской области / Е. А. Бабичева, А. Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2012. – № 2(06). – С. 29–37. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=100&id=103>.

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

3 Воеводина, Л. А. Тенденции развития и перспективы применения капельного орошения / Л. А. Воеводина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2012. – № 3(07). – С. 90–102. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=113&id=119>.

4 Бабичев, А. Н. Особенности возделывания лука репчатого на орошаемых землях Ростовской области / А. Н. Бабичев, Е. А. Бабичева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2011. – № 65(01). – 11 с. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/01/pdf/02.pdf>.

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

6 Монастырский, В. А. Алгоритм расчета доз внесения удобрений в прецизионном земледелии / В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев, В. Иг. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1(33). – С. 26–38. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=587>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-26-38.

7 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

УДК 635.152:631.8

Д. П. Сидаренко

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

А. А. Рубцов

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

Д. В. Сухарев

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКОГО УДОБРИТЕЛЬНО-СТИМУЛИРУЮЩЕГО СОСТАВА «КОМПЛЕКСНЫЙ» НА РЕДИСЕ

Целью исследований являлось изучение влияния хелатного микроудобрения ЖУСС (жидкого удобрительно-стимулирующего состава) «Комплексный» на продуктивность сортов редиса различного срока созревания при его возделывании в открытом грунте на орошении в Ростовской области. Исследования проводились на опытном поле Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала Федерального научного центра овощеводства. Установлено, что максимальная урожайность редиса среди сортов раннего срока созревания получена у сорта Дамские пальчики (15,4 т/га), среди среднеспелого срока созревания у сорта Белокрайка (20,2 т/га), среди позднеспелого срока созревания у сорта Вулкан (21,7 т/га). Средний размер корнеплодов (весового редиса) по наибольшему поперечному диаметру в вариантах без удобрения изменялся от 17 до 19 мм среди ранних сортов, от 20 до 22 мм на среднеспелых сортах, от 27 до 43 мм на позднеспелых сортах. При применении удобрения средний размер корнеплода увеличился и составил у ранних сортов 20–22 мм, у среднеспелых сортов – 22–24 мм, у позднеспелых – 31–50 мм.

Ключевые слова: редис; урожайность; прибавка урожая; хелатное микроудобрение; корнеплод.

D. P. Sidarenko

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

A. A. Rubtsov

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

D. V. Sukharev

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

APPLICATION OF LIQUID FERTILIZING-STIMULATING FORMULATION “COMPLEX” ON RADISH

The aim of the research was to study the effect of chelated micronutrient fertilizer ZhUSS (liquid fertilizer-stimulating composition) “Complex” on the productivity of radish varieties of different ripening periods when cultivated in open ground on irrigation in Rostov region. The research was carried out on the experimental field of the Biryuchekutskaya vegetable selection experimental station – a branch of the Federal Scientific Center for Vegetable Growing. It was found that the maximum radish yield among the early ripening varieties was

obtained in the Damskie Palchiki variety (15.4 t/ha), among the mid-ripening period in the Belokrayka variety (20.2 t/ha), among the late ripening is the Vulkan variety (21.7 t/ha). The average size of root crops (weight radish) in terms of the largest transverse diameter in variants without fertilization varied from 17 to 19 mm among early varieties, from 20 to 22 mm for mid-ripening varieties, from 27 to 43 mm for late-ripening varieties. When the fertilizer was applied, the average size of the root crop increased and was 20–22 mm in early varieties, 22–24 mm in mid-ripening varieties, and 31–50 mm in late-ripening varieties.

Key words: radish; yield; yield increase; chelated micronutrient fertilization; root vegetable.

Введение. Редис относится к однолетней скороспелой разновидности европейской редьки. Их объединяет одно семейство – капустные. Основное различие – очень высокая скороспелость редиса по сравнению с редькой. В редисе содержится большое количество витамина С, а также большое количество различных аминокислот, сахара (до 4 %), крахмала, каротина. Содержание сухого вещества в корнеплодах варьирует от 4,5 до 9,0 %. В растениях редиса много горчичных масел, обладающих высокими бактерицидными свойствами, придающих корнеплодам и листьям специфический вкус [1].

Различия в чувствительности отдельных сортов к концентрации элементов питания в почве, называемые сортовой или генотипической спецификой минерального питания растений, обуславливают неодинаковое потребление и использование питательных веществ сельскохозяйственными культурами, что отражается в величине и химическом составе формируемого культурами урожая. От этого зависит вынос элементов питания урожаем и качество получаемой продукции, следовательно, имеет место сортовая специфика в системе применения удобрений [2, 3].

Получение высокоурожайной, качественной и безопасной овощной продукции невозможно без использования минеральных удобрений, регуляторов роста и биологических препаратов [4–8].

Для нормальной жизнедеятельности растений необходимы основные питательные вещества – азот, фосфор, калий, кальций и магний, но агрохимическая и физиологическая роль микроэлементов ничуть не меньше. При недостатке микроэлементов создается состояние физиологической депрессии и общей восприимчивости к заболеваниям.

Хелаты (или хелатные соединения) – это комплексные клещевидные (отсюда и название от латинского слова *chela* – «клешня») соединения, комплексы ионов металлов (Zn, Mn, Cu, Fe, Ca, Mg) с органическими кислотами. Хелатные соединения упрощают процесс усвоения растениями микроэлемента, потому что хелаты по своему устройству и свойствам близки к соединениям живых организмов. Хелатные микроудобрения – прогрессивный вид удобрительных составов – представляют собой комплекс органических веществ и ионов металлов в легкоусвояемой форме. Например, растворенные неорганические соли (меди, молибдена, бора, цинка, железа, кобальта и др.) усваиваются растениями на 25–30 %, в то же время хелаты этих элементов усваиваются на 95–98 %.

Жидкие удобрительно-стимулирующие составы (ЖУСС) предназначены для инкрустации семян и некорневых подкормок сельскохозяйственных культур, являются экологически безопасными легкоусвояемыми источниками дефицитных микроэлементов бора, меди, молибдена, цинка, железа, кобальта в хелатной форме и позволяют оптимизировать питание.

Одним из таких удобрений является ЖУСС «Комплексный» – универсальный продукт, в котором макро- и микроэлементы содержатся в хелатной форме. В его состав входят (не менее): N – 60 г/л; P₂O₅ – 60 г/л; K₂O – 90 г/л; SO₃ – 30 г/л; B – 5 г/л; Zn – 6 г/л; Cu – 16 г/л; Mn – 7 г/л; Mo – 0,15 г/л; Ni – 0,1 г/л; Co – 0,03 г/л.

Цель исследований заключалась в изучении влияния хелатного микроудобрения ЖУСС «Комплексный» на продуктивность сортов редиса различного срока созревания при его возделывании в открытом грунте на орошении в Ростовской области.

Материалы и методы. Опыт проводился на опытном поле ФГБНУ «Бирючекутская ОСОС» – филиала ФГБНУ ФНЦО в 2019–2020 гг. Объектом исследования являлись сорта редиса разного срока созревания: ранние (срок созревания 20–25 дней) – Дамские пальчики, Краса, Спринтер; среднеспелые (срок созревания 25–30 дней) – Мазурка, Белокрайка, Полинка; позднеспелые (срок созревания 31–50 дней) – Удача, Красный великан, Вулкан. В опыте изучалась продуктивность вышеуказанных сортов редиса без удобрений и эти же самые сорта на фоне применения хелатного микроудобрения ЖУСС «Комплексный» в виде листовой подкормки в фазе 2–3 настоящих листьев, расход рабочей жидкости 250 л/га. Площадь опытной делянки 5 м², повторность опыта 3-кратная. Расположение делянок рендомизированное. Предшественником редиса был картофель. Учет урожайности редиса осуществлялся прямым методом (взвешиванием на поле). Уборка урожая редиса проводилась поделочно в фазе технологической спелости корнеплодов сплошным методом.

По морфологическому строению почв почвенный покров опытного участка представлен черноземом обыкновенным среднесиловым низкогумусным на лессовидном суглинке. В пахотном слое почва не уплотнена, плотность сложения в слое 0,6 м составляет 1,30 т/м³, в слое 0,4 м – 1,27 т/м³, скважность – 51,3 %. Максимальная гигроскопичность в слое 0,6 м составляет 11,02 %, в слое 0,4 м – 11,35 %. Механический состав почвы тяжелосуглинистый. Почвенный покров имеет высокую водоудерживающую способность: НВ в слое 0,6 м – 28,7 %, в слое 0,4 м – 29,2 % от веса сухой почвы.

Климат района проведения исследований характеризуется как очень засушливый. Сумма температур за период вегетации сельскохозяйственных культур колеблется в пределах 3200–3400 °С. Продолжительность безморозного периода составляет 165–175 дней. Среднемесячная температура июня составляет 22 °С. Зима характеризуется как умеренно холодная, температура зимой может колебаться от минус 6 до минус 30 °С. Количество осадков теплого периода составляет до 250 мм [9].

По годам проведения исследований осадков за период апрель – июль выпадало ниже среднееголетнего нормы (183,9 и 179,5 мм соответственно за 2019 и 2020 гг.). Среднесуточная температура за эти месяцы была выше многолетних значений – 19,5 °С в 2019 г. и 18,3 °С в 2020 г.

Все корнеплодные растения семейства капустных очень чувствительны к воздушной засухе. При относительной влажности воздуха ниже 60 % рост корнеплодов замедляется и усиливается образование древесных элементов, что придает корнеплодам грубый вкус [10].

Влажность воздуха за период апрель – июль 2019 г. составила 57,3 %, в 2020 г. – 54,3 % при среднееголетнем значении 61,3 %. То есть оба года по погодным условиям для возделывания редиса можно оценить как удовлетворительные.

Результаты и обсуждения. Среди сортов раннего срока созревания на неудобренном фоне урожайность варьировала от 11,4 до 14,4 т/га. Применение внекорневой обработки обеспечило прибавку урожая от 0,8 до 1,0 т/га, наиболее урожайным оказался сорт Дамские пальчики (15,4 т/га). У среднеспелых сортов редиса прибавка от удобрений варьировала от 1,3 до 1,6 т/га, наибольшая урожайность была достигнута на сорте Белокрайка (20,2 т/га). Наиболее продуктивными оказались сорта позднеспелой группы созревания как при применении удобрений, так и без удобрений. Урожайность на неудобренном фоне по сортам изменялась от 19,2 до 19,7 т/га. В вариантах с применением ЖУСС «Комплексный» прибавка урожая составила 1,8–2,0 т/га (таблица 1).

Максимальная урожайность была получена на сорте Вулкан, она составила 21,7 т/га, на этом же сорте была получена и максимальная прибавка урожая от применения удобрений 2,0 т/га.

В соответствии с ГОСТ 34216-2017 [11] средний размер корнеплодов по наибольшему диаметру для пучкового редиса I сорта должен составлять 20 мм, для II сорта – 15 мм, для редиса весового – 15 мм.

Таблица 1 – Урожайность сортов редиса и средний размер корнеплодов (2019–2020 гг.)

Сорт	Урожайность, т/га		Средний размер корнеплодов по наибольшему поперечному диаметру, мм	
	Без удобрений	ЖУСС «Комплексный»	Без удобрений	ЖУСС «Комплексный»
Ранние сорта				
Дамские пальчики	14,4	15,4	19	22
Краса	13,8	14,8	17	20
Спринтер	11,4	12,2	18	20
Среднеспелые сорта				
Мазурка	15,6	16,9	22	24
Белокрайка	18,6	20,2	21	24
Полинка	16,2	17,6	20	22
Позднеспелые сорта				
Удача	19,2	21,1	27	31
Красный великан	19,3	21,1	43	50
Вулкан	19,7	21,7	32	35

В наших исследованиях средний размер корнеплодов (весового редиса) по наибольшему поперечному диаметру в вариантах без удобрения изменялся от 17 до 19 мм среди ранних сортов, от 20 до 22 мм на среднеспелых сортах, от 27 до 43 мм на позднеспелых сортах. При применении удобрения средний размер корнеплода увеличился и составил у ранних сортов 20–22 мм, у среднеспелых сортов – 22–24 мм, у позднеспелых – 31–50 мм. Максимальный размер корнеплодов был получен на сорте Красный великан – 43 и 50 мм соответственно на неудобренном фоне и с применением удобрения.

Выводы. Проведенные исследования показали, что применение жидкого удобрительно-стимулирующего состава «Комплексный» не только обеспечивает увеличение урожайности редиса разного срока созревания, но и способствует повышению качества получаемых корнеплодов.

С целью увеличения продуктивности данной сельскохозяйственной культуры можно рекомендовать результаты исследования для внедрения в производство как мелким, так и крупным сельхозтоваропроизводителям, занимающимся возделыванием овощной продукции.

Список использованных источников

- 1 Циунель, А. М. Культура редиса в открытом грунте / А. М. Циунель // Вестник овощевода. – 2009. – № 1. – С. 26–28.
- 2 Климашевский, Э. Л. Генетический аспект минерального питания растений / Э. Л. Климашевский. – М.: Агропромиздат, 1991. – 415 с.
- 3 Корольков, Д. А. Минеральные удобрения при интенсивных технологиях / Д. А. Корольков. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 192 с.
- 4 Пронько, В. В. Применение удобрений и плодородие почв в степном Поволжье / В. В. Пронько, М. П. Чуб, Н. В. Михайлин // Агрохимический вестник. – 2006. – № 6. – С. 18–20.
- 5 Кизяев, Б. М. Совершенствование агротехники возделывания моркови столовой в условиях Волгоградской области / Б. М. Кизяев, В. В. Бородычев, А. А. Мартынова // Овощи России. – 2020. – № 3. – С. 51–56.
- 6 Васильев, Д. Г. Оценка пригодности дренажно-сбросных вод для орошения с

учетом почвенно-мелиоративных условий / Д. Г. Васильев, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Бюллетень науки и практики. – 2018. – Т. 4, № 3. – С. 63–68.

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

8 Бабичев, А. Н. Дифференцированное внесение минеральных удобрений при использовании точного земледелия на фоне орошения / А. Н. Бабичев, Д. П. Сидаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 2(78). – С. 23–29.

9 Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области / Ю. П. Хрусталева [и др.]; науч. ред.: М. Ч. Залиханов; М-во образования РФ [и др.]. – Ростов н/Д.: Бат. кн. изд-во, 2002. – 183 с.

10 Овощеводство / Г. И. Тараканов [и др.]; под ред. Г. И. Тараканова, В. Д. Мухина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2003. – 472 с.

11 ГОСТ 34216-2017. Редис свежий. Технические условия. – Введ. 2018-07-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 11 с.

УДК 631.82:338.314

В. А. Монастырский, А. Н. Бабичев

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

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ОРОШЕНИИ ПРИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Целью исследований являлось определение экономической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур при внесении дифференцированных доз минеральных удобрений. Исследования проводились в соответствии с действующими нормативами, стандартами, методиками и с помощью сертифицированных приборов и оборудования в Центральной орошаемой зоне Ростовской области. Для определения системы питания сельскохозяйственных культур нами был разработан алгоритм расчета и внесения доз минерального питания под планируемую урожайность. На опытном участке содержание доступных форм азота составляло 30 мг/кг, подвижного фосфора – 35 мг/кг, обменного калия – 374 мг/кг. Расчетная доза для получения планируемой урожайности корнеплодов картофеля 50 т/га составила $N_{190}P_{220}K_{130}$ и планируемой урожайности зерна кукурузы 10 т/га – $N_{200}P_{180}K_{30}$. При дифференциации доз минеральных удобрений наибольшая рентабельность выращивания картофеля летней посадки составила 178,9 % в контрольном варианте с урожайностью 50,4 т/га. Также в контрольном варианте при выращивании кукурузы на зерно рентабельность составила 147,7 %. В итоге можно сказать, что удобрения являются одним из основных элементов повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Однако при учете стоимостных показателей внесения расчетных доз удобрений не всегда следует выбирать варианты с наибольшими показателями урожайности.

Ключевые слова: урожайность; картофель; кукуруза; дифференцированные дозы минеральных удобрений; рентабельность.

V. A. Monastyrsky, A. N. Babichev

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

ECONOMICAL EFFICIENCY OF AGRICULTURAL CROPS CULTIVATION BY IRRIGATION WITH DIFFERENTIATED MINERAL FERTILIZERS APPLICATION

The aim of the research was to determine the economic efficiency of the cultivation of agricultural crops with the introduction of differentiated doses of mineral fertilizers. The studies were carried out in accordance with the current regulations, standards, methods and with the help of accredited tools and equipment in the Central Irrigated Zone of Rostov Region. To determine the nutrition system of agricultural crops, the algorithm for calculating and applying mineral nutrition rates for the planned yield was developed. At the experimental site, the content of available forms of nitrogen was 30 mg/kg, mobile phosphorus – 35 mg/kg, exchangeable potassium – 374 mg/kg. The estimated dose for obtaining the planned yield of potato root crops of 50 t/ha was $N_{190}P_{220}K_{130}$ and the planned yield of corn grain of 10 t/ha – $N_{200}P_{180}K_{30}$. By differentiating the mineral fertilizers doses, the highest profitability of growing potatoes summer planting was 178.9 % in the control variant with a yield of 50.4 t/ha. Also in the control variant, when growing corn for grain, the profitability was 147.7 %. As a result, it sums up fertilizers are one of the main elements of increasing crop yields. However, when taking into account the cost indicators of applying the calculated doses of fertilizers, it is not always necessary to choose the options with the highest yield indicators.

Key words: productivity; potatoes; corn; differentiated rates of mineral fertilizers; profitability.

Введение. На сегодняшний день основной проблемой сельхозтоваропроизводителей в Южном федеральном округе (ЮФО) в целом и Ростовской области в частности является недостаток запасов водных ресурсов ввиду продолжительного отсутствия и неравномерного выпадения осадков. Анализ архивов погодных условий позволил получить данные о выпавших осадках за вегетационный период сельскохозяйственных культур. Результатом оказалось то, что в течение июня, июля, августа и сентября 2020 г. сумма осадков составила не более 100 мм для каждого сельскохозяйственного региона, входящего в ЮФО. Критического показателя достиг уровень Цимлянского водохранилища. В условиях резкой нехватки водных ресурсов даже для нужд водообеспечения населенных пунктов остро встает вопрос возможности водных мелиораций, сохранения валового сбора сельскохозяйственных культур, а также сохранения качества получаемой продукции. Дефицит водных ресурсов накладывает отпечаток на все элементы технологии возделывания сельскохозяйственных культур, и в первую очередь на систему минерального питания. Поэтому целью исследований являлось определение экономической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур при внесении дифференцированных доз минеральных удобрений.

Материалы и методы. Исследования проводились в соответствии с действующими нормативами, стандартами, методиками и с помощью сертифицированных приборов и оборудования в Центральной орошаемой зоне Ростовской области. Программа исследований предусматривала проведение двух полевых опытов в трехкратной повторности каждый с размещением опытных делянок систематическим методом. За контроль принят вариант (d) с расчетной дозой минеральных удобрений на планируемую урожайность. В опытах использовалась технология прецизионного земледелия. Режим орошения поддерживался на уровне 80 % НВ в слое 0,6 м [1, 2]. Математическая обработка результатов проводилась на современном программном обеспечении.

Результаты и обсуждение. С целью расчета дифференцированных доз внесения удобрений нами был разработан алгоритм для расчета дифференцированных доз минеральных удобрений (рисунок 1).

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: T_B – срок вспашки; $T_{НРК}$ – срок внесения удобрений; $P_{опт}$ – оптимальное содержание P_2O_5 в почве, мг/кг; B – вынос

P_2O_5 урожаем первой культуры, кг/га; K_2 – содержание остаточного фосфора удобрений, мг/кг; K_1 – увеличение содержания P_2O_5 в почве осенью, мг/кг; P_{II} – содержание P_2O_5 в почве (до внесения P_2O_5 под первую культуру), мг/га; $P_{ИСХ}$ – исходное содержание P_2O_5 в почве, мг/кг; $ВД_{P_2O_5}$ – доза P_2O_5 , внесенная под первую культуру, кг/га; $Д_{P_2O_5}$ – доза P_2O_5 , внесенная под вторую культуру, кг/га; $N_{ОПТ}$ – оптимальное содержание нитратного азота в слое 0–100 см весной, кг/га; $N_{ИСХ}$ – содержание нитратного азота осенью, после уборки предшественника, кг/га; K – увеличение запасов нитратного азота в слое 0–100 см от 100 кг/га азота удобрений, вносимых дробно, кг/га; $Д_N$ – доза внесения нитратного азота, кг/га; $K_{ОПТ}$ – оптимальное содержание обменного калия в почве, кг/га; $K_{ИСХ}$ – исходное содержание обменного калия в почве, кг/га; $Д_K$ – доза внесения обменного калия, кг/га.

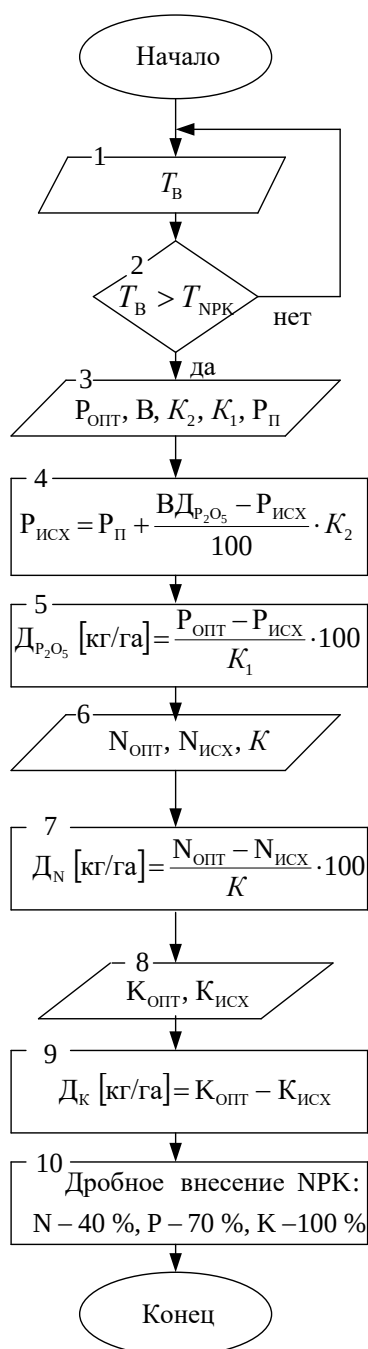


Рисунок 1 – Алгоритм для расчета дифференцированных доз минеральных удобрений [3, 4]

Благодаря разработанному алгоритму и оформленной на его основе программе для ПК (персонального компьютера) нами был произведен расчет дифференцированных доз минеральных удобрений для картофеля летней посадки и кукурузы на зерно. Планируемая урожайность для этих культур в контрольном варианте составляла 50 т/га для картофеля летней посадки и 10 т/га – для кукурузы на зерно. Дифференциация доз минеральных удобрений представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Дифференцированные дозы минеральных удобрений

В кг д. в./га

Вариант опыта	Доза минеральных удобрений		
	N	P	K
Картофель летней посадки			
+20 %	230	260	150
+10 %	210	240	140
–10 %	170	200	110
–20 %	150	170	100
Контроль (d)	190	220	125
Кукуруза на зерно			
+20 %	235	210	40
+10 %	215	195	35
–10 %	180	160	30
–20 %	160	140	25
Контроль (d)	200	180	30

Анализ почвы на опытном участке с картофелем показал, что содержание в слое почвы 0,6 м нитратного азота – 30 мг/кг, подвижного фосфора – 35 мг/кг, обменного калия – 374 мг/кг; на участке, где выращивалась кукуруза, нитратного азота – 35 мг/кг, подвижного фосфора – 35 мг/кг, обменного калия – 416 мг/кг. При этом расчетная доза минеральных удобрений (d) для получения 50 т/га корнеплодов картофеля составила $N_{190}P_{220}K_{130}$. Для получения планируемой урожайности зерна кукурузы (10 т/га) вносили $N_{200}P_{180}K_{30}$. В зависимости от вариантов опыта рассчитанные дозы были внесены с учетом градации (10 %). Остальные агротехнические мероприятия по возделыванию сельскохозяйственных культур отвечали методикам, указанным в зональных системах земледелия.

В таблице 2 представлены показатели фактически полученной урожайности картофеля летней посадки и кукурузы на зерно в зависимости от дифференциации доз минерального питания. В контрольном варианте для картофеля летней посадки урожайность составила 50,4 т/га при запланированной 50 т/га. Урожайность кукурузы на зерно в контрольном варианте составила 10,1 т/га. В зависимости от дифференциации доз минеральных удобрений динамика урожая по обеим рассматриваемым культурам показала увеличение урожайности в сравнении с контрольным вариантом по вариантам с увеличением доз удобрений. И соответственное уменьшение урожайности на фоне снижения вносимых доз элементов минерального питания.

Таблица 2 – Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от дифференциации доз минерального питания, 2020 г.

Вариант опыта	Картофель			Кукуруза		
	Урожайность, т/га	Прибавка урожая		Урожайность, т/га	Прибавка урожая	
		т/га	%		т/га	%
1	2	3	4	5	6	7
+20 %	54,2	3,8	7	10,9	0,8	7
+10 %	52,1	1,7	3	10,4	0,3	3

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
–10 %	46,3	–4,1	9	9,3	–0,8	9
–20 %	42,4	–8,0	19	8,6	–1,5	17
Контроль (d)	50,4	–	–	10,1	–	–
НСР ₀₅ , т/га	1,4					
НСР ₀₅ , %	2,5					

Полученные результаты позволили произвести расчет экономической эффективности возделывания картофеля летней посадки и кукурузы на зерно. Данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Экономическая эффективность возделывания картофеля летней посадки и кукурузы на зерно, 2020 г.

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка урожая, т/га	Выручка от реализации, тыс. руб./га	Общие затраты, тыс. руб./га	Чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %
Картофель летней посадки						
+20 %	54,2	3,8	542,0	222,7	319,3	143,4
+10 %	52,1	1,7	521,0	201,7	319,3	158,3
–10 %	46,3	–4,1	463,0	178,6	284,4	159,2
–20 %	42,4	–8,0	424,0	176,5	247,5	140,2
Контроль (d)	50,4	–	504,0	180,7	323,3	178,9
Кукуруза на зерно						
+20 %	10,8	0,8	196,2	82,8	113,4	137,0
+10 %	10,4	0,3	187,2	77,5	109,7	141,5
–10 %	9,3	–0,8	167,4	72,3	95,1	131,5
–20 %	8,6	–1,5	154,8	70,3	84,5	120,2
Контроль (d)	10,1	–	181,8	73,4	108,4	147,7

При расчете экономической эффективности основными элементами расчета являются урожайность сельскохозяйственных культур, выручка от реализации и общие затраты на получение сельскохозяйственной продукции. Результатами расчета являются чистый доход и рентабельность производства продукции. В нашем случае при дифференциации доз минеральных удобрений наибольшая рентабельность выращивания картофеля летней посадки составила 178,9 %. Данные получены в контрольном варианте с урожайностью 50,4 т/га. Также в контрольном варианте при выращивании кукурузы на зерно эффективность составила 147,7 %. Любое изменение доз минеральных удобрений приводит к уменьшению рентабельности. Рентабельность рассчитана с учетом ценообразования на сентябрь 2020 г.

Вывод. В итоге можно сказать, что в различных условиях ведения сельскохозяйственного производства удобрения являются одним из основных элементов повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Однако при учете стоимостных показателей внесения расчетных доз удобрений не всегда следует выбирать варианты с наибольшими показателями урожайности.

Список использованных источников

- 1 Каюмов, М. К. Справочник по программированию урожаев / М. К. Каюмов. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 250 с.
- 2 Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. В 3 ч. Ч. 3 / С. С. Авдеев, А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, Л. А. Воеводина, А. В. Гринько, Л. М. Докучаева, Н. А. Иванова, И. Н. Ильинская, Н. П. Кривко, Ю. Г. Кузнецов,

В. А. Кулыгин, А. В. Лабынцев, В. В. Огнев, С. В. Пасько, С. А. Селицкий, Г. А. Сенчуков, О. А. Целуйко, В. В. Чулков; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. – Ростов н/Д., 2013. – 375 с.

3 Щедрин, В. Н. Опыт использования сидеральных культур для улучшения агрохимических свойств чернозема обыкновенного / В. Н. Щедрин, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2016. – № 1(41). – С. 14–21.

4 Бабичев, А. Н. Накопление питательных веществ в почве при возделывании картофеля летней посадки после сидеральных культур / А. Н. Бабичев, Г. Т. Балакай, В. А. Монастырский // Плодородие. – 2015. – № 5. – С. 37–39.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 626.823.004:532.5

Е. А. Козарезова

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

ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ КАНАЛОВ

Целью данной статьи является обзор исследований гидравлической эффективности оросительных каналов. Рассматриваются основные критерии эксплуатационной надежности оросительных каналов: по допускаемым скоростям, пропускной способности русла, коэффициенту полезного действия канала, показателю технического состояния, вероятности безотказной работы, а также факторы, влияющие на гидравлическую эффективность: русловые деформации, заиление каналов и зарастание водной растительностью. В настоящее время вопрос повышения гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности каналов весьма актуален. Проблемы гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности еще не до конца решены из-за сложности некоторых процессов, приводящих русла каналов к деформациям, нарушениям и отказам. Недоучет указанных факторов может привести к потере гидравлической эффективности каналов, их эксплуатационной надежности при длительной эксплуатации и к снижению водоподачи. Проведенный анализ состояния исследований, посвященных оценке гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности каналов, позволил выявить основные эксплуатационные факторы, влияющие на их работоспособность.

Ключевые слова: оросительный канал; эксплуатация; гидравлическая эффективность; эксплуатационная надежность; коэффициент полезного действия.

E. A. Kozarezova

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

RESEARCH REVIEW ON CANAL HYDRAULIC EFFICIENCY AND OPERATIONAL RELIABILITY

The purpose of this article is to review studies on hydraulic efficiency of irrigation canals. The main criteria for the operational reliability of irrigation canals are considered: by permissible speeds, conveying capability, canal efficiency, technical condition indicator, non-failure operating probability, as well as factors affecting hydraulic efficiency: canal deformations, canal siltation and overgrowth with aquatic vegetation. Currently, the issue of increasing the hydraulic efficiency and operational reliability of canals is very relevant. The problems of hydraulic efficiency and operational reliability have not yet been fully solved due to the complexity of some processes leading to canal beds deformations, disturbances and failures. Underestimation of these factors can lead to a loss of canal hydraulic efficiency, their operational reliability during long-term operation and water supply decrease. The given analysis of the state of research devoted to assessing the hydraulic efficiency and operational reliability of canals made it possible to identify the main operational factors influencing their performance.

Key words: irrigation canal; canal operation; hydraulic efficiency; operational reliability; efficiency.

Введение. Несмотря на то, что оросительные системы использовались уже давно, комплексное изучение гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности каналов оросительных систем проводилось только в последние 20 лет [1].

Так как значительная часть каналов эксплуатируется более 30 лет, то многие из них характеризуются ухудшением технического состояния и, как следствие, снижением гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности. Это обусловлено такими факторами, как русловые деформации, зарастание водной растительностью, повреждения облицовок каналов [2].

Материалы и методы. В работе использованы материалы исследований Ю. М. Косиченко, М. Ю. Косиченко, Ю. И. Иовчу и др. [1, 3].

Результаты и обсуждение. Эксплуатационная надежность оросительных каналов будет обеспечиваться в соответствии с критериями, представленными в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Основные критерии эксплуатационной надежности оросительных каналов

Критерий	Нормативное значение
По допускаемым скоростям	$\varphi(v) = v - v_{\text{нез}} > 0; \varphi(v) = v - v_{\text{нер}} < 0$
По пропускной способности русла	$\varphi(Q) = Q_{\text{пр}} - Q; \alpha \cdot Q_{\text{пр}} \geq \varphi(Q) \geq 0$
По коэффициенту полезного действия канала	$\varphi(\eta) = \eta_{\text{тр}} - \eta; \beta_0 \cdot \eta_{\text{тр}} > \varphi(\eta) \geq 0$
По показателю технического состояния	$\varphi(P_3) = P_{3,\text{тр}} - P; \sigma_0 \cdot P_{3,\text{тр}} \geq \varphi(P_3) \geq 0$
По вероятности безотказной работы	$\varphi(P) = P_{\text{тр}} - P; \mu_0 P_{\text{тр}} \geq \varphi(P) \geq 0$

В таблице 1 $v, v_{\text{нез}}, v_{\text{нер}}$ – соответственно средняя и допустимые незаилающая и неразмывающая скорости течения, м/с; $Q, Q_{\text{пр}}$ – соответственно фактическая и проектная (расчетная) пропускная способность, м³/с; $\eta, \eta_{\text{тр}}$ – фактический и требуемый (нормативный) КПД канала; $P_3, P_{3,\text{тр}}$ – соответственно фактический и требуемый показатели технического состояния канала; $P, P_{\text{тр}}$ – соответственно фактическая и требуемая вероятность безотказной работы; $\alpha_0, \beta_0, \sigma_0, \mu_0$ – соответственно коэффициенты допустимого снижения нормативных показателей.

Исследования И. А. Долгушева [4] показывают, что снижение пропускной способности при зарастании происходит не столько за счет уменьшения поперечного сечения, сколько за счет гидравлического сопротивления, вызываемого растительностью. Таким образом, проведенные автором исследования показывают, что живое сечение в русле канала не зарастает у каналов с высокой транспортирующей способностью и постоянно работающих в период эксплуатации. Интенсивное развитие растительности и снижение пропускной способности совпадает с проведением поливов. Так, например, пропускная способность канала Подкумок-Юца при зарастании уменьшилась вдвое, а скорости в 1,75–2,00 раза.

В практике, которая сложилась на оросительных системах, отмечаются большие потери на фильтрацию, испарение и холостые сбросы (рисунок 1) [5].

Из этого следует необходимость проведения работ по реконструкции, устройству на каналах противофильтрационных облицовок, совершенствованию системы технического обслуживания.

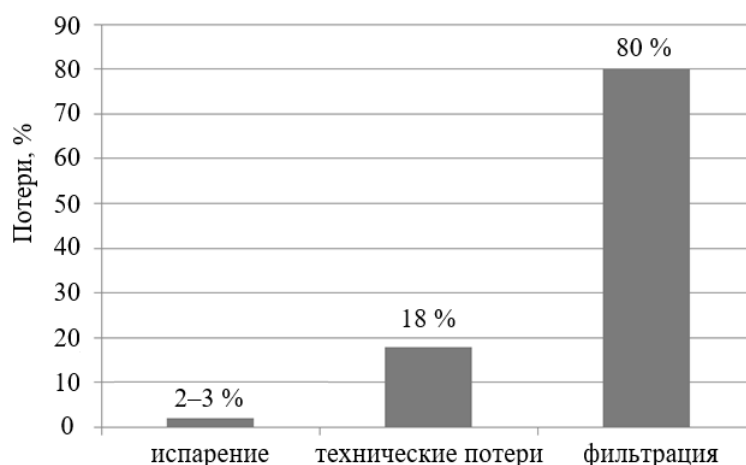


Рисунок 1 – Распределение потерь на каналах оросительных систем

Для расчета фильтрационных сопротивлений облицовок каналов Ю. М. Косиченко, Е. Г. Угроватова, О. А. Баев [6] предлагают использовать следующие формулы.

При $k / k'_{обл} < 100$ (где k – коэффициент фильтрации грунта, м/сут; $k'_{обл}$ – осредненный коэффициент фильтрации облицовки, м/сут) предлагается формула Ю. М. Косиченко, Е. Г. Угроватовой для безразмерного фильтрационного сопротивления облицовки:

$$f_{обл} = \frac{k(h_0 + \delta_0) \cdot \delta_0}{k'_{обл}(h_0 + \delta_0 - h_1) \cdot B_k},$$

где h_0 – глубина воды в канале, м;

δ_0 – толщина облицовки, м;

h_1 – глубины элементов полигонального сечения, м;

B_k – ширина канала по урезу воды, м.

Размерное фильтрационное сопротивление облицовки:

$$\Phi_{обл} = f \cdot B_k = \frac{k(h_0 + \delta_0) \cdot \delta_0}{k'_{обл}(h_0 + \delta_0 - h_1)},$$

где f – безразмерное фильтрационное сопротивление.

$$h_1 = \frac{k'_{обл}(h_0 + \delta_0) \cdot T}{k \cdot \delta_0 + k'_{обл} \cdot T}.$$

При $k / k'_{обл} > 100$:

- безразмерное фильтрационное сопротивление:

$$f_{обл} = \frac{k}{k'_{обл}} \cdot \frac{\delta_0}{B_k};$$

- размерное фильтрационное сопротивление:

$$\Phi_{обл} = \frac{k}{k'_{обл}} \cdot \delta_0.$$

В настоящее время в международной практике гидромелиоративного строительства широкое применение нашли новые противифльтрационные материалы – геосинтетические, которые применяются в качестве противифльтрационных элементов, дренажей, фильтров, устройств по типу «стена в грунте», армирующих и разделяющих конструкций, а также для защиты и крепления откосов грунтовых поверхностей [7].

Показателем водонепроницаемости противифльтрационных устройств (ПФУ) из полимерных геомембран является их коэффициент фильтрации. Коэффициент филь-

трации ПФУ из полимерных геомембран должен составлять порядка $10^{-8} \dots 10^{-10}$ см/с, что на два-четыре порядка ниже, чем для ПФУ из полимерных пленок [7–10]. Это объясняется тем, что геомембраны относятся к полимерным материалам нового поколения, которые имеют более высокие показатели как по прочности, так и по долговечности, водонепроницаемости, сопротивлению прокалыванию. Наряду с этим полимерные геомембраны существенно отличаются от полимерных пленок по толщине. Толщина полимерных геомембран составляет от 1,0 до 4,0 мм, тогда как пленки – от 0,2 до 0,4 мм. Поэтому в геомембранах возможны лишь незначительные повреждения в виде проколов (микроразрывов), которые можно отнести к малым отверстиям диаметром до 1–3 мм [7, 10].

Используя опыт проектирования, строительства и эксплуатации каналов в России и за рубежом, Ю. М. Косиченко, О. А. Баев [11] предложили следующие критерии эффективности и надежности противофильтрационных облицовок с использованием геосинтетических и геокомпозитных материалов:

- по водопроницаемости противофильтрационного элемента из геомембраны $k'_{\text{ГМ}} \leq k'_{\text{ГМ,доп.}}$;
- по водопроницаемости противофильтрационного элемента из бентонитовых матов $k'_{\text{БМ}} \leq k'_{\text{БМ,доп.}}$;
- по прочности при разрыве геомембраны $\sigma_{\text{ГМ}} \geq \sigma_{\text{ГМ,доп.}}$;
- по прочности при разрыве бентомата $\sigma_{\text{БМ}} \geq \sigma_{\text{БМ,доп.}}$;
- по долговечности (сроку службы) противофильтрационного элемента из геомембраны или бентомата $\tau_{\text{пфэ}} \geq \tau_{\text{пфэ,нор.}} = \tau_{\text{гтс,нор.}}$;
- по относительному удлинению геомембраны при разрыве $\varepsilon_{\text{ГМ}} \geq \varepsilon_{\text{ГМ,доп.}}$.

По данным наблюдений на Большом Ставропольском канале (БСК-1) [12], вследствие деформаций и интенсивной локальной фильтрации возникала угроза прорыва дамб, это привело к повышению уровня грунтовых вод, подтоплению и затоплению территорий населенных пунктов. Для того чтобы уменьшить аварийные ситуации, неоднократно проводились противофильтрационные мероприятия. Для этого на участках с гравийно-галечниковыми отложениями устраивались суглинистый экран толщиной 1,0 м и железобетонные облицовки толщиной 25 см. На головном участке БСК-1 наблюдался резкий подъем уровня грунтовых вод, образовались промоины (щели), наблюдались песчаные отмели. Все это свидетельствовало о том, что проведенные мероприятия оказались малоэффективны. Для того чтобы предупредить такие возможные аварийные ситуации, на первых 3 км проводилась предэксплуатационная замочка канала.

Формула Ю. М. Косиченко, К. Г. Гурина [13] по данным наблюдений на БСК-1 (1–27 км):

$$\lambda = \frac{3,08}{\text{Re}^{0,291}} (R^2 = 0,995),$$

где λ – коэффициент гидравлического трения;

Re – число Рейнольдса.

Кроме этих проблем значительный ущерб наносят подтопления прилегающих территорий [14].

Заключение. Анализ состояния оросительных систем на юге России показал, что современное техническое состояние большинства систем является недостаточно удовлетворительным и отвечает IV или III разряду систем по основным показателям. Такие оросительные системы требуют первоочередной реконструкции с заменой мелиоративной сети более совершенной, а также модернизации сооружений и оборудования. В недостаточном объеме проводятся ремонтно-эксплуатационные мероприятия по поддержанию систем и сооружений в работоспособном состоянии. Такое положение

ведет к снижению продуктивности мелиорированных земель в мелиоративном комплексе юга России.

Список использованных источников

- 1 Косиченко, Ю. М. Гидравлические и экологические аспекты эксплуатации каналов: учеб. пособие / Ю. М. Косиченко. – Новочеркасск: НГМА, 2000. – 175 с.
- 2 Иовчу, Ю. И. Методы и вероятностные модели оценки гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности оросительных каналов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.07, 05.23.16 / Иовчу Юлия Ивановна. – М., 2010. – 24 с.
- 3 Косиченко, Ю. М. Критерии эксплуатационной надежности оросительных каналов / Ю. М. Косиченко, М. Ю. Косиченко, Ю. И. Иовчу // Природообустройство. – 2019. – № 1. – С. 70–74.
- 4 Долгушев, И. А. Повышение эксплуатационной надежности оросительных каналов / И. А. Долгушев. – М.: Колос, 1975. – 136 с.
- 5 Косиченко, Ю. М. Теоретическая оценка водопроницаемости противофильтрационных облицовок нарушенной сплошности / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2014. – № 3. – С. 68–74.
- 6 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. – Т. 278. – С. 35–46.
- 7 Косиченко, Ю. М. Оценка водопроницаемости бетонопленочной облицовки с закольматированными швами при длительной эксплуатации каналов / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев, А. Ю. Гарбуз // Вестник МГСУ. – 2016. – № 7. – С. 114–133.
- 8 Ищенко, А. В. Гидравлическая модель водопроницаемости и эффективности противофильтрационных облицовок крупных каналов / А. В. Ищенко // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 2010. – Т. 258. – С. 51–64.
- 9 Косиченко, Ю. М. Математическое и физическое моделирование фильтрации через малые повреждения противофильтрационных устройств из полимерных геомембран / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 2014. – Т. 274. – С. 60–74.
- 10 Защитные покрытия оросительных каналов / В. С. Алтунин, В. А. Бородин, В. Г. Ганчиков, Ю. М. Косиченко. – М.: Агропромиздат, 1988. – 139 с.
- 11 Косиченко, Ю. М. Высоконадежные конструкции противофильтрационных покрытий каналов и водоемов, критерии их эффективности и надежности / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Гидротехническое строительство. – 2014. – № 8. – С. 18–25.
- 12 Косиченко, Ю. М. Каналы переброски стока России / Ю. М. Косиченко. – Новочеркасск: НГМА, 2004. – 470 с.
- 13 Косиченко, Ю. М. Рекомендации по расчету и эксплуатации крупных каналов с частично облицованными руслами / Ю. М. Косиченко, К. Г. Гурин. – Новочеркасск, 2001.
- 14 Разумов, В. В. Подтопление земель в Приволжском регионе России / В. В. Разумов, Э. Н. Молчанов, Н. В. Разумова // Науки о Земле. Наука, инновации, технологии. – 2017. – № 2. – С. 159–186.

НАУКА – ПРАКТИКЕ

УДК 631.81.095.338:633.311

Р. Н. Балкушкин, С. Ю. Турко

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

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ПОСЕВОВ
MEDICAGO SATIVA L. НА ИСКУССТВЕННО СОЗДАННЫХ МОДЕЛЯХ**

Целью исследования является изучение особенностей роста и определение потребности люцерны посевной в элементах питания на искусственных почвогрунтах. Исследование проводилось через рассмотрение таких проблем, как повышение плодородия почв и управление продуктивностью полевых культур на пахотных землях с разнообразными почвенными контурами в пределах одного поля. Люцерна – урожайная кормовая культура и хороший сидерат для повышения плодородия. Методы функциональной диагностики позволяют оценить не содержание того или иного элемента, а потребность растения в нем, что очень важно при управлении продуктивностью сельскохозяйственных культур и качеством растениеводческой продукции. Методика основывается на определении фотохимической активности хлоропластов. Объект исследования – люцерна посевная (синяя) (*Medicago sativa* L.) на вегетационных площадках ФНЦ агроэкологии РАН. На основе полученных данных составлен график потребности в основных элементах питания. Установлено, что *Medicago sativa* L. на первой вегетационной площадке испытывает потребность в шести элементах питания, на второй – в восьми. Недостаток калия (хлоридная и сульфатная форма), фосфора, азота, кобальта, железа и бора отмечен на обеих площадках, молибдена и меди – только на второй. Применение методов функциональной диагностики позволяет определить фактическую доступность питательных элементов для растений и быстро оценить их состояние, что важно при расчете доз вносимых удобрений.

Ключевые слова: функциональная диагностика; *Medicago sativa* L.; вегетационные площадки; элементы питания; фотохимическая активность хлоропластов.

R. N. Balkushkin, S. Yu. Turko

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

**FUNCTIONAL DIAGNOSTICS OF
MEDICAGO SATIVA L. SEEDING ON ARTIFICIAL MODELS**

The aim of research is to study the characteristics of growth and determine the alfalfa need in nutrients on artificial soils. The study was carried out through consideration of such problems as increasing soil fertility and managing the productivity of field crops on arable land with various soil contours within the same field. Alfalfa is a fruitful forage crop and a good green manure for increasing fertility. The methods of functional diagnostics make it possible to assess not the content of this or that element, but the plant's need for it, which is very important in managing the agricultural crops productivity and the quality of crop products. The method is based on the determination of the photochemical activity of chloroplasts. The object of the study is alfalfa (blue) (*Medicago sativa* L.) on the vegetation plots of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences. Based on the data obtained, a graph of the need for basic fertilizer elements was drawn up. It was found

that Medicago sativa L. on the first vegetation plot needs six nutrients, and on the second – eight ones. Lack of potassium (chloride and sulfate forms), phosphorus, nitrogen, cobalt, iron and boron was noted at both plots, molybdenum and copper – only at the second. The use of functional diagnostics methods makes it possible to determine the actual availability of nutrients for plants and quickly assess their condition, which is important when calculating the doses of fertilizers applied.

Key words: functional diagnostics; Medicago sativa L.; vegetation plots; batteries; photochemical activity of chloroplasts.

Введение. Химические изменения в растениях служат физиологической основой листовой диагностики, при помощи которой возможно определить критические уровни содержания питательных элементов и их оптимальное соотношение. Однако иногда в растениях, не испытывающих потребность в том или ином элементе питания, может наблюдаться повышенное его содержание, что в свою очередь может препятствовать поступлению в организм другого элемента. Этот факт, не позволяющий в полной мере оценить состояние растения, ограничивает возможность применения химических методов диагностики. В настоящее время широко используются методы функциональной диагностики, оценивающие не содержание того или иного элемента, а потребность растения в нем [1, 2].

Исследование процессов питания растений является одной из основ управления продуктивностью сельскохозяйственных культур и качеством растениеводческой продукции. Функциональные методы диагностики позволяют установить степень обеспеченности и фактическую доступность питательных элементов для растений, рационально использовать удобрения, быстро ориентироваться в оценке их состояния и определить особенности растений в отношении требований к почвенному питанию [3–5].

Люцерна является одной из самых урожайных культур среди многолетних кормовых трав. Широко применяется как пастбищное растение для всех сельскохозяйственных животных. Изучение особенностей роста и процессов питания люцерны позволит повысить продуктивность и устойчивость пастбищных фитоценозов на кормовых угодьях.

Материалы и методы. Потребность *Medicago sativa* L. в 14 элементах питания оценивалась на основе определения фотохимической активности хлоропластов (А. С. Плешков, Б. А. Ягодин, 1982 г.).

Отбор проб осуществлялся с двух вегетационных площадок, закладка которых была осуществлена в гидрологическом комплексе ФНИЦ агроэкологии РАН в 2015 г. Площадки представляют собой участки площадью 6,5 м², засыпанные грунтом. Мощность почвогрунта достигает 2 м. Первая площадка имеет черноземовидный супесчаный субстрат, вторая – бажиганский песок. Анализ гранулометрического состава почвогрунтов выявил, что он однороден по всей глубине [6].

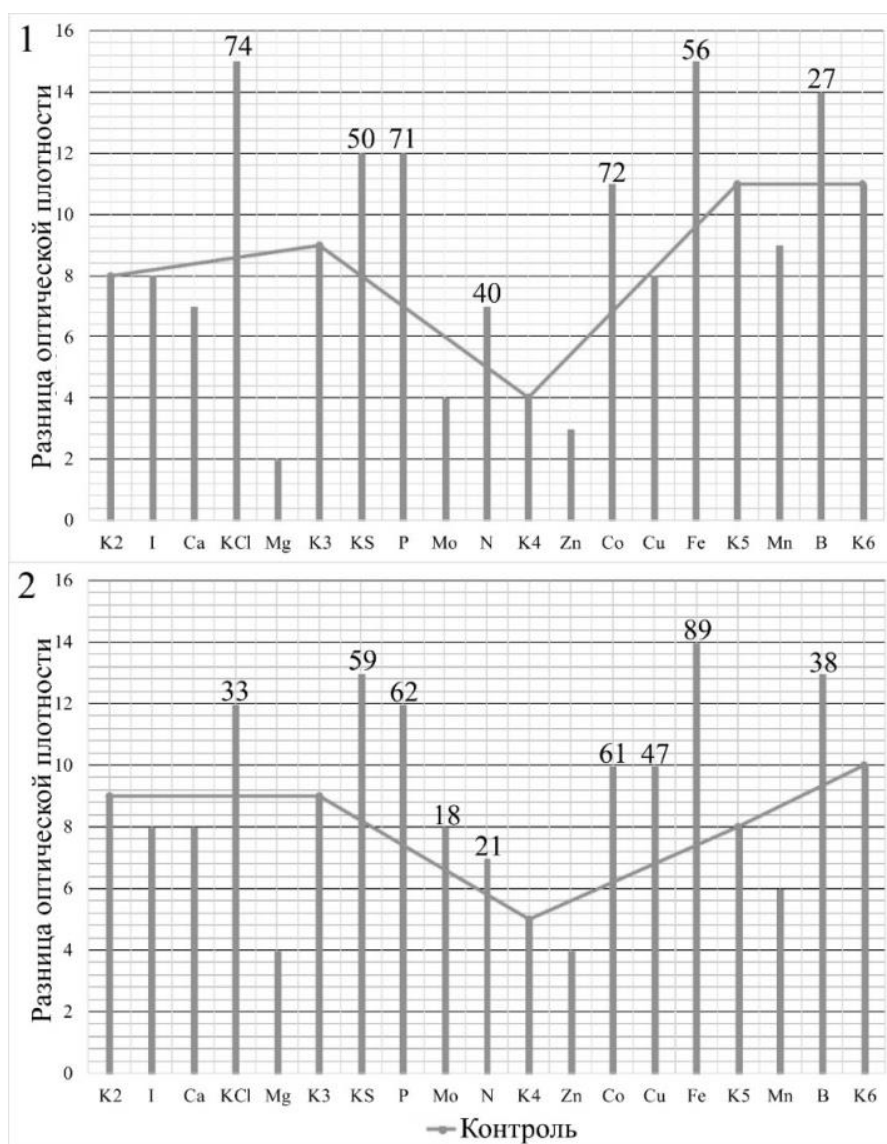
Содержание гумуса постепенно уменьшается с глубиной на обеих вегетационных площадках: на первой – 1,8–1,1 %, на второй – 0,50–0,02 %. То же самое отмечено для углерода: на первой – 1,0–0,6 %, на второй – 0,30–0,01 %. Почвогрунт промыт от солей, максимальное значение плотного остатка наблюдалось на глубине свыше 1,5 м (0,2 %). Значение pH на обеих площадках изменялось незначительно (около 7,0).

Для анализа использовался 3–4-й лист от верха взрослых растений. Отбирались незаглубевшие, хорошо освещаемые листья. Отбор образцов осуществлялся в нескольких точках вегетационной площадки для составления объединенной средней пробы.

Отбор проб проводился в начале июня. В это время *Medicago sativa* L. находилась в фазе бутонизации.

В качестве основного прибора для анализа использовался фотокolorиметр «Экотест-2020». Оптическая плотность измерялась при длине волны 620 нм.

Результаты и обсуждение. На основе полученных данных нами был построен график, по которому определялась потребность растений в элементах питания. Линия, соединяющая соседние контроли, принимается за 100 %. Элементы на графике, превышающие контрольные значения, находятся в недостатке, не достигающие контроля – в избытке. Потребность в элементе выражается в процентах (рисунок 1).



**Рисунок 1 – График потребности люцерны в элементах питания:
1 – первая вегетационная площадка; 2 – вторая вегетационная площадка**

По результатам исследования *Medicago sativa* L. на первой вегетационной площадке испытывает потребность в шести элементах питания, на второй – в восьми. Недостаток калия (хлоридная и сульфатная форма), фосфора, азота, кобальта, железа и бора отмечен на обеих площадках, молибдена и меди – только на второй. Потребность *Medicago sativa* L. в этих элементах питания может объясняться несколькими причинами. Во-первых, бедностью почвогрунтов, которые имеют легкий гранулометрический состав, в результате чего большинство веществ вымывается атмосферными осадками за пределы зоны питания растений. Несмотря на то, что стержневая корневая система *Medicago sativa* L. может проникать глубоко (на 2–3 м) в почву, основная масса корней сосредоточена в верхних 40 см. Во-вторых, многие элементы могут находиться в почве в формах, недоступных для растений. В-третьих, люцерна в процессе своего развития имеет свою определенную динамику питания. За прошедший период времени *Medicago sativa* L. по-

тратила много питательных веществ на создание вегетативных органов и на подготовку к созданию генеративных [7]. В-четвертых, недостаток элемента питания может быть вызван другим элементом. Так, недостаток калия приводит к ослаблению азотфиксирующей активности клубеньковых бактерий и, как следствие, к недостатку азота.

Рост и развитие растений определяется накапливаемой биомассой. Начиная с 2016 г. на вегетационных площадках укосным методом определяется продуктивность люцерны посевной. Результаты представлены на рисунке 2. Максимальные значения фитомассы наблюдаются в 2017 г. на 3-й год развития люцерны. Стоит отметить, что показатель фитомассы в 2018 и 2019 гг. на обеих вегетационных площадках сократился по сравнению с 2017 г. Это может быть связано с особенностями питательно-влажностного режима искусственных почвогрунтов (рисунок 2).



Рисунок 2 – Фитомасса люцерны посевной на вегетационных площадках

Водно-физические свойства почвогрунтов вегетационных площадок различны. Влагоемкость супесчаного субстрата первой площадки больше, чем влагоемкость бажиганских песков второй площадки. Вследствие этого весенние влагозапасы метровой толщи почвогрунтов могут отличаться более чем на 100 мм. К концу вегетации влагозапасы сокращаются на 46–72 % на песчаном субстрате, на 47–77 % на супесчаном в зависимости от условий увлажнения в течение года. Высокая однородность почвогрунтов как первой, так и второй вегетационной площадки обуславливает повышенную водопроницаемость, в результате чего, ввиду отсутствия даже небольших водоупоров, атмосферные осадки быстро просачиваются в глубокие слои почвогрунта. Наличие и доступность почвенной влаги – одни из основных факторов, определяющих продуктивность фитоценозов. Учитывая этот факт, можно полагать, что одной из причин разного роста люцерны посевной на вегетационных площадках является особенность водного режима искусственных почвогрунтов. Превышение показателя фитомассы люцерны первой вегетационной площадки над второй более чем в 2 раза, отставание в ходе роста люцерны на песчаном субстрате подчеркивают разность условий произрастания.

Люцерну как бобовое растение применяют в качестве сидерата. Симбиоз с азотфиксирующими бактериями позволяет переводить атмосферный азот в доступные для растений формы. Однако в условиях вегетационных площадок на искусственных почвогрунтах мелиоративная функция люцерны посевной выполняется не полностью. Как уже было отмечено ранее, недостаток калия в растениях может привести к ослаблению азотфиксирующей активности клубеньковых бактерий и, как следствие, к недостатку азота. Недостаток калия (в двух формах) и азота был отмечен на двух площадках. Снижение мелиоративной эффективности также обусловлено недостатком влаги. Оптимальные условия создаются лишь весной (60–70 % от полной влагоемкости). К началу июня влагозапасы сокращаются в отдельные годы в 2 раза и более. Люцерна характеризуется достаточно большим выносом питательных элементов из почвы. Уборка ее с урожаем приводит к обеднению искусственных почвогрунтов вегетационных площадок.

При визуальном осмотре вегетационных площадок на некоторых растениях были обнаружены признаки угнетения: светло-зеленая с желтым оттенком окраска листьев, хлоротичные участки, бурые пятна [8, 9]. Наличие признаков угнетения *Medicago sativa* L. также может свидетельствовать о недостаточности некоторых элементов питания (рисунок 3).

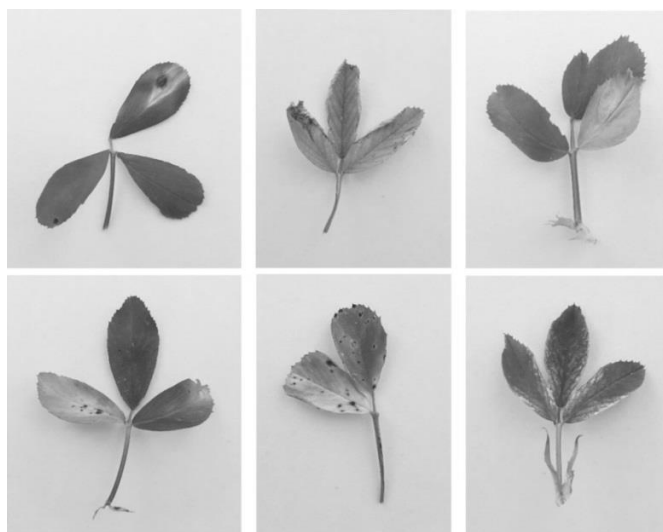


Рисунок 3 – Признаки угнетения *Medicago sativa* L.

Одним из способов стимулирования роста люцерны является внесение удобрений. В 2019 г. были проведены исследования, посвященные изучению влияния удобрений на продуктивность люцерны посевной. На вегетационных площадках определялась фитомасса с внесением удобрений и без внесения. В качестве подкормки использовался комплексный препарат нитроаммофоска (NPK 16:16:16) с нормой внесения 20 г на 1 м². Результаты исследования показали отзывчивость люцерны посевной на внесение удобрений, о чем свидетельствует прибавка по показателю фитомассы 13–17 %. В продолжении исследований предлагается внесение минеральных удобрений для внекорневых подкормок согласно результатам функциональной диагностики, поскольку люцерна испытывает потребность не только в азоте, фосфоре и калии, но и в других элементах питания (таблица 1).

Таблица 1 – Норма внесения удобрений на вегетационных площадках

В г

Удобрение	Норма внесения удобрений на вегетационных площадках	
	Первая площадка	Вторая площадка
KCl	4,84	2,17
K ₂ SO ₄	16,25	19,02
Аммофос	9,29	8,08
NH ₄ MoO ₄	–	0,06
Мочевина	13,00	6,72
CoCl	0,01	0,01
CuSO ₄	–	0,06
FeSO ₄	0,18	0,29
H ₃ BO ₃	0,02	0,02

Таким образом, внесение рассчитанных доз удобрений создаст благоприятные условия для роста и развития люцерны посевной на вегетационных площадках ФНЦ агроэкологии РАН.

Выводы. Результаты исследования показали, что *Medicago sativa* L. на первой вегетационной площадке испытывает потребность в шести элементах питания, на второй –

в восьми. Недостаток калия (хлоридная и сульфатная форма), фосфора, азота, кобальта, железа и бора отмечен на обеих площадках, молибдена и меди – только на второй.

Гранулометрический состав искусственных почвогрунтов вегетационных площадок различается, поэтому отличен питательно-влажностный режим. Это проявляется в отставании хода роста люцерны на песчаном субстрате и меньшем объеме накапливаемой фитомассы по сравнению с люцерной на черноземовидном супесчаном субстрате на первой вегетационной площадке.

Применение методов функциональной диагностики позволяет определить фактическую доступность питательных элементов для растений и быстро оценить их состояние, что важно при расчете доз вносимых удобрений. Дальнейшее развитие темы исследования предполагает изучение особенностей роста люцерны полевой на вегетационных площадках с искусственными почвогрунтами с учетом доз вносимых удобрений, основанных на результатах функциональной диагностики в течение всего вегетационного периода.

Список использованных источников

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

2 Турко, С. Ю. Моделирование функционирования пастбищ в целях прогнозирования их состояния при хозяйственной эксплуатации / С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1(45). – С. 33–38.

3 Бондарева, Л. А. Оценка возможности применения методов функциональной диагностики растений для решения проблем экологического мониторинга / Л. А. Бондарева, М. В. Суханова // Биотехносфера. – 2015. – № 6(42). – С. 11–15.

4 Почвенная и растительная диагностика: учеб. пособие / М. С. Сигида, О. Ю. Лобанкова, А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина, А. А. Беловолова, С. А. Коростылев, Е. В. Голосной. – Ставрополь, 2017. – 115 с.

5 Самсонова, Н. Е. Комплексная диагностика питания растений: справ. изд. / Н. Е. Самсонова; ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА». – Смоленск, 2014. – 40 с.

6 Власенко, М. В. Методическая основа исследования влияния эдафического фактора на биоценотические процессы в искусственных кормовых ценозах / М. В. Власенко, С. Ю. Турко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1(57). – С. 104–110.

7 Чухиль, А. А. Продуктивность люцерны второго года жизни при оптимизации минерального питания растений на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Чухиль Анастасия Александровна. – Краснодар, 2017. – 23 с.

8 Носов, В. В. Признаки дефицита элементов питания у люцерны и других кормовых трав / В. В. Носов // Питание растений. – 2018. – № 1. – С. 13–17.

9 McCauley, A. Plant nutrient functions and deficiency and toxicity symptoms / A. McCauley, C. Jones, J. Jacobsen // Nutrient Management. – 2011. – № 9. – P. 1–16.